

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TECNOLOGIA

**ARQUITETURA PERFORMATIVA:**

**A UTILIZAÇÃO DO *DPROFILER* PARA ELABORAÇÃO  
DA FORMA ARQUITETÔNICA**

**DANILO DOS SANTOS GARCIA**

BRASÍLIA – DF

FEVEREIRO DE 2014

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TECNOLOGIA

DANILO DOS SANTOS GARCIA

**ARQUITETURA PERFORMATIVA:**

**A UTILIZAÇÃO DO *DPROFILER* PARA ELABORAÇÃO  
DA FORMA ARQUITETÔNICA**

ORIENTADOR: DR. NEANDER FURTADO DA SILVA

Dissertação apresentada no Curso de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

BRASÍLIA – DF

FEVEREIRO DE 2014

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Danilo dos Santos Garcia

Dissertação defendida e aprovada

Prof. Dr. Neander Furtado Silva

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Márcio Augusto Roma Buzar

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília

Prof. Dr. David Rodney Lionel Pennington

Faculdade de Comunicação – Universidade de Brasília

Brasília – DF

Fevereiro de 2014

Dedico ao meu divino pai, Divino Garcia

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, meu grande mestre e orientador, pelas bênçãos, consolo e presença em minha vida.

Agradeço ao meu pai, pela dedicação e amor, e pela determinação em me educar e me fazer um arquiteto; à minha mãe, pela dedicação ao trabalho na qual me espelhei; aos meus irmãos Délgis, Eliel e Carol; e à minha querida madrinha Tita, por ter sido sempre presente em nossa educação e por continuar presente, com palavras e apoio.

Quero agradecer especialmente a três amigos, sem os quais eu não seria mestre: à Maria Luísa, ex-patroa e sempre amiga, que me ofereceu ensino, trabalho, amizade e palavras de encorajamento; à Erika, com a qual aprendi o poder do trabalho em equipe e ao querido Klayton, que passou uma madrugada comigo me ajudando na elaboração do meu projeto de pesquisa. Ao Lucas e à Gisele e aos amigos e colegas do Instituto Federal de Goiás: Douglas, Marcus Vinícius, Oberdan, Bailão, France, Gláucia, Lucivânio e Ricardo.

Agradeço ao meu orientador, professor Neander, e à sua esposa Ecilamar pela orientação e paciência e por me ajudar a ver o caminho à frente; e à equipe da Pós-Graduação da FAU, João, Junior, Diego, Mateus e Gustavo, pessoas que me auxiliam com tanta dedicação e consideração. E aos professores David Pennington e Marcio Buzar pelas contribuições ao trabalho.

Agradeço ao Alfredo e à Cristiana, ao Ricardo Machado, à equipe da Beck Technology e especialmente à Aline Bortolin, pela disposição em me ajudar e contribuir com a pesquisa. Ao Murilo e à Flávia, do Rio Quente Resorts e a todos que contribuíram direta ou indiretamente na pesquisa.

Finalmente, agradeço ao meu companheiro Bruce Cardoso, que esteve comigo em todo o processo de desenvolvimento deste trabalho e por ter me escolhido para compartilharmos uma vida. Agradeço pela paciência e pelo amor. Você tem sido a motivação para me tornar alguém melhor e tem feito meus dias mais felizes.

## RESUMO

Dentre as variadas abordagens do processo de projeto contemporâneo advindas da informatização e tecnologia digital, existe uma que considera o desempenho do edifício como um elemento propulsor da forma desde o momento da concepção formal, à qual chamamos de Projeto Performativo ou Projeto Baseado no Desempenho, seja ele térmico, acústico, ambiental, lumínico, estrutural ou de custos. O presente trabalho tem como objetivo geral estudar esta abordagem de projeto digital focando exclusivamente no desempenho de custos, devido à suma importância do fator orçamentário para a execução do edifício e o faz ao buscar respostas para os dois questionamentos seguintes: como lançar o partido arquitetônico pensando no custo da edificação, de forma que tal desempenho possa influenciar diretamente na concepção do projeto e da forma arquitetônica? Como forma, tipologia e estrutura do edifício podem influenciar no custo final da obra? Para respondê-los, escolhemos analisar o software DProfiler, de plataforma MacroBIM, da empresa Beck Technology, como objeto de estudo para o desenvolvimento de modelos, de forma a comprovar nossa hipótese de que é possível produzir uma forma arquitetônica que atenda diretamente aos requisitos de desempenho de custos, seguindo determinada linguagem formal, aliando custos e intenção projetual na fase inicial do projeto. Além da validação da hipótese, a pesquisa demonstrou que a utilização de softwares de plataforma MacroBIM para o desenvolvimento de soluções arquitetônicas é promissora e que o processo de geração da forma pode e deve surgir da organização das partes e não da predefinição do todo, destacando nesse processo a importância de pensar no custo da edificação antes de qualquer especulação formal, caso queiramos alcançar uma arquitetura exequível e mais sustentável.

Palavras-chave: Projeto Performativo – Desempenho de Custos – DProfiler

## **ABSTRACT**

Among the various approaches in the contemporary design process arising from computerization and digital technology, there is one that considers building performance as a driving force from the moment of formal conception. It is what we call Performative Architecture or Performance Based Architecture, whether it be thermal, acoustic, environmental, luminal, structural or cost based. The main objective of this work is to study this approach to digital design, focusing exclusively on cost performance, due to the paramount importance of the budget in executing the building and to seek answers to the following two questions: how to launch the architectural portion thinking of the cost of the building in a way that such performance can directly influence the project design and architectural form? How shape, type and structure of the building can influence the final cost of the work? To respond to these questions we chose to analyze the DProfiler Macro BIM software from Beck Technology as the object of the study for the development of the models in order to prove our hypothesis which is; it is possible to produce an architectural form that directly meets the performance cost requirements, following specified, formal language, which aligns costs and project intention in the initial phase of the project. In addition to validating the hypothesis, the research showed that the use of Macro BIM software platform for the development of architectural solutions is promising and that the generative design process can and should arise from an organization of the parts and not from predefining it as a whole, highlighting in this process the importance of considering the cost of the building before any formal deliberation in the event that we want to achieve an architectural project that is attainable and more sustainable.

Keywords: Performative Architecture – Cost Performance – DProfiler

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: <i>HiDrone</i> – desenvolvido pelo grupo SPARC, MIT.....	2
Figura 1.2: Proposta de alunos da Royal College Technology, Suécia, para uma fazenda vertical.....	2
Figura 1.3: Utilização do DAC-1.....	4
Figura 1.4: Imagem tridimensional gerada no Graphics 1, Bell Labs..	4
Figura 1.5: Objeto tridimensional modelado no CATIA..	4
Figura 1.6: Vistas do Museu Guggenheim de Frank Gehry, em Bilbao.....	5
Figura 1.7: Softwares que integram a plataforma de trabalho desenvolvida pelo escritório de engenharia ARUP, denominada Design Link.....	6
Figura 1.8: Utilização do DProfiler para programação da obra.....	8
Figura 2.1: Modelo de processo de projeto proposto por Markus (1971).....	18
Figura 2.2: Mapa proposto por Markus (1971) das etapas das sequências de decisões com indicação dos <i>feedbacks</i> e retroalimentações.....	19
Figura 2.3: Modelo de projeto em espiral, levando do abstrato ao concreto. ....	21
Figura 2.4: Os componentes do processo de projeto arquitetônico proposto por Kalay. ....	22
Figura 3.1: Modelo digital do Boeing 737. ....	26
Figura 3.2: Modelo tridimensional usado pela indústria naval. ....	26
Figura 3.3: Conceito do carro Supra, da Toyota, desenvolvido em 2012 pelo designer Emre Husmen.....	26
Figura 3.4: Exemplo de modelo tridimensional em Sistema micro BIM.....	28
Figura 3.5: Biomimetic Butterflies (padrões de asas criados por Barbarian Group – 2007, a partir de algoritmos customizados).....	29
Figura 3.6: Ivan Sutherland utilizando o Sketchpad .....	30
Figura 3.7: Ivan Sutherland utilizando o Sketchpad. ....	30

Figura 3.8: Utilização do Software AutoCAD para desenvolvimento de representação bidimensional..	31
Figura 3.9: China Wood Sculpture Museum by MAD Architects, Harbin, China..	33
Figura 3.10: Taipei City Museum of Art International Design Competition..	33
Figura 4.1: Interior da Estação Waterloo, em Londres..	38
Figura 4.2: Exterior da Estação Waterloo, em Londres..	38
Figura 4.3: Porto Yokohama, Japão..	39
Figura 4.4: Esquema proposto por Oxman, 2006..	40
Figura 4.5: Representação bidimensional de planta baixa e corte de residência unifamiliar desenvolvido no software AutoCAD 2010..	41
Figura 4.6: Maquete eletrônica desenvolvida no software Sketchup 7..	41
Figura 4.7: Renderização feita no software Sketchup 7 a partir do plug-in V-Ray 7. ....	42
Figura 4.8: Representação simbólica do Modelo CAD proposto por Oxman (2006). ....	42
Figura 4.9: Vista do museu M.art.A. Alemanha. ....	43
Figura 4.10: Maquete física do museu M.art.A..	43
Figura 4.11: Maquete eletrônica do museu M.art.A..	44
Figura 4.12: Modelo digital do projeto “Fish”, entrada da Vila Olímpica de Barcelona (1992)..	44
Figura 4.13: Projeto “Fish” executado..	44
Figura 4.14: Vista do museu Kunsthau Graz, Áustria..	45
Figura 4.15: Maquete física do museu..	45
Figura 4.16: Maquete digital do museu..	46
Figura 4.17: Representação simbólica do Modelo de Formação proposto por Oxman (2006), adaptado pelo autor. ....	47
Figura 4.18: Vista do pavilhão <i>Dynaform</i> da BMW, Alemanha..	48

Figura 4.1919: Técnica de animação utilizada para geração da forma do Dynaform .....	48
Figura 4.2020: Geometria final do Dynaform.....	49
Figura 4.21: Vista do museu da Mercedes-Benz, Alemanha. ....	49
Figura 4.22: Forma trifóide. ....	50
Figura 4.23: Modelo paramétrico do museu.....	50
Figura 4.24: Representação simbólica do Modelo Generativo proposto por Oxman (2006), adaptado pelo autor. ....	51
Figura 4.25: Modificação de um cubo por meio de algoritmos de dobragem.....	51
Figura 4.26: Vistas externas e internas do Serpentine Gallery Pavillion.. ....	52
Figura 4.27: Processo recursivo para elaboração da forma do Serpentine Gallery Pavillion.....	52
Figura 4.28: Modelo digital do novo edifício da faculdade de arquitetura de Stuttgart - Alemanha. ....	53
Figura 4.29: Caixas empilhadas definindo o vazio.. ....	53
Figura 4.30: Distribuição do programa em uma malha tridimensional.....	54
Figura 5.1: Simulação de luz e sombra utilizando o software Ecotect.....	55
Figura 5.2: Simulação acústica através do Software AcMus.....	56
Figura 5.3: Uso do software Ecotect para simulação da luz do dia dentro do ambiente. ....	56
Figura 5.4: Simulação de conforto térmico a partir do Software Analysis Bio. ....	56
Figura 5.5: D-Tower, Alemanha.. ....	61
Figura 5.6: Composição da D-Tower em painéis de epóxi.....	61
Figura 5.7: Cores utilizadas na D-Tower. ....	62
Figura 5.8: Fachada da Maison Folie, Lille, França.....	63
Figura 5.9: Iluminação dos painéis da Maison Folie.....	63
Figura 5.10: Vista do museu Kunsthaus Graz, Áustria.....	64
Figura 5.11: Painéis iluminados do museu Kunsthaus Graz, Áustria. ....	64

Figura 5.12: Ponte Millenium, UK.....	65
Figura 5.13: Ponte Paddington, Londres.....	65
Figura 5.14: Museu de arte Milwaukee, EUA.....	66
Figura 5.15: Aegis Hyposurface em movimento.....	66
Figura 5.16: Geometria final do Port Authority Bus Terminal, EUA. ....	67
Figura 5.17: Port Authority Bus Terminal - Utilização de sistema de partículas para visualizar campos de atração criados pelos movimentos de pedestres, carros e ônibus no terreno. ....	67
Figura 5.18: Avaliação multidisciplinar de desempenho de edifícios.....	70
Figura 5.19: Modelo CFC no interior do Concert Hall do Rensselaer Polytechnic Institute, EUA, mostrando as velocidades relativas do ar para instalação do sistema de deslocamento da ventilação.....	71
Figura 5.20: Simulação CFD da velocidade do vento no interior do edifício da PennDesign.....	71
Figura 5.21: Maquete eletrônica do edifício ZED, Londres. ....	72
Figura 5.22: Maquete física do edifício ZED, Londres. ....	72
Figura 5.23: Análise CFD do fluxo de vento ao redor do edifício ZED .....	72
Figura 5.24: Análise FEM do museu Kunsthaus Graz, Áustria.....	73
Figura 5.25: Análise FEM do Pavilhão BMW Dynaform, Alemanha. ....	73
Figura 5.26: Análise FEM do estresse da estrutura da D-Tower, Alemanha.....	74
Figura 5.27: Diagrama que sintetiza a convergência entre forma e função num contexto de projeto.....	77
Figura 5.28: Representação simbólica do Modelo Performativo Baseado na Otimização proposto por Oxman (2006), adaptado pelo autor.....	78
Figura 5.29: Representação simbólica do Modelo Performativo Baseado na Geração proposto por Oxman (2006), adaptado pelo autor.....	79
Figura 5.30: Split House, projeto de residência desenvolvido por Hanyun Huang. O arquiteto utiliza um processo semelhante ao de uma “trama de tricô” para desenvolver várias formas, das quais uma será selecionada. ....	79

Figura 5.31: Transformação topológica da forma de um cubo. ....	81
Figura 5.32: Vista do City Hall, Londres. ....	81
Figura 5.33: Estudo de perda e ganho de calor através da pele do City Hall.....	82
5.34: Análise acústica do átrio do City Hall .....	82
Figura 5.35: Vista do Swiss Re, Londres. ....	83
Figura 5.36: Análise do padrão de vento em torno do Swiss Re.....	83
Figura 5.37: Vista do Pearl River Tower.....	84
Figura 5.38: Análise do comportamento do vento através do Pearl River Tower. ....	84
Figura 5.39: Casa embriológica do arquiteto Greg Lynn. ....	86
Figura 5.40: Forma final do Unplug Building, Paris. ....	86
Figura 5.41: Processo de elaboração da forma do Unplug Building.....	87
Figura 5.42: Interior da estação de metrô de Iidabashi, Linha Oedo, Japão.. ....	87
Figura 5.43: Processo de geração da Web Frame.....	88
Figura 5.44: Interior do museu do Louvre, em Abu Dahbi - EAU, mostrando o padrão de iluminação criado pela cúpula. ....	89
Figura 5.45: Interior do Instituto do Mundo Árabe, Paris. ....	89
Figura 5.46: Vistas interna e externa da estação de trem Southern Cross. ....	90
Figura 5.47: Vistas externa e interna do Centro Cultural Tjibaou. ....	91
Figura 5.48: Esquema de entrada da iluminação natural através de sheds.....	91
Figura 5.49: Vista aérea do hospital Sarah do Rio de Janeiro. ....	92
Figura 5.50: Circulação do hospital Sarah do Lago Norte, Brasília – DF .....	92
Figura 5.51: Vistas externa e interna do Concert Hall - Instituto Politécnico de Rensselaer – NY. ....	93
Figura 5.52: Vista interna do Eden Project, UK. ....	94
Figura 6.1: Fachada da empresa Hunt Oil Headquarter, TX – EUA.....	105
Figura 6.2: Modelagem em software MicroBIM com alto nível de detalhamento x Modelagem simples em software Macro BIM.....	106

Figura 6.3: Área de trabalho do DProfiler.....	106
Figura 6.4: Caminho para edição de custos no banco de dados do software. ...	107
Figura 6.5: Variáveis.....	108
Figura 6.6: Fórmulas.....	109
Figura 6.7: Itens.....	110
Figura 6.8: Junções.....	111
Figura 6.9: Coleções.....	112
Figura 6.10: Tipo de Edifício.....	113
Figura 6.11: Assistente de Edifício.....	114
Figura 6.12: Localização Geográfica.....	115
Figura 6.13: Topografia do Terreno.....	116
Figura 6.14: Configurações do sítio.....	117
Figura 6.15: Edifício.....	118
Figura 6.16: Malha Estrutural.....	119
Figura 6.17: Estrutura.....	120
Figura 6.18: Revestimento.....	121
Figura 6.19: Interior.....	122
Figura 6.20: Sistemas.....	123
Figura 6.21: Foto da fachada frontal da residência.....	124
Figura 6.22: Perspectiva do modelo tridimensional gerado a partir do software.....	124
Figura 6.23: Elementos considerados no desenvolvimento dos modelos.....	130
Figura 6.24: Imagem mostrando os sólidos desenvolvidos no DProfiler.....	132
Figura 6.25: Modificações na visualização espacial implica em modificações instantâneas na visualização de estimativas de custos.....	140
Figura 6.26: Aumento nas dimensões do sólido de base de 100 m <sup>2</sup> até atingir 200 m <sup>2</sup> - aumento de 100%.....	141

Figura 6.27: Aumento no pé-direito do sólido de 2,75 metros até atingir 5,50 metros - aumento no pé-direito de 100%.....	144
Figura 6.28: Sequência de alteração de área e pé-direito do edifício, com edifício final com volume aumentado em 300%.....	148
Figura 6.29: Sólido de base 10 x 10 m e pé-direito de 2,75 m.....	149
Figura 6.30: Sólido com base 5 x 20 m e mesmo pé-direito.....	149
Figura 6.31: Sólido de base 10 x 10 m e pé-direito de 2,75 m.....	150
Figura 6.32: Sólido com base 5 x 5 m e quatro pavimentos.....	151
Figura 6.33: Modelo inicial de residência unifamiliar e malha estrutura da residência.....	155
Figura 6.34: Modificação na disposição dos ambientes no terreno. Malha estrutura da residência.....	155
Figura 6.35: Modificação na disposição dos ambientes no terreno. Malha estrutura da residência.....	156
Figura 6.36: Sólido com base 10 x 20 m e 5 pavimentos e malha estrutural do sólido definida a partir de modulação de 5 x 4 m.....	158
Figura 6.37: Sólido com base 10 x 20 m e 5 pavimentos, e lajes em balanço e malha estrutural do sólido definida a partir de modulação de 5 x 4 m. ....	159
Figura 6.38: Sequência de imagens mostrando desde o contrapiso à laje de cobertura, elementos que não sofreram alteração.....	160
Figura 6.39: Lajes antes da edição – nota-se que o balanço não possui estrutura de sustentação.....	160
Figura 6.40: Lajes após edição – nota-se o aumento das lajes, dando sustentação ao balanço.....	160
Figura 6.41: Sequência de imagens mostrando desde o contrapiso à laje de cobertura (elementos que não sofreram alteração), e lajes intermediárias alteradas.....	161
Figura 6.42: Malha estrutural antes da alteração.....	162
Figura 6.43: Malha estrutural após alteração.....	162

Figura 6.44: Modificação do sólido.....	164
Figura 6.45: Processo de modificação do sólido.....	166
Figura 6.46: Perspectiva do sólido inicial. ....	167
Figura 6.47: Perspectiva do sólido final.....	167
Figura 6.48: Imagens das lajes do sólido modificado.....	167
Figura 6.49: Lajes importadas do AutoCAD para o Sketchup. ....	168
Figura 6.50: Construção do edifício no Sketchup.....	169
Figura 6.51: Edifício final elaborado no Sketchup. ....	169
Figura 6.52: Edifício final elaborado no Sketchup com adição de texturas e componentes.....	169
Figura 6.53: Edifício final elaborado no Sketchup com adição de esquadrias e guarda corpos de vidro.....	170
Figura 6.54: Caminho para edição do material utilizado na fachada do edifício. ....	171
Figura 6.55: Edifício final.....	173
Figura 6.56: Processo de modificação do sólido. ....	174
Figura 7.1: Abordagem Top/Down do processo de projeto arquitetônico.....	180
Figura 7.2: Abordagem Bottom/Up do processo de projeto arquitetônico. ....	187

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 6.1: Padrão de modificação nos custos da fundação do edifício, de acordo com a diminuição do índice de compacidade.....	136
Gráfico 6.2 Padrão de modificação nos custos da fundação do edifício, de acordo com aumento da área. ....	142
Gráfico 6.3: Padrão de modificação nos custos da estrutura do edifício, de acordo com aumento da área. ....	142
Gráfico 6.4: Padrão de modificação nos custos da vedação do edifício, de acordo com aumento da área. ....	143
Gráfico 6.5: Padrão de modificação no custo total de fundação, estrutura e vedação do edifício, de acordo com aumento da área.....	143
Gráfico 6.6: Modificação nos custos da estrutura do edifício, de acordo com aumento do pé-direito. ....	145
Gráfico 6.7: Modificação nos custos da estrutura do edifício, de acordo com aumento do pé-direito e adição de uma laje. ....	145
Gráfico 6.8: Modificação nos custos da vedação do edifício, de acordo com aumento do pé-direito. ....	146
Gráfico 6.9: Modificação nos custos da vedação do edifício, de acordo com aumento do pé-direito e adição de uma laje. ....	146
Gráfico 6.10: Modificação no custo total de fundação, estrutura e vedação do edifício, de acordo com aumento do pé-direito. ....	146
Gráfico 6.11: Modificação no custo total de fundação, estrutura e vedação do edifício, de acordo com aumento do pé-direito e adição de uma laje. ....	147
Gráfico 6.12: padrão de modificação dos custos relativos ao edifício após a modificação das lajes em balanço. ....	163
Gráfico 6.13: Variações de valores de acordo com modificação na forma e estrutura do edifício.....	165
Gráfico 6.14: Variações de valores de acordo com modificação na forma e configurações do edifício.....	173

Gráfico 6.15: Variações de valores de acordo com modificação na forma e configurações do edifício..... 176

## LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1: Comparação entre orçamento fornecido pelo DProfiler e custo real da obra dos elementos que compõe fundação, estrutura e vedação.....	126
Tabela 6.2: Diferença entre valor total obtido através do DProfiler e o valor real da obra.....	127
Tabela 6.3: Tabela SINAPI de outubro de 2013, resumida pelo autor. ....	128
Tabela 6.4: Traços de concretos com cimento CP II-E-32.....	129
Tabela 6.5: Tabela de cálculos de preços médios para elaboração das fórmulas a serem desenvolvidas no DProfiler.....	130
Tabela 6.6: Custos da meia-esfera. ....	133
Tabela 6.7: Custos do cilindro. ....	133
Tabela 6.8: Custos do sólido de base quadrada. ....	134
Tabela 6.9: Custos do sólido de base ortogonal. ....	135
Tabela 6.10: Custos do sólido de base ortogonal. ....	135
Tabela 6.11: Tabela com valores de fundação, estrutura e fundação para o sólido de base 10 x 10 metros e pé-direito de 2,75 metros. ....	138
Tabela 6.12: Modificação no custo de acordo com alterações na área do edifício. ....	141
Tabela 6.13: Modificação no custo de acordo com alterações no pé-direito do edifício.....	144
Tabela 6.14: Modificação no custo de acordo com aumento do volume do edifício em 300%.....	148
Tabela 6.15: Modificação no custo de acordo com alterações na base do edifício. ....	150
Tabela 6.16: Modificação no custo de acordo com alterações na base e na altura do edifício.....	151
Tabela 6.17: Programa de necessidades de residência unifamiliar. ....	153

Tabela 6.18: Tabela de custos para residência considerando fundação, estrutura e vedação.....	154
Tabela 6.19: Influência da disposição dos ambientes no terreno no custo da edificação.....	156
Tabela 6.20: Modelo 5 – inicial.....	158
Tabela 6.21: Modelo 5 – primeira alteração.....	159
Tabela 6.22: Modelo 5 – segunda alteração: Custos relativos ao edifício após a modificação das lajes em balanço. ....	161
Tabela 6.23: Modelo 5 – terceira alteração: Custos relativos ao edifício após a modificação da malha estrutural. ....	163
Tabela 6.24: Processo de projeto registrado a partir do DProfiler.....	165
Tabela 6.25: Processo de projeto registrado a partir do DProfiler.....	168
Tabela 6.26: Tabela mostrando os valores dos itens do edifício após a utilização da ferramenta <i>cladding</i> .....	171
Tabela 6.27: Tabela mostrando os valores dos itens do edifício após edição do volume do edifício. ....	172
Tabela 6.28: Processo de projeto registrado a partir do DProfiler.....	175

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CFD	Computational Fluid Dynamics
CNC	Computer Numerical Control
DAD	Digital Architectural Design
DAI	Design Analysis Integration Associate
FEM	Finite Element Method
IAI	Aliança Internacional de Interoperabilidade
IFC	Industry Foundation Classes
MIT	Massachusetts Institute of Technology
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PACE	Package for Architectural Computer Evaluation
RIBA	Royal Institute of British Architects
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TCPO	Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos

## LISTA DE SOFTWARES UTILIZADOS

- AutoCAD versão 2010 (Auto Desk)
- DProfiler versão 2013 – Rev. 1.0 (Beck Technology)
- SketchUp versão 7 – gratuita (Trimble Navigation)

Obs.: Software comprado da empresa Google Inc. em Junho de 2012

- Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft)

Obs.: Utilizado na elaboração das tabelas

- Microsoft Office Power Point 2010 (Microsoft)

Obs.: Utilizado na elaboração dos quadros

- Microsoft Office Picture manager 2010 (Microsoft)

Obs.: Utilizado na edição das imagens

## GLOSSÁRIO

**Atividade Projetual** – atividade de projeção de soluções estéticas e funcionais para problemas diversos e para suprir as necessidades de determinado cliente.

**Desempenho** – é um conjunto de características ou capacidades de comportamento e rendimento de um indivíduo, de uma organização ou grupo de seres humanos, de animais, de máquinas ou equipamentos, de produtos, de sistemas, de empreendimentos e de edifícios.

**Performatividade** – capacidade do objeto arquitetônico de alcançar um determinado desempenho.

**Tecnologia Digital** – tecnologia baseada em circuitos eletrônicos que fundamenta-se em uma lógica binária, onde todas as informações são guardadas e processadas através de mecanismos computacionais.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1- PROJETO DE PESQUISA .....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUÇÃO.....	1
1.2 PROBLEMÁTICA.....	6
1.3 HIPÓTESE DE TRABALHO .....	10
1.4 OBJETIVOS.....	10
1.5 MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO .....	11
1.6 RESULTADO ESPERADO .....	13
<b>CAPÍTULO 2 – O PROCESSO DE PROJETO ARQUITETÔNICO .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 3 – O USO DO COMPUTADOR NA ARQUITETURA .....</b>	<b>24</b>
3.1 AS TRÊS GERAÇÕES CAD E O SURGIMENTO DO PROJETO DIGITAL	29
<b>CAPÍTULO 4 – O PROJETO ARQUITETÔNICO DIGITAL .....</b>	<b>35</b>
4.1 MODELOS DE PROJETO DIGITAL .....	39
4.1.1 Modelo CAD.....	41
4.1.2 Modelo de Formação .....	46
4.1.3 Modelo Generativo .....	50
<b>CAPÍTULO 5 – O PROJETO ARQUITETÔNICO PERFORMATIVO .....</b>	<b>55</b>
5.1 ARQUITETURA PERFORMATIVA .....	58
5.1.1 Arquitetura e comunicação.....	60
5.1.2 Arquitetura e movimento .....	64
5.1.3 Efeito Bilbao .....	68
5.2 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO EDIFÍCIO .....	69
5.3 PROJETO BASEADO NO DESEMPENHO.....	75
5.3.1 Modelo Performativo Baseado na Otimização .....	80
5.3.2 Modelo Performativo Baseado na Geração .....	85
5.4 EXEMPLOS DE PROJETOS BASEADOS EM DESEMPENHO .....	88
5.4.1 Desempenho Térmico e Lumínico.....	88
5.4.2 Desempenho Térmico e de Qualidade do Ar .....	90
5.4.3 Desempenho Acústico e Estrutural .....	93
5.4.4 Desempenho Urbano .....	95

5.5 ABORDAGEM MORFOECOLÓGICA DO PROJETO.....	97
5.6 PROJETO PERFORMATIVO: PROBLEMAS, DESAFIOS E INTEROPERABILIDADE .....	99
<b>CAPÍTULO 6 – DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA .....</b>	<b>103</b>
6.1 O DPROFILER .....	105
6.2 BANCO DE DADOS .....	108
6.2.1 Variáveis (Variables) .....	108
6.2.2 Fórmulas ( <i>Formulas</i> ) .....	109
6.2.3 Itens ( <i>Items</i> ) .....	110
6.2.4 Composições ( <i>Assemblies</i> ).....	111
6.2.5 Coleções ( <i>Collections</i> ) .....	112
6.2.6 Tipo de Edifício ( <i>Building Type</i> ) .....	113
6.3 FERRAMENTAS.....	114
6.3.1 Assistente de Edifício ( <i>Building Wizard</i> ).....	114
6.3.2 Localização Geográfica ( <i>Earth</i> ).....	115
6.3.3 Topografia do Terreno ( <i>Terrain</i> ).....	116
6.3.4 Configurações do terreno ( <i>Site</i> ) .....	117
6.3.5 Edifício ( <i>Building</i> ) .....	118
6.3.6 Malha estrutural ( <i>Grid Line</i> ).....	119
6.3.7 Estrutura ( <i>Structure</i> ).....	120
6.3.8 Vedação ( <i>Cladding</i> ).....	121
6.3.9 Interior .....	122
6.3.10 Instalações ( <i>Mechanical</i> ).....	123
6.4 DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS .....	124
6.4.1 Modelo 1: Comparação entre modelo DProfiler e construção executada .....	124
6.4.2 Modelo 2: Influência da forma no custo da construção .....	127
6.4.3 Modelo 3: Influência das dimensões no custo da construção .....	138
6.4.4 Modelo 4: Influência da disposição dos ambientes no custo da construção (Elaborando a forma arquitetônica a partir do interior) .....	152
6.4.5 Modelo 5: Influência da estrutura no custo da construção .....	158
6.4.6 Modelo 6: Elaboração da forma arquitetônica a partir dos custos.....	164

6.4.7 Modelo 7: Elaboração da forma arquitetônica a partir dos custos com acréscimo de elementos de fachada.....	174
6.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MODELOS DESENVOLVIDOS .....	177
<b>CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO .....</b>	<b>179</b>
7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	179
7.2 DESAFIOS E SUGESTÕES .....	185
7.3 CONCLUSÃO .....	186
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	188
ANEXO 1.....	192
APÊNDICE 1 .....	193
APÊNDICE 2 .....	202
APÊNDICE 3.....	204
APÊNDICE 4.....	208
APÊNDICE 5.....	210
APÊNDICE 6.....	212
APÊNDICE 7 .....	214

# CAPÍTULO 1

## PROJETO DE PESQUISA

### 1.1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho, estuda-se o desempenho de custos da forma arquitetônica por meio da análise das ferramentas e respostas do software DProfiler no desenvolvimento de modelos de edifícios, com restrições específicas de custos. Fazemos assim uma abordagem teórica do processo de projeto e da influência dos meios computacionais nesta atividade, citando as arquiteturas resultantes da tecnologia digital, incluindo a Arquitetura Performativa e o Projeto Performativo (Baseado em Desempenho).

O paradigma emergente do Projeto Baseado em Desempenho é entendido amplamente e representa múltiplos domínios; do financeiro, espacial, social e cultural ao puramente técnico (estrutural, térmico, acústico, etc.). (KOLAREVIC, 2006). A presente pesquisa, ao tratar da arquitetura performativa e do projeto performativo (que serão estudados no capítulo 5), estabelece dois tipos de performatividade.

O primeiro vê a performance do edifício no contexto urbano, levando em consideração o observador/usuário. Essa abordagem vê a arquitetura como um artista desempenhando um papel no cenário urbano. Neste caso, o edifício pode proporcionar sensações e informações e até mesmo servir como objeto de contemplação. Pode, ainda, interagir com os usuários (Figura 1.1).



Figura 1.1: *HiDrone* – desenvolvido pelo grupo SPARC, MIT – é uma galeria feita de pistões controlados hidráulicamente, que muda sua configuração espacial. Fonte: Araya (2011, p.146).

Já o segundo tipo traz o termo performatividade ligado ao processo de projeto. Assim, um projeto performativo seria aquele que fosse desenvolvido com base em critérios específicos de desempenho (Figura 1.2). Por exemplo, um edifício pensado como um catalizador de energia solar. Sua forma seria estabelecida de acordo com o volume de superfície necessário para atender aos critérios de desempenho. Neste caso, a verticalidade ou horizontalidade do edifício estaria em função do critério “maior ganho de energia solar”, assim como os materiais empregados nos fechamentos e aberturas.

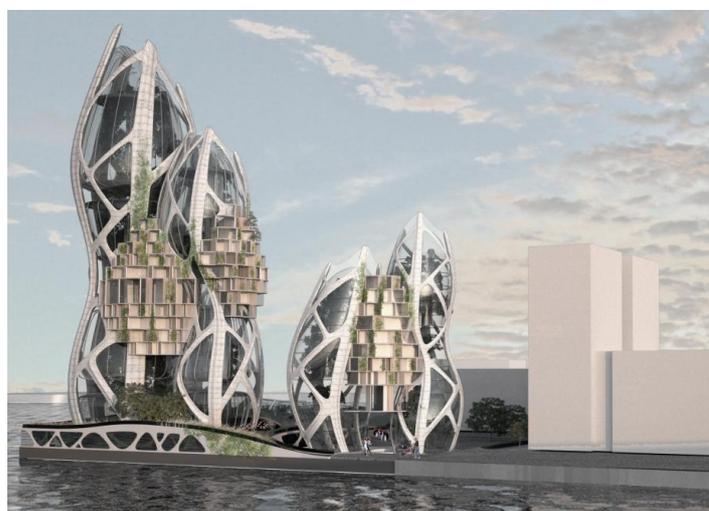


Figura 1.2: Proposta de alunos da Royal College Technology, Suécia, para uma fazenda vertical. Um dos desempenhos que guiou o projeto foi o estrutural. Fonte: Disponível em: <<http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:532116/FULLTEXT01.pdf>> Acesso: 12/02/2014.

Este tipo de processo de projeto é uma das várias abordagens contemporâneas da atividade projetual, atividade essa que tem sido objeto de estudo há mais de dois milênios. A obra “*De Architectura*”, do arquiteto romano

Vitruvio (Séc. I a.C.), mostrava sua preocupação com o projeto arquitetônico e seus estudos influenciaram sobremaneira as gerações posteriores. Já no século XVI, o arquiteto italiano Andrea Palladio também foi um estudioso do processo projetual, uma vez que estudava os procedimentos de projeto que seriam empregados em suas múltiplas encomendas (PEREIRA, 2009). Já no século XX, esta atividade começou a ser investigada por pesquisadores e acadêmicos de forma sistematizada a partir da década de 60.

Asimov (1962) via o projeto como um processo de informação, no qual a situação problema deveria ser resolvida por meio de decisões tomadas após a organização das informações referentes ao problema e em seguida testadas e avaliadas. Markus (1971) traz a atividade de projeto como uma sequência de decisões que serão analisadas, sintetizadas e avaliadas. Broadbent (1973) inclui neste processo a retroalimentação, ou seja, a qualquer momento informações adicionais podem ser inclusas na sequência de decisões e Lawson (2005) comenta que a atividade de projeto caminha do geral para o detalhamento, seguindo padrões de análise e síntese. Ainda que as quatro visões sobre o projeto arquitetônico possuam abordagens diferentes, o paradigma do pensamento de projeto parece ser o mesmo: análise, síntese e avaliação. Situamos assim o pensamento de projeto baseado nos últimos estudos realizados por tais pesquisadores e generalizamos este pensamento caracterizando seu paradigma como “conjectura e teste”.

Segundo Howell e Batcheler (2005), “a premissa original de um sistema CAD (Computer Aided Design – Desenho Auxiliado por Computador) era automatizar a tarefa de desenhar”. Dessa forma, o objetivo original do CAD era representar aquilo que era produzido manualmente, ou seja, cortes, plantas, fachadas e tabelas através de uma geometria bidimensional. A concepção do projeto, até esse momento, continuava sendo produzida através de croquis e estudos volumétricos manuais. Com o tempo, novos softwares de maquetes eletrônicas foram surgindo, tais como o Sketchpad, DAC-1, Graphic 1, MetaCreations e CATIA (Figuras 1.3 a 1.5), e a concepção do projeto passou a ser feita, também, através de meios digitais.



Figura 1.3: Utilização do DAC-1. Fonte: Haigh, 2002.

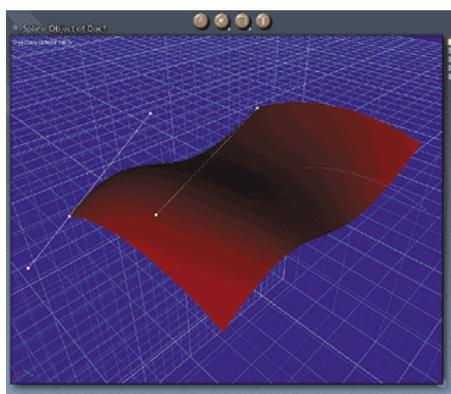


Figura 1.4: Imagem tridimensional gerada no Graphics 1, Bell Labs. Fonte: Haigh, 2002.

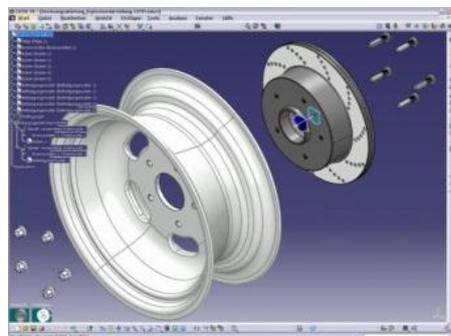


Figura 1.5: Objeto tridimensional modelado no CATIA. Fonte: Haigh, 2002.

Segundo Oxman (2008), nos últimos trinta anos, o projeto arquitetônico tem sofrido as mudanças nas ferramentas humanas para as atividades de análise, síntese e avaliação. O advento da computação no campo da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) modificou muito a forma como os edifícios eram pensados, analisados e representados. Além do ferramental do trabalho, a computação também produziu mudanças na própria arquitetura, possibilitando a exploração de formas mais complexas que antes não eram passíveis de representação.

Acompanhando o grande desenvolvimento tecnológico na área da informática juntamente com a pressão da contemporaneidade no que diz respeito às novas formas arquitetônicas, o que está sendo entregue aos arquitetos é uma nova liberdade artística. As possibilidades de formas e de interpretações das mesmas são infinitas, o que implica num vocabulário de formas múltiplas. Como exemplo, o Museu Guggenheim de Frank Gehry em Bilbao, que deve ser visto como a síntese mais evidente e reconhecida de uma nova maneira de se pensar a forma, buscando novos métodos de projetar, incluindo no processo a tecnologia digital (Figura 1.6).



Figura 1.6: Vistas do Museu Guggenheim de Frank Gehry, em Bilbao. Fonte: Disponível em: < [http://www.greatbuildings.com/architects/Frank\\_Gehry.html](http://www.greatbuildings.com/architects/Frank_Gehry.html) > Acesso: 12/08/2013.

Tais avanços levaram ao desenvolvimento de novos softwares que foram surgindo como resposta ao problema da concepção volumétrica do objeto arquitetônico. Além de softwares que auxiliam na composição e concepção arquitetônica, outros foram sendo desenvolvidos para servir de apoio às análises de desempenho de formas já concebidas ou de edifícios já construídos. Esses softwares podem analisar o desempenho acústico, térmico, lumínico, estrutural, dentre outros e ainda a forma proposta para o edifício.

Com todo o suporte oferecido pela atual tecnologia digital, grandes escritórios têm trabalhado com esse tipo de análise, com o objetivo de aperfeiçoar seus projetos e seus edifícios. São feitas também combinações entre softwares que produzem a forma, softwares que analisam a forma proposta e softwares que representam o que foi concebido para a execução. Atualmente, muitos escritórios tem trabalhado com uma infinidade de produtos e ferramentas computacionais, cada uma com sua especificidade. O escritório de engenharia Arup, por exemplo, trabalha com quinze diferentes softwares no desenvolvimento de projetos e

cálculos, uma associação denominada de Estrutura de Colaboração DesignLink, conforme figura abaixo.



Figura 1.7: Softwares que integram a plataforma de trabalho desenvolvida pelo escritório de engenharia ARUP, denominada Design Link. Fonte: Disponível em: <http://www.aecbytes.com/feature/2009/SmartGeometry2009.html> Acesso: 12/08/13.

## 1.2 PROBLEMÁTICA

Entretanto, ainda que várias ferramentas estejam disponíveis para a atividade de projeto, o pensamento de projeto continua sendo baseado no paradigma “conjectura e teste”. Segundo Simon (1996), o processo de projeto envolve primeiro a geração de alternativas, e então, o teste destas alternativas com base em um conjunto de exigências e restrições. Ou seja, uma forma e um fluxo são propostos tentando responder ao programa de necessidades e restrições do local e são testados para analisar sua eficiência em relação aos objetivos propostos: com o levantamento de dados, começa-se a pensar no fluxo, na forma e nas conexões formais possíveis. A forma é, então, testada, avaliada,

modificada e novamente testada em um ciclo que só é interrompido quando a forma passa a atender aos requisitos iniciais propostos.

**No entanto, a tecnologia, que ofereceu um grande suporte aos arquitetos e designers para a representação daquilo que era idealizado, hoje possibilita avaliações no momento da concepção. Softwares de análise de desempenho, usados amplamente para avaliações pós-construção ou pós-concepção, têm sido utilizados para a modelagem da forma arquitetônica e também para a definição de fluxos e materiais a serem empregados. Este tipo de arquitetura está emergindo como um novo paradigma de projeto, que Kolarevic (2006) define como *Arquitetura Performativa*. Aqui, o modelo “lançamento, teste, avaliação” é dado no momento da concepção, fazendo com que arquitetos e designers encontrem soluções supostamente otimizadas. Esta abordagem, que valoriza o desempenho como uma questão fundamental para o processo de projeto, vem sendo apresentada como uma promissora práxis em projeto digital (OXMAN, 2006).**

Sabemos que as análises de desempenho de um edifício podem ser feitas sob diversos critérios, como formal, estrutural, hidrossanitário, energético, acústico, térmico, dentre outros. Entretanto, a construção depende totalmente das questões financeiras envolvidas, ou seja, de seu desempenho de custo. O orçamento de um edifício define a viabilidade da construção. Em muitos casos, aquilo que é projetado tem uma execução muito onerosa, distante da realidade orçamentária do projeto, que acaba mantido apenas no papel ou no mundo virtual, já que não atendeu ao desempenho de custo.

Simon (1996) argumenta que redução de custos, por exemplo, é um critério de projeto e tem permanecido como uma consideração implícita no projeto de estruturas por muito tempo. Cada vez mais, cálculos de custos têm sido trazidos para dentro do processo de projeto, atividade que os economistas chamam de “análise de custo-benefício”. O domínio pelo arquiteto das questões financeiras envolvidas na construção civil pode ser um grande passo para a viabilidade daquilo que ele propõe. Assim, surgem as questões:

- Como lançar o partido arquitetônico pensando no custo da edificação?

- Como utilizar a “Tecnologia Digital para Análise de Custos” durante a concepção arquitetônica?

Muitos softwares vêm sendo desenvolvidos como ferramentas para a elaboração de orçamentos de projetos arquitetônicos. Entretanto, um software que se destaca por ter o objetivo de fazer este levantamento orçamentário concomitantemente à concepção arquitetônica e não após a elaboração do projeto é o DProfiler, desenvolvido pela Beck Technology. Nele, o custo é dado de acordo com as decisões arquitetônicas – de materiais, locação no terreno, número de pavimentos, tipo de estrutura, forma arquitetônica, etc – e isso acontece desde o momento do lançamento do partido arquitetônico, oferecendo estimativas que auxiliam nas avaliações e testes (Figura 1.8).

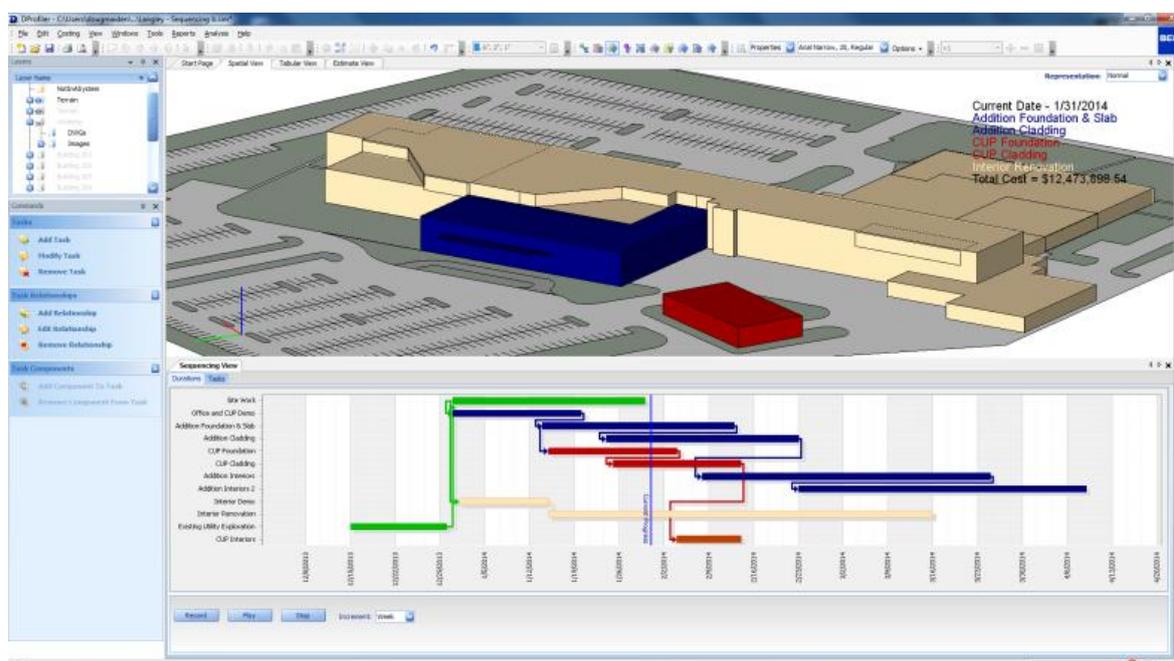


Figura 1.8: Utilização do DProfiler para programação da obra. Fonte: Disponível em: <<http://beck-technology.com/dprofiler.html>> Acesso: 10/05/13.

A arquitetura performativa que, para a presente pesquisa, pode ser inserida como uma abordagem totalmente inovadora da forma de pensar o projeto, estabelece um paradigma digno de ser estudado. E ao ter como base da pesquisa a relação entre partido arquitetônico e custo da obra, o software DProfiler surge como uma opção de pesquisa e avaliação, pois parece responder aos anseios de tal abordagem. Assim, trazemos o foco da pesquisa para

questões performativas, especificamente o desempenho de custos do edifício, pretendendo estabelecê-lo como condicionante para a concepção da forma arquitetônica e testá-lo segundo o objetivo proposto, mediante as opções possíveis de intervenções simultâneas à concepção.

**O questionamento que se estabelece, entretanto, é sobre o paradigma “conjectura e teste” estabelecido durante os últimos anos. Essa abordagem performativa, ainda que ofereça novos meios para se pensar o projeto e para redefinir o papel do arquiteto, tem modificado o paradigma estabelecido? Até que ponto esta ideia bastante arraigada de “conjectura e teste”, está sendo, de fato, desafiada pela arquitetura performativa? Aqui a questão se fundamenta no tipo de relação que o projetista tem com a atividade projetual. Ainda que a arquitetura lide com questões mais objetivas, como desempenho de custos, será que o procedimento não é o mesmo: análise, síntese e avaliação?**

Para responder a estes questionamentos, alguns conceitos precisam ser definidos, assim como seus limites. Arquitetura performativa precisa ser definida no sentido de estipular os níveis em que podemos tratá-la como automatizada ou manual. Precisamos definir os limites da ação do arquiteto. Neste momento, outras questões surgem: será que as informações que eu forneço ao software definem algo? E como se dá esta definição? Até agora, o arquiteto continua sendo aquele que interrompe o processo de projeto. Mas, e os requisitos e restrições do projeto? A quem eles dizem respeito? Somente ao cliente ou ao programa? O arquiteto não restringe a forma mediante sua bagagem histórica, estética e cultural? No caso de um software como o DProfiler, que fornece informações de custos no momento do lançamento do partido arquitetônico, até que ponto sua utilização condiciona a forma arquitetônica? E utilizando de informações primárias, sem muito detalhamento, qual o nível de fidelidade do orçamento de custos fornecido?

São estes os questionamentos que nos motivaram a pesquisar sobre a abordagem do projeto performativo e que nos guiaram no desenvolvimento da pesquisa.

### 1.3 HIPÓTESE DE TRABALHO

Ainda que tenhamos em mente que a concepção arquitetônica é subjetiva, uma vez que incorpora questões históricas de domínio sociocultural e de perpetuação dos valores e tradições; que ela é representada não só no contexto urbano ou em um determinado desempenho e que é influenciada pela bagagem teórica, imagética, social e cultural do arquiteto, fundamentamos o escopo desse trabalho em questões objetivas de desempenho de custo, restringindo-nos a exploração deste único critério para coleta de dados e análise.

Nesta pesquisa, então, foi estabelecida a seguinte hipótese de trabalho:

- É possível produzir uma forma arquitetônica que atenda diretamente aos requisitos de desempenho de custos, seguindo determinada linguagem formal, aliando custos e intenção projetual na fase inicial do projeto.

### 1.4 OBJETIVOS

Além do objetivo geral de validar a nossa hipótese, consideraremos ainda os seguintes objetivos específicos:

- Analisar como forma, tipologia e estrutura do edifício podem influenciar no custo final da obra.
- Analisar como questões de desempenho de custos podem influenciar na concepção do projeto arquitetônico e da forma arquitetônica.

- Desenvolver modelos que sirvam como estudo de caso, atendendo aos objetivos anteriores.

## 1.5 MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO

Entende-se como pesquisa a “atividade básica das Ciências na sua indagação e descoberta” (MINAYO, 2004). A Metodologia é o ponto chave do início de uma pesquisa, na qual se desvendam os caminhos que darão contorno ao esboço do marco teórico. A metodologia “inclui as concepções teóricas da abordagem, o conjunto de técnicas que possibilitam a apreensão da realidade e também o potencial criativo do pesquisador” (MINAYO, 2004). O método, segundo Garcia (1998), representa um procedimento racional e ordenado (forma de pensar), constituído por instrumentos básicos, que implica em utilizar a reflexão e a experimentação, para proceder ao longo do caminho e alcançar os objetivos preestabelecidos no planejamento da pesquisa (projeto).

Neste estudo, será utilizado o método hipotético dedutivo: que se inicia pela percepção de uma lacuna nos conhecimentos acerca da qual se formula hipóteses e, pelo processo dedutivo, testa a ocorrência de fenômenos abrangidos pela hipótese.

Senso assim, nosso método de investigação tem a seguinte estrutura:

- Definição da quantidade de modelos a ser elaborados, de acordo com a definição dos temas e programas.
- Definição dos critérios de desempenho para elaboração de modelos. (sítio, especificação de programa e desempenho de custos).
- Desenvolvimento de modelos mediante os critérios de desempenho de custos e o programa estabelecido (neste caso, um mesmo programa pode ser testado segundo duas ou mais

formas diferentes, pontuando o nível de interferência da forma no custo do edifício).

- Amostra de resultados: analisar os modelos baseados nos seguintes critérios:
  - Rapidez e quantidade de avaliações;
  - Quantidade de passos para o desenvolvimento do projeto;
  - Nível de automatização e otimização;
  - Negação ou conformidade com o paradigma “conjectura e teste”;

Tendo em mente todos estes questionamentos e sem a pretensão de responder a todos nesta pesquisa, o presente trabalho começa fazendo uma revisão bibliográfica que se estende do segundo ao quinto capítulo. Começamos pelo modo como este paradigma de “conjectura e teste” tem sido definido e estudado nos últimos anos, assunto que é desenvolvido no capítulo 2. Após a delimitação e definição deste paradigma, no capítulo 3 partimos para o entendimento de como a revolução digital modificou o pensamento de projeto e de como ela serve como base para a definição do termo “projeto digital”, analisado no capítulo 4. Esta nova abordagem projetual classifica o conceito de arquitetura que pretendemos pesquisar: a arquitetura performativa, detalhada no capítulo 5, que também expõe algumas obras que foram desenvolvidas a partir do desempenho enquanto restrição ao projeto, na intenção de exemplificar algumas das diferentes abordagens do projeto performativo.

Após a revisão bibliográfica, introduzimos o software que será objeto de pesquisa, o DProfiler. Através de exemplos e estudos, relacionamos o software ao paradigma da arquitetura performativa e analisamos suas ferramentas para alcançar os níveis de performatividade pretendidos, demonstrando como requisitos de desempenho de custos influenciam na forma arquitetônica.

## 1.6 RESULTADO ESPERADO

Ainda que partamos do pressuposto de que os meios performativos de projeto arquitetônico possam ser um novo caminho para o pensamento de projeto, acredita-se que esta forma de abordagem é muito nova para definições e delimitações precisas, pois ainda está em processo de evolução, tanto nas questões teóricas quanto ferramentais.

A suspeita inicial é que, com os modelos, será possível averiguar se a arquitetura performativa é, até agora, possível ou se é apenas uma abordagem diferente, na qual temos mais rigor na concepção. De toda forma, acredita-se que esses modelos mostrarão ao menos uma evolução do processo de projeto em relação ao paradigma “conjectura e teste”. Pois, partindo do pressuposto de que o objeto arquitetônico deve atender requisitos de desempenho desde o momento da concepção, a conjectura, então, já não é aleatória. Talvez, na atividade global o paradigma continue muito semelhante, mas ao menos na etapa inicial pode-se notar características performativas, uma vez que a conjectura não nasce da intuição ou da coisa vaga e sim de um conjunto de regras estipuladas antes de qualquer especulação formal.

Ainda que tenhamos mais rigor no lançamento do partido arquitetônico, ele não fica isento da avaliação externa do arquiteto; e nem deve ficar já que o projeto é fruto da mente desse profissional. E, acredita-se ainda que cada conjectura, ainda que pequena, é uma etapa performativa, pois não parte da inspiração subjetiva. Assim, a presente pesquisa defende que o arquiteto continua tendo o papel central no processo de projeto arquitetônico, utilizando as ferramentas computacionais como meios cooperativos para a solução otimizada da arquitetura.

# CAPÍTULO 2

## O PROCESSO DE PROJETO ARQUITETÔNICO

Antropologicamente, a arquitetura é utilizada como um mecanismo de conquista e se estabelece como um ato de ruptura, como um símbolo de poder, controle territorial e influência política. Tem sido pensada, construída e usada como a pedra angular dos valores, tradições e culturas do seu tempo e como um meio de perpetuação desses valores e cultura para a posteridade (ARAYA, 2010).

Arquitetos, ao longo de milênios, utilizaram de todas as ferramentas e meios disponíveis para representação e criação de suas ideias, pensamentos e ideologias. Assim, por muito tempo, a prática do projeto tem sido o ofício elementar do arquiteto.

Gregotti (1975, p. 12) refere-se ao projeto da seguinte forma:

Do ponto de vista da arquitetura, o projeto é o modo através do qual vêm-se organizados e fixados arquitetonicamente os elementos de um determinado problema. Estes foram selecionados, elaborados, e intencionados através do processo de composição, até chegar a estabelecer entre si novas relações cujo sentido geral pertence, ao final, à coisa arquitetônica, à nova coisa que construímos por meio do projeto.

O projeto arquitetônico, diferente de algumas atividades que lidam com a resolução de um único problema, deve atender a diversos requisitos e dar solução para vários problemas ao mesmo tempo. Logan (1987) argumenta que problemas de projeto são geralmente multidimensionais e extremamente interligados. É raro quando uma parte do edifício serve para um único propósito e por isso fazem-se necessárias soluções integradas.

O objeto arquitetônico lidará com restrições do local, restrições sociais, culturais e financeiras e deverá atender a um conjunto de exigências formais e funcionais. Podemos dizer que ele está cercado de critérios técnicos e subjetivos.

Diferentes respostas aos problemas produzirão resultados imediatos formais ou circunstanciais. Um bom exemplo de como os critérios e problemas estão atrelados um ao outro é dado por Logan (1987). Ele diz que quando aumentamos o tamanho de uma janela, podemos captar mais luz e obter uma melhor vista; mas também resultará em uma maior perda de calor e criar maiores problemas de privacidade. Este tipo de conjectura acontece a cada etapa do projeto.

A forte preocupação contemporânea com o modo como o projeto arquitetônico é realizado e a intenção de entender o que realmente acontece durante este processo tem feito com que a teoria de projeto em arquitetura seja estudada extensivamente, na tentativa de conceber métodos para seu aperfeiçoamento.

Segundo Kalay (2004), o processo de projeto situa-se entre a ideia e a realização e deve assegurar que a criação do arquiteto atinja os objetivos projetuais, estipulados mediante restrições e que reduza as possibilidades de erros da construção. Segundo ele, este conceito tem sido praticado durante centenas de anos, mas só foi formalizado nos anos 60.

John Chris Jones, mais conhecido como o fundador do *Movimento dos métodos de projeto*, foi um dos primeiros a estudar o processo de projeto, devido a sua insatisfação com a superficialidade do design industrial, com o qual trabalhava na década de 50.

Jones (1970) diz que a literatura sobre métodos de projeto começou a aparecer nos países mais industrializados, nos anos 50 e 60. Antes dessa época, era suficiente saber que o projeto era aquilo que arquitetos, engenheiros e designers industriais produziam na forma de desenhos, necessários aos clientes e aos construtores.

Em seu livro, publicado em 1970, o processo de projeto é desintegrado em três fases: divergência, transformação e convergência. Na primeira fase, os limites da situação do problema são estendidos, através da busca de exemplos já concebidos, no objetivo de definir a forma e o contexto do problema. Este é o momento de elaborar perguntas como: o que é valioso? O que é possível? O que é perigoso? Quais são as dependências entre os elementos?

Na segunda fase – transformação – após o mapeamento do problema, algumas ações como eliminar, combinar, simplificar, transformar ou modificar podem acontecer. Nesta fase, são definidos as restrições e os objetivos do projeto. O problema é dividido em subproblemas que vão sendo resolvidos um a um e reagrupados novamente para detalhamento na fase três – convergência. Nesta etapa, os modelos de solução vão se tornando mais concretos e especificados.

Segundo Logan (1987), Jones teve como objetivo desenvolver um quadro em que processos de pensamento intuitivo ou lógico pudessem ser aplicados aos problemas de projeto, vendo cada problema como sendo definido por uma série de fatores ou requisitos.

Algumas definições e descrições do processo de projeto daquela época foram estudadas por Jones (1972). Entre elas estão:

- encontrar os componentes físicos certos para uma estrutura física;
- uma atividade de solução de problemas direcionada por objetivos;
- tomada de decisão, encarando a incerteza;
- simulando o que será produzido tantas vezes quantas forem necessárias para encontrar um resultado preciso;
- uso de princípios científicos, informações técnicas e imaginação para a definição da estrutura e sistema mecânicos do projeto, para desempenhar requisitos com o máximo de economia e eficiência;

- relacionar produto com contexto para obter soluções satisfatórias;
- a solução otimizada da soma das reais necessidades de um conjunto particular de circunstâncias;
- o salto imaginativo de fatos presentes para possibilidades futuras.

Dentre os vários modelos alternativos de processo de projeto propostos na década de 60, o modelo adotado pelo Royal Institute of British Architects (RIBA) ganhou uma forte e ampla aceitação em arquitetura, que divide o processo de projeto em quatro etapas:

1. Assimilação: que consiste na coleta e organização de informações gerais e específicas relacionadas ao problema em questão.
2. Estudo geral: que é a investigação da natureza do problema e de possíveis meios de solução.
3. Desenvolvimento: consiste no desenvolvimento e refinamento de uma ou mais soluções experimentais isoladas da fase 2.
4. Comunicação: a comunicação de uma ou mais soluções para pessoas que estão dentro ou fora da equipe de projeto.

Este processo não é obrigatoriamente sequencial e é necessária a interação entre as quatro etapas.

Outro modelo desta mesma equipe, chamado “plano de trabalho”, é bem mais detalhado, consistindo de 12 passos que servem para descrever um caminho lógico através da atividade de projeto. Início, viabilidade, esboço de propostas, projeto esquemático, projeto detalhado, informações de produção, quantitativos, apresentação de propostas, planejamento de projeto, operação no local, conclusão e feedback. Em forma resumida, este modelo poderia ser apresentado em (1) Instruções, (2) desenhos esquemáticos, (3) desenhos técnicos e (4) operações locais que descrevem os produtos do processo de projeto, ao invés de tratar do projeto em si, no qual os passos são sequenciais e não interativos.

Em 1969, Markus desenvolveu dois modelos de atividade de projeto, argumentando que que uma visão completa do processo de projeto requer uma sequência de análise, síntese, avaliação e decisão que é repetida em níveis cada vez mais detalhados do processo de projeto ou morfologia (Figura 2.1).

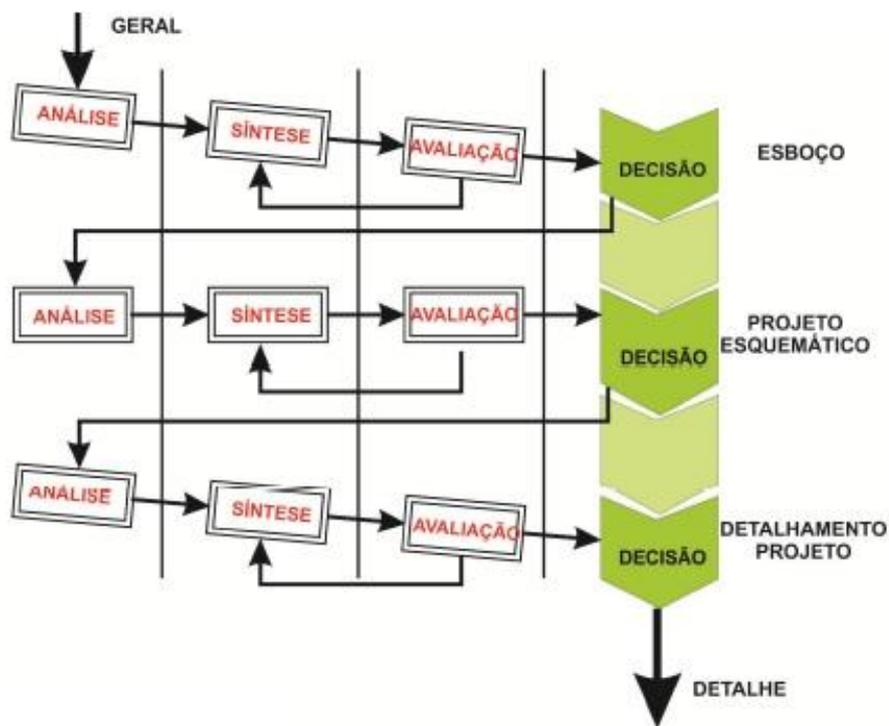


Figura 2.1: Modelo de processo de projeto proposto por Markus (1971). Fonte: Veras, 2012.

Lawson (2005, p. 37) diz que

O processo de análise é a exploração de relações, procurando por padrões nas informações disponíveis e a classificação dos objetivos. Essencialmente, análise é a ordenação e estruturação do problema. Síntese, por outro lado, é caracterizada por uma tentativa de prosseguir e criar respostas ao problema. Essencialmente, síntese é a geração de soluções. Avaliação envolve avaliações iniciais de possíveis soluções contra os objetivos identificados na fase de análise.

O modelo inclui uma retroalimentação da avaliação para a síntese, representando modificações da proposta em resposta aos resultados da fase da avaliação, um ciclo que deve ser repetido por indefinidas vezes até que o projetista encontre uma solução satisfatória.

Estes modelos são todos baseados na comum suposição que o processo de projeto consiste em uma sequência de atividades bem definidas,

isto é, elas são sistemáticas. Em problemas de projeto práticos, entretanto, um processo linear é insustentável (Eastman, 2008). O processo de projeto não pode ser considerado simplesmente como uma sucessão de procedimentos, com um começo claro e pontos terminais. Lawson (1987) diz que o *feedback* é necessário em cada estágio do processo, argumentando que a natureza mal definida da maioria dos problemas de projeto frequentemente necessita de mais análises, especialmente no caso em que a percepção original do problema foi imprecisa ou incompleta (Figura 2.2).

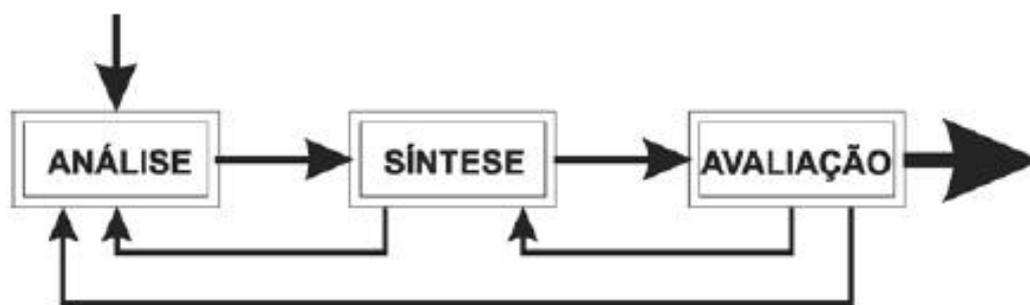


Figura 2.2: Mapa proposto por Markus (1971) das etapas das sequências de decisões com indicação dos *feedbacks* e retroalimentações. Fonte: Veras, 2012.

No seu famoso trabalho desenvolvido em 1964, Alexander argumenta que existe uma correspondência fundamental entre o padrão de um problema e o processo de projetar uma forma física que soluciona aquele problema. Alexander vê o projeto consistindo de duas fases: análise e síntese. A fase analítica consiste na decomposição do problema, dividindo-o em elementos do problema e subconjuntos e estabelecendo uma hierarquia entre eles. Na segunda fase, estes elementos são sintetizados numa solução que reflita a estrutura da decomposição. Seguindo o método de Alexander, o projetista primeiro reúne uma lista completa de requisitos do problema. Estes requisitos são, então, relacionados entre si e a interação entre cada par de critérios é classificado como positivo, negativo ou neutro, dependendo de como eles se complementam ou se inibem. O problema é efetivamente dividido em subproblemas independentes, cada um relativamente simples para o projetista entender e resolver.

A visão de Alexander do processo de projeto pode ser caracterizada como “uma tentativa de fornecer um quadro conceitual para se chegar a um

mapa explícito da estrutura do problema” (Logan, 1987). É essencial para o processo, nesta visão, a busca pela boa relação entre forma e contexto. A definição de um método formal tenta melhorar o processo, de forma que o número de desajustes entre forma e contexto seja reduzido.

Brian Logan (1987) categoriza a teoria de projeto arquitetônico em quatro gerações. A primeira procurou sistematizar o processo de projeto. Nesta época, Thomas Markus (1969) e Thomas Maver (1970) aperfeiçoavam o modelo análise-síntese-avaliação de Asimov (1962), John Page (1969) pontuava os limites e as virtudes do uso de modelos tridimensionais no projeto, e Bruce Archer (1969) propunha um modelo conceitual que tentava ser compatível com disciplinas afins, como ciência da administração e pesquisa operacional.

Em todos os modelos propostos, o projeto é visto como constituído de sequências bem definidas de atividades, nas quais ideias e princípios de métodos científicos podem ser aplicados. Eles advogam o uso de técnicas formais, adotando geralmente uma visão cartesiana do projeto, no qual o problema é dividido em fragmentos que vão sendo resolvidos separadamente, antes de serem sintetizados em uma solução geral.

Horst Rittel (1967), ao caracterizar o processo de projeto como um processo “malvado”, mostra que estes modelos da primeira geração são inadequados. Ele desenvolve uma série de onze propriedades referentes ao problema, mostrando não existe uma formulação definitiva; que a qualquer momento da formulação de uma solução, ela pode ser melhorada e que a solução encontrada pode falhar em relação a algum requisito.

Segundo Mustoe (1990), a segunda geração proposta por Logan tenta superar esta dificuldade, conceituando o processo de projeto como um diálogo e não como um modelo. Mas não se mostra tão eficiente, pois apesar de reconhecer a complexidade do projeto, não dá nenhuma direção para o projetista - que sempre pode ser influenciado pelas suas concepções prévias e valores - e cada nova decisão leva a uma mudança nas decisões iniciais, mostrando que o projeto não pode ser completamente linear (Broadbent, 1979),

passando de abstrato para o concreto, com vários pontos de decisão (Figura 2.3).

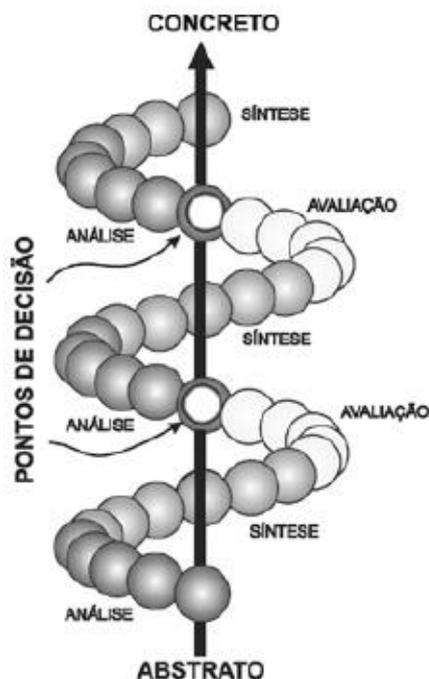


Figura 2.3: Modelo de projeto em espiral, levando do abstrato ao concreto. *Fonte: Veras, 2012.*

A terceira geração, ao invés de ser caracterizada por uma atividade de projeto estruturada pelo diálogo, é vista como uma atividade empírica. A intenção é colocar a prática do projeto mais próxima dos modelos de método científico, influenciada pelos trabalhos de Karl Popper (MUSTOE, 1990). Porém, pelo fato de que o problema não pode ter uma formulação definitiva, ele também não pode ser falsificado empiricamente. Além disso, Cross (1976) argumenta que uma atividade de projeto fundada na metodologia da ciência não pode ser bem sucedido, uma vez que o conceito de ciência ainda não é epistemologicamente coerente nem historicamente válido.

Devido às tentativas frustradas de colocar o processo de projeto em conceitos formulados pelas três gerações descritas, Logan (1987) caracteriza a quarta geração como a geração da desilusão, e a intitula de “A falha do método”. Segundo Mustoe (1990), Logan mostrou que os modelos não podem servir de analogia para o processo de projeto, pois as suas incongruências apontam para quão difícil é entender esta atividade.

Ainda nos anos 80, novas camadas da profundidade cognitiva começaram a ser introduzidas na modelagem do ato de projetar, por Schon e seus colaboradores (Schon, 1983, Schon and Wiggling 1988) que colocaram o maior foco no designer em si, ao invés do projeto. Frequentemente referido como “reflexão na ação”, estes modelos tinham como objetivo capturar a natureza do “que acontece na cabeça do designer” (Lawson, 1997) e enfatizam a interação entre a representação do problema, enquanto caracterizam o projeto como um processo de recepção (percepção), reflexão (interpretação), e reação (transformação).

Apesar da dificuldade em conceituar a atividade de projeto, Kalay (2004), tendo por base os primeiros estudos realizados por Jones (1970) e a noção de que não há uma nítida separação entre síntese e análise, como proposto por Eastman (2008), caracteriza o projeto como uma atividade composta por quatro etapas entrelaçadas, que são: análise do problema, síntese da solução, avaliação e comunicação (Figura 2.4). A análise do problema, também conhecida como análise de viabilidade, é a fase na qual o projetista tenta identificar todos os elementos do problema, incluindo os objetivos a serem alcançados, as restrições básicas e os possíveis efeitos colaterais que a solução poderá gerar (KALAY, 2004). Este é um processo racional e analítico que depende de informações obtidas a partir de entrevistas com o cliente, projetos precedentes, vistorias locais, previsões físicas e econômicas e outras fontes. Kalay (2004) pontua que a dificuldade não é obter as informações, mas organizá-las de forma a ser útil aos próximos estágios do processo. Esta fase seria, então, uma fase organizacional.

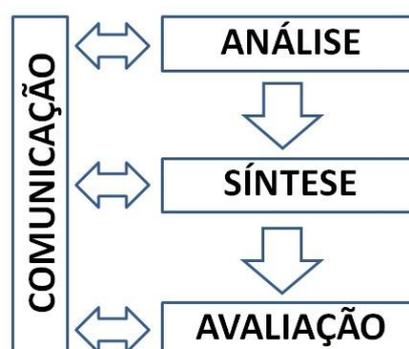


Figura 2.4: Os componentes do processo de projeto arquitetônico proposto por Kalay. *Fonte: Kalay, 2004. Adaptado pelo autor.*

O próximo estágio é a síntese da solução. Nesta fase criativa, o projetista forma ideias e possíveis soluções que respondem aos objetivos, restrições e oportunidades estabelecidos durante a primeira fase do processo. Segundo Kalay (2004), este não é um processo racional, mas intuitivo, no qual o projetista procura por formas, materiais, vistas, orientações, condições de iluminação e outros elementos que se juntam numa montagem holística.

A solução resultante das duas primeiras fases do projeto geralmente é incompleta, podendo não atender a todos os requisitos ou respeitar a todas as restrições e pode até mesmo não conter um conflito interno. A terceira fase do processo proposto por Kalay (2004) é a Avaliação, momento em que a solução é avaliada racionalmente. O resultado da avaliação serve para ajustes e aperfeiçoamentos da solução, voltando o projetista para a segunda ou primeira fase com mais informações ou modificando restrições ou objetivos.

A quarta fase é a comunicação, que permite que todos os participantes do processo de projeto sejam informados dos objetivos e soluções. Segundo Kalay (2004), comunicação é um processo de codificação e decodificação da informação e a evolução dos meios de comunicação tem tido um impacto direto sobre o processo de projeto.

Segundo a Arup (2009), o uso do computador como meio de comunicação tem expandido o acesso às informações de forma rápida e precisa e tem feito o processo de projeto mais acessível, fazendo com que mais pessoas estejam envolvidas.

## **CAPÍTULO 3**

### **O USO DO COMPUTADOR NA ARQUITETURA – UM BREVE RESUMO HISTÓRICO**

Na arquitetura – diferente de protótipos de escalas pequenas ou moldes em que o todo consiste em uma única parte ou um único material – o todo e as partes não são idênticos. Assim, podemos dizer que toda estrutura arquitetônica tem algo em comum: são montagens de numerosas partes (WALZ, 2007). Arquitetura é entendida, a partir dessa perspectiva, como um artesanato, uma síntese ou uma montagem com o objetivo de atender as condições ambientais, propriedades estruturais, uso humano ou demanda cultural. Vimos também, que a arquitetura é caracterizada pela necessidade de uma organização lógica e coerente entre os diferentes elementos, formando um conjunto completo de elementos exteriores e interiores, os quais são representados através de plantas, fachadas, cortes, detalhes e informações – elementos do projeto arquitetônico.

Com o advento da computação e o uso do sistema CAD (Computer Aided Design – Projeto Auxiliado por Computador), estes elementos, representados durante muito tempo por desenhos feitos através de equipamentos e ferramentas manuais, passaram a ser desenvolvidos a partir de um universo digital. Migrando da prancheta para o computador, os arquitetos puderam experimentar uma nova relação com o desenho. Entretanto, até aquele momento, o que os sistemas CAD ofereciam era uma maior rapidez na representação do projeto.

Mesmo antes do advento do computador pessoal nos anos 70, máquinas computadorizadas eram utilizadas pelos designers das indústrias automobilística e aeroespacial para desenvolver cálculos complexos e pelos cientistas para desenvolver difíceis simulações do mundo físico (KOLAREVIC, 2005). As vantagens inicialmente oferecidas pelo computador foram a precisão e a eficiência. Explorar novas possibilidades não era prioridade; mais importante era usá-lo para desenvolver cálculos em frações de segundos. A eficiência oferecida pelo computador extrapolou a produção de diagramas técnicos e permitiu que desenhos geométricos complexos fossem criados mais rápido do que com as técnicas tradicionais.

Sabemos que hoje as tecnologias computacionais podem oferecer muito mais do que aumento da produtividade dos métodos de representação e comunicação do projeto. Segundo Kalay (2004), elas têm o poder de mudar a comunicação e a representação, através de seis propriedades do computador: 1 – flexibilidade (a habilidade de mudar os níveis de abstração quando preciso, sem ter que reconstruir a representação desde o começo), 2 – interligação (a habilidade de mudar uma representação e as outras serem modificadas automaticamente), 3 – gestão da informação (habilidade de acessar e organizar fontes de informações complexas), 4 – visualização (habilidade de produzir imagens foto-realísticas de artefatos e ambientes não existentes), 5 – inteligência (habilidade de incorporar regras de projeto, restrições e objetivos na representação, fazendo dele um parceiro ativo no processo de projeto) e 6 – conectividade (habilidade de compartilhar informação rapidamente entre todos os participantes do processo de projeto).

Estas propriedades, segundo Kalay (2004), podem ser melhor ilustradas usando o conceito de representação interna e externa. Representação interna, segundo ele, refere-se ao processo de idealização – a atividade que os arquitetos usam para criar e transformar uma solução de projeto através da reflexão e ação (SCHON, 2000). Isso envolve criação, avaliação e revisão. Representação externa, por outro lado, refere-se ao processo de comunicar o projeto em evolução para outros participantes no processo de projeto, para uma avaliação formal e para a construção do edifício.

Com o tempo, além do uso do computador para desenvolvimento de cálculos complexos, as indústrias naval, aeroespacial e automobilística passaram a utilizar as ferramentas computacionais para a idealização, representação e fabricação de seus produtos (Figuras 3.1, 3.2 e 3.3). Essa apropriação dos meios digitais serviu de exemplo para a indústria da construção civil, que só começou a expandir o uso do CAD há pouco tempo. Olhando para o desenvolvimento do projeto e execução de navios, aviões e automóveis, arquitetos puderam conectar projeto e construção, integrando potencialmente seus serviços em volta das tecnologias digitais de projeto, análise, fabricação e montagem.



Figura 3.1: Modelo digital do Boeing 737. Fonte: Kolarevic, 2003.



Figura 3.2: Modelo tridimensional usado pela indústria naval. Fonte: Kolarevic, 2003.



Figura 3.3: Conceito do carro Supra, da Toyota, desenvolvido em 2012 pelo designer Emre Husmen. Fonte: Disponível em: <<http://godsofart.com/20-concept-cars>> Acesso: 17/07/2013.

O interesse dos arquitetos em utilizar tecnologias e métodos de outras indústrias não é novo. Segundo Kolarevic (2003), arquitetos sempre olharam para os limites de sua profissão, apropriando matérias, métodos e processos de outras indústrias quando necessário. Historicamente, essas transferências de tecnologia têm sido o cerne de avanços bem sucedidos, ampliando o escopo de inovação e afetando continuamente as práticas predominantes.

Além da construção civil, as áreas de desenho industrial e de equipamentos têm desenvolvido também um processo no qual projeto, análise, representação, fabricação e montagem estão se tornando colaborativos, dependentes exclusivamente de tecnologias digitais. As informações são extraídas, trocadas e utilizadas com mais rapidez. Essas tecnologias abarcam não somente as questões ideológicas e formais, mas também a questão do significado da informação e, mais importante, quem as controla.

Esse sistema utilizado pela construção civil, denominado BIM (*Building Information Modeling* – Modelagem da Informação do Edifício), é um sistema computacional que permite a produção de um modelo tridimensional com todas as informações referentes ao edifício;

uma simulação que apresenta seis características básicas: digital; espacial (3D); mensurável (quantificável e dimensionável); compreensível (intenção conceitual, construtibilidade e aspectos financeiros); acessível (à equipe de proprietários e construtores através de uma interface adequada); e durável (usável em todas as fases da vida útil)” (EASTMAN et. Al., 2008, p. 13).

O objetivo é construir um modelo contendo todas as informações qualitativas e quantitativas necessárias ao projeto, análise, fabricação e construção, além de informações necessárias para a sequência de montagem, resultando um modelo único, coeso e completo (Figura 3.4).

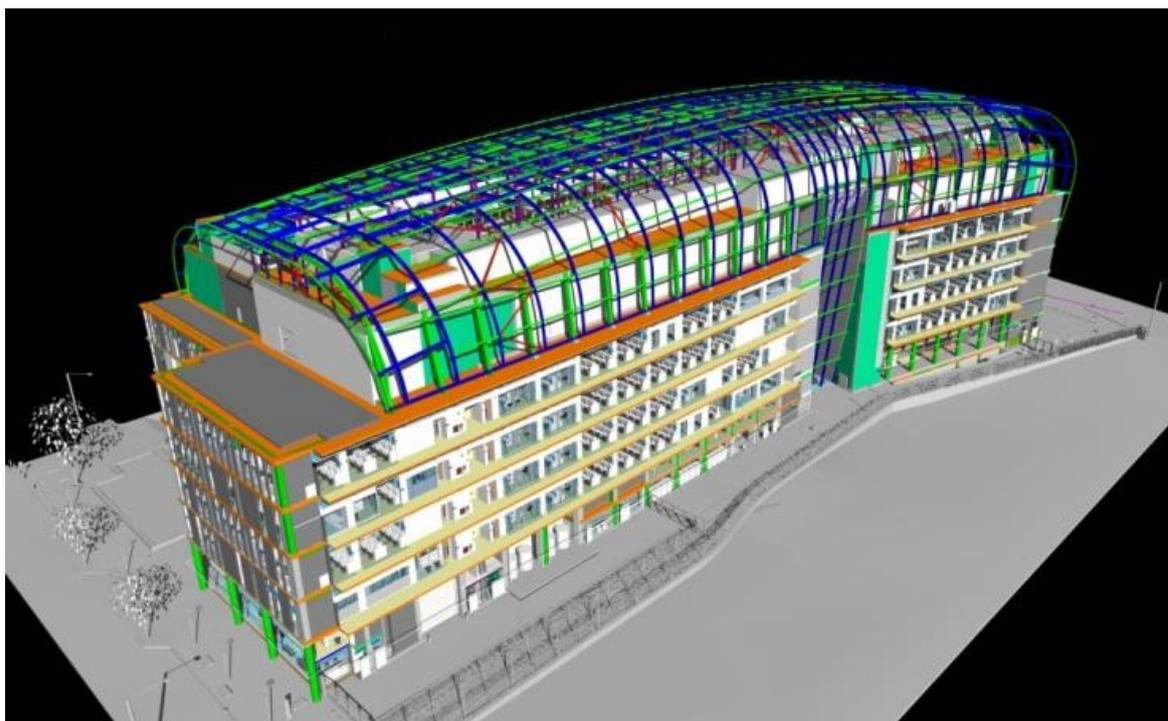


Figura 3.4: Exemplo de modelo tridimensional em Sistema micro BIM. Fonte: Disponível em: <<http://www.hoklife.com/2012/05/25/bim-from-texas-to-london/>> Acesso: 24/07/13.

Esse tipo de modelagem é possível a partir da produção e armazenamento de padrões e módulos que podem ser usados no arranjo e rearranjo para a produção de uma multiplicidade de formas. Este tipo de modelagem é chamado de modelagem paramétrica, pois parte de parâmetros definidos previamente, que podem ser relacionados entre si. Por exemplo: um arquiteto, ao projetar uma escada, pode relacionar a altura da escada à altura do teto; nesse caso, se a altura do teto mudar, a escada se adapta aos novos valores. Ou seja, a possibilidade da escada está ligada às propriedades de uma única variação: a da altura do teto. Este tipo de conexão permite ao arquiteto experimentar e explorar um campo de possibilidades, enquanto controla as formas geradas simultaneamente.

Assim, parâmetros podem ser usados para controlar aspectos como proporção e escala, sem perder a liberdade de tentar diferentes permutações. A figura 3.5 mostra a utilização da parametrização no objetivo de alcançar diferentes padrões e combinações.

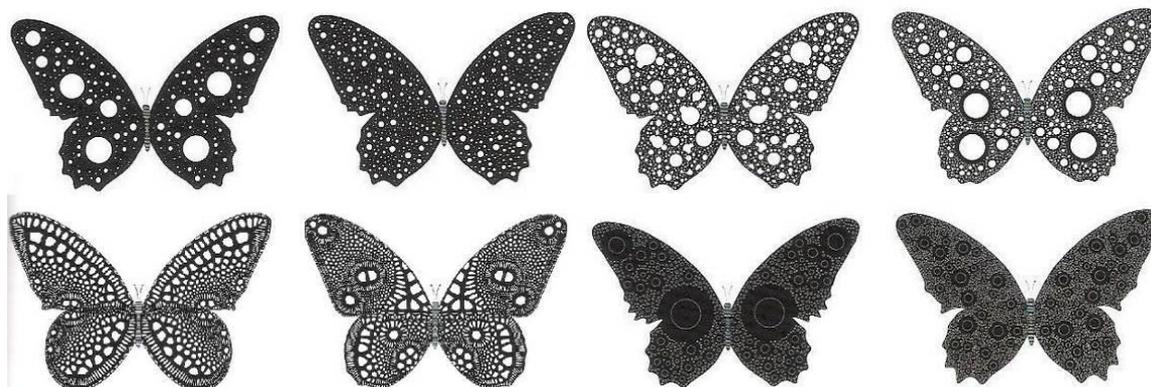


Figura 3.5: Biomimetic Butterflies (padrões de asas criados por Barbarian Group – 2007, a partir de algoritmos customizados). Fonte: REAS & MCWILLIAMS (2010, p. 110 e 111).

Pouco a pouco, alguns novos métodos em projeto arquitetônico passaram a usar o BIM não apenas como meio de armazenamento de informações, mas contribuindo também para novas soluções projetuais. Os métodos de projeto digital baseados no desempenho surgiram a partir de 1990, como resultado de experimentações utilizando a informatização aliada à computação como meio de transformação da arquitetura digital sob as bases do desempenho, objeto de pesquisa da presente dissertação.

### 3.1 AS TRÊS GERAÇÕES CAD E O SURGIMENTO DO PROJETO DIGITAL

O interesse pelo uso do computador no projeto arquitetônico surgiu primeiro no mundo acadêmico, na década de 60 (KALAY, 2004). Em 1963, Ivan Sutherland, como parte de sua tese de PhD. no MIT, desenvolveu um modo de integrar a evolução do projeto com programas de análise, o moderno conceito de CAD - *Computer-Aided-Design* (Projeto Auxiliado por Computador). O programa, denominado Sketchpad (Figura 3.6 e 3.7), demonstrou que computadores poderiam ser usados para desenho, modelagem e representação arquitetônica (KOTNIK, 2012).



Figura 3.6: Ivan Sutherland utilizando o Sketchpad. *Fonte: REAS & MCWILLIAMS (2010, p.28).*

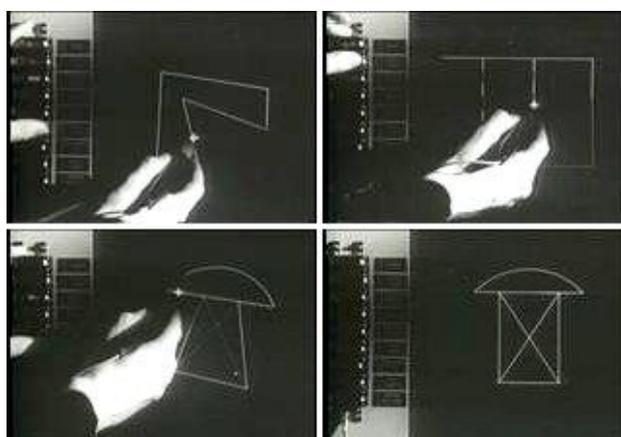


Figura 3.7: Ivan Sutherland utilizando o Sketchpad. *Fonte: Haigh, 2002.*

No decorrer desses cinquenta anos, muitas transformações ocorreram no cenário da arquitetura e no desenvolvimento do sistema CAD (Figura 3.8). O computador, que era visto inicialmente como uma simples ferramenta que auxiliava o projeto, hoje, pode ser visto como parte fundamental do processo projetual. Até a virada do milênio, o Projeto Auxiliado por Computador (CAD) passou, segundo Kalay (2004), por três gerações de sistemas. Na atualidade, podemos dizer que existe uma quarta geração de computadores, que vem para modificar os meios tradicionais de projeção.

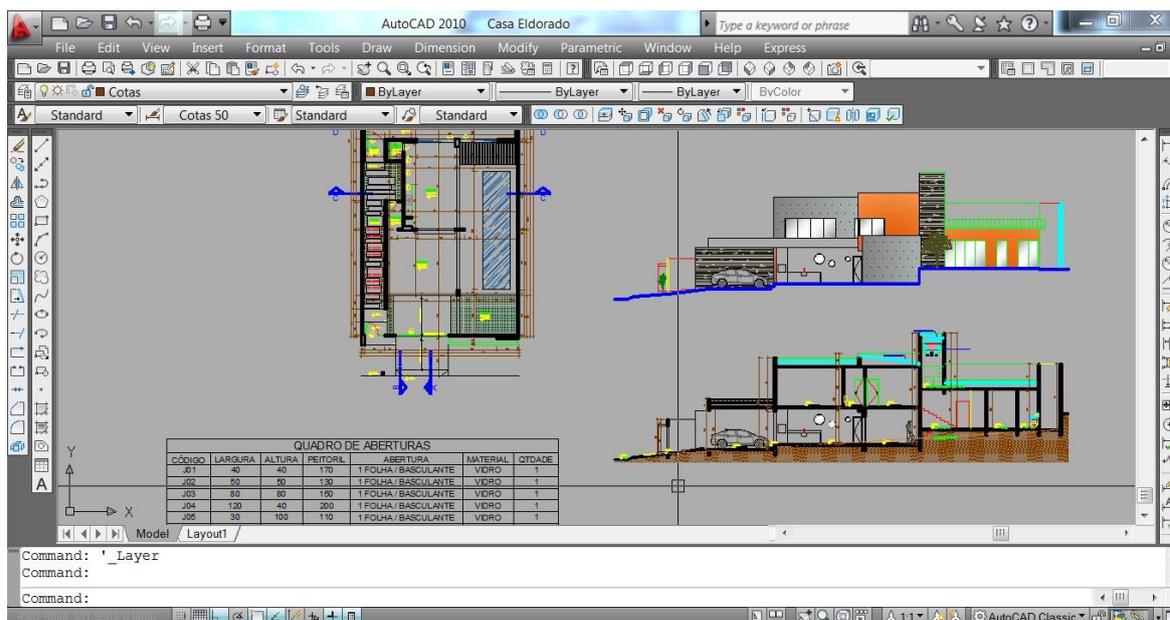


Figura 3.8: Utilização do Software AutoCAD para desenvolvimento de representação bidimensional. Fonte: do autor.

A primeira geração CAD desenvolveu-se em dois campos. O primeiro como suporte para engenheiros na modelagem de curvas complexas aplicadas às indústrias automotiva e aeroespacial. No segundo – no campo da arquitetura – os sistemas auxiliavam na modelagem geométrica de edifícios. Essa abordagem, ainda que usasse os meios computacionais, baseava-se num ponto de vista arquitetônico e intuitivo, ao invés de um ponto de vista da ciência da computação (KALAY, 2004). Entretanto, esses sistemas requeriam grandes máquinas para suportar a computação intensiva de cálculos necessários para manipular as construções geométricas. Assim, a difusão do CAD só foi possível através da invenção de hardwares mais baratos, como o computador pessoal (PC).

A segunda geração tinha como característica principal o desenvolvimento de sistemas voltados para o desenho arquitetônico e a modelagem do edifício. Assim, o significado de CAD nesta época estava mais para Desenho Auxiliado por Computador (*Computer Aided Drawing*) do que Projeto Auxiliado por Computador (*Computer Aided Design*). Se de um lado ocorreram melhorias na representação do projeto, de outro esta geração simboliza uma perda no uso do computador como instrumento de análise e orientação da atividade projetual (KALAY, 2004).

A terceira geração CAD surgiu com o desenvolvimento de softwares mais inteligentes, na tentativa de resgatar o foco do uso do computador como instrumento de suporte ao processo de projeto. Nesta época, foram desenvolvidos softwares voltados para a parametrização de objetos arquitetônicos, como portas, paredes e janelas, com a habilidade de manipular seus atributos geométricos e seus valores. Também, softwares que davam suporte a vários tipos de análises arquitetônicas, como análise energética e de custos foram criados.

Segundo Kalay (2004), a evolução do CAD em arquitetura pode ser vista como um desejo de substituir algumas tarefas predefinidas pelo uso da tecnologia. Neste caso, as tarefas que os meios tecnológicos começam a realizar mudam o modo como o ambiente e os edifícios são concebidos, construídos e usados, porque os computadores, muito mais que uma simples máquina, tem o poder de criar novas tarefas e ferramentas através do tempo. Isso tem acontecido na atualidade, o que pode ser classificado como a quarta geração do projeto auxiliado por computador.

Essa nova geração está sendo celebrada em diferentes conferências, competições e exposições no mundo todo, mostrando que o meio digital está sendo usado não só na representação ou avaliação da forma arquitetônica, mas na determinação da forma e sua transformação, o que está implicando em profundas mudanças conceituais no pensamento de projeto arquitetônico (OXMAN, 2006). Isso reflete também uma mudança na relação entre o projetista e os meios digitais, momento em que o conceito de Projeto Auxiliado por Computador – Computer Aided Design (CAD) – é substituído pelo Projeto Arquitetônico Digital – Digital Architectural Design (DAD).

Relações topológicas, dobramentos, transformações dinâmicas e de continuidade começam a substituir os processos tradicionais de projeto, expressos em malhas, repetição, simetria, produção em massa e tipologia. Segundo Kolarevic (2003), o conceito de estável, sólido e duradouro é substituído pelo de variedade, singularidade e multiplicidade, mudando radicalmente o modo como os edifícios estão sendo concebidos e produzidos e afetando também nossas disciplinas e práticas de projeto. Muitos dos edifícios da era

contemporânea só são possíveis de conceber, representar e construir através do meio digital (Figuras 3.09 e 3.10).

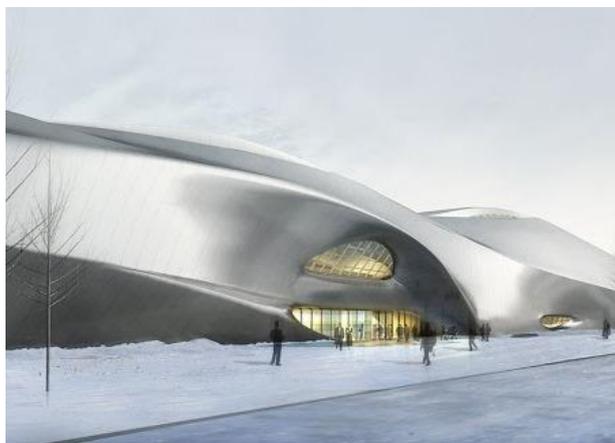


Figura 3.9: China Wood Sculpture Museum by MAD Architects, Harbin, China. Fonte: Disponível em: <<http://www.worldofarchi.com/2012/06/china-wood-sculpture-museum-by-mad.html#sthash.Jybbwul8.dpuf>> Acesso em: 09/09/2013.



Figura 3.10: Taipei City Museum of Art International Design Competition. Fonte: Disponível em: <<http://www.worldofarchi.com//search/label/Low-Rise>> Acesso em: 09/09/2013.

O produto dessa abordagem – as arquiteturas digitais – encontra sua legitimidade na exploração dos novos meios digitais de concepção, construção e fabricação, oferecendo mais possibilidades formais no campo da arquitetura e novas dimensões para o projeto arquitetônico. Como manifestação de novos processos orientados por informação, as arquiteturas digitais estão transformando culturas, sociedades e economias em uma escala global, surgindo como um produto inevitável e lógico do espírito da era digital (OXMAN, 2006).

As arquiteturas digitais, que entraram no cenário arquitetônico mundial gradualmente, ao longo dos últimos anos, com suas expressões em forma de curvas altamente complexas (Figuras 3.11), não se enquadram em um só

movimento de vanguarda, mas em uma multiplicidade de abordagens. Entretanto, as mudanças, segundo Kolarevic (2005), não são apenas formais. Usando tecnologias digitais, é possível gerar formas complexas a partir de novos meios e também construí-las com orçamentos razoáveis. Em outras palavras, o processo de projeto pode ser mais direto e mais complexo, devido ao fato de que as informações podem ser extraídas, trocadas e utilizadas com maior facilidade e rapidez, promovendo uma mudança na relação entre o arquiteto e os estágios do processo de projeto, ou seja, análise, síntese, avaliação e comunicação/representação.

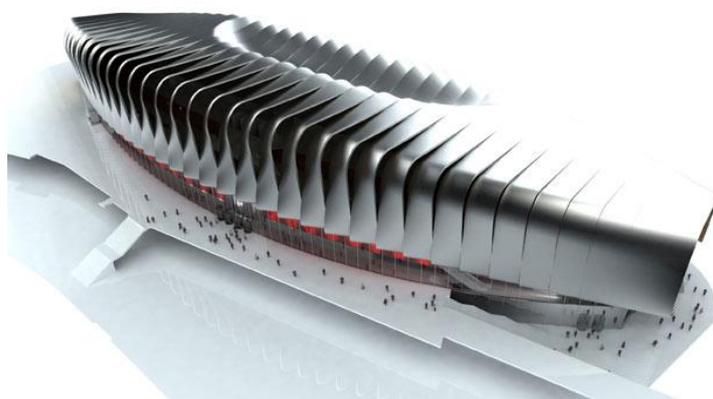


Figura 3.11: Centro de Exibição E3 de Milão, projetado por Grimshaw Architects em parceria com Buro Happold. *Fonte: Mangelsdorf (2010, p.40).*

Frequentemente, realizar uma visão nova ou ímpar requer que o designer ou arquiteto extrapole as limitações das ferramentas existentes. Às vezes, para ir além dos limites dos programas, é necessário customizar aplicações existentes através de programação ou escrever seu próprio software. Aprender a programar e usar o computador mais diretamente abre possibilidades de não somente criar novas ferramentas, mas também sistemas, ambientes, e vários novos modos de expressão. Usando o computador, pode-se reduzir o tempo na criação de composições complexas, o que motiva sua adoção no processo criativo. O computador, assim, pode ser entendido além do conceito de mera ferramenta de produção. Segundo Reas & McWilliams (2010), ele pode ser visto como um criativo e intelectual parceiro que, usufruindo de todas suas possibilidades, pode ser usado para produzir novas formas de arte e possivelmente novas experiências estéticas.

# CAPÍTULO 4

## O PROJETO ARQUITETÔNICO DIGITAL

A evolução do projeto arquitetônico dos meios tradicionais para os meios digitais tem produzido um conjunto singular de projetos nas últimas duas décadas. Segundo Oxman (2006), um grande corpo de publicações tem acompanhado este desenvolvimento e tem desafiado a nossa interpretação e compreensão do projeto digital.

Na arquitetura, assim como no design, esta inovação imagética tem sido uma força motriz na promulgação de uma cultura digital. E neste recente período, altamente ativo no desenvolvimento das metodologias de projeto, várias tentativas de teorizar esses eventos têm incentivado meios de definir e mapear esses fenômenos (OXMAN, 2006). Dada a amplitude crescente de questões e assuntos em projeto digital, testemunhado por prática e publicações, Oxman, em seu Artigo *Theory and design in the first digital age* (2006), coloca uma questão central que diz respeito a saber se, de fato, o projeto digital é um fenômeno exclusivo de um novo pensamento ou apenas um projeto convencional realizado através de novos meios.

A produção de edifícios que uma vez foi baseada na materialização do desenho baseado em papel é agora acompanhada através de informação digital. Hoje, edifícios são projetados, documentados, fabricados e montados com a assistência de meios digitais. Mitchell (1995) argumenta que a arquitetura emergida na era digital é caracterizada por altos níveis de complexidade e isto acaba respondendo bem às exigências dos aspectos contextuais como local, programa e intenção expressiva, que foi possível também no quadro do

modernismo industrial. Segundo Mitchell (1995), a grande diferença entre esta última metodologia e aquela primeira é a habilidade dos modelos digitais em se conectar entre projeto e materialização mesmo num estado conceitual.

Ainda que reprodução ou repetição tenham sido elementares para um mundo de ordens normativas fundamentais para a era da industrialização da máquina, a exposição *Non-Standard Architectures*, realizada no Centro Pompidou em Paris, no ano de 2003, trouxe o conceito de projeto não-padronizado, não-normativo e não-repetitivo como o grande foco teórico deste novo fenômeno reconhecido hoje como o projeto digital.

Nos últimos anos, o crescimento rápido do volume de publicações, tanto convencionais quanto pela internet, juntamente com uma série de eventos internacionais, demonstraram a centralidade que a prática e a teoria dos métodos digitais têm ocupado junto ao discurso de projeto. O FRAC (*Fonds Regional d'Art Contemporain du Centre*) em Orleans, na França, tem se tornado um centro de documentação, publicação e exibição de projetos digitais desde 1991 (OXMAN, 2006).

A Conferência *Non-Standard Praxis* de 2004, presidida pelo MIT como uma continuação da exposição *Non-Standard Architectures*, realizada em Paris – citada a cima – produziu escritos teóricos na tentativa de definir o significado do conceito “não-padronizado” como uma característica da mudança de paradigma no pensamento de projeto. Após 2005, muitos outros museus em todo o mundo têm montado exposições relacionadas ao projeto digital. Entre estes, a exibição no DAM (*German Architectural Museum*) em Frankfurt, (Schmal, 2001), a Exibição Arquitetônica da Bienal de Veneza em 2000 e 2004, e a Nona Exibição Arquitetônica Internacional em 2004, “*metamorph*”, que tentava, explicitamente, teorizar a natureza da transição e a evolução da prática e teoria atuais. No Brasil, o Primeiro Seminário Internacional de Arquitetura Digital ocorreu em São Paulo, em maio de 2011.

Além disso, competições internacionais de projetos têm funcionado como um meio de promulgação dos materiais e teorias em projeto digital. Tais eventos têm conquistado o interesse e participação de muitos arquitetos jovens e

fornecido um fórum para a explícita teorização da arquitetura digital, com o foco na intervenção dos meios digitais em projeto. No entanto, apesar do grande corpo de literaturas disponíveis e o alto nível de produção de projeto e teoria, as distinções metodológicas relacionadas a estes fenômenos não estão ainda bem formuladas.

Oxman (2006) argumenta que o novo projeto é revolucionário não só por causa da sua forma, mas porque propõe alternativas de diversidade, diferenciação e evolução dinâmica. As ferramentas computacionais dos softwares atuais suportam avançados tipos de geração de forma, relativas às geometrias complexas e topológicas e isso acaba influenciando nas características formais do projeto. Estas características emergiram em vários projetos concebidos antes da virada do milênio.

Segundo Oxman (2006), o Museu Guggenheim (Figura 1.4), do arquiteto Frank Gehry, foi a mais proeminente catálise de teorização e de novas direções formais, pois postulou novos métodos de projeto e introduziu a complexidade de novas abordagens geométricas, libertadas de um formalismo linguístico. Segundo Lindsey (2002), além de se preocupar com o resultado do projeto digital, o escritório de Frank Gehry foi profundamente comprometido a pesquisar os potenciais das tecnologias digitais. Estes experimentos estabeleceram precedentes para os sistemas computacionais integrados no processo completo de projeto/materialização/produção/construção.

Outro exemplo prematuro dos temas de projetos lineares contínuos, em evolução e não-repetitivos que estavam a preocupar a experimentação de projeto deste período é o Aeroporto Internacional da Estação Waterloo, em Londres, de Nicholas Grimshaw. O edifício é sinuoso, com a forma curvilínea em pele de vidro, usando aplicações de técnicas paramétricas, que tem se tornado um fenômeno mais comum em projetos contemporâneos (Figuras 4.1 e 4.2).



Figura 4.1: Interior da Estação Waterloo, em Londres. Fonte: Disponível em: <http://www.lookingatbuildings.org.uk/types/railways/20th-century-stations.html> Acesso em: 27/07/2013.



Figura 4.2: Exterior da Estação Waterloo, em Londres. Fonte: Disponível em: <http://www.superstock.com/stock-photography/WATERLOO%20INTERNATIONAL> Acesso em: 27/07/2013.

Estas características de forma topológica, transformacional, diferenciada, evolução da estrutura espacial, organização não-hierárquica e complexa e condições espaciais hiperconectivas se tornaram mais proeminentes em trabalhos seguintes. Entre estes, o Porto Internacional de Yokohama - Japão (Figura 4.3), do *Foreign Office Architects* (MOUSSAVI, 2003), cujas formas e modelos topográficos complexos poderiam ser classificados como um fenômeno de hipercontinuidade. Estes e outros projetos foram sendo produzidos em um período em que a teoria e os métodos de projeto digital estavam se desenvolvendo rapidamente.



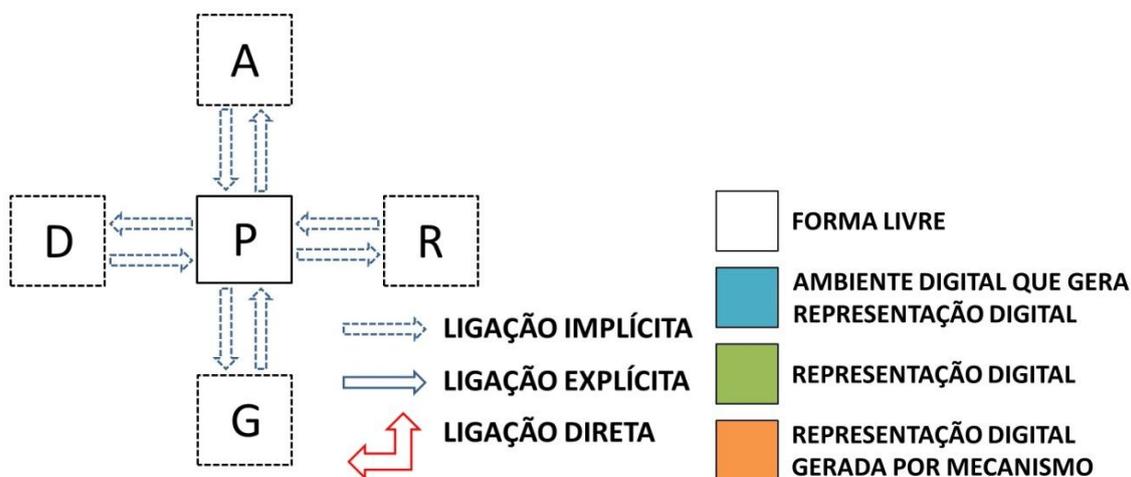
Figura 4.3: Porto Yokohama, Japão. Fonte: Disponível em: <<http://www.arcspace.com/image-library/yokohama-international-port-terminal/>> Acesso em: 12/05/2013.

Para entender, explicar e guiar a presente pesquisa sobre arquitetura performativa é necessário uma reexaminação das teorias e metodologias de projeto atuais. Estes modelos podem ser modificados e adaptados, considerando projeto e os meios digitais e, se bem formulados, eles podem potencialmente fornecer um quadro estrutural e analítico que pode identificar os elementos, ligações, relações, processos e propriedades do projeto digital (OXMAN, 2008).

## 4.1 MODELOS DE PROJETO DIGITAL

Como dito, ainda que não exista uma formulação teórica precisa sobre a prática de projeto atual, Oxman (2006) propõe uma estrutura conceitual e teórica de projeto digital composta por cinco modelos. Essa estrutura baseia-se em quatro atividades de projeto que são: geração, avaliação, representação e desempenho. A autora estabelece cinco modelos de projeto digital, que são configurados através do perfil de estruturação dos conhecimentos e das relações existentes entre o projetista e essas quatro classes de componentes de projeto (ANDRADE, 2012). O projetista assume a posição simbólica central interagindo com os componentes (Figura 4.4), e as interações entre eles podem ser explícitas ou implícitas. Neste esquema, *representação* está relacionada aos meios digitais, *geração* inclui processos generativos, *avaliação* inclui processos analíticos e de julgamento e *desempenho* inclui processos performativos relacionados a

considerações programáticas e contextuais. O esquema abaixo foi extraído da tese de doutorado de Max Lira Veras (2012), que o adaptou de Oxman (2006).



P = Projetista R = Representação A = Avaliação D = Desempenho G = Geração

Figura 4.4: Esquema proposto por Oxman, 2006. Fonte: Veras (2012), Oxman (2006).

Com essa estrutura, Oxman (2006) propõe uma taxonomia composta pelas seguintes categorias:

1. Modelo CAD;
2. Modelo de formação;
3. Modelo generativo;
4. Modelo de desempenho;
5. Modelo composto;

Esta categorização define um esquema genérico, através do qual, classes paradigmáticas de projeto digital podem ser formuladas, resultando em um quadro conceitual e teórico. Este esquema de cinco modelos tem representado uma interpretação do projeto digital, no qual características metodológicas destes paradigmas têm sido formuladas com base em conceitos teóricos tradicionais de projeto e a modelos tradicionais de pensamento de projeto. O impacto sobre projeto na primeira era digital tem sido significativo no sentido metodológico, teórico e tecnológico (KOLAREVIC, 2005).

O modelo de desempenho será analisado no capítulo 5 e o modelo composto integra as considerações finais.

### 4.1.1 Modelo CAD

Modelos CAD tradicionais são comumente usados para controlar representações gráficas de objetos digitais. Este tipo de modelo é descritivo, representando bi ou tridimensionalmente elementos digitais, através de desenhos, modelagens geométricas e renderizações (Figuras 4.5 a 4.7). Este modelo de projeto também compreende os projetos desenvolvidos através de impressoras 3D e máquinas de corte ou fabricação Controlados Numericamente por Computador (CNC).

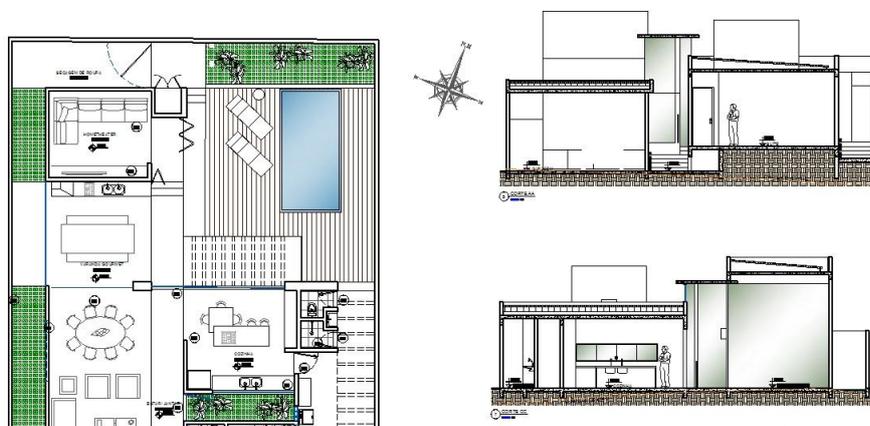


Figura 4.5: Representação bidimensional de planta baixa e corte de residência unifamiliar desenvolvido no software AutoCAD 2010. *Fonte: do autor*



Figura 4.6: Maquete eletrônica desenvolvida no software Sketchup 7. *Fonte: do autor*

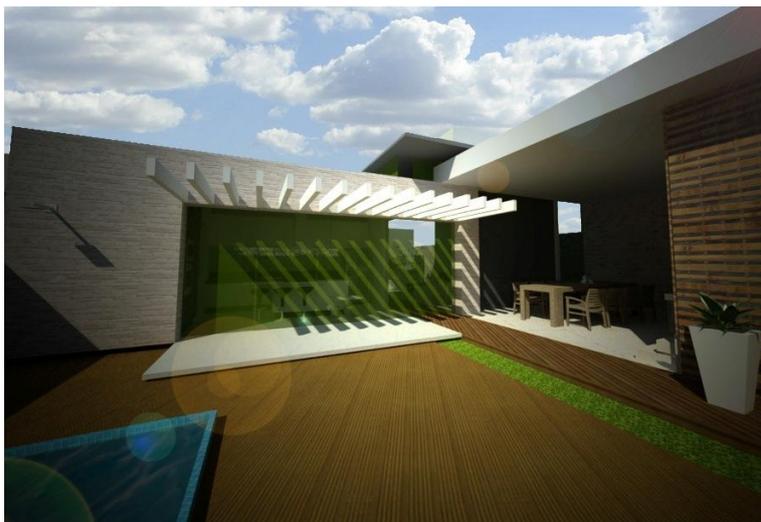


Figura 4.7: Renderização feita no software Sketchup 7 a partir do plug-in V-Ray 7. Fonte: do autor

Através de ferramentas digitais, como prototipagem ou escaneamento, os dados podem ser transferidos de modelos digitais para modelos físicos e vice versa (ALBAYRAK, 2011). Outro uso comum do modelo CAD se refere a processos de avaliação, que podem se relacionar às estimativas de custos, comportamento estrutural, desempenho ambiental do modelo, etc. Este modelo proporciona processos colaborativos entre equipes de projeto, como arquitetura e engenharia estrutural. Entretanto, neste tipo de modelo, geração, representação e avaliação ocorrem conseqüentemente, não simultaneamente. Caso haja alguma alteração no modelo digital, será necessária outra avaliação. (Figura 4.8).

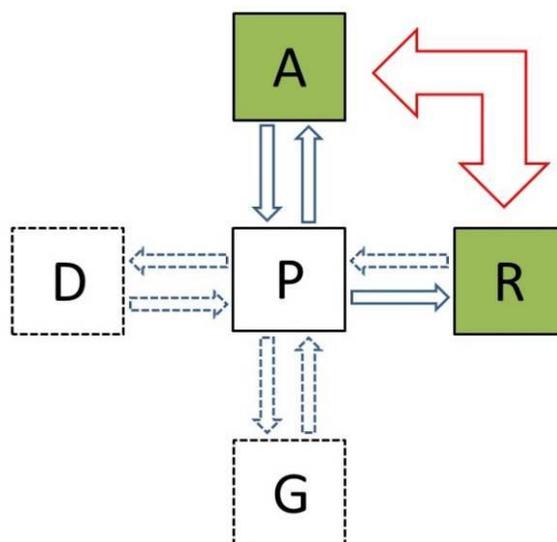


Figura 4.8: Representação simbólica do Modelo CAD proposto por Oxman (2006), adaptado pelo autor.

O Museu M.art.A. – *Museum for Furniture, Culture and Fine Arts* (Figura 4.09), localizado em Herford – Alemanha, projetado por Frank Gehry, é um exemplo do uso do sistema CAD tradicional que utiliza ferramentas de transferência de informações de modelo físico para modelo digital. Nele, o processo de projeto não começa em um ambiente virtual ou bidimensional. Ao contrário, Gehry construiu uma série de modelos físicos manualmente, explorando a relação entre os edifícios existentes no entorno e o novo edifício proposto (Figura 4.10).



Figura 4.9: Vista do museu M.art.A. Alemanha. Fonte: Disponível em: <<http://www.arcspace.com/features/gehry-partners-llp/>> Acesso em: 14/07/2013.



Figura 4.10: Maquete física do museu M.art.A. Fonte: Kloft, 2010. Pag. 140.

Estes modelos foram digitalizados usando tecnologias CAD de escaneamento tridimensional, podendo checar e corrigir a forma com relação ao programa e o entorno (Figura 4.11). Assim, com os dados digitalizados, modelos físicos mais precisos podem ser criados para explorar a forma mais detalhadamente. Neste projeto, o foco foi o efeito visual da superfície exterior e os espaços interiores, e a relação estabelecida no processo de projeto foi bidirecional entre modelo físico e digital (ALBAYRAK, 2011).

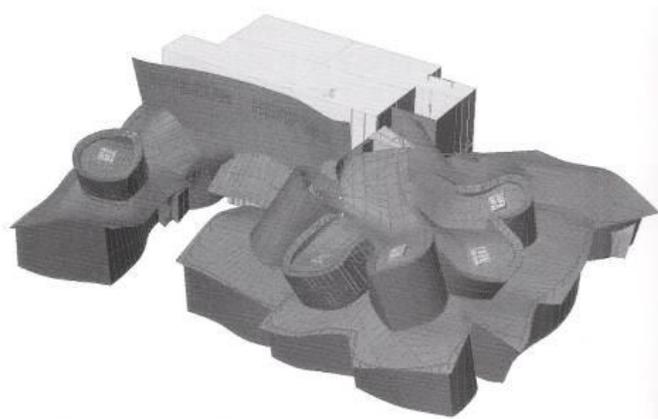


Figura 4.11: Maquete eletrônica do museu M.art.A. *Fonte: Kloft, 2010. Pag. 140.*

Os trabalhos de Frank Gehry são reconhecidos por suas contribuições para o desenvolvimento das metodologias de projeto (ALBAYRAK, 2011). Ele foi o primeiro a introduzir o software CATIA, um programa de modelagem paramétrica 3D utilizado na indústria aeroespacial, no processo de projeto arquitetônico (Figura 4.12 e 4.13).

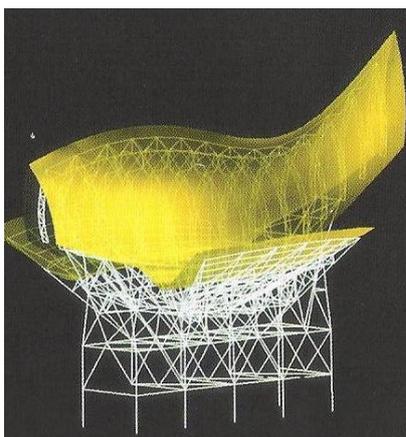


Figura 4.12: Modelo digital do projeto "Fish", entrada da Vila Olímpica de Barcelona (1992). *Fonte: Glymph, 2003. Pag. 107.*



Figura 4.13: Projeto "Fish" executado. *Fonte: Glymph, 2003. Pag. 107.*

O museu Kunsthaus Graz (Figura 4.14), situado na Áustria, também é um exemplo de edifício construído com base no modelo CAD. Ele foi construído como parte das celebrações de 2003 “*European Capital of Culture*”, e está situado em um local em que provoca um diálogo produtivo entre tradição e vanguarda.



Figura 4.14: Vista do museu Kunsthaus Graz, Áustria. Fonte: Disponível em: <<http://pt.urbarama.com/project/kunsthaus-graz>> Acesso em: 14/07/2013.

Na fase conceitual do projeto, não se utilizou profundamente o computador. O projeto inicial para apresentação na competição foi criado a partir de um modelo físico construído manualmente (Figura 4.15). Este modelo seria tridimensionalmente escaneado para produzir um modelo 3D inicial para o desenvolvimento do projeto.



Figura 4.15: Maquete física do museu. Fonte: Disponível em: <<http://www.flickr.com/photos/iqbalaalam/2279646330/in/photostream/>> Acesso em: 14/07/2013.

Ao invés disso, após considerar como otimizar a forma em termos estruturais e de seus materiais, os arquitetos e engenheiros decidiram gerar um modelo digital 3D usando o software *Rhinoceros*, seguindo rigorosamente a forma inicial proposta, mas sem utilizar de dados digitalizados obtidos diretamente do modelo físico. O modelo digital (Figura 4.16) manteve o design pretendido do esquema original e permitiu que a forma fosse otimizada durante o processo de projeto, considerando o comportamento estrutural, como rigidez geométrica e algumas questões de fabricação (KLOFT, 2005).



Figura 4.16: Maquete digital do museu. Fonte: Disponível em: <<http://www.floornature.com/projects-learning/project-kunsthau-graz-peter-cook-and-colin-fourmier-4313/>> Acesso em: 14/07/2013.

### 4.1.2 Modelo de Formação

Modelos de formação são diferentes dos modelos CAD no processo de representação. Eles são muito mais do que abstrações estáticas de representações formais. O conceito de forma é relacionado ao conceito de formação. Neste modelo, técnicas digitais são utilizadas na geração da forma e do conteúdo, contrastando com o modelo CAD, que usam somente a representação e o fluxo de dados (figura 4.17). O projetista utiliza técnicas que interagem e operam em uma lógica não determinada pelo ambiente de geração, resultando na emergência de um projeto não-determinístico (Andrade, 2012). Entretanto, neste modelo, o projetista possui uma alta capacidade de interação e controle do ambiente digital. Ele se torna o produtor de ferramentas para a geração da forma (ALBAYRAK, 2011).

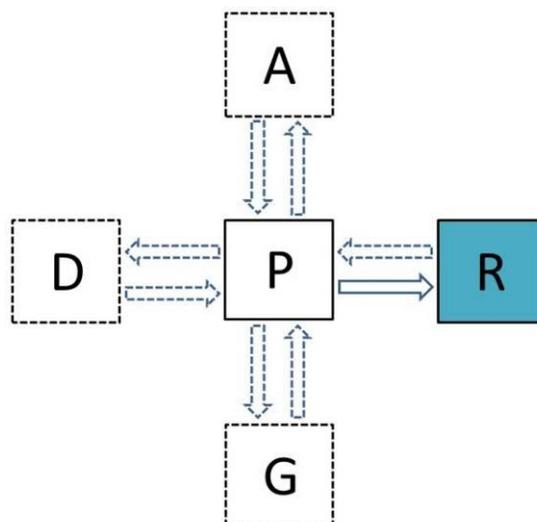


Figura 4.17: Representação simbólica do Modelo de Formação proposto por Oxman (2006), adaptado pelo autor.

Esse modelo pode ser dividido, segundo Oxman (2006), em duas subclasses: modelo de formação baseado em movimento, no qual se utiliza a animação; e modelo de formação associativo, no qual é utilizada a técnica de modelagem paramétrica. Ambos os modelos de formação fazem referência à topologia, que consiste no estudo da estrutura de relações existente entre os objetos e não da sua geometria, na qual as propriedades dos objetos não mudam quando transformações homeomórficas são aplicadas. Entretanto, é importante notar que apesar da sofisticação da tecnologia e o nível de desempenho, assim como a interatividade com os meios, a ênfase é primeiramente sobre as qualidades formais e geométricas do projeto.

O Pavilhão *Dynaform* da BMW (Figura 4.18), projetado por Bernard Franken, é um exemplo de como forças dinâmicas podem produzir transformações na forma. Este edifício, projetado para o *International Motor Show* em Frankfurt - Alemanha, de 2001, esteve ligado ao prêmio mundial das novas séries da BMW e sua superfície dinâmica foi desenvolvida no objetivo de representar a essência da marca BMW.



Figura 4.18: Vista do pavilhão *Dynaform* da BMW, Alemanha. Fonte: Kloft (2010, p. 139).

Bernard Franken e sua equipe utilizaram ferramentas digitais para gerar a forma arquitetônica, entretanto, sem nenhuma ideia formal preconcebida. Com o uso do software *Maia* de animação, a equipe transformou parâmetros específicos de programa e lugar em forças dinâmicas. Usando forças virtuais do movimento de um carro, uma matriz tridimensional foi desenvolvida (Figura 4.19). Os edifícios adjacentes também foram convertidos em campos de forças virtuais, que tiveram também um impacto sobre a forma. A forma inicial foi deformada e alterada pelo software, através de um processo de modelagem baseada no tempo (animação).

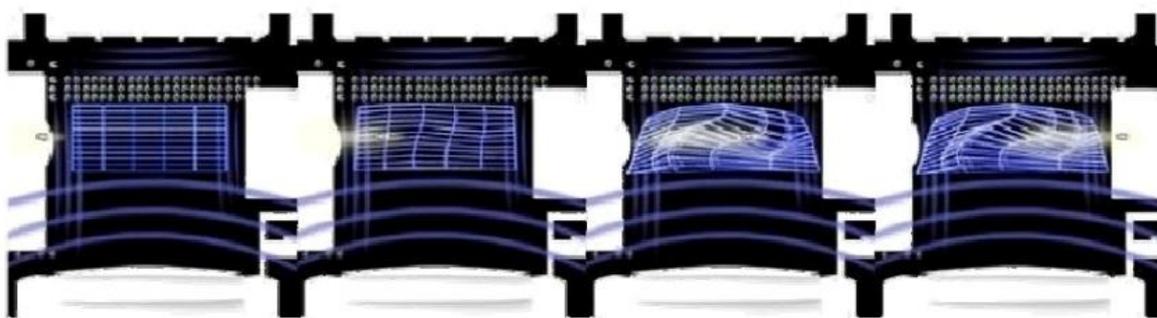


Figura 4.1919: Técnica de animação utilizada para geração da forma do *Dynaform*.

Fonte: Veras (2012, p. 59).

Depois de corrigir os erros geométricos, chegou-se a “geometria final” (Figura 4.20), que forneceu as referências dimensionais para o desenvolvimento do projeto e da construção (KOLAREVIC, 2003). A partir do seccionamento da geometria em quinze partes (Figura 4.21), cada secção em angulações diferentes, as estruturas metálicas em aço foram detalhadas digitalmente. Toda a estrutura foi modelada tridimensionalmente, assim como os sistemas sanitário, de

ventilação e de iluminação, possibilitando que os conflitos possíveis fossem resolvidos antes da construção.



Figura 4.20: Geometria final do Dynaform. *Fonte: Kloft (2010, p. 139).*

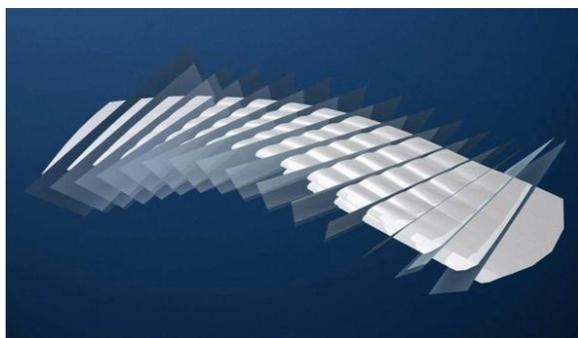


Figura 4.21: Seccionamento da geometria do Dynaform. *Fonte: Disponível em: <http://frankenarchitekten.de> Acesso em: 24/07/2013.*

No museu da Mercedes-Benz (Figura 4.22), em Stuttgart - Alemanha (2005), exemplo do modelo de formação associativo, diferentes configurações geométricas foram criadas alterando-se apenas os valores dos parâmetros (OXMAN, 2008). Todo o projeto foi desenvolvido a partir de uma composição bidimensional de círculos, tangentes e pontos de intersecção, que derivaram da forma trifóide (Figura 4.23).



Figura 4.21: Vista do museu da Mercedes-Benz, Alemanha. *Fonte: Disponível em: <http://www.stuttgart-tourist.de/en/a-mercedes-benz-museum> Acesso em: 22/07/2013.*  
Arquitetura Performativa – A Utilização do DProfiler para elaboração da Forma Arquitetônica

Partindo dessa geometria bidimensional básica, as curvas planas eram transformadas em volumes tridimensionais de concreto, definindo também vigas, alturas dos tetos, largura das rampas e dimensões dos ambientes. Este modelo paramétrico (Figura 4.24) continha todos os dados geométricos para o processo de fabricação, planejamento e construção do edifício (BALMOND, 2007).

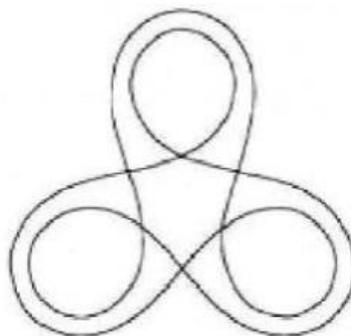


Figura 4.22: Forma trifóide. *Fonte: Veras, 2012.*

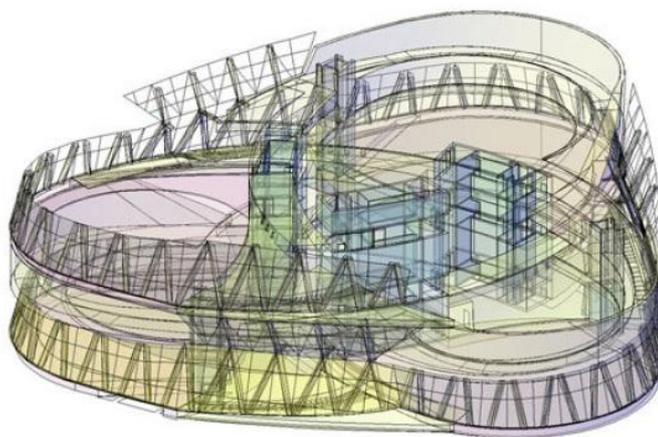


Figura 4.23: Modelo paramétrico do museu. *Fonte: Aranda; Lasch (2008, p. 170).*

### 4.1.3 Modelo Generativo

Em contraste com o modelo de formação, que faz referência a um controle topológico, no modelo generativo aspectos geométricos de relações estruturais são definidos, entretanto, qualidades formais não. Este modelo se relaciona a mecanismos computacionais generativos complexos que o projetista pode operar e interagir no intuito de encontrar uma forma, a partir de regras generativas (Figura 4.25).

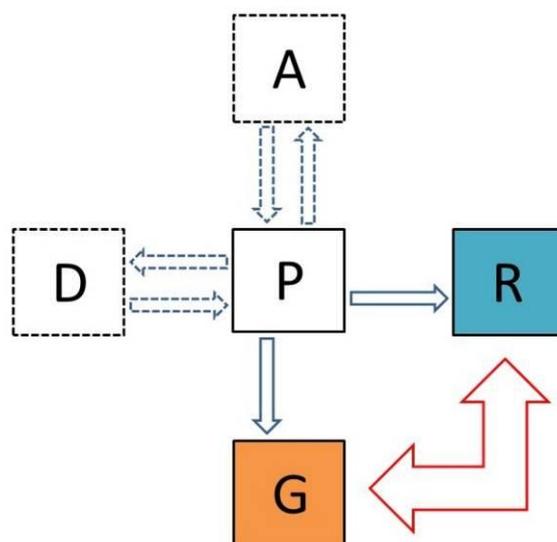


Figura 4.24: Representação simbólica do Modelo Generativo proposto por Oxman (2006), adaptado pelo autor.

Este processo pré-generativo resulta em formas e conteúdos e permite que o projetista controle a seleção das soluções desejadas ou da mais apropriada. Este modelo constitui-se por duas principais subclasses: modelo transformativo gramaticalmente e modelo evolucionário. O primeiro utiliza da gramática da forma ou de algoritmos, expressões matemáticas para mecanismos computacionais que dirigem o processo de geração da forma através de regras de transformação. Diz respeito mais ao caráter topológico do que de composição (Figuras 4.26).

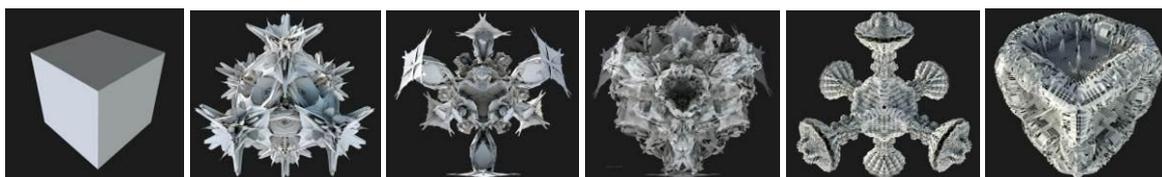


Figura 4.25: Modificação de um cubo por meio de algoritmos de dobragem. Fonte: Disponível em: <[http://www.ted.com/talks/michael\\_hansmeyer\\_building\\_unimaginable\\_shapes.html](http://www.ted.com/talks/michael_hansmeyer_building_unimaginable_shapes.html)> Acesso em: 14/03/2013.

Já o segundo modelo utiliza técnicas evolucionárias de geração da forma, que são baseadas em modelos de geração natural que podem ser aplicados no processo generativo de projeto. A forma emergente é considerada como o resultado de um processo evolucionário. Segundo Lima, os trabalhos generativos são baseados em algoritmos que possuem parâmetros de

modelagem dentro de uma lógica inicial e, a partir desta, um método para criar variações e, por fim, um último método para selecionar os resultados obtidos.

O *Serpentine Gallery Pavilion* (Figuras 4.27 e 4.28), localizado em Londres, projetado por Toyo Ito (2012), é um exemplo de como algoritmos geométricos podem estruturar e organizar o espaço (PAINE, KWINTER, 2008). O arquiteto partiu do cruzamento de uma forma primária – uma caixa – com uma série de linhas aleatórias que se interceptam. Uma regra simples de recursividade, com o objetivo de racionalizar a geometria, a estrutura e, conseqüentemente, a construção.

As arestas da cobertura de base quadrada foram divididas por dois e por três. A partir dessa divisão, o ponto médio de uma aresta era ligado com o ponto 1/3 da aresta adjacente. O algoritmo de subdivisão foi repetido sete vezes, produzindo uma espiral de quadrados cortados, com uma redução de uma média de 17% do tamanho, a cada rotação. A partir da sétima repetição, todas as linhas foram estendidas, formando um padrão infinito que é rebatido da cobertura para as paredes da caixa.



Figura 4.26: Vistas externas e internas do Serpentine Gallery Pavillion.

Fonte: Reas & McWilliams (2010, p. 37 e 38).

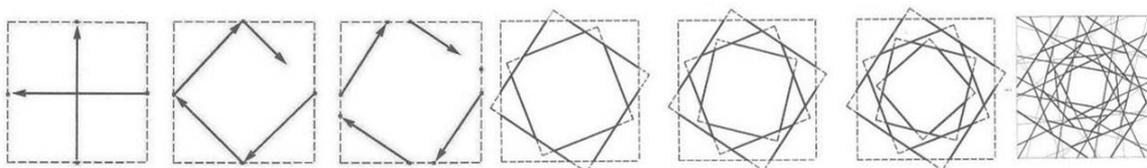


Figura 4.27: Processo recursivo para elaboração da forma do Serpentine Gallery Pavillion.

Fonte: Reas & McWilliams (2010, p. 37).

O projeto para o concurso do novo edifício da faculdade de arquitetura (Figura 4.29), em Stuttgart – Alemanha (2009), foi desenvolvido a partir de um conjunto de algoritmos elaborados. A proposta do escritório LAVA é baseada numa série de espaços tridimensionais com uma estreita ligação entre estrutura, vazios, espaços e outras funções (Figuras 4.30 e 4.31). O conceito é organizar lajes, pisos e paredes estruturados numa matriz tridimensional de acordo com restrições funcionais e requisitos estruturais, desenvolvidos através de um processo evolucionário. Conceitualmente, a forma se assemelha a uma esponja quadrada, na qual os vazios representam os poros, que mudam continuamente (BOLLINGER, GROHMANN, TESMANN, 2010).



Figura 4.28: Modelo digital do novo edifício da faculdade de arquitetura de Stuttgart - Alemanha.

Fonte: Disponível em: <<http://www.archello.com/en/project/stuttgart-university-voxel>> Acesso em: 20/03/2013.

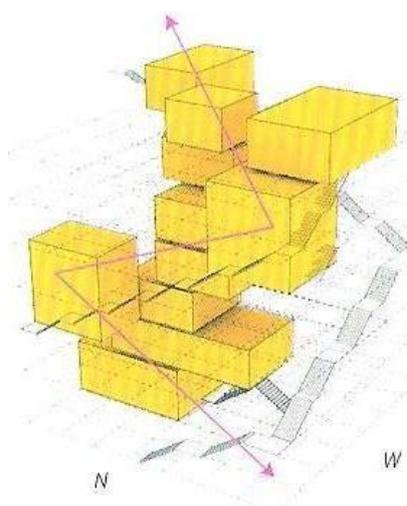


Figura 4.29: Caixas empilhadas definindo o vazio. Fonte: Oxman (2010, p. 36).

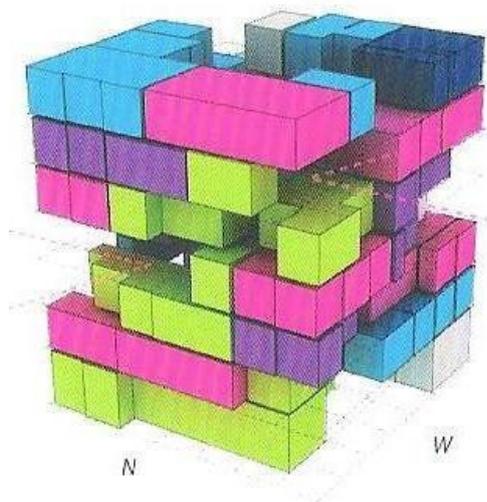


Figura 4.30: Distribuição do programa em uma malha tridimensional. *Fonte: Oxman (2010, p. 36).*

# CAPÍTULO 5

## O PROJETO ARQUITETÔNICO PERFORMATIVO

Segundo Kolarevic (2005), métodos digitais que avaliam o desempenho da edificação têm sido utilizados há mais de três décadas com o objetivo de aperfeiçoar o objeto arquitetônico através da prevenção de problemas de funcionamento, ou seja, para que o edifício alcance bons níveis de desempenhos técnicos. Outro uso comum desses métodos é submeter o edifício, com todas as informações de dimensões, materiais, aberturas e posição no terreno, a softwares que calculam o desempenho técnico alcançado após a construção, com o objetivo de remediar problemas de baixo desempenho, como problemas de ganho ou perda de energia, superaquecimento, alto gasto energético, problemas com ruídos, problemas estruturais, etc. Como diferentes problemas requerem diferentes simulações, existe uma variedade de ferramentas computacionais de avaliação desenvolvidas para prever o desempenho de um edifício (Figuras 5.1 a 5.4), que derivam seus recursos de muitas disciplinas diferentes, incluindo física, matemática, ciência de materiais e comportamento humano (MALKAWI, 2005).

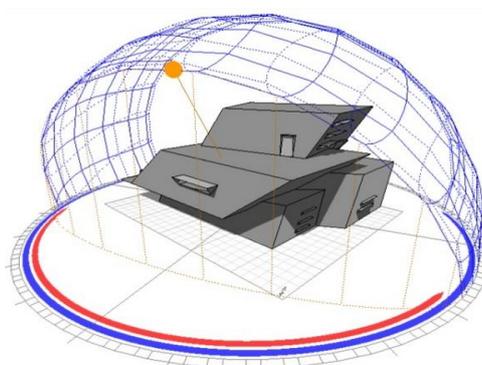


Figura 5.1: Simulação de luz e sombra utilizando o software Ecotect. *Fonte: Disponível em: <http://www.greenarchworld.in/> Acesso em: 04/01/2014.*

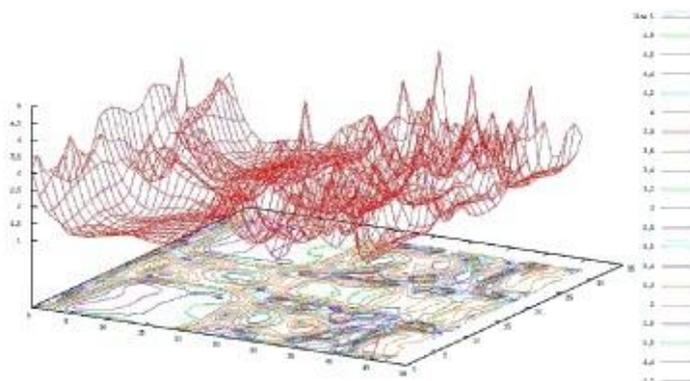


Figura 5.2: Simulação acústica através do Software AcMus. Fonte: Queiroz, 2012.

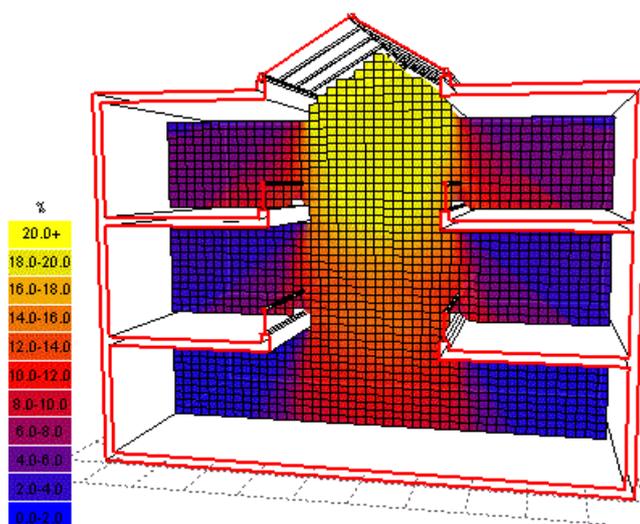


Figura 5.3: Uso do software Ecotect para simulação da luz do dia dentro do ambiente. Fonte: Disponível em: <<http://archicad-talk.graphisoft.com>> Acesso em: 03/03/2013.

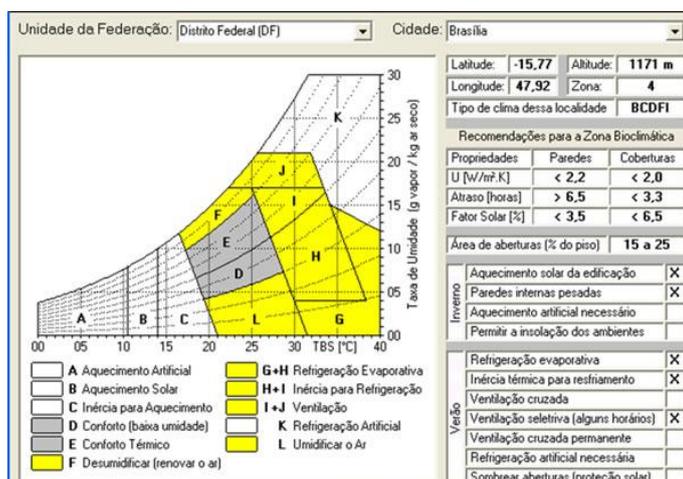


Figura 5.4: Simulação de conforto térmico a partir do Software Analysis Bio. Fonte: Disponível em: <[http://www.r9ar.com.br/cartas\\_bio.html](http://www.r9ar.com.br/cartas_bio.html)> Acesso em: 24/08/2013.

Pouco a pouco, vem sendo introduzida no cenário internacional a ideia de incorporar o desempenho do edifício já nas etapas iniciais do processo de projeto. Este tipo de projeto digital, que usa o desempenho não apenas como meios avaliativos, mas como instrumento de transformação das ideias, conceitos e forma arquitetônica é classificado por Oxman (2006) como Projeto Performativo, que será investigado neste trabalho.

Ainda que não tenhamos uma definição precisa sobre o termo “performance” ou “desempenho” – pois os diferentes campos e disciplinas possuem diferentes interpretações e usos – faz-se necessário uma conceituação do termo, assim como a busca de padrões e tipos de arquiteturas performativas. No vocabulário brasileiro, o termo performance – derivado do verbo inglês *to perform* – tem o verbo “desempenhar” como referência de temporalidade, significando “executar uma tarefa, exercer, realizar”. Este termo, em português, está mais associado ao teatro, à dança e à música, significando a forma como tal arte foi representada. Seu sinônimo, desempenho, está mais relacionado a como se comporta alguém ou algo, avaliado em termos de eficiência, rendimento, ou atuação; por exemplo, o motor de um carro ou um atleta no desenvolvimento de sua prática esportiva.

Segundo Kolarevic (2005), as descrições de arquitetura performativa são numerosas, podendo significar desde um desenvolvimento técnico em projeto digital e processo de fabricação desempenhando uma característica estrutural, térmica, acústica, etc. ou seu alcance em múltiplos campos, como financeiro, espacial, ecológico, social, cultural, etc..

Neste trabalho, faremos a categorização dos termos da seguinte forma:

- **Arquitetura Performativa:** trata de edifícios que desempenham um papel no cenário urbano;
- **Avaliação de Desempenho:** processos de avaliação do desempenho do edifício após sua construção ou após a conclusão do projeto arquitetônico;

- **Projeto Performativo:** utiliza dos desempenhos pretendidos como restrições ao projeto arquitetônico, ou mesmo como condicionador da forma – objeto de estudo da presente pesquisa.
- **Performatividade:** Capacidade do projeto ou objeto arquitetônico de alcançar determinado desempenho.

## 5.1 ARQUITETURA PERFORMATIVA

Um ponto de vista ao abordar a arquitetura performativa é pensar performance arquitetônica como um desempenho artístico, como o que pode ser visto em um palco de teatro e não como o desempenho do motor de um carro. Contudo, se comparado com a dança e a música, o edifício pode parecer inerte e inativo e quando comparado com o cinema, a arquitetura parece totalmente sem movimento (KOLAREVIC, 2005). Então, qual a performance do objeto arquitetônico?

A casa, o teatro e o museu estão locados onde foram construídos. Mas o edifício é apenas aquilo que fazemos dele? Há algo mais, além disso? Se ele é apenas a consequência das intenções dos habitantes, seria impossível entender como edifícios podem nos deprimir ou nos alegrar (KOLAREVIC, 2005).

De Botton (2006), ao questionar sobre o efeito dos edifícios sobre o observador, cita a casa como não apenas um refúgio físico, mas também psicológico, uma guardiã da identidade, onde seus aposentos são evidência de uma felicidade à qual a arquitetura deu sua contribuição. Para ele, a capacidade da arquitetura em despertar sentimentos é o que nos faz desejar certos edifícios, e desprezar outros.

No centro do escopo desta pesquisa, arquitetura performativa é a mudança de orientação da teoria e prática da arquitetura de “o que o edifício é” para “o que ele faz”. Por isso, define o objeto arquitetônico não como ele se

apresenta, mas pela sua capacidade de afetar e transformar, não somente pessoas, mas local, natureza, clima e tempo (HAGAN, 2008).

Basta uma visita a Gizé no Egito ou a Dubai nos Emirados Árabes Unidos para perceber que a humanidade sempre teve um gosto pelo monumental. Símbolos de um poder divino de reis ou da força transformadora do capital, Gizé e Dubai voltam seus olhos para a monumentalidade das Grandes Pirâmides e da imensa Torre Burj Khalifa. Símbolo velho e símbolo novo, erguidos como afronta ao tempo, com o sentido de serem perpétuos, transcendendo a materialidade pura e simples, trazendo novos significados ao espaço e permanecendo atraentes.

Já não acreditamos mais em reis divinos, já construímos edifícios muito mais altos, já fomos ao espaço, mas ainda nos fascinamos com a arquitetura de Gizé, pois lá não há apenas sinais do passado, há algo que transcende a estrutura física, que é dotado de profundo significado, lá há monumentalidade, uma abstração capaz de gerar encantamento ao encerrar em si uma ideia. Que talvez também exista na Torre Burj, algo que só poderá ser dito por aqueles que analisarem seu impacto do futuro, avaliando sua capacidade de materializar uma crença, como fazemos hoje ao analisarmos as pirâmides egípcias.

Rodrigues (2006, p.4) coloca que

o monumento é um legado à memória coletiva, um legado 'criado pela mão do homem' e por ele edificado para carregar consigo toda a carga de concepções que o farão símbolo de uma mensagem que quis ser passada, de um aviso ou de uma instrução que se desejou transmitir.

**Portanto, monumentalidade é enxergar o espaço urbano como palco, encenado por diferentes monumentos, espetáculos que traduzem os anseios, orgulhos, medos e tradições de um corpo social e, principalmente, o seu poder.**

Nesse sentido, podemos relacionar o objeto arquitetônico como um ente animado, capaz de produzir sensações, informar e comunicar através de sua fachada e modificar o cenário cultural e socioeconômico de uma cidade. Kolarevic

(2005) apresenta três pontos de vista sobre o conceito de “arquitetura performativa”. O primeiro se relaciona à “arte performativa”, o segundo ao movimento e o terceiro às questões socioeconômicas.

### 5.1.1 Arquitetura e comunicação

A maioria dos edifícios que nos cercam é estática e, para comportar mudanças, eles acabam sendo reconstruídos ou demolidos. Segundo Malkalwi (2005), gerações de arquitetos e engenheiros sonharam com edifícios e estruturas que pudessem ser “transformadas por si” a fim de se adaptarem a diversas necessidades e circunstâncias através da mudança de sua forma física, configuração espacial e funcional, níveis de iluminação natural e artificial, aparência estética em geral, etc.

Enquanto o desenvolvimento de uma arquitetura fisicamente mutável (robótica) parece ainda estar muito distante, há a promessa de um significativo progresso em tecnologias de telas digitais, as quais permitem que padrões, imagens e textos sejam delineados dentro ou fora da superfície dos edifícios, mudando então sua aparência. Como o contínuo progresso tecnológico, essas telas tornam-se cada vez mais baratas, momento em que podemos notar uma mudança do edifício estático para o atuante. E assim, à medida que as fachadas dos edifícios vão se transformando em fachadas de mídia, sua propriedade vai mudando também. A escultura urbana D-Tower, o hall externo da Maison Folie e a pele do museu Kunthaus Graz podem ser vistos como objetos de performance arquitetônica.

A D-Tower (Figura 5.5) é um constructo híbrido material e digital, localizado na Alemanha, que consiste em uma estrutura biomórfica (a torre), um website e um questionário. A superfície complexa da torre de 12 metros de altura é feita em painéis de epóxi (Figura 5.6), produzidos a partir de moldes resultantes de tecnologia CNC.



Figura 5.5: D-Tower, Alemanha. Fonte: Disponível em: <<http://www.arcspace.com/features/nox/d-tower/>> Acesso em: 22/03/2013.

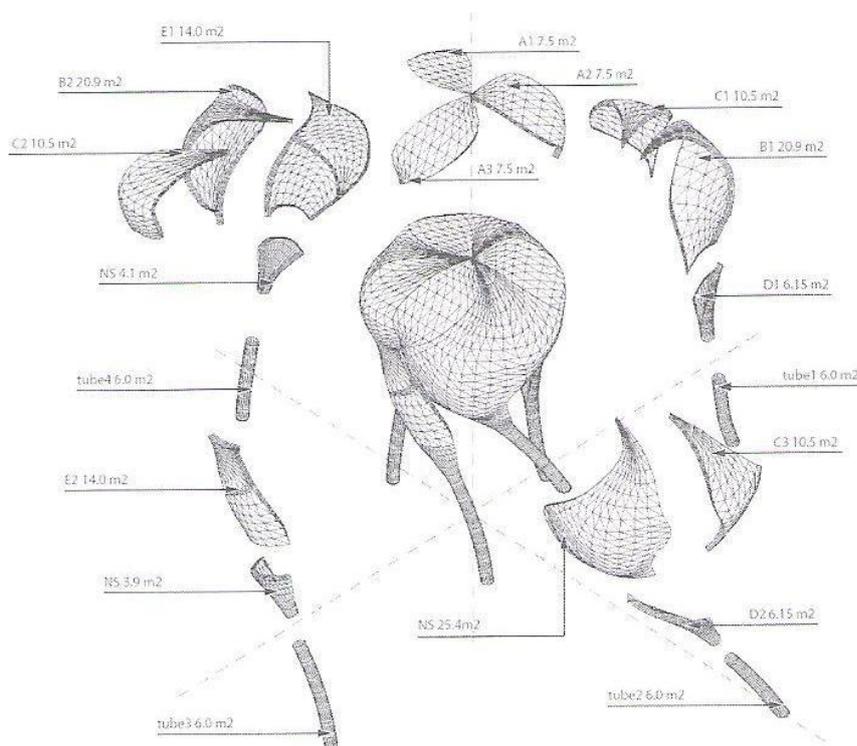


Figura 5.6: Composição da D-Tower em painéis de epóxi. Fonte: Kolarevic (2010, p. 206).

A torre muda sua cor dependendo do estado emocional dominante dos cidadãos, que é computado através das respostas destes ao questionário

disponível no website, sobre suas emoções, que são mapeadas em quatro cores diferentes, geradas a partir de iluminação colorida direcionada à torre. O verde simboliza raiva, o vermelho amor, o azul felicidade e o amarelo medo (Figura 5.7).



Figura 5.7: Cores utilizadas na D-Tower. Fonte: Disponível em: <<http://mcnportal.ru/indikator-emocij-interaktivnaya-bashnya-iz-detinxema.html>> Acesso em: 22/03/2013.

O “estado psicológico” da cidade também fica disponível no website, que também mostra o panorama emocional dos bairros da cidade. A torre também conta com uma capsula onde os habitantes podem deixar cartas, flores, etc. Este é um projeto em que um sistema interativo de relações, no qual sentimentos e espaço, qualidades e quantidades, iniciam uma troca de papéis; em que ação humana, cor, dinheiro, valores e sentimentos, todos se tornam entidades interconectadas (KOLAREVIC, 2005).

A Maison Folie (Figura 5.8), em Lille – França, é uma fábrica antiga de tecidos que foi transformada em um novo centro urbano de artes, através da adição de um hall externo multiuso, uma composição entre uma caixa preta e uma pele parcialmente transparente, feita a partir de grades metálicas onduladas, que criam padrões parecidos com tecidos de seda em movimento. Este efeito dinâmico é definido por Spuybroek (2005) como “movimento estático, uma animação da verticalidade da fachada”. A curvatura não uniforme das linhas verticais da fachada cria um padrão complexo que produz toda uma gama de mudanças através do movimento do pedestre ou motorista espectador, alcançado através da posição do sol durante o dia e através da iluminação por trás das grades metálicas à noite (Figura 5.9)



Figura 5.8: Fachada da Maison Folie, Lille, França. Fonte: Disponível em: <<http://www.ferme-la-pouillerie.com/discover.html>> Acesso em: 22/03/2013.



Figura 5.9: Iluminação dos painéis da Maison Folie. Fonte: Kolarevic (2010, p. 207).

O museu Kunsthaus Graz (citado como exemplo de modelo CAD, no capítulo 4), na Áustria (Figura 5.10), é um museu para exposições internacionais de arte moderna e contemporânea inaugurado em 2003, projetado por Peter Cook e Colin Fournier. Sua estrutura biomórfica de formas irregulares foi construída com mais de 1.100 painéis de vidro acrílico translúcido, formando uma membrana comunicativa através da instalação de luz e mídia atrás dos painéis. Esta pele em baixa resolução, controlada por computador (Figura 5.11), faz com que a fachada se comunique através da exibição de sinais, anúncios e imagens, sugerindo as atividades que estão acontecendo dentro do edifício. O aspecto performativo do edifício é a estratégia de comunicação urbana.



Figura 5.10: Vista do museu Kunsthaus Graz, Áustria. Fonte: Kolarevic (2010, p. 207).



Figura 5.11: Painéis iluminados do museu Kunsthaus Graz, Áustria. Fonte: Disponível em: <<http://eventsbooking.org/events/metec-insteelcon-estad-2015/>> Acesso em: 22/03/2013.

### 5.1.2 Arquitetura e movimento

Geralmente, é o movimento das pessoas ao redor do edifício que dá a arquitetura sua capacidade performativa, como demonstra a Maison Folie. Em alguns recentes projetos, como as pontes Gateshead Millennium e Paddington e o museu de Arte Milwaukee, o performativo está nos efeitos cinéticos da arquitetura, não sendo o sujeito que se move, mas o edifício em si, move-se ou sua pele pode ter um efeito dinâmico, aparentando uma ideia de movimento, criando uma arquitetura do espetáculo, uma arquitetura da performance (KOLAREVIC, 2005).

A ponte Millennium de Gateshead, UK, projetada pelo escritório Wilkinson Eyre Architects, é a primeira ponte giratória (Figura 5.12). A ponte inteira gira em torno de pivôs fixos nos dois lados do rio, criando uma inclinação suficiente para passagem de navios.



Figura 5.12: Ponte Millenium, UK. Fonte: Disponível em: <<http://blogdoestudentecaicoense.blogspot.com.br/2013/07/as-pontes-mais-fantasticas-da-historia.html>> Acesso: 13/02/2014.

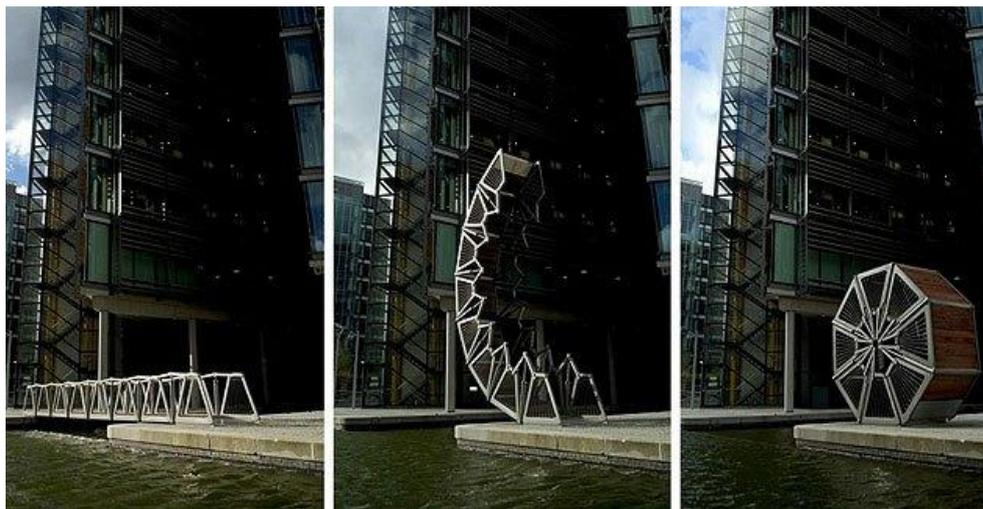


Figura 5.13: Ponte Paddington, Londres. Fonte: Disponível em: <<http://www.e-architect.co.uk/london/rolling-bridge>> Acesso: 13/03/2013.

Já a ponte Paddington, em Londres, projeto de Thomas Heatherwick, é uma ponte simples e de pequeno porte, que tem como princípio o movimento de retração, em que os dois pontos mais distantes acabam se encontrando (Figura 5.13).

O museu de Arte Milwaukee - EUA (Figura 5.14), projetado por Santiago Calatrava, possui uma asa gigante, que funciona como brise-soleil sobre o hall de recepção de vidro, que desce e sobe, controlando a iluminação e a

temperatura do ambiente. Esse gigante brise-soleil móvel acaba funcionando como um evento urbano performático.



Figura 5.14: Museu de arte Milwaukee, EUA. Fonte: Disponível em: <<http://www.galinsky.com/buildings/milwaukeeart/>> Acesso em: 12/12/2013.

Não só efeitos cinéticos de edifícios, mas a própria pele pode alterar sua forma dinamicamente, em resposta a várias influências ambientais, como o Aegis Hyposurface, de Mark Goulthorpe (Figura 5.15). Desenvolvida inicialmente para uma competição de arte interativa, é uma membrana de borracha coberta por peças metálicas triangulares, controlada digitalmente, deformável através de um sistema pneumático, que muda seu formato em resposta a estímulos eletrônicos resultantes de movimentos e sons ou de padrões preestabelecidos.

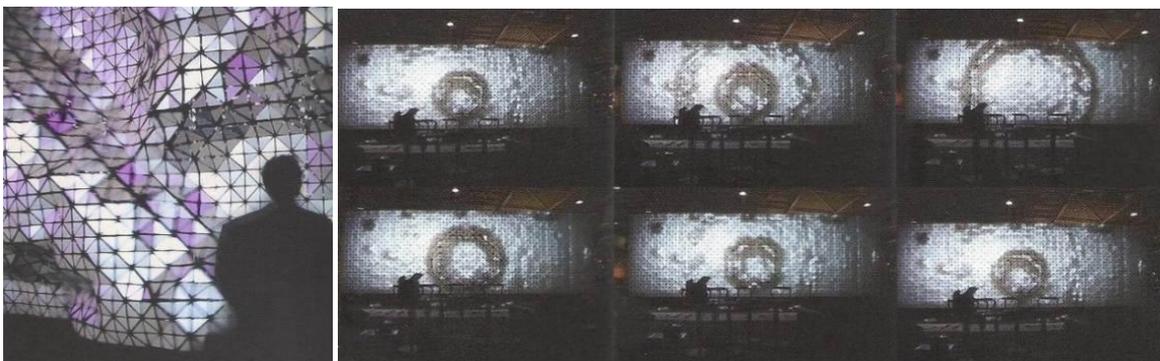


Figura 5.15: Aegis Hyposurface em movimento. Fonte: Kolarevic (2003, p. 174).

Segundo Hagan (2008), a tecnologia CAD/CAM permite a produção de formas não lineares, custando quase o mesmo preço de formas ortogonais, portanto, o dinamismo da arquitetura performativa pode ir além do dinamismo sólido. O edifício deve ser projetado de tal forma que possa interagir com o local, as pessoas, o clima, o tempo e mudar de acordo com esta interação. A partir deste princípio, Greg Lynn desenvolveu um telhado de proteção e um esquema

de iluminação para a parte inferior das rampas dos ônibus que se comunicam com o *Port Authority Bus Terminal*, em New York (Figura 5.16). O arquiteto usou um software de animação como meio de encontrar uma forma, ao invés de somente representação, como se fosse um “projeto animado”. As forças são os efeitos em movimento, afetando conseqüentemente a forma (LYNN, 1999).

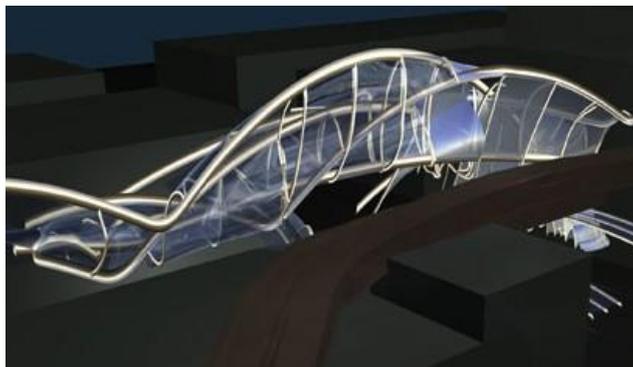


Figura 5.16: Geometria final do Port Authority Bus Terminal, EUA. *Fonte: Kolarevic (2003, p. 20).*

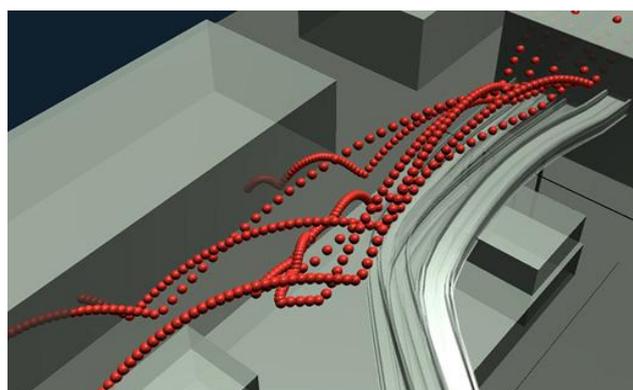


Figura 5.17: Port Authority Bus Terminal - Utilização de sistema de partículas para visualizar campos de atração criados pelos movimentos de pedestres, carros e ônibus no terreno. *Fonte: Kolarevic (2003, p. 20).*

O local foi modelado usando forças que simulavam o fluxo dos pedestres, carros e ônibus pelo local. Cada um deles tinha velocidades e intensidades diferentes ao longo da avenida, ruas e quatro rampas de ônibus elevadas. Para definir a forma a partir dessas informações, Lynn introduziu partículas geométricas que mudavam suas posições e formas de acordo com a influência dessas forças (Figura 5.17). Estes estudos de partículas foram feitos usando técnicas de animação. Conseqüentemente, uma série de quadros dos ciclos de movimento foi capturada por um determinado período de tempo. Estes quadros geravam uma segunda estrutura de armações tubulares ligando as rampas, os edifícios existentes e o terminal (VERAS, 2012).

### 5.1.3 Efeito Bilbao

Uma terceira abordagem proposta por Kolarevic (2005) associa a arquitetura performativa às questões cultural e socioeconômica. A partir dela, alguns dos edifícios citados anteriormente podem aparecer como um elemento altamente potencializador do espaço urbano. Esses edifícios, nos quais a performance da arquitetura fica entre o espetáculo de estruturas móveis, pelas dinâmicas e mudança nos padrões de cores, funcionam como marcos que modificam o contexto em que estão localizados, atraindo a atenção dos moradores e turistas de todo o mundo, podendo ser parte fundamental de toda uma renovação urbana. Este potencial de mudanças culturais, socioeconômicas e políticas através da performance da arquitetura é chamado atualmente de efeito Bilbao, depois da transformação cultural e socioeconômica de uma cidade provincial do nordeste da Espanha devido à construção do museu Guggenheim, do arquiteto Frank Gehry, com suas formas exuberantes.

## 5.2 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO EDIFÍCIO

Nos anos 50, o termo “performance” emergiu na linguística e antropologia cultural, e em outros campos de pesquisa como um conceito fundamental que teve amplo impacto. (KOLAREVIC, 2005). Já o interesse atual no desempenho do edifício como um paradigma do design é largamente devido à emergência da sustentabilidade como uma questão socioeconômica determinante e aos recentes desenvolvimentos em tecnologia e teoria cultural. Assim, o projeto performativo geralmente é associado à sustentabilidade ambiental e aos modelos digitais utilizados para análise do comportamento ambiental dos edifícios. Segundo Hagan (2008), isto é limitar o desempenho de um edifício em uma única e técnica interpretação. Desempenhos estruturais e ambientais são, sem dúvida, critérios óbvios para caracterização do edifício como performativo. Entretanto, muitos outros aspectos estão incluídos.

Além disso, sustentabilidade não trata apenas de consumo de energia, mas da busca pelo equilíbrio entre o meio ambiente e as questões sociais e econômicas. Sustentabilidade em edifícios pode significar tanto a minimização do consumo de fontes (água, energia, materiais), quanto a maximização de saúde, segurança e qualidade de vida dos seus ocupantes. (RAMAN, 2005). Este tipo de desempenho é observado, geralmente, como a capacidade do edifício de suportar as mudanças das condições internas e externas como clima, uso humano, peso e desastres naturais. O edifício em si não muda, mas sua capacidade de resistir às mudanças é, precisamente, o mecanismo necessário para medir este tipo de desempenho, que, num sentido mais amplo, associa-se aos conceitos de competência ou eficiência a ser alcançada (FERREIRA, 2004). Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 15575-1, o desempenho é o “comportamento em uso de um edifício e seus sistemas”.

Em sua tese de doutorado, Albayrak (2012) propõe que a avaliação de desempenho de edifícios é multidisciplinar e faz um paralelo às três categorias de

desempenho do edifício que, segundo ele, foram definidas séculos atrás pelo arquiteto romano Vitruvius: solidez, utilidade e beleza. Eles foram apropriados por Albayrak e traduzidos em três critérios para o projeto contemporâneo, conforme figura 5.18.

Solidez: Desempenho de segurança, proteção e saúde;

Utilidade: Desempenho de funcionalidade;

Beleza: Desempenho psicológico, social, cultural e estético;

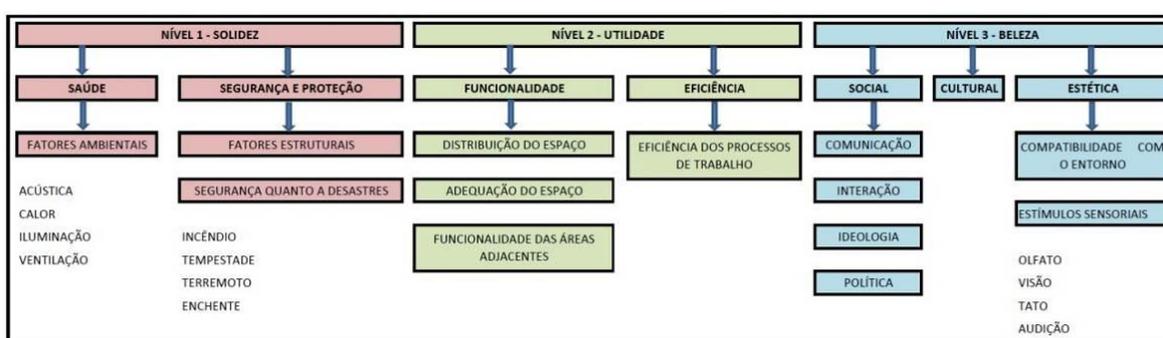


Figura 5.18: Avaliação multidisciplinar de desempenho de edifícios. *Adaptado de Albayrak, 2012.*

No primeiro, segurança e proteção se relacionam com a estrutura do edifício; e saúde com os fatores ambientais, como desempenho acústico, térmico, lumínico, de ventilação e de qualidade do ar. No segundo critério, funcionalidade se relaciona com a adequação do espaço para as atividades e eficiência dos processos. No terceiro e último, estão abordados itens como privacidade, singularidade, estímulos sensoriais e apelo estético.

Basicamente, estes três critérios proporcionam um quadro geralmente aceito e usado em avaliação de desempenho de edifícios, que pode ser alcançada através de softwares de simulação. Embora refinamentos e atualizações tenham sido feitas para muitas dessas ferramentas, os dois principais desenvolvimentos surgidos nas últimas décadas são o EnergyPlus (máquina que simula os fluxos de energia de massa e calor através de um edifício, desenvolvida em 1995) e o *Computational Fluid Dynamics* (CFD) – Dinâmica de Fluidos Computacional.

Depois de evoluir por muitas décadas, o uso do CFD começou a aumentar somente a partir do momento em que o aumento do poder de processamento dos computadores se tornou menos caro. Esta técnica tem sido usada em muitas aplicações relacionadas à ventilação natural, emissões de material para estimativas de qualidade do ar interno, fluxos complexos de fogo e fumaça em edifícios, emissões de gases e predição de barulhos nas tubulações (Figuras 5.19 e 5.20).

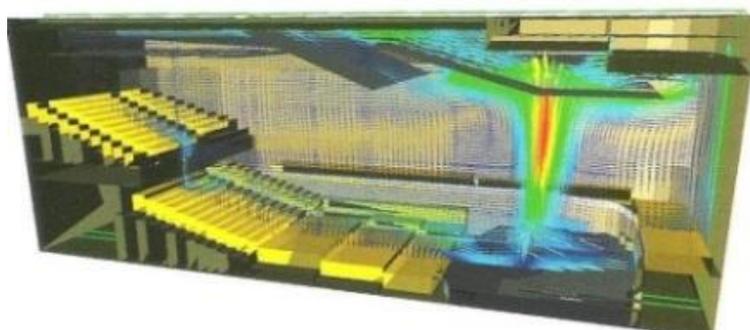


Figura 5.19: Modelo CFC no interior do Concert Hall do Rensselaer Polytechnic Institute, EUA, mostrando as velocidades relativas do ar para instalação do sistema de deslocamento da ventilação. *Fonte: Kolarevic (2010, p. 118).*

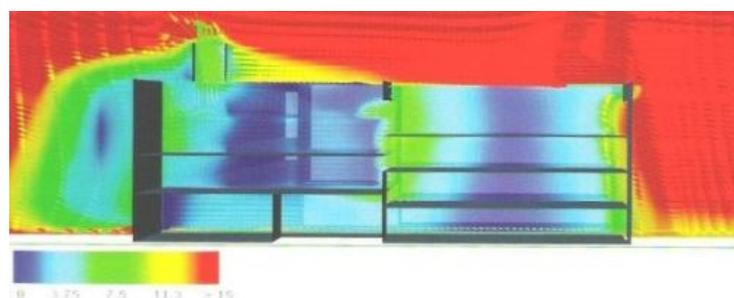


Figura 5.20: Simulação CFD da velocidade do vento no interior do edifício da PennDesign. *Fonte: Kolarevic (2010, p. 89).*

No edifício londrino multiuso ZED (Figuras 5.21 e 5.22), projetado pela empresa de design Sistemas Futuros em 1996, a análise CFD (Figura 5.23) foi essencial para o melhoramento do desempenho aerodinâmico da sua fachada, pois a ideia era conceber um edifício autossuficiente em termos de necessidade de energia, por meio da incorporação de células fotovoltaicas em louvers (janela fixa tipo persiana que barra luz direta, barulho e chuva, mas não barra ar e nem luz) e por meio da instalação de uma imensa turbina de ar localizada em um grande espaço central. Assim, a forma curva da fachada foi desenhada para

minimizar o impacto do vento e canalizá-lo através da turbina no centro do edifício (KOLAREVIC, 2003).



Figura 5.21: Maquete eletrônica do edifício ZED, Londres. Fonte: Disponível em: [http://www.skyscrapernews.com/picturedisplay.php?self=nse&ref=4983&idi=ZED&selfidi=4983ZED\\_pic1.jpg&no=1](http://www.skyscrapernews.com/picturedisplay.php?self=nse&ref=4983&idi=ZED&selfidi=4983ZED_pic1.jpg&no=1)> Acesso: 22/09/2013.

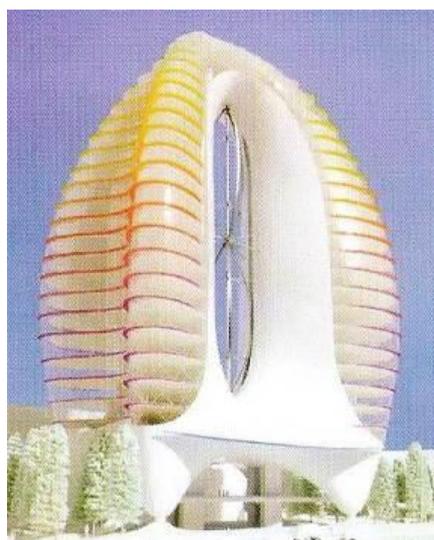


Figura 5.22: Maquete física do edifício ZED, Londres. Fonte: Kolarevic (2003, p. 24)



Figura 5.23: Análise CFD do fluxo de vento ao redor do edifício ZED.

Fonte: Kolarevic (2003, p. 24)

Outro método de modelos computacionais de análise é o *Finite Element Method* (FEM) – Método de Elemento Finito. Neste método, o modelo geométrico é dividido em elementos pequenos, interconectados e mesclados, que são usados para precisar o desempenho estrutural (problemas de deformação e estresse), energético e de fluido para qualquer edifício de qualquer nível de complexidade. Por superposição de várias avaliações analíticas, alternativas de projeto podem ser comparadas com relativa facilidade para selecionar uma solução que ofereça o desempenho desejado (Figuras 5.24 a 5.26).

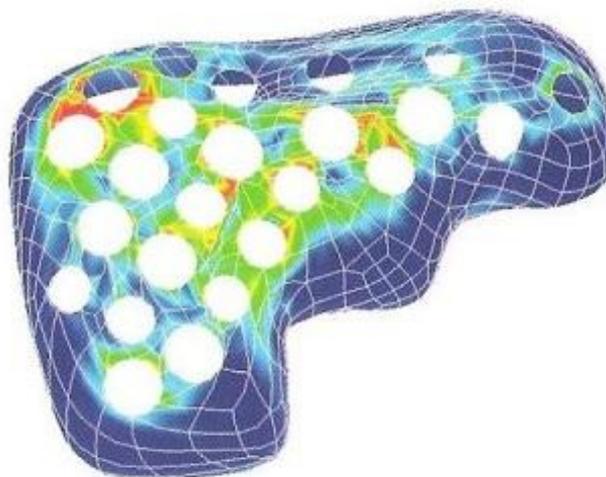


Figura 5.24: Análise FEM do museu Kunsthaus Graz, Áustria. Fonte: Kolarevic (2010, p. 143)

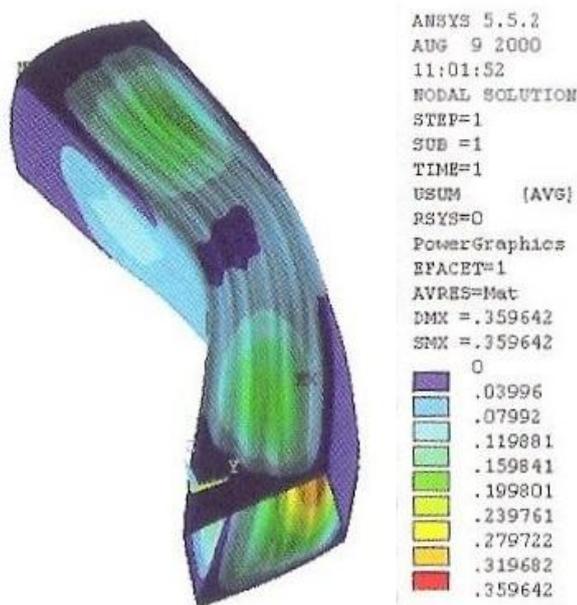


Figura 5.25: Análise FEM do Pavilhão BMW Dynaform, Alemanha. Fonte: Kolarevic (2003, p. 24)

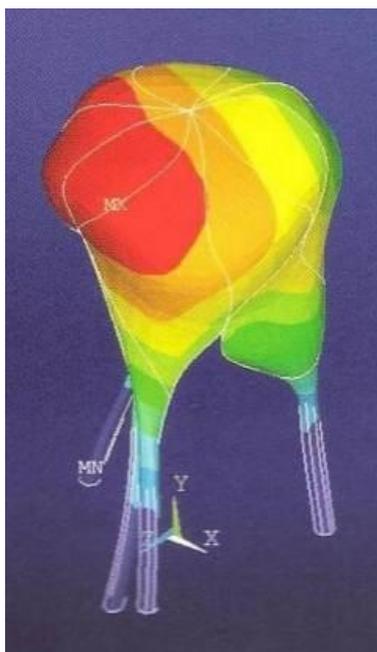


Figura 5.26: Análise FEM do estresse da estrutura da D-Tower, Alemanha.

*Fonte: Kolarevic (2010, p. 206).*

Essas avaliações utilizam-se do modelo CAD, que proporciona processos colaborativos entre equipes de projeto, como arquitetura e engenharia estrutural. Entretanto, neste tipo de modelo, geração, representação e avaliação ocorrem conseqüentemente, não simultaneamente, como visto no capítulo anterior. Caso haja alguma alteração no modelo digital, será necessária outra avaliação.

Além disso, a maioria das ferramentas de simulação de desempenho disponíveis comercialmente (estrutural, térmica, lumínica, acústica e fluxo de ar) requer alta resolução e modelagem detalhada; conseqüentemente, são pouco usadas no desenvolvimento conceitual do projeto. Outro problema é que certos aspectos performativos podem ser analisados num software, enquanto outro tipo de análise deve ser feito através de outro meio, o que resulta em remodelagem redundante. Portanto, segundo Veras (2012), a integração entre uma variedade de ferramentas de simulação de baixa resolução é um passo necessário para um uso mais eficiente no projeto auxiliado pelo computador.

### 5.3 PROJETO BASEADO NO DESEMPENHO

A pesquisa em análise de desempenho digital e ferramentas de simulação datam de mais de três décadas (VERAS, 2012). Muitos dos conceitos e técnicas pioneiras são dos anos 60. O primeiro computador usado para uma avaliação gráfica foi em 1966 e o primeiro pacote de avaliação apareceu em 1972 (CROSS, MAVER, 1973).

Dos anos sessenta aos anos setenta, um grupo de pesquisadores liderados por Thomas Maver através do projeto ABACUS, realizado no Departamento de Arquitetura e Ciência do Edifício da Universidade de Strathclydes, desenvolveu o PACE (*Package for Architectural Computer Evaluation*), como um facilitador para estimativas feitas com auxílio do computador, que deveria ser usado em estágios estratégicos do projeto arquitetônico. Este programa instrua o projetista em como mudar informações geométricas ou construtivas, por exemplo, como modificar o conceito do projeto para melhorar o desempenho e então submeter o projeto modificado para uma avaliação. Esta ferramenta de interação e repetição resultaria numa solução otimizada (KOLAREVIC, 2005).

Isso resultou na criação de um conjunto de apoios ou ferramentas computacionais capazes de auxiliar o projetista a ter um *feedback* de suas propostas de projeto e avaliá-las previamente, habilitando os arquitetos a obterem alta precisão na medição do desempenho de edifícios, em áreas como perda de calor, luz do dia, projeções de sombra e desempenho acústico.

Esse processo era dirigido primariamente por esforços de pesquisa financiada por universidades e governo e por centros comerciais, com ambos os setores, público e privado, se beneficiando com os avanços em computação, tais como os novos modelos de programação, o avanço no poder computacional (capacidade de processamento dos computadores) e o advento da internet.

Nos anos 80, um novo conceito foi introduzido: a modelagem paramétrica. Para definir formas, a modelagem paramétrica usava restrições geométricas, relacionais, dimensionais e dados. Quando o projetista modificava valores nas expressões paramétricas, automaticamente mudava todo o modelo. Em outras palavras, era uma geometria associativa que permitia manipulações dinâmicas do usuário e definia relações de dependência por meio de representações gráficas (SHEA, AISHB, 2005).

Para Oxman (2006), o projeto digital pode ser um meio para a exploração de outros domínios, que podem, inclusive, estar atrelados ao domínio da forma. Dentre esses domínios, que podem emergir com o projeto digital, Kolarevic (2005) sugere a emergência do projeto baseado no desempenho proposto por Kalay (1999), no qual a qualidade do projeto só pode ser alcançada por meio da definição de múltiplos critérios de desempenho e da avaliação de desempenho de modo multidisciplinar, combinando tais critérios com o projeto em estágio conceitual. Conseqüentemente, ideias de desempenho se tornam um fator de modelagem e geração ao invés de apenas um critério avaliativo.

Nesse domínio, os fatores de desempenho do edifício tornam-se os princípios-guia de projeto, que podem contribuir decisivamente para a geração da forma. Nessa abordagem, o desempenho aparece como instrumento que contribui para a revisão da estrutura tradicional de concepção do ambiente construído, podendo resultar em processos inovadores e criativos (OXMAN, 2008).

A busca por um melhor desempenho de projeto, todavia, deve ser considerada como um atributo de qualquer bom projeto, seja digital, seja não digital (LEATHERBARROW, 2005). Para Herzog (2005,) a forma arquitetônica deve ser pensada tendo como enfoque o predicado do desempenho. É o que ele chama de desempenho da forma (*per-form-ance*). Do ponto de vista do processo de projeto digital, o projeto baseado no desempenho pode implicar na reformulação das estruturas internas, com integração de mecanismos de simulação e geração, além de uma crescente integração de arquitetos com engenheiros, que precisam redefinir suas posturas projetuais para ações mais

colaborativas, que ocorram em estágios ainda preliminares do processo de projeto (EASTMAN, 2009).

Kalay (1999) propõe que o projeto seja considerado como um processo iterativo de exploração, em que propriedades de funções desejadas sejam definidas, formas sejam propostas e um processo de avaliação seja usado para determinar a vantagem da convergência de forma e função. Kalay (1999) chama essa condição – quando forma e função se reúnem para obter um desempenho aceitável em um determinado contexto – de “adequação funcional” (Figura 5.27).

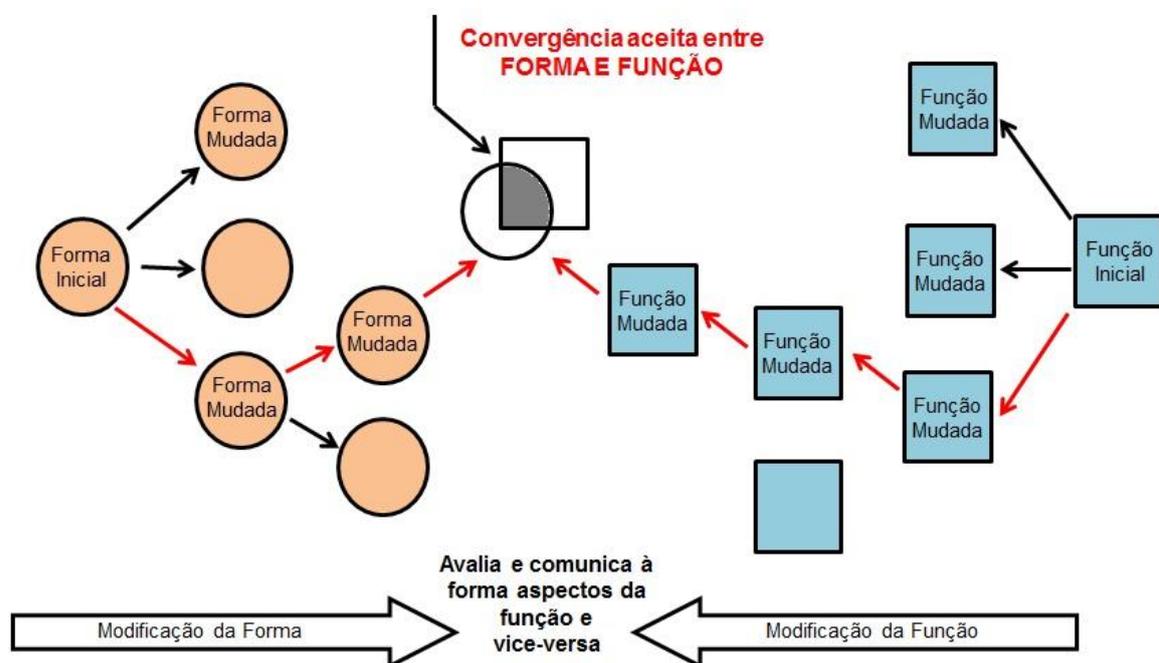


Figura 5.27: Diagrama que sintetiza a convergência entre forma e função num contexto de projeto.

Fonte: Veras (2012), Kalay (1999, p.401) – adaptado pelo autor.

Para Kalay (1999), o desempenho deve ser uma medida desejada de confluência de forma e função dentro de um contexto, o que ele também chama de “comportamento”. Assumindo que essa integração analítica e computacional possa ser alcançada e que ferramentas intuitivas de simulação de desempenho de baixa resolução possam ser desenvolvidas, desafios adicionais são apresentados pela necessidade de exploração do espaço do projeto ativo. Em vez de ser usada de uma maneira passiva e atrasada (por exemplo, quando a forma do edifício já está articulada), a análise computacional poderia ser usada para moldar ativamente o edifício de uma maneira dinâmica, de um modo semelhante

ao uso de softwares de animação na arquitetura contemporânea. Em outras palavras, a avaliação de desempenho tem que ser criadora e não apenas avaliativa (KOLAREVIC, 2010).

Oxman (2006) classifica este modelo em duas subclasses: Modelo Performativo Baseado na Otimização e Modelo Performativo Baseado na Geração. O primeiro acontece quando simulações digitais de forças externas são aplicadas em um processo de formação, que pode incluir os seguintes parâmetros: desempenho ambiental, custo financeiro, perspectivas espacial, social, cultural, ecológica e tecnológica. Com o emprego de técnicas de simulações analíticas, pode-se produzir respostas para a transformação, modificação e otimização de uma forma (Figura 5.28).

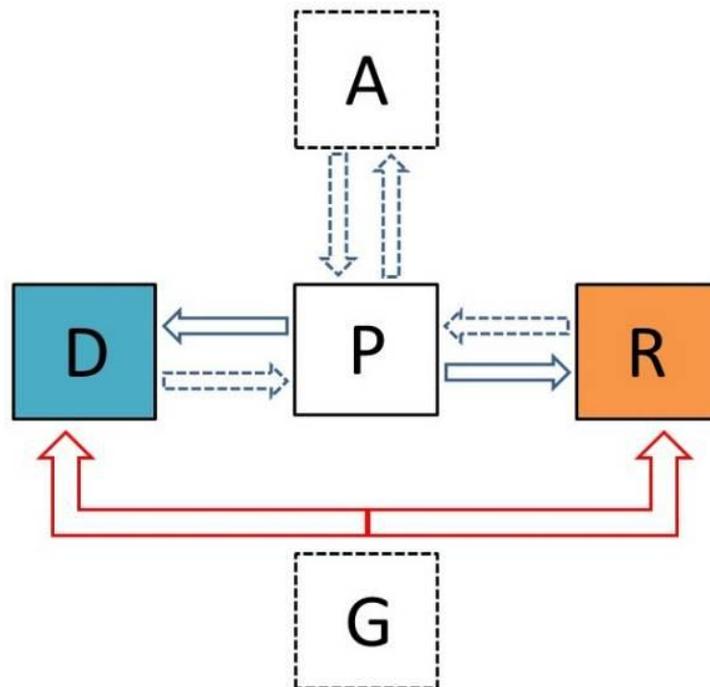


Figura 5.28: Representação simbólica do Modelo Performativo Baseado na Otimização proposto por Oxman (2006), adaptado pelo autor.

Já o modelo de geração baseado em desempenho acontece através de processos generativos dirigidos e potencialmente integrados com os processos de formação. Aqui também são aplicadas simulações digitais de forças externas, como forças ambientais, cargas estruturais, acústica, transporte, local, programa, etc. (Figura 5.29). A diferença é que estas aparecem como elemento principal na geração da forma. Os projetistas, então, interagem com as forças, os

componentes computacionais que geram a forma, e os meios de representação. É esta classe de projeto que se caracteriza como o objeto da presente dissertação.

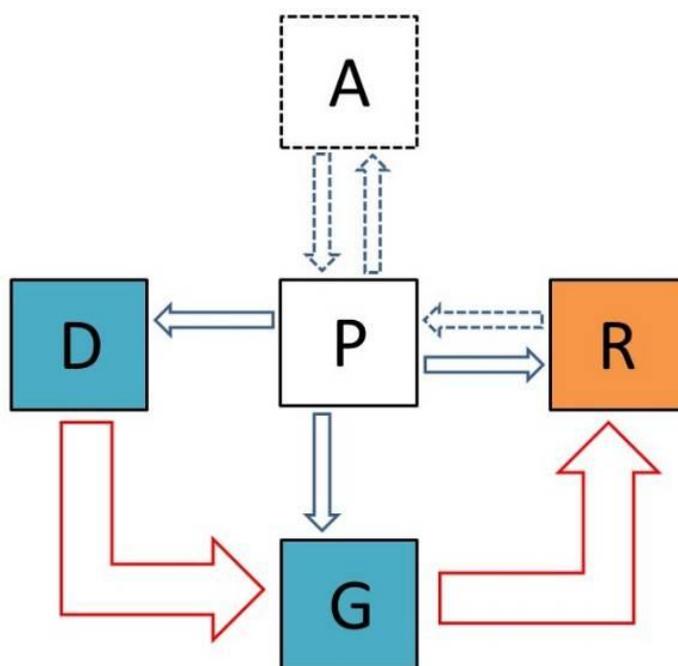


Figura 5.29: Representação simbólica do Modelo Performativo Baseado na Geração proposto por Oxman (2006), adaptado pelo autor.

Segundo Kolarevic (2010), no projeto arquitetônico contemporâneo de vanguarda, vários processos de criação digital e produção estão abertos a novos territórios para exploração conceitual, formal e tectônica, articulando uma morfologia arquitetônica focada nas propriedades adaptativas e emergentes da forma. Ao invés de trabalhar de modo convencional, o arquiteto constrói um sistema criador de formas, controla seu comportamento todo o tempo e seleciona as formas que emergem dessa operação. A ênfase do projetista muda de “fazer a forma” para “selecionar a forma” (Figura 5.30).



Figura 5.30: Split House, projeto de residência desenvolvido por Hanyun Huang. O arquiteto utiliza um processo semelhante ao de uma “trama de tricô” para desenvolver várias formas, das quais uma será selecionada. Fonte: Spuybroek (2009, p. 180).

Para Oxman (2008), esses sistemas de projeto performativo em arquitetura compreendem três principais componentes que, por meio das suas integrações, definem o projeto:

- o modelo geométrico – que requer a capacidade de transformação e de geração de acordo com as respostas advindas das avaliações. Em geral, relaciona-se com modelos paramétricos;
- os processos avaliativos – que podem ser integrados a modelos geométricos e a mecanismos de otimização, realizando transformações ou gerações nesse modelo. Para isso, pode-se utilizar uma única força ou múltiplas, incluindo vasta gama de desempenhos e fatores de otimização;
- e a interatividade do projetista – o projetista funciona como o moderador do processo. Este deverá estabelecer as bases do algoritmo usado no processo de modificação ou geração da forma.

### 5.3.1 Modelo Performativo Baseado na Otimização

O Modelo Performativo Baseado na Otimização caracteriza-se essencialmente por técnicas que não apenas avaliam, mas propõem mudanças na solução arquitetônica existente, por meio de alguns parâmetros de desempenho estipulados. Ele se constitui em um modelo de formação baseada no desempenho que utiliza técnicas automatizadas de otimização digital, embasadas no conceito de modificação.

Segundo Logan (1987), o projetista cria uma hipótese de projeto que é fornecida ao computador (representação); o software modela o comportamento do projeto hipotético e gera medidas de desempenho considerando uma série de critérios relevantes (mensurações); o projetista, talvez em conjunto com o cliente, exerce o seu julgamento (avaliação) e por fim decide quais serão as mudanças apropriadas que deverão ser feitas no projeto (modificação).

Em uma tendência similar, Mustoe (1990) propõe o desenvolvimento de ferramentas criadoras baseadas na avaliação do desempenho, nas quais, por

exemplo, uma já estruturada topologia de edifício, com uma forma genérica, é sujeitada a uma transformação metamórfica e dinâmica, resultado das metas de desempenho estabelecidas. Esse novo tipo de software de análise preserva a topologia do projeto esquemático proposto, mas altera a geometria em resposta à otimização de algum critério de desempenho particular, seja ele acústico, térmico ou outro qualquer. Por exemplo, se há uma configuração geométrica particular consistida de superfícies poligonais, o número de faces, arestas e vértices permaneceria imutável (a topologia não muda), mas as formas (a geometria) seriam ajustadas, como mostra a figura abaixo.

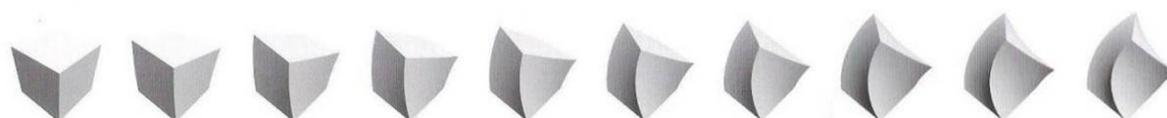


Figura 5.31: Transformação topológica da forma de um cubo. *Fonte: Kolarevic (2003, p.14).*

Isso ocorreu no City Hall, de Londres, edifício que integra a sede do *Greater London Authority* (Figura 5.32). Projetado por Norman Foster, o conceito principal era um edifício que expressasse a transparência e acessibilidade do processo democrático e demonstrasse o potencial da sustentabilidade, gerando uma forma arquitetônica a partir dos desempenhos ambientais referentes à luz, calor, energia, movimento e som (KOLAREVIC, 2005). A superfície exposta diretamente à luz do sol foi minimizada e, conseqüentemente, houve uma redução de ganho de calor solar e perda de calor através da pele do edifício (Figura 5.33).

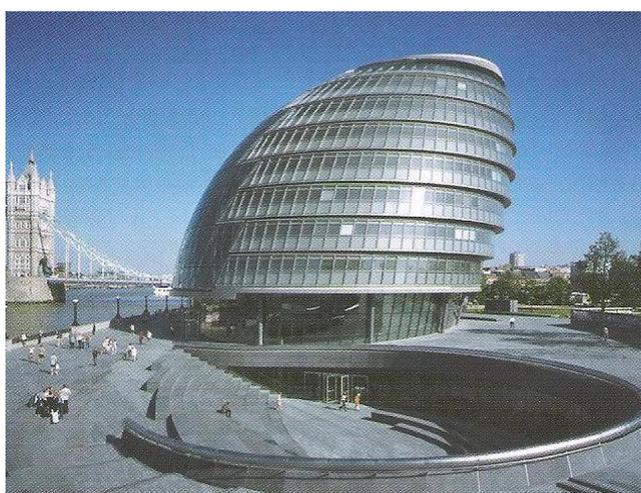


Figura 5.32: Vista do City Hall, Londres. *Fonte: Kolarevic (2010, p. 211).*

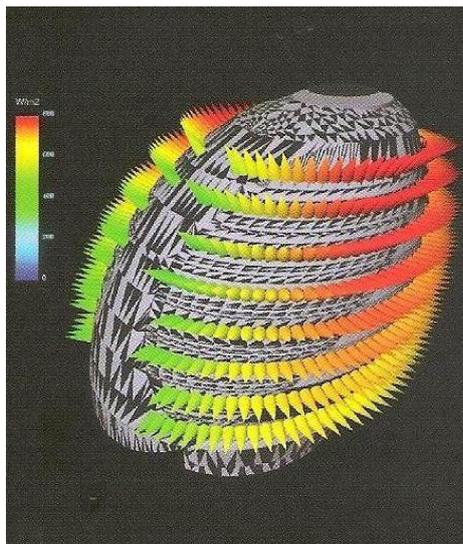
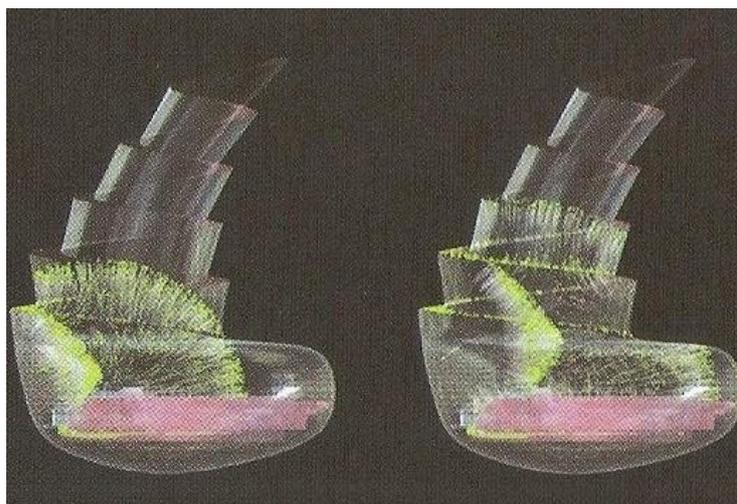


Figura 5.33: Estudo de perda e ganho de calor através da pele do City Hall.

Fonte: Kolarevic (2010, p. 211).

No entanto, enquanto a forma inicial era testada, os arquitetos perceberam que ele resultava em alguns problemas acústicos. O esquema inicial para o hall, que tinha um perfil bastante suave, era excessivamente reverberante. O escritório Arup desenvolveu um processo para visualizar a reflexão e absorção das ondas sonoras pelas superfícies (Figura 5.34). Depois de varias interações e modificações, uma solução surgiu considerada aceitável tanto arquitetônica quanto acusticamente. (KOLAREVIC, 2005). A acústica, assim, desempenhou um papel importante na forma final da estrutura; mas não foi a única consideração para a modificação da forma.



5.34: Análise acústica do átrio do City Hall. Fonte: Kolarevic (2010, p. 197).

A direção do vento no entorno também foi considerada. Através de dinâmicas computacionais de fluxo, o efeito do edifício nas direções do vento foi simulado. O edifício foi projetado de tal forma que não permite forte fluxo de vento para o anfiteatro aberto. Além disso, seus sistemas mecânicos consomem 50 % menos energia que um típico edifício de escritórios que utiliza ar condicionado.

Já no Swiss Re (Figura 5.35), também em Londres, projetado por Norman Foster, teve como objetivo maximizar a luz do dia e a ventilação natural, a fim de reduzir substancialmente o gasto energético do edifício. Isso foi possível após a simulação do edifício em túneis de vento, o que possibilitou o aperfeiçoamento em sua forma (Figura 5.36).



Figura 5.35: Vista do Swiss Re, Londres. Fonte: Disponível em: <<http://www.fosterandpartners.com/projects/swiss-re-headquarters-30-st-mary-axe/>> Acesso em: 12/01/2014.

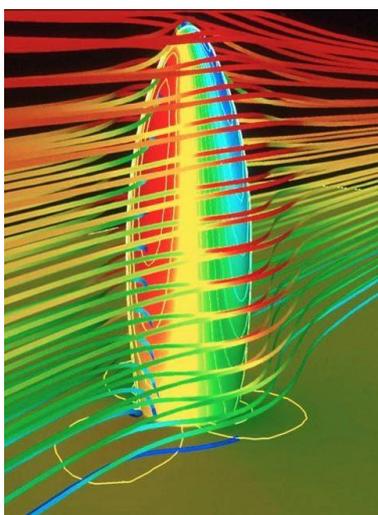


Figura 5.36: Análise do padrão de vento em torno do Swiss Re. Fonte: Disponível em: <[http://www.archweek.com/2010/0519/tools\\_5-2.html](http://www.archweek.com/2010/0519/tools_5-2.html)> Acesso em: 22/04/2013.

Já o Pearl River Tower (Figura 5.37), na China, projeto do escritório de arquitetura SOM, tem o mesmo princípio do edifício ZED. A forma inicial foi submetida a softwares de simulação do fluxo de vento na fachada frontal (Figura 5.38), pois o desejo dos idealizadores era que o edifício fosse sustentável, gerando a própria energia necessária para funcionamento dos sistemas de climatização e que as correntes de vento tivessem menos impacto na sua superfície. Isso seria possível a partir do arredondamento do volume do edifício, fazendo com que a força do vento empurrasse as grandes turbinas locadas nas aberturas frontais (LIMA, 2013).



Figura 5.37: Vista do Pearl River Tower. Fonte: Disponível em: < <http://www.e-architect.co.uk/awards/ctbuh-awards> > Acesso em: 22/04/2013.

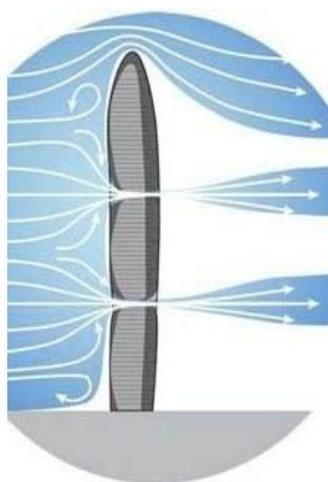


Figura 5.38: Análise do comportamento do vento através do Pearl River Tower. Fonte: Disponível em: < <http://www.ecogeek.org/content/view/695/> > Acesso em: 22/04/2013.

### 5.3.2 Modelo Performativo Baseado na Geração

O Modelo Performativo Baseado na Geração caracteriza-se essencialmente por técnicas que não apenas avaliam a solução, mas geram outras soluções de projeto, a partir de parâmetros de desempenho estipulados. Constitui-se por um modelo que utiliza técnicas automatizadas de geração digital. Este modelo baseia-se no conceito de geração como “o ato ou processo de originação, produção ou procriação” e pode empregar métodos generativos usando ou não um processo evolutivo. O processo evolutivo é compreendido como “um processo gradual de modificação, em que alguma coisa se transforma em algo diferente e mais complexo, ou melhor”, priorizando a geração da forma arquitetônica e considerando o desempenho como um fator modelador ao invés de um critério de avaliação. Simulações de desempenho influenciam diretamente o processo generativo, de tal modo que forças externas possam ser aplicadas no processo de geração, seja ele estrutural, ambiental, de custo, espacial, ecológica e tecnológica (VERAS, 2012).

Num sistema generativo de produção formal, o arquiteto controla o comportamento durante todo o processo e seleciona formas que emergem desta operação. Greg Lynn (1999) diz que “o contexto do projeto se torna o espaço ativo e abstrato que dirige a forma, dentro de forças atuais que podem ser armazenadas como informação para a forma”.

O novo e especulativo trabalho de projeto da vanguarda digital, possibilitado pelas técnicas de modelagem baseadas no tempo, está provocando um interessante debate sobre as possibilidades e os desafios da criação digital da forma (Morfogênese Digital). A complexidade da forma é frequentemente procurada intencionalmente e essa intencionalidade morfológica é o que motiva os processos de construção, operação e seleção (KOLAREVIC, 2005). A figura 5.39 ilustra o processo de geração utilizado por Greg Lynn para desenvolver a Casa Embrionológica, através de software de animação.

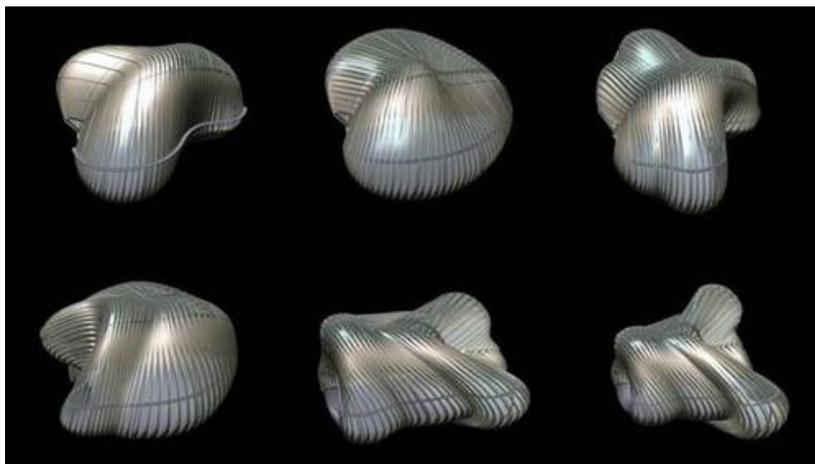


Figura 5.39: Casa embriológica do arquiteto Greg Lynn. *Fonte: Disponível em:* <http://parolenonnelvuoto.wordpress.com/category/varie-ed-eventuali/> Acesso em: 20/03/2013.

O edifício empresarial Unplug Building, projetado pelo escritório de arquitetura R&Sien, em La Defense, Paris (Figura 5.40), é também um exemplo de processo generativo da forma. Como a ideia era desenvolver um edifício sustentável através de energia solar, o ganho de radiação ultravioleta pela fachada foi representado na forma, através de deformações e adições de massas irregulares numa forma genérica inicial (Figura 5.41).



Figura 5.40: Forma final do Unplug Building, Paris. *Fonte: Disponível em:* <http://www.new-territories.com/unplug.htm> Acesso em: 20/03/2013.



Figura 5.41: Processo de elaboração da forma do Unplug Building. Fonte: Disponível em: <http://www.new-territories.com/unplug.htm> Acesso em: 20/03/2013.

Um processo generativo animado também pode ser aplicado a partir de dados de restrições fornecidos ao software. Isso aconteceu na linha Oedo, da estação de metrô de Iidabashi, no Japão (Figura 5.42). O projeto de Makoto Sei Watanabe, que recebeu o nome de Web Frame, é provavelmente o primeiro trabalho de arquitetura em que a forma foi gerada por um programa de computador para atender a um conjunto de condições. As três condições que o projeto teve que atender foram: primeiro, restrição do espaço; segundo, condições impostas por cada componente e terceiro, a extensão do espaço dado. O processo generativo se assemelha ao processo de crescimento de uma planta, no qual as raízes surgem de uma semente e se estendem na busca de água e nutrientes (Figura 5.43).

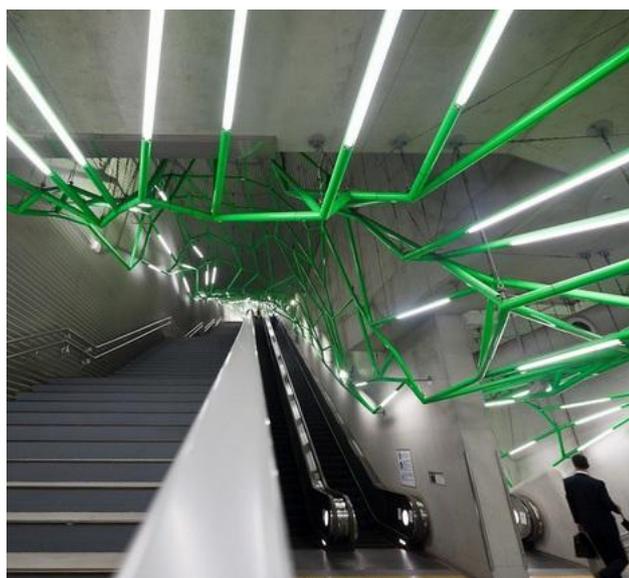


Figura 5.42: Interior da estação de metrô de Iidabashi, Linha Oedo, Japão. Fonte: Disponível em: <http://www.mimoo.eu/projects/Japan/Tokyo/Iidabashi%20Oedo%20Line%20Station> Acesso em: 23/03/2013.

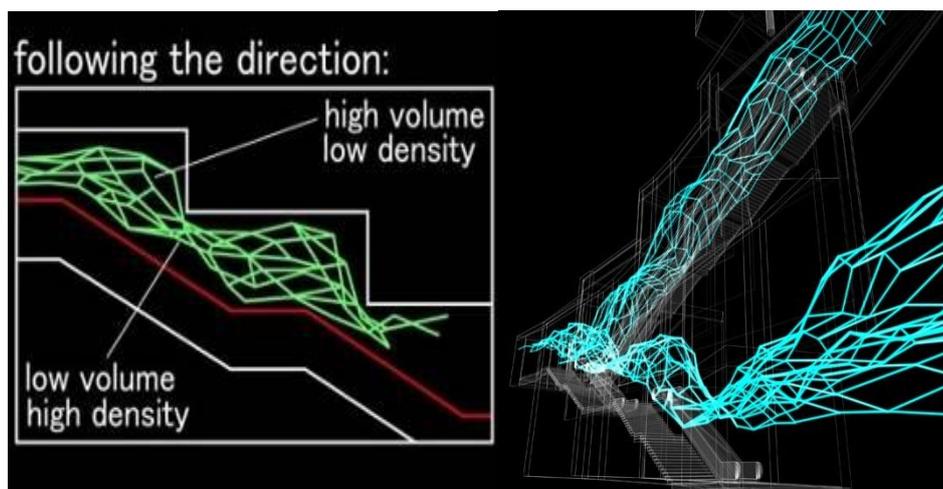


Figura 5.43: Processo de geração da Web Frame. Fonte: Disponível em: <<http://www.makoto-architect.com>> Acesso em: 23/03/2013.

## 5.4 EXEMPLOS DE PROJETOS BASEADOS EM DESEMPENHO

### 5.4.1 Desempenho Térmico e Lumínico

No museu do Louvre em Abu Dahbi - EAU (Figura 5.44), Jean Novel teve como objetivo projetar uma cúpula gigante ao longo de um grupo de edifícios de museus e espaços ao ar livre, cujo padrão de malha permite o Sol ser filtrado e atingir os edifícios através da entrada de uma luz difusa. Ferramentas computacionais foram usadas para projetar a cúpula perfurada, de modo que alcançasse um bom desempenho lumínico e estrutural, criando a atmosfera desejada e fazendo que a estrutura do telhado não fosse visível.



Figura 5.44: Interior do museu do Louvre, em Abu Dhabi - EAU, mostrando o padrão de iluminação criado pela cúpula. Fonte: Disponível em: <<http://thesuperslice.com/2012/12/12/the-louvre-abu-dhabi-museum-ateliers-jean-nouvel/>> Acesso em: 24/02/2013.

A fachada do Instituto do Mundo Árabe, em Paris, é composta por painéis de vidro e um sistema metálico de fechamento manual, que permitem o controle da iluminação natural no interior do edifício (Figura 5.45) e consequentemente o ganho energético, criando também uma fachada dinâmica, que muda de acordo com o fechamento ou abertura dos diafragmas.



Figura 5.45: Interior do Instituto do Mundo Árabe, Paris. Fonte: Disponível em: <<http://www.cristinamello.com.br/?p=5595>> Acesso em: 10/01/2014.

## 5.4.2 Desempenho Térmico e de Qualidade do Ar

Na estação de trem Southern Cross (Figura 5.46), em Melbourne – Austrália, projetada pela equipe de arquitetos Grimshaw, os requisitos de desempenho da cobertura foram a maior consideração para o terminal. A cobertura funciona como um guarda-chuva e deveria também funcionar como exaustão do ar sujo dos trens, devendo ser tão interessante como os edifícios em volta. Assim, foram considerados os ventos dominantes e foram eles que esculpiram e deram forma a cobertura, do mesmo modo que criam as dunas de areia. Essas dunas forçam o ar a atravessar a superfície da cobertura, criando pressão negativa que acaba ventilando o espaço abaixo. Neste edifício, foi o critério de desempenho térmico e de qualidade do ar que deu forma à cobertura.



Figura 5.46: Vistas interna e externa da estação de trem Southern Cross. *Fonte: Disponível em: <<http://megaconstrucciones.net/?construccion=estacion-southern-cross>> Acesso em 02/01/2014.*

Os pavilhões que formam o Centro Cultural Tjibaou, na Nova Caledônia (Figura 5.47), projeto de Renzo Piano, foram inspirados nas cabanas da tribo nativa Kanak, e foram construídos com madeira, vidro, aço e bambu, respeitando as técnicas construtivas locais e aliando aos mais sofisticados estudos de engenharia. A ventilação natural foi alcançada a partir da entrada de ar pelas telas de bambu localizadas próximo ao chão e a locação de claraboias móveis que puxam o ar quente para cima, o que garantiu ao mesmo tempo uma boa iluminação natural interna.

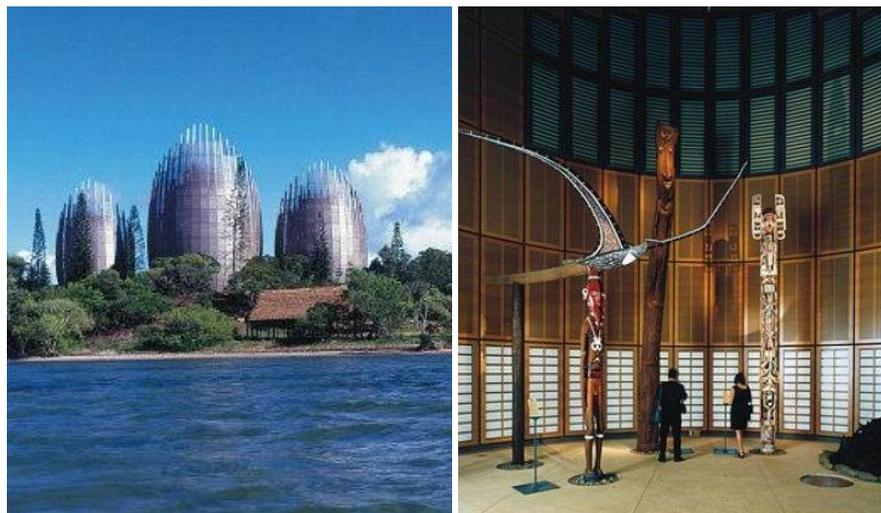


Figura 5.47: Vistas externa e interna do Centro Cultural Tjibaou. Fonte: Disponível em: <<http://maisarquitetura.com.br/centro-cultural-por-renzo-piano>> Acesso em 02/01/2014.

No Brasil, alguns edifícios projetados pelo arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé) são exemplo de arquitetura baseada no desempenho climático. Em todos os seus projetos para a rede SARAH de Hospitais de Reabilitação, por exemplo, o arquiteto utiliza galerias de ventilação, brises e *sheds* para iluminação e ventilação natural dos ambientes internos. Tais elementos são os condicionadores da forma arquitetônica destes projetos, conforme mostram as figuras 5.48 a 5.50.

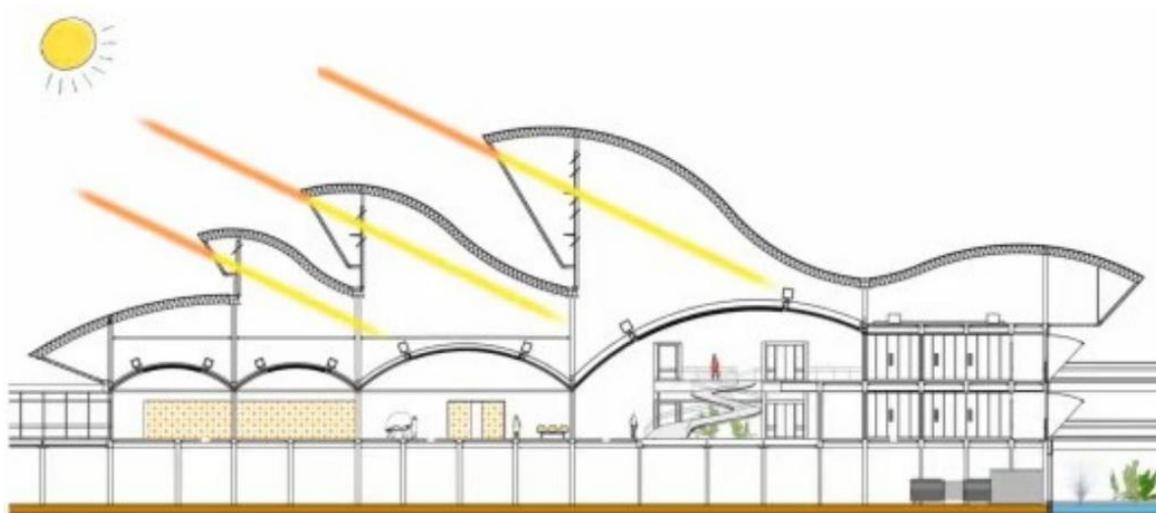


Figura 5.48: Esquema de entrada da iluminação natural através de sheds.

Fonte: Serejo, Medeiros e Filho (p. 3).



Figura 5.49: Vista aérea do hospital Sarah do Rio de Janeiro. *Fonte: Disponível em:* <http://www.sarah.br/Cvisual/Sarah/> Acesso em 02/03/2014.



Figura 5.50: Circulação do hospital Sarah do Lago Norte, Brasília – DF. *Fonte: Disponível em:* [BSB http://www.almasurf.com.br/news.php?id=382&canal=4/](http://www.almasurf.com.br/news.php?id=382&canal=4/) Acesso em 02/03/2014.

### 5.4.3 Desempenho Acústico e Estrutural

No desenvolvimento do projeto do Concert Hall (Figura 5.51), do Instituto Politécnico de Rensselaer, em Nova York, a equipe do escritório Grimshaw baseou suas formas nas leis da física, no objetivo de expressar o potencial de mudança funcional e performativa do edifício. A forma foi projetada no objetivo de criar um ótimo espaço acústico, o mesmo critério de desempenho usado para criar a forma de um violino.



Figura 5.51: Vistas externa e interna do Concert Hall - Instituto Politécnico de Rensselaer – NY.

Fonte: Disponível em: <<http://www.archdaily.com/124708/empac-grimshaw/>> Acesso em 02/01/14.

A Entrada Principal do Qatar National Convention Center (Sidra Trees), inaugurado em 2011 (Figura 5.52), projetada pelo arquiteto Arata Isozaki em parceria com Mutsuro Sasaki, foi baseada na grande árvore Sidra. O processo de geração da forma, de acordo com Sasaki (2005), teve uma forte inspiração na auto-organização e na morfogênese. Com base nos resultados da Análise de Elemento Finito (FEM), e baseado na lógica por trás da estrutura dessa árvore, Sasaki começou a experimentar essa ideia na arquitetura, buscando uma superfície geométrica baseada na redução da tensão e distribuição do esforço uniforme na estrutura.



Figura 5.52: Qatar National Convention Center - Qatar. Fonte: Disponível em: <<http://www.greenprophet.com/2010/02/qatar-convention-center-leed/>> Acesso em 25/01/2013.

Já o Eden Project (2001), no sudoeste da Inglaterra (Figura 5.53), é uma estrutura em forma de esferas interconectadas que encobre um grande jardim botânico. A geometria estrutural é feita de painéis de pele em formas hexagonais e pentagonais e foi baseada na asa de uma libélula. Esse processo foi usado na elaboração das esferas, permitindo que as formas seguissem o padrão mais eficiente em termos estruturais.



Figura 5.53: Vista interna do Eden Project, UK. Fonte: Disponível em: <<http://toptenpk.com/top-ten-educational-trips-to-go-on-in-the-uk/>> Acesso em 02/01/2014.

#### 5.4.4 Desempenho Urbano

A arquiteta iraquiana Zaha Hadid tem proposto vários projetos que buscam um desempenho urbano que se adeque ao entorno, se adapte ao fluxo de pessoas e funcione como a continuação da paisagem local. No projeto vencedor do concurso para o Parque Central de Veneza, o desenho parte da análise do entorno urbano, avaliando os movimentos dos pedestres e os padrões de atividades desenvolvidas, o que foi considerado para definir os caminhos, os canteiros e os recintos (Figura 5.54).



Figura 5.54: Processo digital de avaliação do movimento dos pedestres para geração de caminhos e recintos do Parque Central de Veneza. Fonte: Disponível em: <[http://www.valenciaparquecentral.es/index.php?option=com\\_content&task=view&id=698&Itemid=469](http://www.valenciaparquecentral.es/index.php?option=com_content&task=view&id=698&Itemid=469)> Acesso em 02/01/2014.

Já no projeto que venceu o concurso para o Centro de Exposições de Cairo (Figura 5.55), Egito, as formas foram “esculpidas” e trabalhadas para garantir a individualidade de cada espaço do Centro e ao mesmo tempo criar uma grande área de circulação que procura facilitar o trânsito das multidões que irão frequentar os espaços, criando um projeto dinâmico e interativo, que se relaciona à paisagem egípcia.

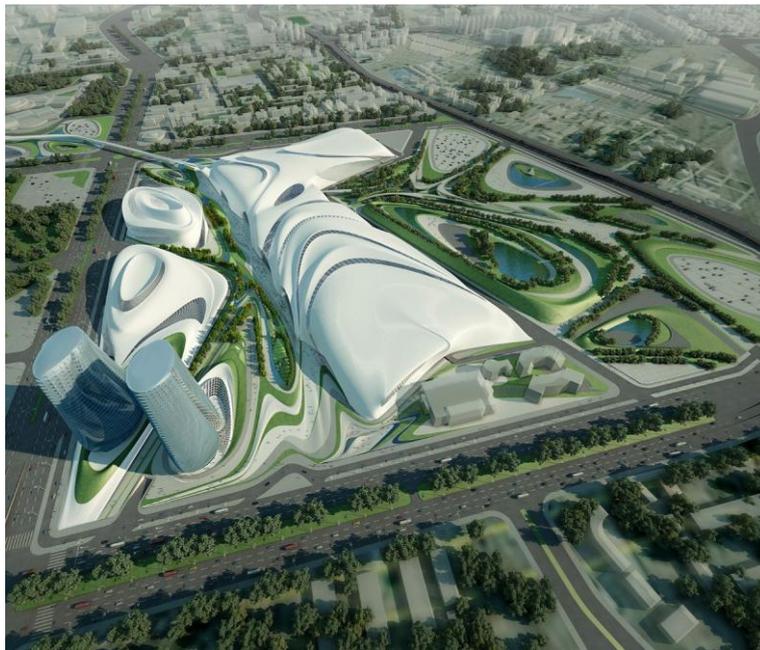


Figura 5.55: Projeto para o Cento de Exposições de Cairo, Egito. *Fonte: Disponível em:* <http://concursosdeprojeto.org/2009/07/19/cairo-expo-city-zaha-hadid/> Acesso em 02/01/2014.

## 5.5 ABORDAGEM MORFOECOLÓGICA DO PROJETO

A abordagem morfoecológica de Hensel e Menges (2008) acrescenta ao Modelo Performativo Baseado na Geração um passo além, através da combinação entre as ferramentas computacionais e as técnicas de fabricação computacional. O desafio desta abordagem é integrar a geração da forma, o comportamento do material, fabricação e montagem, modulação ambiental e condicionamento espacial.

A Morfogenômica, um dos vários campos de pesquisa exploratória - tais como Bio-mimética, algoritmos evolucionários (BILORIA, 2011) etc. - trata em específico da compreensão das complexidades da informática morfológica,

intimamente ligada com o termo Morfogênese (a partir do grego morphe - forma e gênese - criação), que lida com o estudo do desenvolvimento da forma durante seus primeiros estágios celulares em biologia do desenvolvimento. Morfogenômica, no entanto, concentra-se no componente de informática por trás o surgimento de morfologias diversas. Esse constituinte informático envolve especificamente o estudo da estrutura, comportamento e interações dos sistemas naturais e artificiais que armazenam, processam e trocam informação. Este processo de comunicação em tempo real e intensivo de informação serve como um meio dinâmico para o mapeamento do genoma morfológico do espaço arquitetônico e da estrutura.

Portanto, modelos computacionais detêm as informações sobre restrições de fabricação, lógica de montagem e característica dos materiais, a ponto de descrever o comportamento ao invés de simplesmente a forma. Isto permite ao projetista conceber efeitos de desempenho resultantes de interações de materiais e sistemas construtivos, bem como de comportamento do sistema diante da interação entre forças externas e influências ambientais.

Esta abordagem é um entendimento alternativo para desempenho. É um entendimento de uma eficácia de multiparâmetros ao invés de um simples parâmetro de otimização, no qual o começo do projeto inclui tanto a lógica de

como as construções materiais são feitas, quanto o modo pelo qual elas interagem com as condições ambientais e estímulos. É a integração entre materialização, produção e construção que permite um alto nível de síntese do projeto, de complexidade morfológica e de capacidade performativa, sem diferenciar entre geração da forma e processo de materialização (MENGES, HELSEN, 2008).

A abordagem morfoecológica usa multicritérios de desempenho em um amplo alcance, ao invés de simples modelos. Os modelos compostos usados nesta abordagem permitem a emergência de soluções de projeto imprevisíveis, que resultam em modelos diferentes e potenciais. As imagens abaixo (Figuras 5.56 e 5.57) ilustram o processo de produção de elementos estruturais e de vedação a partir da leitura de formas da natureza, tirando partido das suas conexões formais e estruturais.

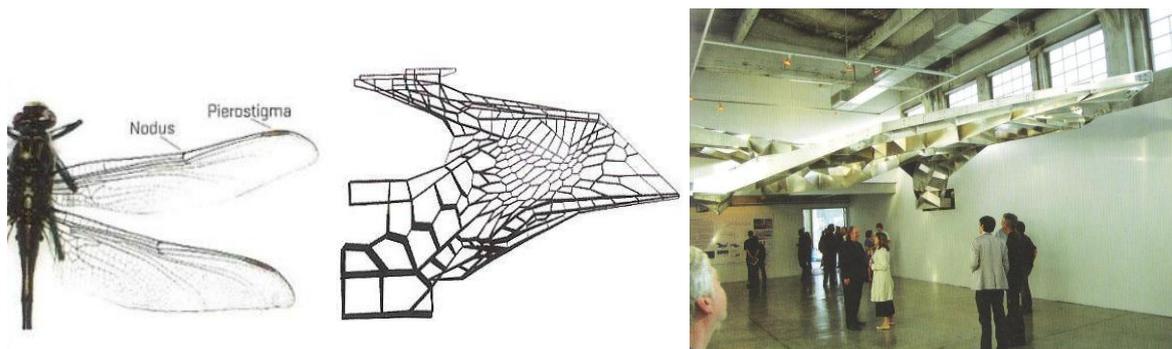


Figura 5.56: Elaboração da estrutura denominada *Dragonfly*, desenvolvida por EMERGENTE e Buro Hapold, inspirada na estrutura da asa de uma libélula. Fonte: Iwamoto (2009, p. 70, 74).

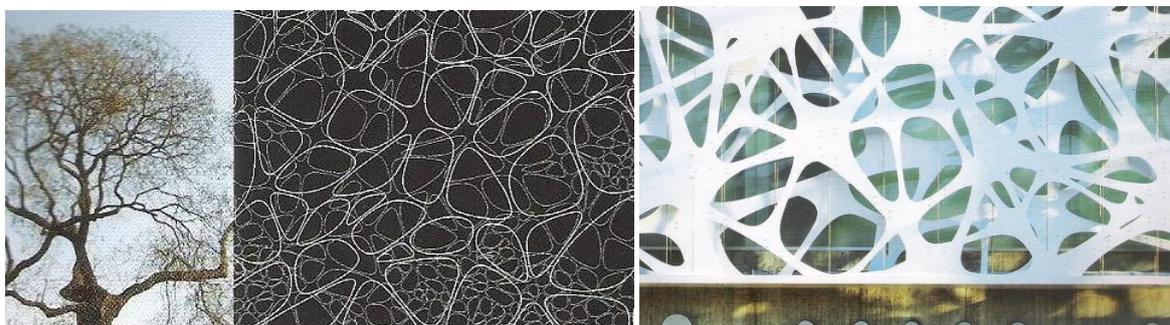


Figura 5.57: Elaboração da pele externa de um edifício (Tokio) denominada *Airspace*, desenvolvida por Thom Faulders, inspirada na copa de uma árvore. Fonte: Iwamoto (2009, p. 55).

## 5.6 PROJETO PERFORMATIVO: PROBLEMAS, DESAFIOS E INTEROPERABILIDADE

Em 1988, uma época em que o paradigma do projeto baseado em desempenho era uma proposta recente, Thomas Maver pontuou que o maior desafio dos arquitetos era projetar edifícios que tivessem um ótimo desempenho e que trabalhassem econômica, técnica e socialmente.

Hoje, o uso de simulações de desempenho no projeto arquitetônico está em ascensão, principalmente, devido ao aumento da capacidade de processamento dos computadores e da maior maturidade atingida no campo de simulações de edifícios. Entretanto, segundo Kolarevic (2010), a completa integração da simulação dentro do processo de projeto está longe de se completar e apenas práticas de elite estão atualmente se beneficiando desses recentes desenvolvimentos.

Embora a mudança da visão do paradigma do “projeto submetido a simulação de desempenho” para o paradigma do “projeto baseado no desempenho” tenha sido previamente estudada, não se sabe completamente qual é o potencial de tal mudança. Apesar dos avanços na tecnologia computacional que podem ser usadas no desenvolvimento de tais ferramentas, ainda é difícil estabelecer um corpo unificado para articular tais necessidades (MALKAWI, 2005), particularmente devido à multidisciplinaridade exigida daqueles que a desenvolvem e devido também à fragmentação da indústria de construção civil. Malkawi (2005) aponta alguns outros problemas para o desenvolvimento de tal modelo de projeto:

- a maioria dos softwares de simulação de desempenho de edifícios comercialmente disponíveis, quer sejam para análises de estrutura, iluminação, acústica, térmica ou fluxo de ar, requerem alta definição, o que significa que eles raramente são usados na fase conceitual do projeto.

- necessita-se de um alto grau de conhecimento e habilidades de seus usuários.

- certos aspectos do desempenho podem ser analisados em um ambiente enquanto outras análises performativas irão requerer outro software, frequentemente resultando em remodelagens substanciais e redundantes.

- grandes problemas de integração entre modelos de simulação e softwares de representação arquitetônica.

Segundo Kolarevic (2010), como a interoperabilidade entre softwares tornou-se uma necessidade, podemos notar um esforço coletivo da indústria, do governo e das organizações de pesquisa para estabelecer padrões de trocas de dados para a indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). O compartilhamento dos dados é realizado pelo mapeamento das informações relevantes dentro de cada programa, que são agrupadas em um modelo de dados comuns genéricos que contém informações requeridas por todos os outros programas.

O desenvolvimento desse modelo de base de dados comuns é atualmente a missão da Aliança Internacional de Interoperabilidade (IAI), que foi formada em 1994 e fundamentada em projetos de pesquisa sobre troca de dados e modelos integrados de edifícios. A visão é que essa estrutura universal de especificações para um modelo de dados comuns, chamada de Industry Foundation Classes (IFC), para arquitetura, engenharia, construção e gestão de instalações industriais pode facilitar a interoperabilidade entre o que já existe e o que ainda será criado na área de ferramentas de software para os participantes desse campo (KOLAREVIC, 2010). Embora a última versão do IFC capture significativas informações de dados do modelo completo de edificação, o principal acerto dos promotores e desenvolvedores é ter especificações para todas as classes de elementos de um edifício, necessárias para auxiliar no compartilhamento dos dados entre todas as ferramentas do software usadas por profissionais das edificações.

Segundo Malkawi (2010), somente um modelo de informação digital do edifício (BIM) pode realmente suportar o projeto performativo. Um modelo de informações de construção representa o edifício como um banco de dados integrado e coordenado de informações e além de descrever graficamente o desenho, o modelo oferece dados cruciais sobre o edifício, que podem ser usados para analisar os níveis de desempenho alcançados (Figura 5.58).

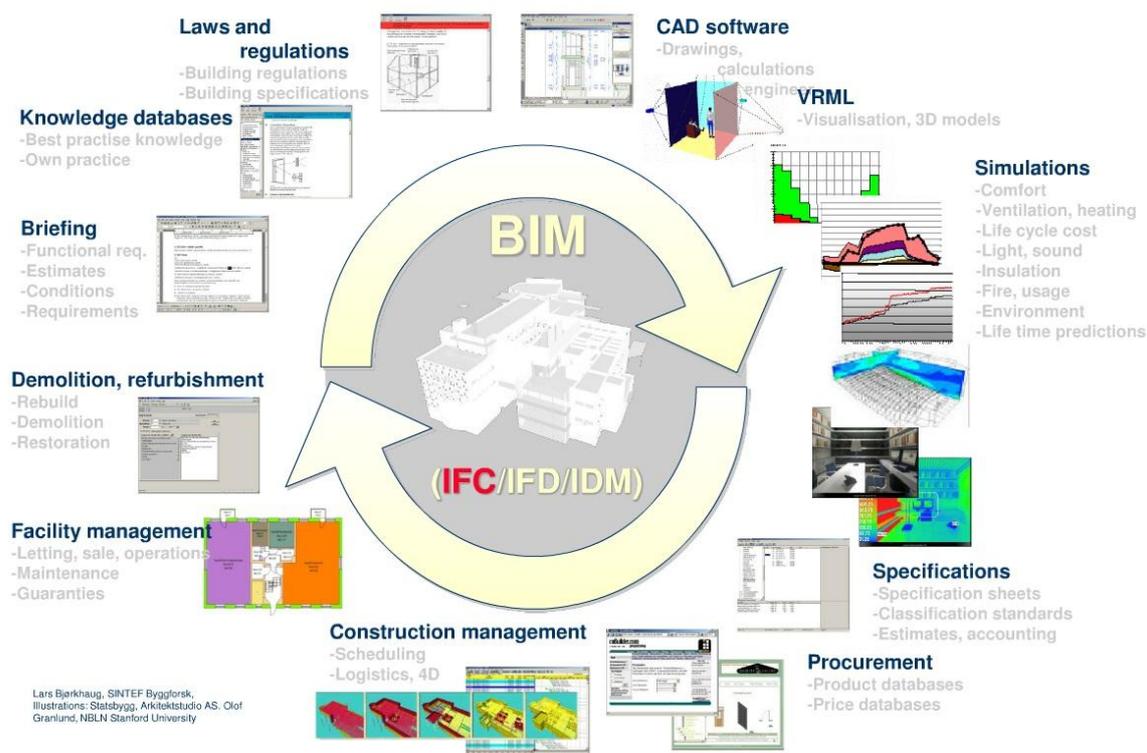


Figura 5.58: Visualização do ciclo de vida do sistema BIM.

Fonte: Disponível em: <<https://buildinginformationmanagement.wordpress.com/tag/bim-for-facility-management/>> Acesso em 02/01/2014.

Em um cenário típico, o arquiteto extrai informações do modelo características de desempenho, tais como o calor / perda ou ganho, iluminação natural, o fluxo de ar, saída em condições de emergência, desempenho estrutural e viabilidade financeira. O conhecimento especializado não mais seria necessário para a entrada de dados ou interpretação dos resultados, criando uma aproximação entre processo de análise e design. Como é evidente, neste cenário, a modelagem de informação é um pré-requisito fundamental para a arquitetura performativa.

Diante dos problemas expostos, juntamente com os desafios a serem encarados para o alcance do desenvolvimento pleno de um projeto digital performativo, voltamos a categorização proposta por Oxman (2006). Ainda que a última categoria de modelo de projeto proposta por ela, o modelo composto, pareça ser muito abstrato e desvinculado da prática de projeto digital contemporâneo, essa categoria representa um paradigma de projeto a ser desenvolvido, um possível processo de projeto digital no futuro e que será baseado em processos integrados incluindo formação, geração, avaliação e desempenho (Figura 5.59). Nele, simulação de desempenho, processos generativos, formativos e de representação podem ser integrados, fornecendo interação entre qualquer módulo de atividade e o fluxo de informações do projeto.

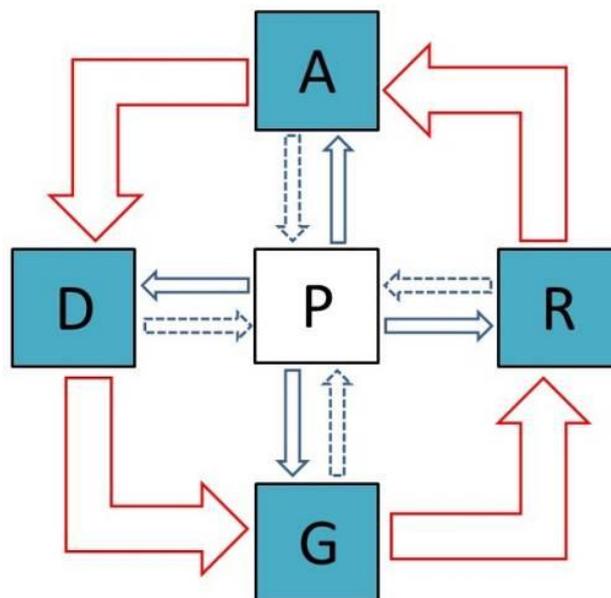


Figura 5.59: Representação simbólica do Modelo Composto proposto por Oxman (2006), adaptado pelo autor

Segundo Luebkehan (2003), no futuro, este modelo de projeto digital será composto por cinco dimensões: “o ponto, a superfície, o volume, o tempo e a dimensão do desempenho”, assim, qualquer um poderá manipular as variáveis de desempenho e ver os efeitos das mudanças propostas em tempo real.

# CAPÍTULO 6

## DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Segundo Mascaró (2004), o arquiteto acha-se impossibilitado de controlar economicamente cada uma das decisões do projeto porque desconhece não apenas sua influência no custo total, mas também suas inter-relações.

Citando duas opções de circulação para edifícios de vários andares, o autor diz que “com o conhecimento convencional de custos, isso pode ser feito pela comparação final dos orçamentos completos dos dois projetos”. Segundo ele, essa análise requer um processo muito trabalhoso e pressupõe a existência de projetos completos ou, pelo menos, de anteprojetos detalhados para que se possa realizar o cômputo métrico e o orçamento das duas alternativas.

Esse tipo de situação ocorre com muita frequência durante os estágios de tomada de decisão do projeto. O paradigma “conjectura e teste”, visto no segundo capítulo, mostra que existe uma ideia a ser testada para ser aprovada ou descartada, tendo, como critério, algum problema que ela deva resolver, ou alguma restrição que ela deva respeitar. No caso do desempenho de custos, parece que os arquitetos ainda não utilizaram deste paradigma para alcançar o objetivo de projeto ou, quando o utilizaram, conforme escrito por Mascaró, foi necessário um projeto completo ou um anteprojeto detalhado. Neste sentido, se estabelece um ciclo, em que o nível de consideração dos orçamentos iniciais é proporcional ao nível de detalhamento do projeto, e este, por sua vez ligado a retrabalhos e à modelagens redundantes, influencia na desconsideração orçamentária. As considerações financeiras se dão muitas vezes na execução da obra e, por estar distante da realidade dos proprietários ou clientes, a obra tende

a perder qualidade de acabamento, ou mesmo, a sofrer uma paralização indeterminada. Conforme o arquiteto vai se distanciando da realidade financeira da obra, mais o projeto tem a tendência de não ser executado.

Na tentativa de inverter o ciclo do processo de projeto de “forma gera custos” para “custos condicionam formas”, ou mesmo “custo segue forma” para “forma segue custo”, devemos ter, antes de qualquer rascunho em um papel ou de um estudo volumétrico digital, a junção entre levantamento de dados e valores de materiais, mão-de-obra e serviços: elementos que condicionam a execução do projeto. O levantamento de dados deve incluir, assim, não somente as restrições locais, de topografia, gabarito urbano, climáticos e de insolação, mas indispensavelmente as restrições orçamentárias. Neste caso, o projeto estaria atrelado a uma análise de viabilidade financeira ou passaria a sê-lo. Os dados financeiros não estariam em posição inferior aos dados do programa de necessidades. No caso de um projeto baseado em desempenho de custos, eles seriam o guia para o lançamento de qualquer ideia.

Na busca por soluções projetuais, chamou-nos atenção o software DProfiler da empresa norte americana Beck Technology. Em sua divulgação comercial, o software promete considerar os requisitos orçamentários desde o início do processo de projeto. Neste momento, passamos a considerá-lo como um objeto interessante de estudo e procuramos conhecer esta ferramenta para o desenvolvimento da pesquisa. O apêndice 1 traz, resumidamente, o processo de aprendizagem do software.

## 6.1 O DPROFILER

Por ser um software de plataforma Macro Bim, a modelagem no DProfiler é muito simples, pois não necessita da definição de todos os itens do projeto. Softwares Micro BIM, como o AutoDesk Revit, dependem da modelagem de todos os elementos construtivos. Este diferencial fez com que o DProfiler pudesse ser considerado na pesquisa, uma vez que, desejando aliar desempenho de custos já nas etapas iniciais do projeto, não poderíamos detalhar o objeto arquitetônico.

O edifício da empresa *Hunt Oil Headquarters*, localizado em Dallas, TX – EUA (Figura 6.1), foi projetado e executado pela Beck Technology, empresa desenvolvedora do DProfiler. As imagens (Figura 6.2) mostram a diferença entre a modelagem do projeto desenvolvida por meio do AutoDesk Revit (Micro BIM) e por meio do DProfiler (Macro BIM).

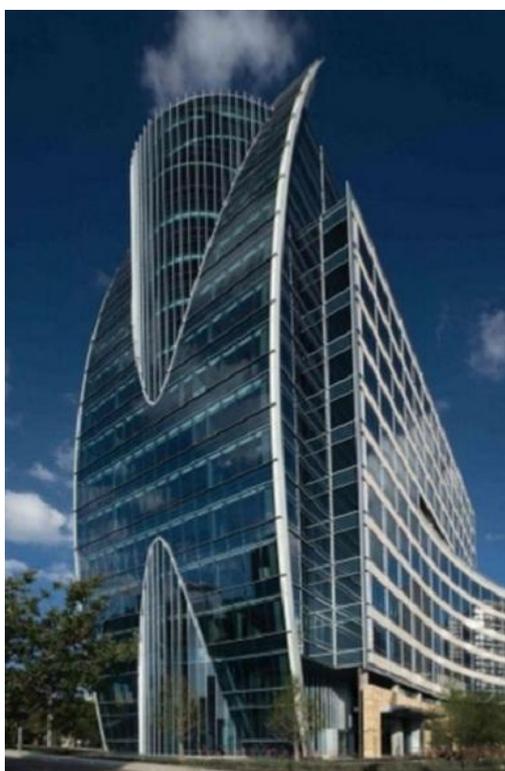


Figura 6.1: Fachada da empresa Hunt Oil Headquarter, TX – EUA. *Fonte: Disponível em: <<http://beck-technology.com/dprofiler.html>> Acesso em: 07/07/2013.*



Figura 6.2: Modelagem em software MicroBIM com alto nível de detalhamento x Modelagem simples em software Macro BIM. Fonte: Disponível em: <<http://beck-technology.com/dprofiler.html>> Acesso em: 07/07/2013.

A plataforma de trabalho do DProfiler é totalmente tridimensional (Figura 6.3). Ele conta com a visualização espacial de tabelas, de estimativas, de planilhas, de itens, além de visualização mecânica e de gerenciamento de obra, como as planilhas do Microsoft Excel.

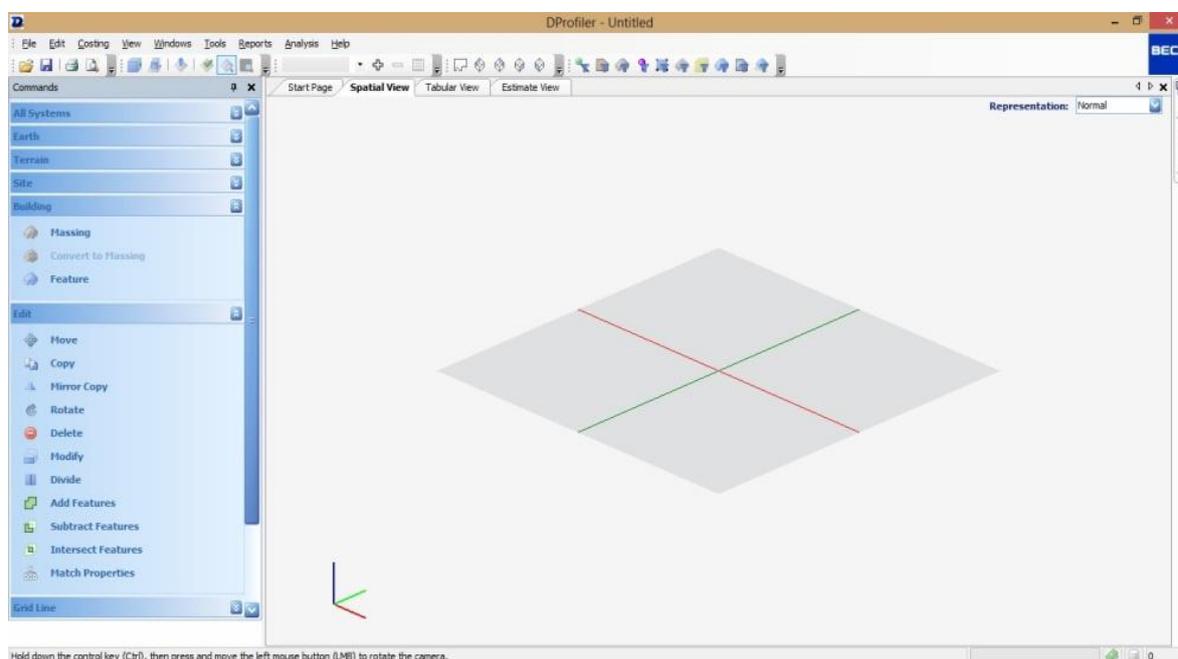


Figura 6.3: Área de trabalho do DProfiler. Fonte: do autor.

Existem duas opções para começar um projeto no software. A primeira é fazer a modelagem tridimensional e definir os custos de cada parte do edifício posteriormente. E a segunda é começar a editar todos os itens antes de qualquer

especulação formal. Para a segunda opção, devemos ir ao caminho *Costing > Edit Cost Database* (Figura 6.4).

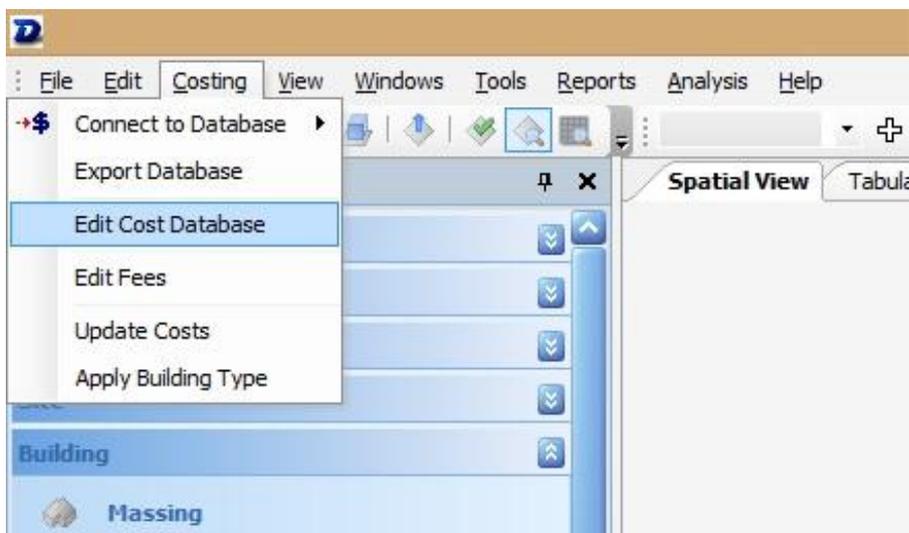


Figura 6.4: Caminho para edição de custos no banco de dados do software. *Fonte: do autor*

## 6.2 BANCO DE DADOS

Por meio do caminho descrito anteriormente, temos acesso ao banco de dados, que pode ser modificado de acordo com o tipo de projeto e com os valores da economia vigente. Nele, temos as seguintes categorias:

### 6.2.1 Variáveis (Variables)

Essa categoria oferece a possibilidade de inserção de valores paramétricos para cada parte constituinte do edifício, além das que já vêm anexadas ao software. Temos itens que são paramétricos e não podem ser alterados, como área, paredes, pé direito, número de pavimentos, cobertura, tamanho e quantidade de intersecções da malha estrutural, etc. Outros itens, como profundidade da fundação, espessura da laje ou dimensões de pilares e vigas podem ser modelados de acordo com a proposta a ser seguida (Figura 6.5).

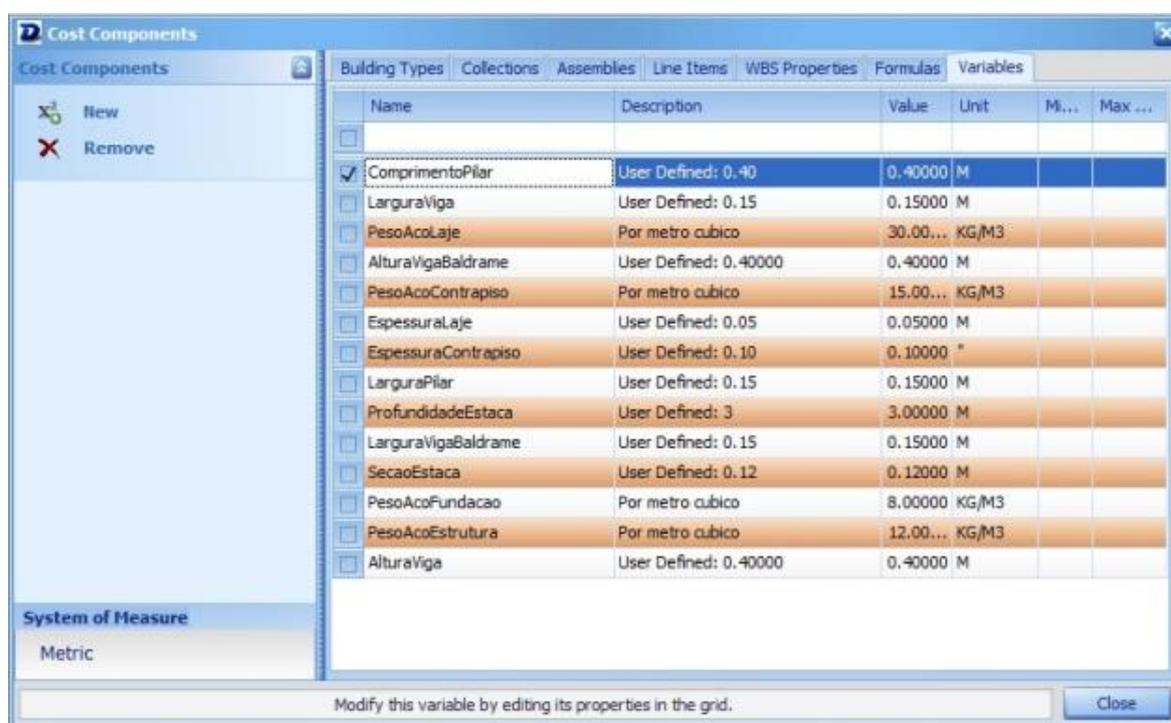


Figura 6.5: Variáveis. Fonte: do autor.

## 6.2.2 Fórmulas (*Formulas*)

Nessa categoria, o projetista define os valores referentes a cada elemento construtivo. Por exemplo, pode-se definir o volume de concreto das lajes multiplicando as áreas das lajes por suas espessuras; e o volume das vigas, multiplicando a dimensão de largura pela altura e pelo tamanho da malha estrutural (Figura 6.6).

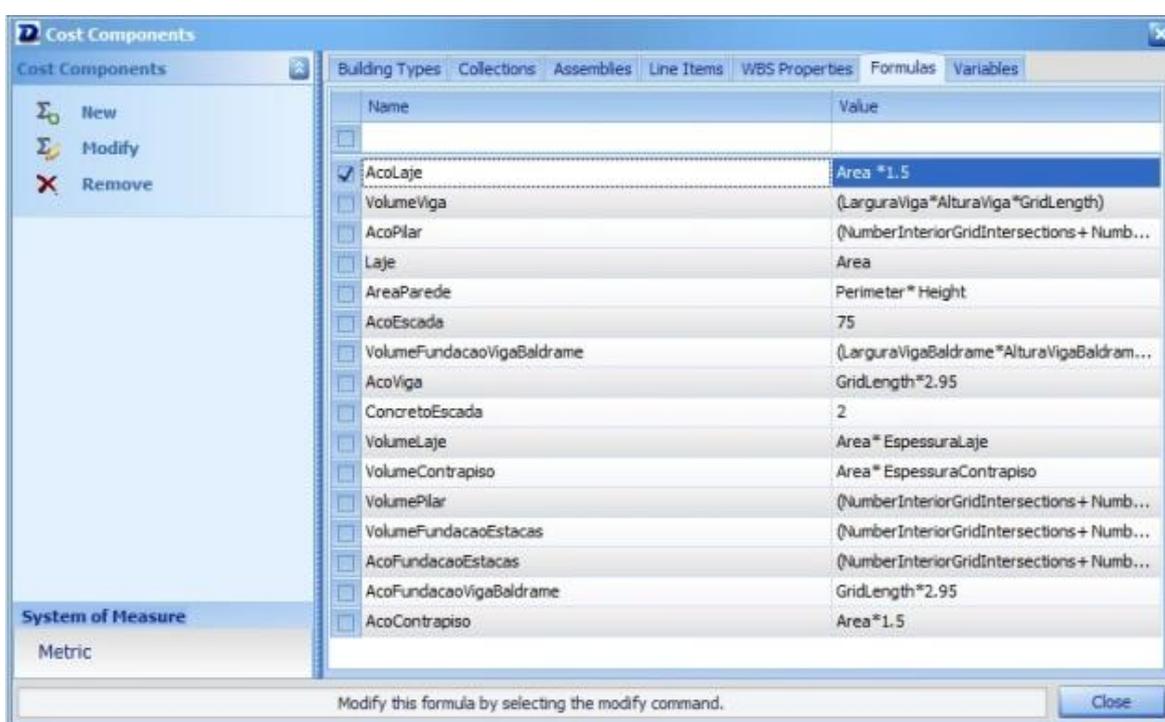


Figura 6.6: Fórmulas. *Fonte: do autor.*

### 6.2.3 Itens (*Items*)

Os itens construtivos podem ser os mais variados. Desde mão-de-obra e materiais à locação e aquisição de equipamentos. Cada item pode ser alterado de acordo com a realidade da obra e de acordo com as tarifas locais. É nessa categoria que são definidos os valores referentes a todos os itens que serão utilizados (Figura 6.7).

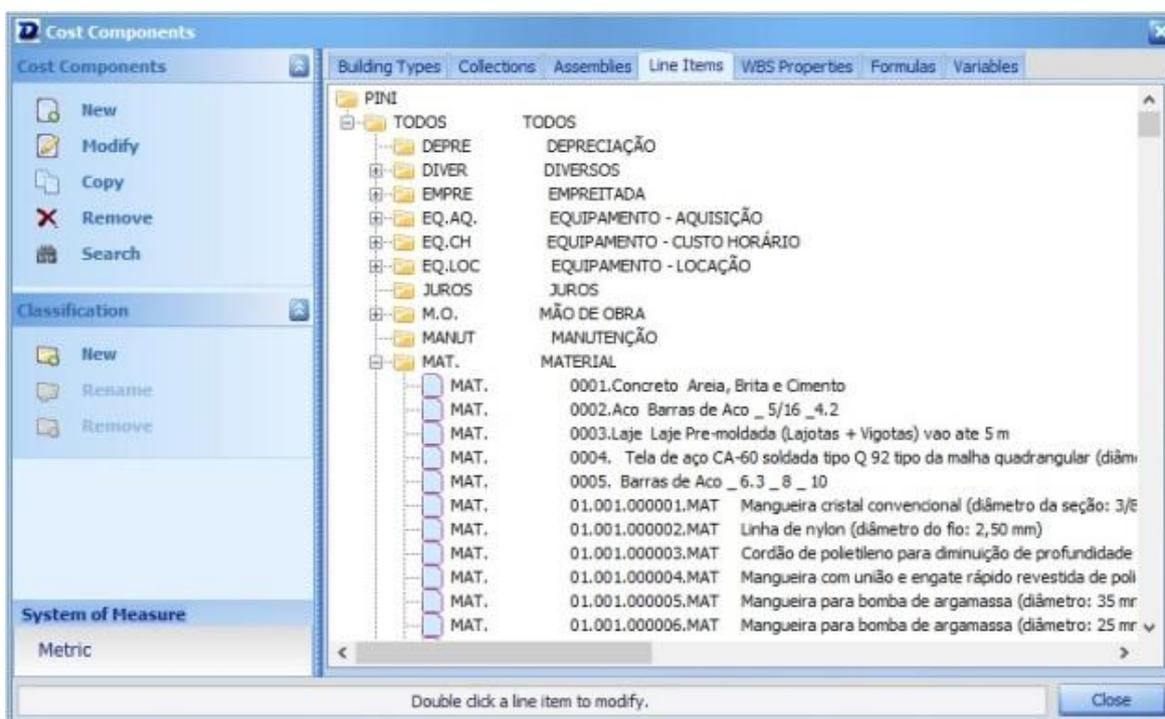


Figura 6.7: Itens. *Fonte: do autor.*

## 6.2.4 Composições (Assemblies)

Essa categoria permite a junção de vários elementos para determinado item do edifício. Por exemplo, se a laje for pré-moldada, com espessura de 15 cm, pode-se adicionar os itens: laje (lajota e vigas), malha de aço, tábuas, escoras, concreto, mão-de-obra (pedreiro, servente e carpinteiro), pregos, arames, energia elétrica gasta para o serviço, equipamento, ferramentas, etc. Nesse caso, cada vez que for adicionado o item “Laje pré-moldada”, todos os itens que a compõem serão calculados automaticamente. Até aqui, os elementos construtivos são agrupados e passam a definir cada parte da construção (Figura 6.8).

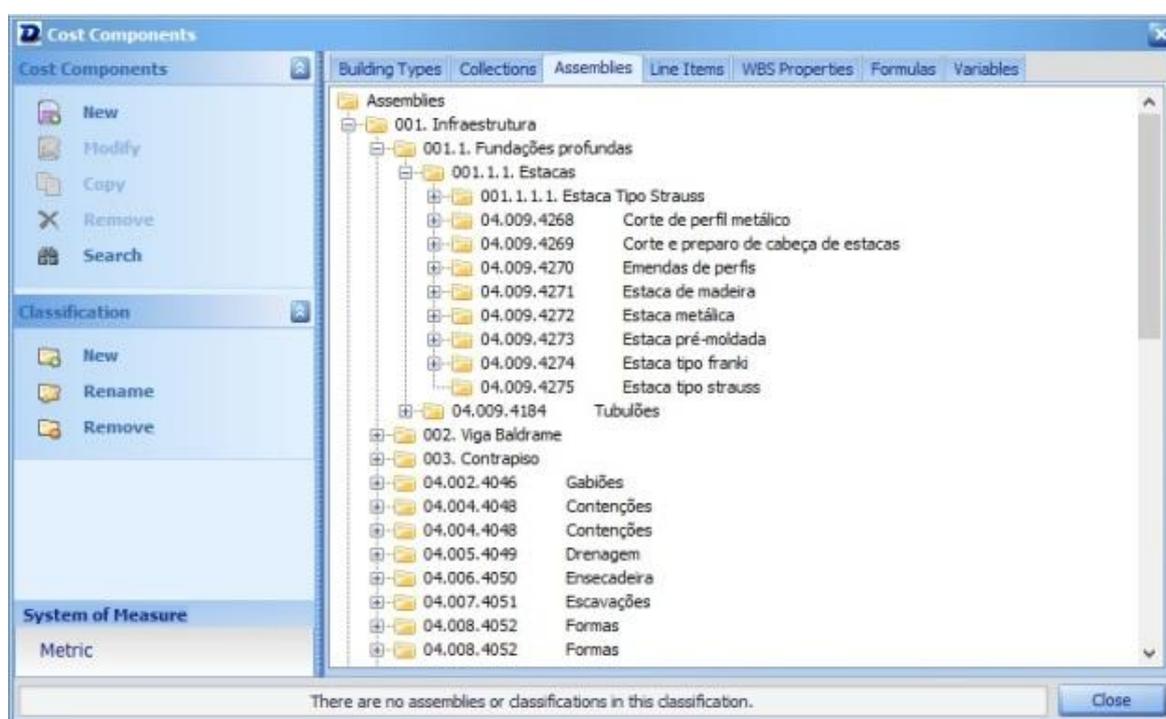


Figura 6.8: Junções. Fonte: do autor.

## 6.2.5 Coleções (*Collections*)

A partir da definição das partes construtivas, pode-se estabelecer coleções que irão definir os próximos andares ou mesmo os próximos edifícios. Por exemplo, se o projeto de uma residência contou com determinados elementos estruturais e de vedação, todas as junções de itens utilizadas nessa etapa podem ser agrupadas em uma coleção, por exemplo, “estrutura metálica e vedação em bloco de concreto”. A partir dessa coleção, o projetista, ao acrescentar um andar superior à residência, poderá recorrer àquela coleção para a estrutura e a vedação superiores, sem a necessidade de acrescentar todas as junções novamente (Figura 6.9).

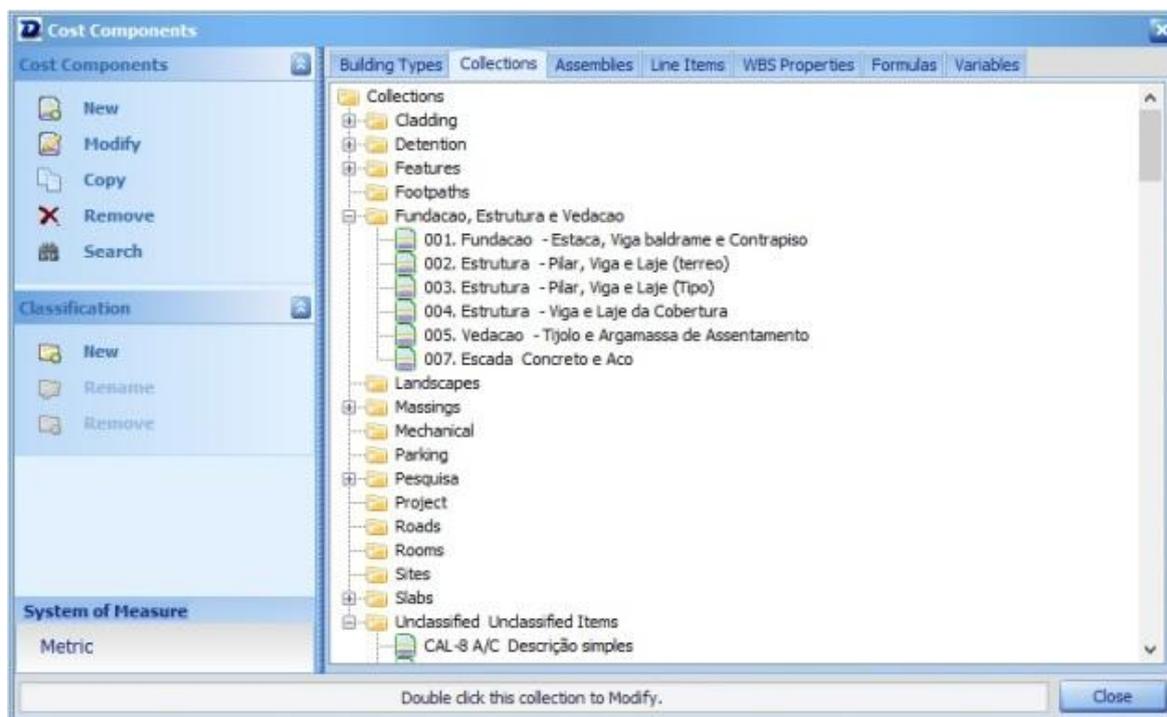


Figura 6.9: Coleções. Fonte: do autor.

### 6.2.6 Tipo de Edifício (*Building Type*)

Essa categoria é a última que pode ser definida. Ainda que cada edificação seja singular, devido aos fatores topográficos, orçamentários, climáticos e de programas de necessidades, uma tipologia de edifício pode-se repetir. Isso ocorre muito em construtoras que executam apenas um determinado tipo de construção. Por exemplo, se o projeto diz respeito a uma residência completa, contendo todos os itens relativos à fundação, estrutura, vedação e acabamento e, além disso, calçamento, caminhos e plantio de árvores e gramíneas, pode-se criar a tipologia “residência de um pavimento com acabamento médio e paisagismo”. A partir daí, quando o projetista quiser começar outro edifício com a mesma tipologia ou margem orçamentária, não será necessário acrescentar todos os itens novamente a cada parte do edifício. Basta selecionar o tipo de edifício antes de qualquer modelagem (Figura 6.10).

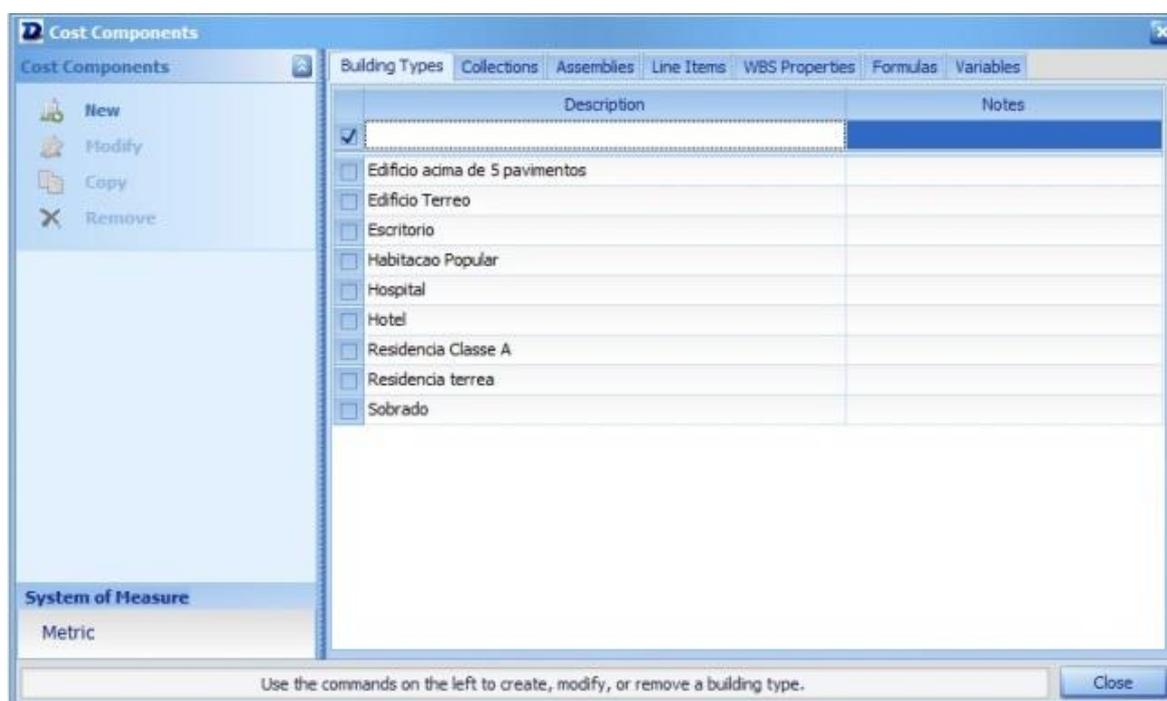


Figura 6.10: Tipo de Edifício. Fonte: do autor.

## 6.3 FERRAMENTAS

Além das categorias de custos, o software dispõe de ferramentas de modelagem, que seguem abaixo.

### 6.3.1 Assistente de Edifício (*Building Wizard*)

Essa ferramenta dá ao usuário a opção de criar edifícios a partir de informações primárias. Através dela, pode-se definir a tipologia da base do edifício, assim como suas dimensões, o número de pavimentos, os níveis e a cobertura (Figura 6.11).

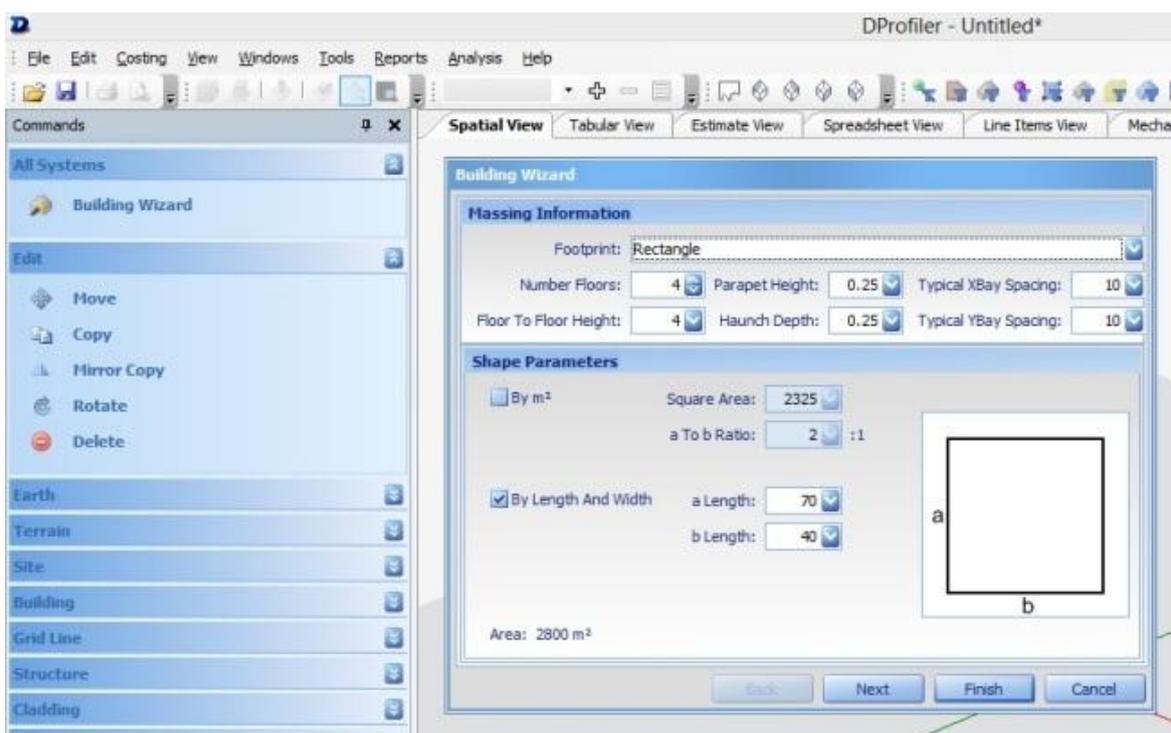


Figura 6.11: Assistente de Edifício. *Fonte: do autor.*

### 6.3.2 Localização Geográfica (*Earth*)

Essa ferramenta permite inserir o objeto tridimensional na plataforma do Google Earth, através da seleção e importação de pontos cardeais (Figura 6.12).

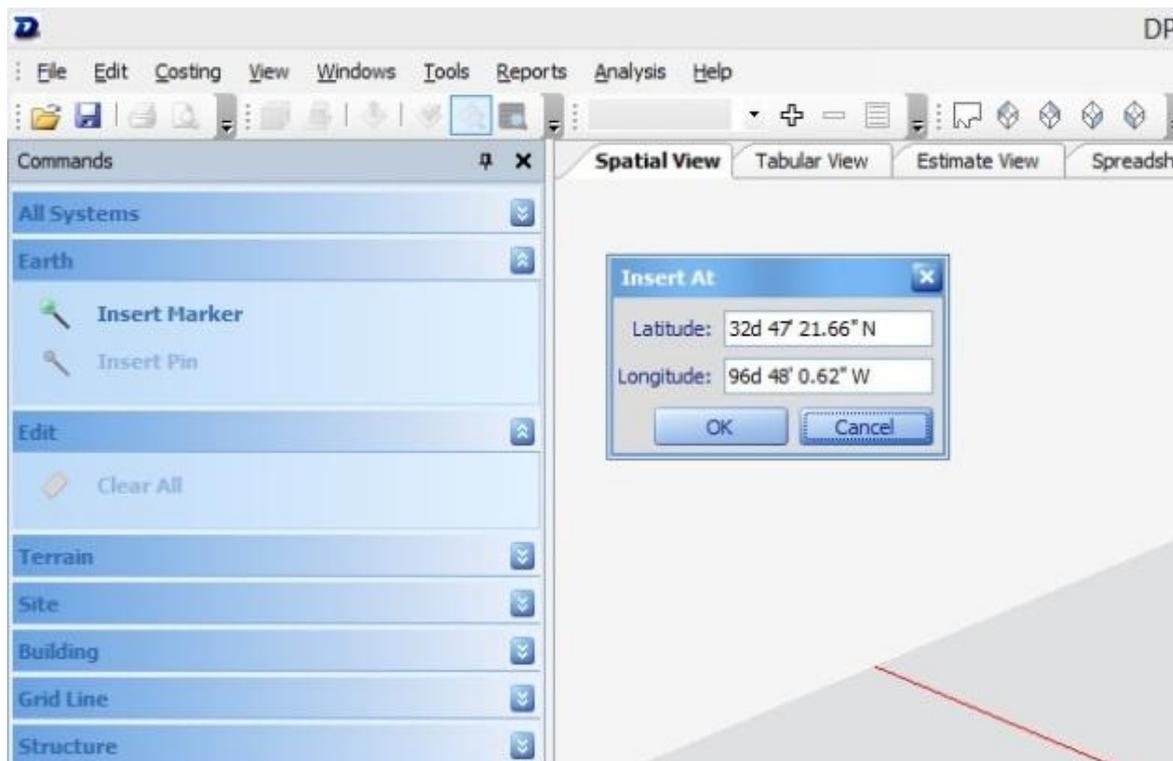


Figura 6.12: Localização Geográfica. Fonte: do autor.

### 6.3.3 Topografia do Terreno (*Terrain*)

Através desta ferramenta, pode-se importar as curvas de nível de determinado terreno a partir do Google Earth (Figura 6.13).

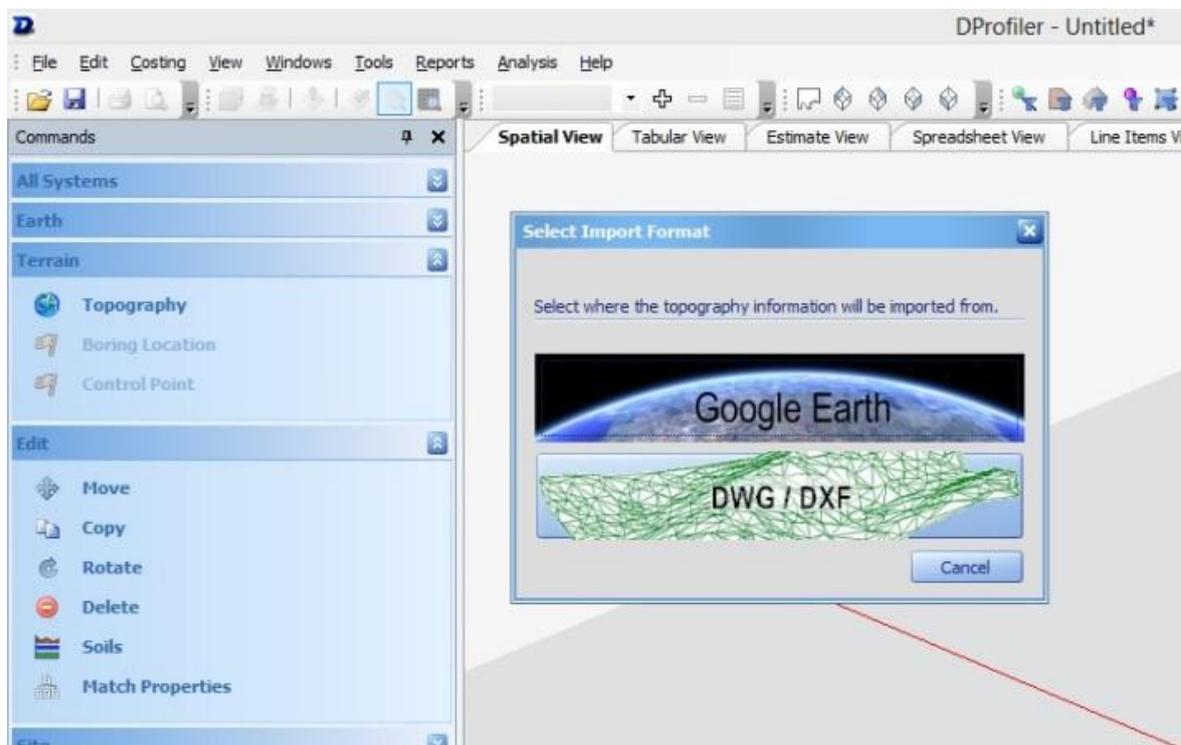


Figura 6.13: Topografia do Terreno. *Fonte: do autor.*

### 6.3.4 Configurações do terreno (Site)

Através desta ferramenta, o usuário pode definir todas as configurações referentes ao terreno, exceto topografia. Assim, são delimitados os limites do terreno, as áreas não edificáveis, os recuos obrigatórios, a área destinada ao paisagismo, os caminhos e estacionamentos, servidões e gabarito urbano (Figura 6.14).

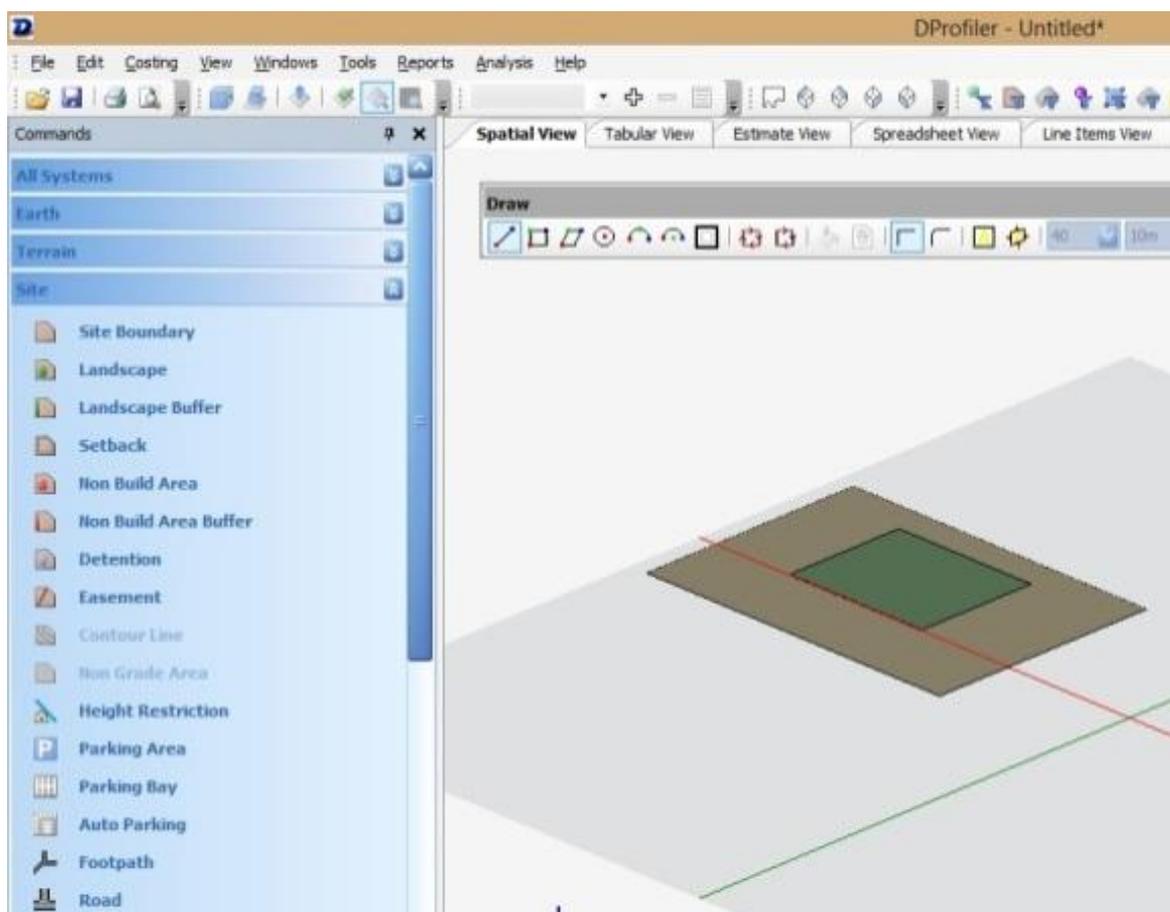


Figura 6.14: Configurações do sítio. *Fonte: do autor.*

### 6.3.5 Edifício (*Building*)

Após a definição das características do terreno, o usuário faz uso dessa ferramenta para a modelagem do edifício. O item “*massing*” permite a modelagem da base do modelo através de linhas e arcos definidos por pontos ou retângulos e circunferências. Para a dimensão vertical, pode-se definir prismas, pirâmides ou superfícies inclinadas e ainda esferas e meia-esferas. Os itens de edição permitem espelhar, rotacionar, copiar, deletar, mover e dividir o modelo tridimensional. A cada vez que a opção “*massing*” é utilizada, o software entende como um novo edifício. Portanto, se o modelo em questão possuir volumes interconectados, o melhor caminho é utilizar a opção “*feature*”, que cria vários volumes que podem ser adicionados, interseccionados ou subtraídos e que passam a ser considerados um único edifício a partir da opção “*covert to massing*” (Figura 6.15).

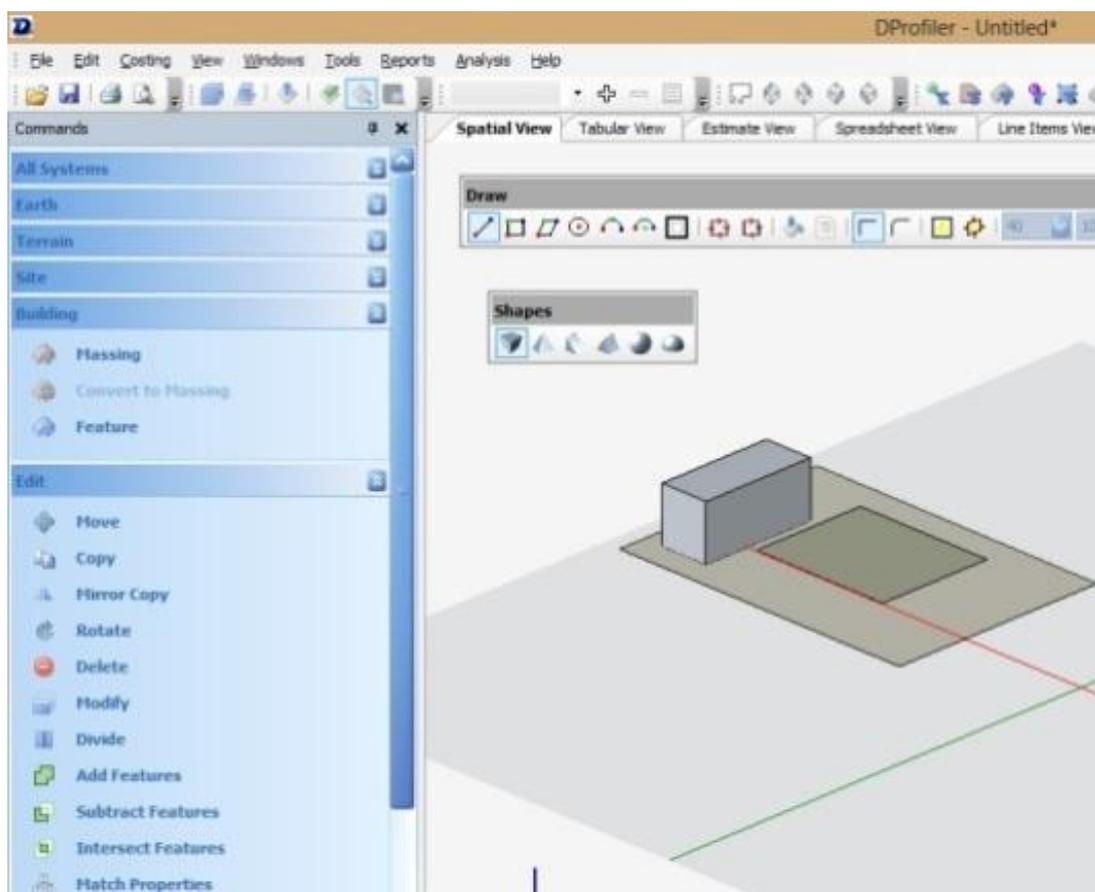


Figura 6.15: Edifício. Fonte: do autor.

### 6.3.6 Malha estrutural (*Grid Line*)

A definição do volume é feita a partir da opção “*Building*”, mas sua estrutura é definida a partir da ferramenta *Grid Line*. Esta opção define fundação, vigas baldrames, vigas, pilares e lajes através da malha criada a partir da divisão da dimensão total do edifício. Os pilares e as estacas/tubulões, então, serão definidos a partir de cada intersecção da malha horizontal. As vigas e vigas baldrames serão definidas a partir da dimensão total da malha, em cada pavimento. Já as lajes e o contrapiso são definidos a partir dos limites da malha horizontal nos pavimentos. A definição do tipo de estrutura irá influenciar imediatamente no espaçamento da malha ou vice-versa (Figura 6.16).

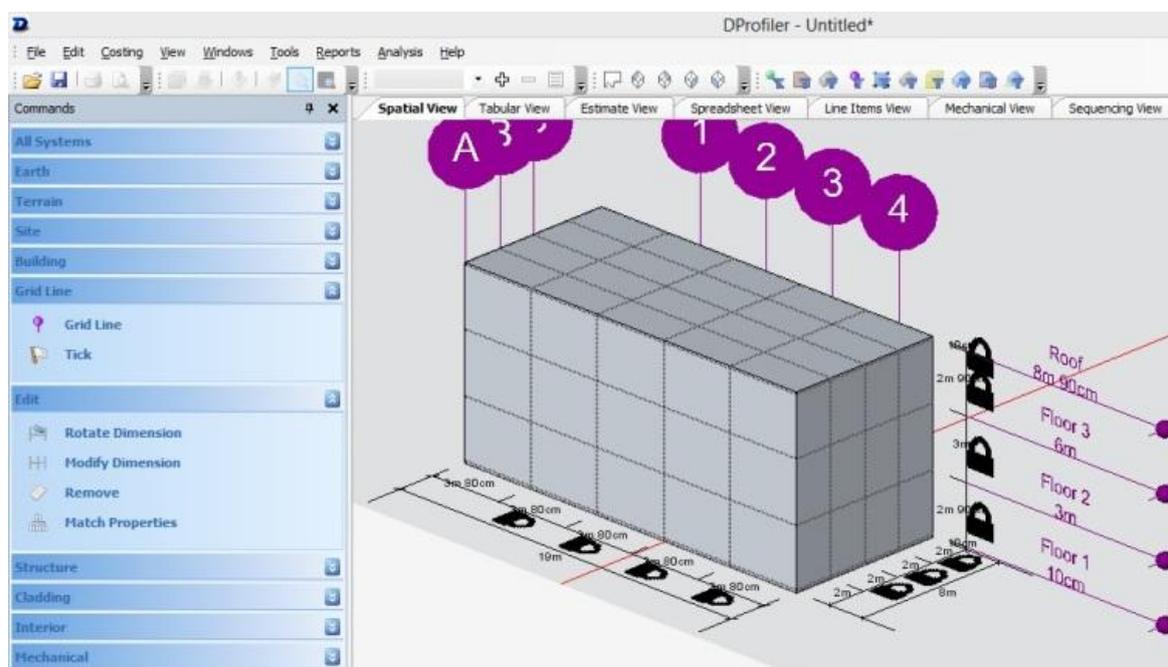


Figura 6.16: Malha Estrutural. Fonte: do autor.

### 6.3.7 Estrutura (*Structure*)

Após a definição da malha estrutural, essa categoria irá permitir a edição das lajes do edifício através de aberturas para circulação vertical ou mezanino e mesmo adição de rampas. Essa ferramenta permite, em suma, conectar todas as lajes do edifício (Figura 6.17).

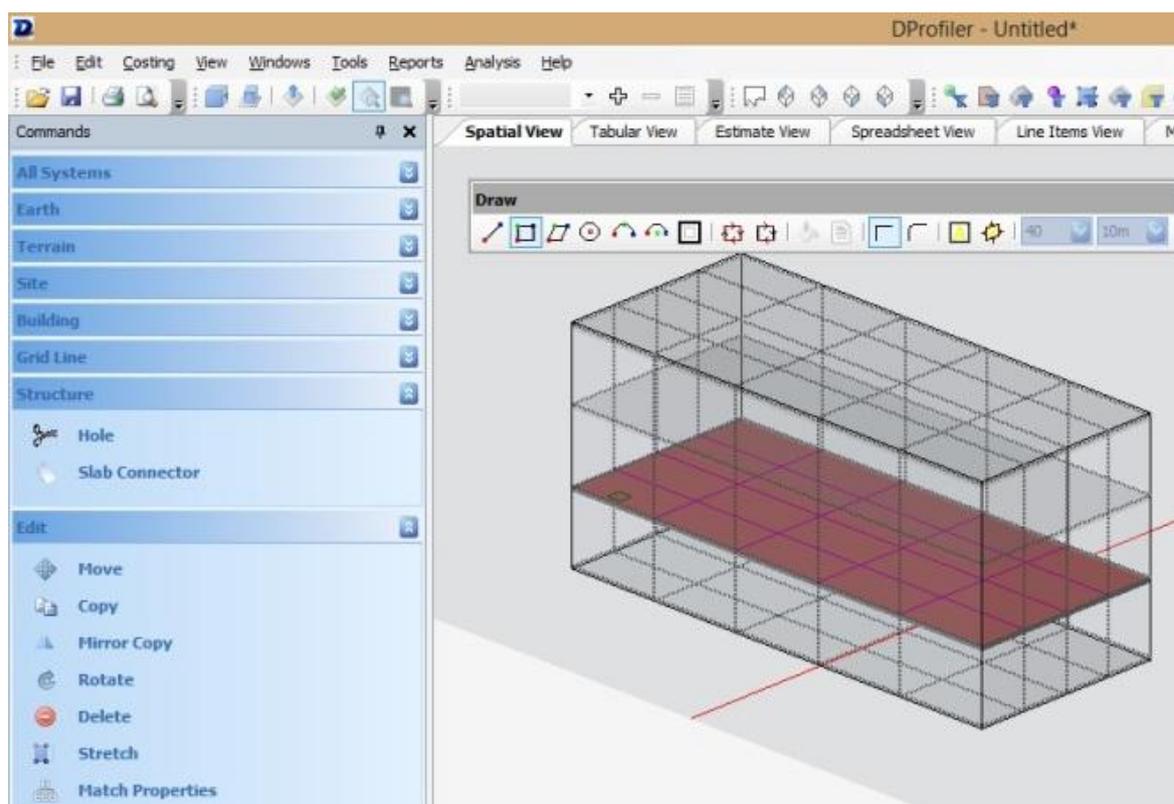


Figura 6.17: Estrutura. Fonte: do autor.

### 6.3.8 Vedação (*Cladding*)

Essa ferramenta permite a adição de pinturas, revestimentos e vidros nas fachadas do edifício. A partir daí, pode-se orçar os custos com reboco, pintura, esquadrias, pedras ou elementos decorativos externos (Figura 6.18).

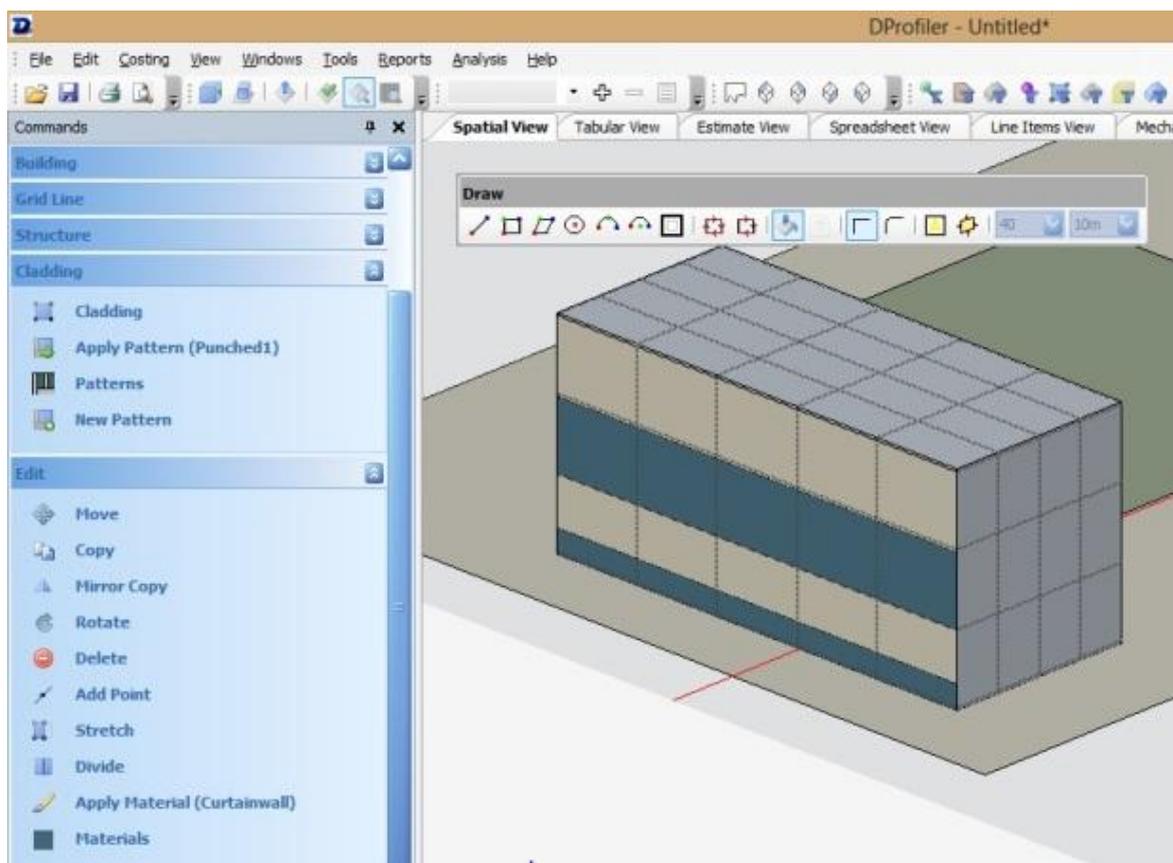


Figura 6.18: Revestimento. *Fonte: do autor.*

### 6.3.9 Interior

Essa ferramenta possibilita a elaboração da forma arquitetônica a partir do interior do edifício. Com ela, pode-se definir não somente as dimensões dos ambientes, mas também todos os elementos relacionados a eles. Por exemplo, tipo de revestimento, de mobiliário, de pintura, de gesso, de sistemas elétricos e hidrossanitário, etc. Define-se, ainda, as circulações horizontal e vertical e os vazios da edificação. Cada ambiente pode ser relacionado a um setor específico do edifício e podem ser gerenciados a partir de categorias e cores, como os *layers* do AutoCAD (Figura 6.19).

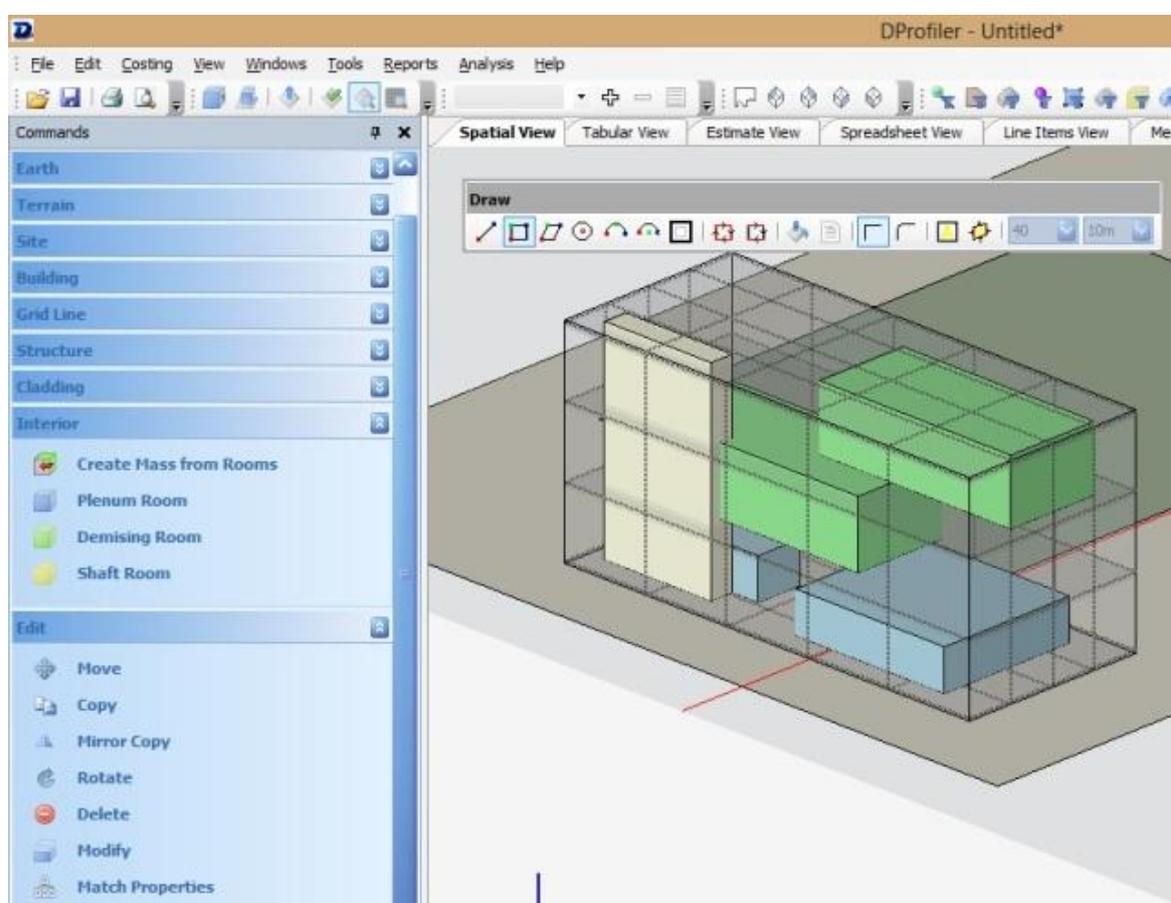


Figura 6.19: Interior. Fonte: do autor.

### 6.3.10 Instalações (*Mechanical*)

Esta última categoria permite relacionar todo o edifício ou cada parte dele aos sistemas ou às instalações específicas. Por exemplo, pode-se relacionar as instalações hidráulica e sanitária a todos os banheiros e cozinhas. Assim como relacionar sistemas elétrico, de condicionamento de ar, de som e de iluminação a cada sala ou quarto (Figura 6.20).

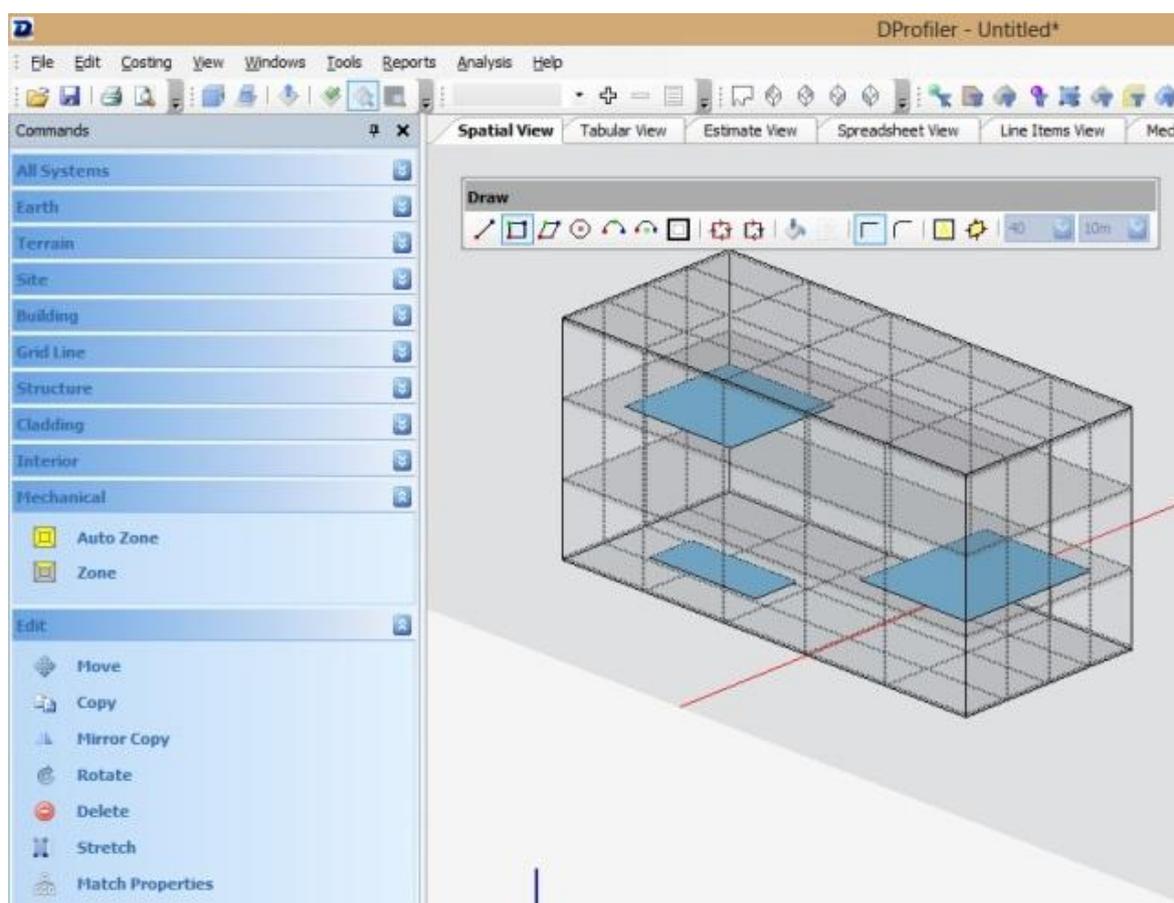


Figura 6.20: Sistemas. Fonte: do autor.

Como o banco de dados americano é totalmente diferente do padrão utilizado no Brasil, a empresa forneceu um banco de dados brasileiro desenvolvido pela Pini, chamado TCPO (Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos). Após a assimilação do software e da apropriação das ferramentas, os modelos começaram a ser desenvolvidos.

## 6.4 DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS

### 6.4.1 Modelo 1: Comparação entre modelo DProfiler e construção executada

O primeiro interesse da pesquisa foi analisar a eficiência do software na geração de custos de edificação já executada. Assim, foi analisada uma residência construída em Anápolis, entre março e julho de 2013. Após o desenvolvimento do modelo de tal residência, foi comparado o quantitativo de custos gerado pelo software com o quantitativo real dos custos da obra. Para simplificação do modelo, não foram considerados os sistemas elétrico e hidrossanitário. A figura 6.21 mostra a fachada frontal da casa em questão e a figura 6.22 o modelo digital gerado a partir do software.

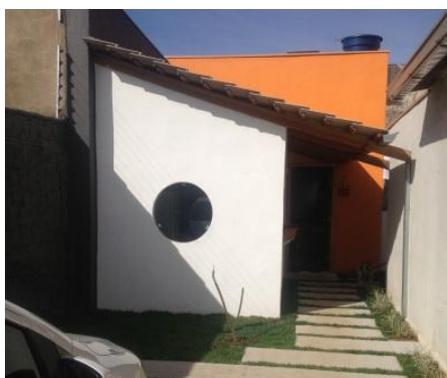


Figura 6.21: Foto da fachada frontal da residência. *Fonte: do autor.*

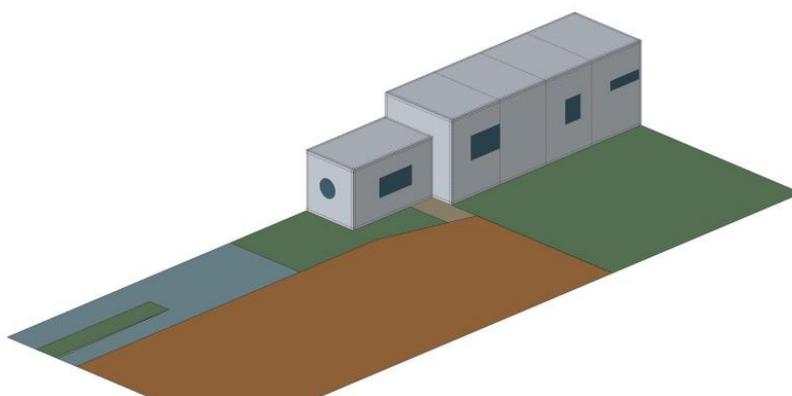


Figura 6.22: Perspectiva do modelo tridimensional gerado a partir do software. *Fonte: do autor.*

A primeira informação relevante com relação à modelagem de edifícios no software diz respeito à criação de múltiplas formas. O programa identifica cada volume como um edifício diferente. Assim, a referida residência, que conta com dois volumes conectados, foi dividida em duas massas distintas. Então, tudo o que era adicionado como elemento de custo em um volume, deveria ser adicionado no outro. Isso pode ser resolvido através da criação de duas peças (*features*) ao invés de um único grupo (*massing*), e após a modelagem, juntar as duas peças em um único grupo, como visto acima. Entretanto, esse modelo foi desenvolvido em dois volumes distintos, pois cada um conta com características diferentes.

Como o DProfiler baseia-se numa plataforma BIM em nível macro, percebe-se que o objeto tridimensional gerado pelo software não conta com a cobertura, nem mesmo a porta frontal. Isso ocorre porque as informações relativas às esquadrias e à cobertura são dadas através de informações adicionadas ao volume em questão. O volume posterior conta com laje pré-moldada e telha de fibrocimento. Já o volume frontal não possui laje, mas possui cobertura em telha de cimento. Assim, essas informações foram adicionadas ao volume na categoria “*Massing*” e o software calculou automaticamente o madeiramento, a quantidade de telhas, parafusos e arruelas, além da mão-de-obra e das tarifas relativas ao serviço. As esquadrias são adicionadas ao clicar duas vezes sobre o item desejado. No caso do volume posterior, foram adicionadas a porta frontal (madeira), as portas do banheiro e do closet (madeira), e a porta dos fundos (metal). A partir dessa informação, o software considera portal, porta, fechadura, alisar, maçaneta, dobradiça e os itens de mão-de-obra e serviço.

No caso das janelas, houve a necessidade de adicioná-las, pois elas não seguem um padrão de dimensão e são calculadas de acordo com sua área e não pela sua quantidade, uma vez que o material utilizado foi o vidro temperado. Assim, ainda que não estejam visíveis no volume tridimensional mostrado, os itens considerados foram:

- Terreno (calçamento e jardim)
- Fundação
- Estrutura
- Impermeabilização
- Vedação
- Cobertura
- Reboco
- Pintura
- Revestimentos
- Esquadrias
- Gesso
- Mão-de-obra

Após o lançamento dos itens de custos baseados no banco de dados TCPO, notou-se uma grande diferença entre o valor real e o valor oferecido pelo software, devido a erros de fórmulas e diferenças de itens de custos. Como o software oferece a possibilidade de criação de bancos de dados distintos ou mesmo a modificação dos existentes, a solução foi alterar a fórmula dos itens de custos e de serviços. Após a edição do banco de dados, pôde-se chegar a um resultado muito semelhante entre o valor real da construção e o valor fornecido pelo software, conforme tabela 6.1, que apresenta a relação entre os gastos com cimento, areia e pedra britada (concreto e argamassa), as barras de aço, a laje e a vedação. Esses serão os itens utilizados para elaboração dos próximos modelos.

MATERIAL	DProfiler	Custo real	Diferença
Areia, Brita e Cimento	R\$ 4.584,03	R\$ 6.598,68	R\$ 2.014,65
Aço - 5/16" - 4.2mm	R\$ 3.813,21	R\$ 2.122,00	-R\$ 1.691,21
Laje	R\$ 1.267,35	R\$ 994,70	-R\$ 272,65
Tijolo	R\$ 1.549,37	R\$ 1.300,00	-R\$ 249,37
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 11.213,96</b>	<b>R\$ 11.015,38</b>	<b>-R\$ 198,58</b>

Tabela 6.1: Comparação entre orçamento fornecido pelo DProfiler e custo real da obra dos elementos que compõe fundação, estrutura e vedação. *Fonte: Tabela gerada pelo autor por meio do Microsoft Excel.*

Após o detalhamento de todos os itens utilizados na construção (Apêndice 2 e 3), foram criadas quatro categorias para agrupá-los: material, mão-de-obra, serviços e empreitada – esse último item diz respeito aos itens gesso e

portão. A tabela 6.3 (abaixo) mostra a relação entre o quantitativo final dessas quatro categorias de custos. A diferença foi de 1,7%.

ITEM	DPROFILER	CUSTO REAL	DIFERENÇA	DIFERENÇA (%)
MATERIAL	R\$ 25.186,14	R\$ 26.736,69	R\$ 1.550,55	+5,80%
MÃO-DE-OBRA	R\$ 18.610,10	R\$ 18.110,00	-R\$ 500,10	-2,75%
SERVIÇOS - MATERIAIS	R\$ 3.328,85	R\$ 3.100,00	-R\$ 228,85	-7,38%
<b>TOTAL CONSTRUÇÃO</b>	<b>R\$ 47.125,09</b>	<b>R\$ 47.946,69</b>	<b>R\$ 821,60</b>	<b>-1,70%</b>
<b>MARGEM DE ERRO</b>				

Tabela 6.2: Diferença entre valor total obtido através do DProfiler e o valor real da obra.

Fonte: Tabela gerada pelo autor por meio do Microsoft Excel.

Após a elaboração deste modelo, baseado em construção já executada, pôde-se verificar a eficiência do software no que diz respeito ao quantitativo de material e mão-de-obra, ressaltando-se a necessidade de ajustes nas fórmulas e nos valores dos materiais, serviços e taxas. A partir daí, começamos a estudar a influência de alguns elementos no custo da edificação.

#### 6.4.2 Modelo 2: Influência da forma no custo da construção

Antes de começarmos a lançar qualquer forma através do software, preparamos todo o banco de dados para lançamento dos itens construtivos. Diferentemente do primeiro modelo, no qual excluimos apenas instalações elétrica e hidrossanitária, neste segundo modelo, utilizaremos apenas infraestrutura, superestrutura e vedação devido ao tempo disponível para a realização da pesquisa.

No entanto, no banco de dados TCPO, cada item está agrupado com a mão-de-obra e os equipamentos necessários para executar o serviço. Assim, por exemplo, quando adicionamos o item Superestrutura > Armaduras > Armaduras de aço > Armaduras de aço para estrutura em geral, ca-25, diâmetro 8,0 mm, corte e dobra na obra, além dos itens “Barra de aço CA-25 5/16”, “Arame recozido” e “Espaçador de plástico”, estamos adicionando automaticamente os itens “Máquina de dobrar ferro, elétrica, potência 5 hp (3,7 KW)”, “Armador” e “Ajudante de armador”. No caso de adicionarmos o item Alvenarias, fechamentos e divisórias > Alvenarias > Vedação > Cerâmica > Tijolos maciços cerâmicos 5,7 x

9 x 19 cm, espessura da parede 9 cm, além do item “Tijolo cerâmico”, estamos adicionando automaticamente os itens “Pedreiro” e “Servente”.

Como não consideraremos mão-de-obra e equipamentos relativos aos serviços e nem o BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) referente ao material, todos os itens adicionados foram editados na opção do software “*Costing*” > “*Edit Costing Database*”. Esta opção permite a exclusão dos itens relativos à mão-de-obra, equipamentos e BDI antes de adicionarmos os itens na visualização de tabelas.

Após a análise do banco de dados TCPO, notou-se que as composições que deveriam ser consideradas no estudo continham muitos itens de material, além daqueles referentes à mão-de-obra e aos equipamentos. Por exemplo, o concreto era composto por cimento, areia e pedra britada e as armaduras por barras estruturais, estribos e arames. Como queríamos simplificar os dados, resumimos os itens em: Concreto, Aço, Tela de Aço, Laje, Tijolo e Argamassa. Os valores foram obtidos a partir da tabela SINAPI de outubro de 2013 (Anexo 1), da Caixa Econômica Federal, cuja tabela abaixo mostra os itens de nosso interesse.

TABELA DE VALORES DE MATERIAIS UTILIZADOS			
ITEM	MATERIAL	UNID.	VALOR
000033	AÇO CA-50 5/16" (7,94 mm)	KG	R\$ 4,17
000036	AÇO CA-60 - 4,2 mm	KG	R\$ 4,45
000367	AREIA GROSSA - POSTO JAZIDA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M <sup>3</sup>	R\$ 42,25
001379	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II- 32	KG	R\$ 0,48
001381	ARGAMASSA OU CIMENTO COLANTE EM PÓ PARA FIXAÇÃO DE PECAS CERÂMICAS	KG	R\$ 0,45
003736	LAJE PRÉ-MOLDADA (LAJOTAS + VIGOTAS) PARA FORRO CONVENCIONAL, SOBRECARGA DE 100 Kg/m <sup>2</sup> , VÃO ATÉ 5 m	M <sup>2</sup>	R\$ 36,21
004721	PEDRA BRITADA Nº 1	M3	R\$ 82,83
007258	TIJOLO CERÂMICO MACIÇO 5 X 10 X 20 cm	UN	R\$ 0,19
010916	TELA AÇO SOLDADA NERVURADA CA - 60, Q-92 (1,48 Kg/m <sup>2</sup> ), DIÂMETRO DO FIO = 4,2 mm, ESPAÇAMENTO DA MALHA = 15 x 15 cm	KG	R\$ 5,52

Tabela 6.3: Tabela SINAPI de outubro de 2013, resumida pelo autor. *Fonte: Disponível em: <[http://downloads.caixa.gov.br/\\_arquivos/sinapi/insumos\\_semdes\\_out\\_2013/Precos\\_Insumos\\_RN\\_OUT\\_2013\\_SEM\\_DESONERA%C7%C30.PDF](http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/sinapi/insumos_semdes_out_2013/Precos_Insumos_RN_OUT_2013_SEM_DESONERA%C7%C30.PDF)> Acesso em: 20/10/2013.*

O preço do metro cúbico de concreto foi definido a partir do traço adotado para resistência 15MPa, segundo a tabela 6.6 abaixo, de artigo de Paulo Bastos publicado pela Unesp. Segundo esta tabela, para concreto 15 MPa são gastos 239 quilos de cimento, 634 litros de areia e 550 litros de pedra britada.

Assim, utilizando a tabela de preços, chegou-se ao valor total do metro cúbico do concreto (R\$ 187,44).

Resistência de Dosagem Esperada (MPa) na Idade (dias)			TRAÇO EM MASSA								TRAÇO EM VOLUME								TRAÇO PARA UM SACO DE CIMENTO (50 kg)					
			Para 1 kg de cimento				Para 1 metro cúbico				Para 1 kg de cimento				Para 1 metro cúbico				Areia (lata <sup>(2)</sup> )		Pedra (lata <sup>(2)</sup> )		Água (lata <sup>(2)</sup> )	
3	7	28	Areia (kg)	Pedra (kg)	a/c	Aditivo (%) <sup>(1)</sup>	Cimento (kg)	Areia (kg)	Pedra (kg)	Água (kg)	Aditivo (kg)	Areia (ℓ)	Pedra (ℓ)	a/c	Aditivo (%) <sup>(1)</sup>	Cimento (kg)	Areia (ℓ)	Pedra (ℓ)	Água (ℓ)	Aditivo (ℓ)	Areia (lata <sup>(2)</sup> )	Pedra (lata <sup>(2)</sup> )	Água (lata <sup>(2)</sup> )	Aditivo (ml)
4	7	15	3,85	3,66	0,85	1,5	239	919	874	203	3,6	2,65	2,30	0,85	1,5	239	634	550	203	3,0	7,4	6,4	2,4	630
6	10	20	3,39	3,31	0,73		269	912	891	196	4,0	2,34	2,08	0,73		269	629	560	196	3,4	6,5	5,8	2,0	
8	14	25	3,10	3,10	0,65		292	906	904	190	4,4	2,14	1,95	0,65		292	625	569	190	3,7	5,9	5,4	1,8	
10	16	30	2,85	2,90	0,58		317	903	920	184	4,8	1,96	1,83	0,58		317	623	579	184	4,0	5,5	5,1	1,6	
13	20	35	2,59	2,71	0,54		344	891	932	186	5,2	1,79	1,70	0,54		344	614	586	186	4,4	5,0	4,7	1,5	
16	23	40	2,42	2,58	0,51		365	883	942	186	5,5	1,67	1,62	0,51		365	609	592	186	4,6	4,6	4,5	1,4	
20	28	45	2,25	2,45	0,48		387	870	949	186	5,8	1,55	1,54	0,48		387	600	597	186	4,9	4,3	4,3	1,3	
23	34	50	2,08	2,32	0,45		412	856	957	185	6,2	1,43	1,46	0,45		412	590	602	185	5,2	4,0	4,1	1,2	

<sup>(1)</sup> sobre a massa de cimento; <sup>(2)</sup> lata de 18 litros; materiais secos.

Tabela 6.4: Traços de concretos com cimento CP II-E-32. Fonte: Disponível em: <[http://www.p.feb.unesp.br/pbastos/site\\_paulo/Artigo%20Tracos%20Concreto-Paulo%20Bastos.pdf](http://www.p.feb.unesp.br/pbastos/site_paulo/Artigo%20Tracos%20Concreto-Paulo%20Bastos.pdf)> Acesso em: 20/10/2013.

Já os elementos de aço da estrutura (fundação, vigas e pilares) foram selecionados a partir da definição das dimensões de estacas, pilares e vigas. As estacas possuem raio = 20 cm e profundidade = 3 m. Os pilares possuem largura = 15 cm e comprimento = 40 cm. As vigas possuem largura = 15 cm e altura = 40 cm. A partir dessas dimensões, convencionou-se o uso de 6 barras de aço 5/16” com estribos de aço 4.2 mm, de quinze em quinze centímetros. Não foram considerados arames. Em vez de calcularmos o peso do aço gasto para cada metro cúbico de concreto, calculamos seu peso para cada metro linear da estrutura, já que foi convencionada a mesma quantidade de aço para todos os elementos estruturais. Assim, se temos estribos a cada 15cm, dividimos um metro linear de armação por 15, resultando em 6,66 estribos por metro linear. Como cada estribo mede 75 cm, multiplicamos 6,66 por 0,75, resultando em 5 metros de aço 4.2 mm para cada metro linear de concreto. Uma vez que o peso do metro linear é de 0,11 quilos, o peso do aço 4.2 mm é de 0,55 Kg/m linear. Já para o aço 5/16”, temos 6 metros lineares por metro linear de estrutura. Multiplicando 6 pelo peso unitário do metro (0,40 Kg), obtivemos o peso de 2,40 Kg/m linear de estrutura (pilar, viga e estaca).

A tela de aço 4.2 mm utilizada nas lajes e no contrapiso é proporcional às suas áreas. Cada metro quadrado de tal elemento pesa 1,50 kg. Já os tijolos foram calculados dividindo 1 metro quadrado de vedação pela metragem quadrada de uma peça de tijolo, adicionada à argamassa de junção entre elas.

Assim, chegou-se a quantidade de 68 unidade de tijolos e 47,25 quilos de argamassa por metro quadrado de vedação. A figura a seguir mostra os itens que foram considerados no desenvolvimento dos modelos.

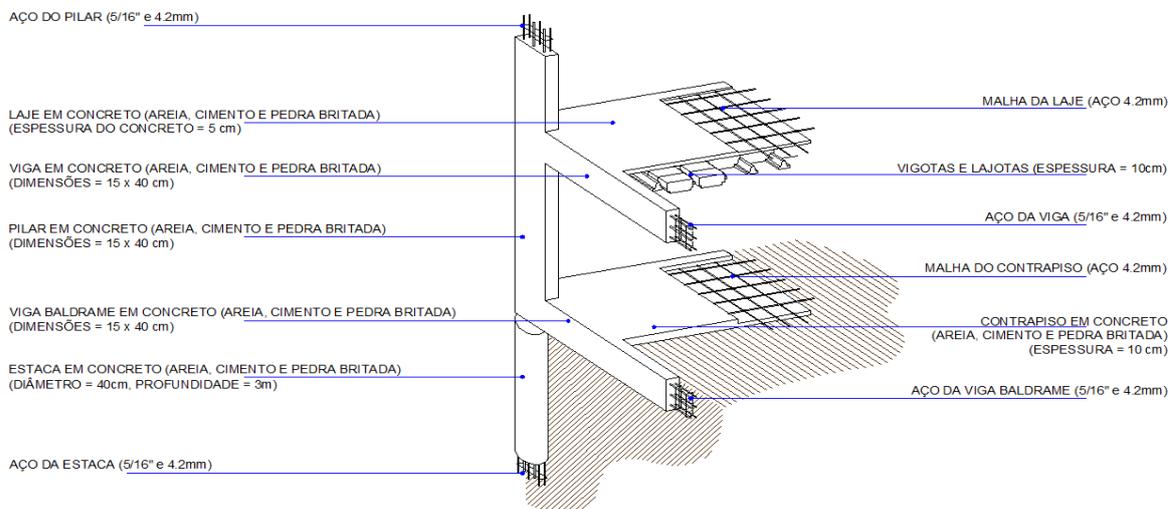


Figura 6.23: Elementos considerados no desenvolvimento dos modelos. Fonte: do autor.

A tabela a seguir mostra os cálculos relativos à obtenção da média dos custos dos materiais (Apêndice 4, em formato A3).

TABELA PARA ELABORAÇÃO DAS FÓRMULAS							
1 m³ DE CONCRETO (FUNDAÇÃO E ESTRUTURA)							
MATERIAL	QTDDE / m³	UNIDADE	CUSTO UNIT. (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$/m³)	VALOR TOTAL DE M³ DE CONCRETO; AREIA, CIMENTO E PEDRA BRITADA = R\$ 187,44	
Areia grossa	0,64	m³	42,45	27,17	187,44		
Cimento CP II-32	239	Kg	0,48	114,72			
Pedra Britada N° 1	0,55	m³	82,83	45,56			
AÇO REFERENTE A 1 m LINEAR DE CONCRETO (VIGAS E PILARES COM DIMENSÕES DE 15 X 40 cm)							
MATERIAL	QTDDE BARRAS	PESO (Kg/m)	PESO TOTAL (Kg/m)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (Kg/m)	VALOR AÇO (R\$/m)	
Aço 5/16"	6,00	0,40	2,40	R\$ 4,45	R\$ 10,68	R\$ 12,97 ÷ 2,95	
MATERIAL	QTDDE ESTRIBO/m	DIMENSÃO (m)	PESO (Kg/m)	PESO TOTAL(Kg/m)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$/m)	VALOR TOTAL DE AÇO POR METRO LINEAR DE CONCRETO = R\$ 4,40
Aço 4.2mm	6,66	0,75	0,11	0,55	R\$ 4,17	R\$ 2,29	
TOTAL				2,95	R\$ 4,40	R\$ 12,97	
1 m² DE CONTRAPISO (CONCRETO E TELA DE AÇO)							
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ESPESSURA (m)	VOLUME (m³)	VALOR UNIT. (R\$/m³)	VALOR UNIT. (R\$/m²)	
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	1,00	1,00	0,10	0,10	187,44	R\$ 18,74	
MATERIAL	LARGURA (m)	COMP. (m)	ÁREA (m²)	PESO (Kg/m²)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$/m²)
Tela de Aço 4.2mm (15 x 15 cm)	1,00	1,00	1,00	1,50	1,50	R\$ 5,52	R\$ 8,28
TOTAL CONTRAPISO / m²						R\$ 27,02	
1 m² DE LAJE (LAJOTA, VIGOTA, CONCRETO E TELA DE AÇO)							
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ÁREA (m²)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$/m²)		
Laje (Lajota e Vigota)		1,00	1,00	1,00	R\$ 36,21	R\$ 36,21	
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ESPESSURA (m)	VOLUME (m³)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$/m²)	
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	1,00	1,00	0,05	0,05	R\$ 178,00	R\$ 8,90	
MATERIAL	LARGURA (m)	COMP. (m)	ÁREA (m²)	PESO (Kg/m)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$/m²)
Tela de Aço 4.2mm (15 x 15 cm)	1,00	1,00	1,00	1,50	1,50	R\$ 5,52	R\$ 8,28
TOTAL LAJE / m²						R\$ 53,39	
1 m² DE VEDAÇÃO							
MATERIAL	COMP. (m)	LARGURA (m)	ÁREA DA PAREDE (m²)	ÁREA PEÇA C/ ARGAM. (m²)	QTDDE (un/m²)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$/m²)
Tijolo Cerâmico ( 5,7 X 19 X 9 cm)	1,00	1,00	1,00	0,0148	68,00	R\$ 0,19	R\$ 12,92
MATERIAL	ARGAMASSA (m²)	ESPESS. TIJOLO (m)	VOLUME (m³)	PESO (Kg/m²)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$/m²)
Argamassa	0,250	0,09	0,023	2.100,00	47,25	R\$ 0,45	R\$ 21,26
TOTAL VEDAÇÃO / m²						R\$ 34,18	

Tabela 6.5: Tabela de cálculos de preços médios para elaboração das fórmulas a serem desenvolvidas no DProfiler. Fonte: Tabela gerada pelo autor por meio do Microsoft Excel.

Esta tabela serviu como referência para todos os outros modelos desenvolvidos na pesquisa. A partir desta tabela, adicionamos os seguintes itens nos seguintes grupos:

Arquitetura Performativa – A Utilização do DProfiler para elaboração da Forma Arquitetônica

- **Massing (Volume)**
  - Vedação:
    - Tijolo
    - Argamassa
- **Slabs (Estrutura)**
  - Infraestrutura
    - Fundação
      - Concreto (areia, cimento e pedra britada)
      - Aço (Barras de aço 5/16” e 4.2mm)
    - Viga Baldrame
      - Concreto (areia, cimento e pedra britada)
      - Aço (Barras de aço 5/16” e 4.2mm)
    - Contrapiso
      - Concreto (areia, cimento e pedra britada)
      - Tela de aço 4.2m
  - Superestrutura
    - Pilares
      - Concreto (areia, cimento e pedra britada)
      - Aço (Barras de aço 5/16” e 4.2mm)
    - Vigas
      - Concreto (areia, cimento e pedra britada)
      - Aço (Barras de aço 5/16” e 4.2mm)
    - Lajes
      - Concreto (areia, cimento e pedra britada)
      - Tela de aço 4.2m

Cabe aqui um esclarecimento relativo à tradução do termo “*Slabs*”. Em português, ele significa “laje”, mas no software, o termo diz respeito a toda a estrutura do edifício, composta por lajes, vigas e pilares. Assim, itens relativos a pilares e vigas devem ser adicionados nesta categoria. O item “*Building*”, por sua vez, diz respeito a todos os elementos que não sejam estrutura, por exemplo, vedação, esquadrias, pintura, etc.

Após a adição dos itens, analisaremos a influência do nível de compacidade no custo do edifício. Segundo Mascaró (2006), o nível de compacidade varia de acordo com o formato do edifício. O sólido com maior compacidade é a esfera, depois o cilindro, o cubo, e as outras formas. Neste estudo, começamos analisando as respostas que o software fornece de acordo com o formato do edifício. Para todos os formatos, foi considerado o mesmo volume interno. Partimos, assim, para os seguintes sólidos:

- 1 – meia esfera, com raio de 5,45m;
- 2 – cilindro, com raio de 5,61 e altura de 3m;
- 3 – prisma de base quadrada 10 x 10m e altura de 3m;
- 4 – prisma de base poligonal ortogonal e altura de 3m;
- 5 – prisma de base poligonal não ortogonal e altura de 3m.

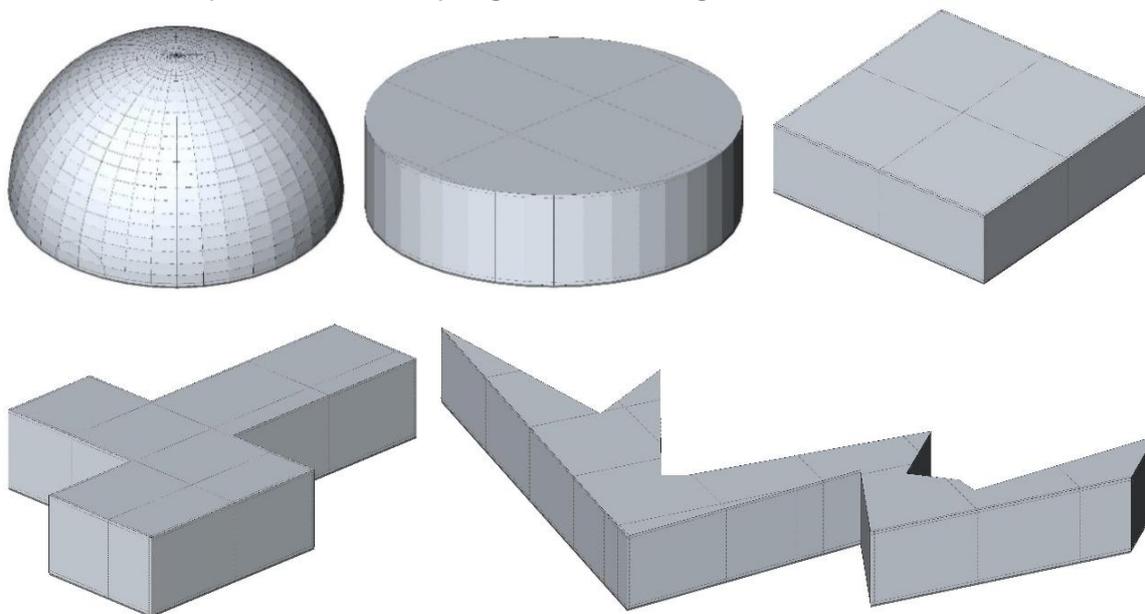


Figura 6.24: Imagem mostrando os sólidos desenvolvidos no DProfiler: Meia-esfera. Cilindro. Prisma de base quadrada. Prisma de base poligonal ortogonal. Prisma de base poligonal não ortogonal. *Fonte: Sólidos gerados pelo autor a partir do DProfiler.*

#### 6.4.2.1 Meia-esfera

Com raio igual a 5,25 m e pé direito igual a 5,05 m, por possuir uma área menor que os outros volumes, com altura igual ao raio da base, contando

com apenas 4 estacas, 4 pilares/vigas semicirculares, 1 pilar vertical central e uma viga baldrame de perímetro 32,97 m. Neste volume, não existe laje, apenas contrapiso de área igual a 86,54 m<sup>2</sup>. Após acrescentarmos itens de fundação, estrutura e vedação, os valores obtidos foram os que seguem abaixo.

Estimate Name: Cost Estimate

Estimate Number: EST - 030540



12/27/2013

Division	Description	Quantity	Unit	Unit Price	Cost	Cost / Area
<b>TODOS</b>	<b>TODOS</b>					
<b>MAT.</b>	<b>MATERIAL</b>					
0001.Concreto	Areia, Brita e Cimento	12.83	M2	R\$ 187.44	R\$ 2,403.99	R\$ 26.94
0002.Aco	Barras de Aco_ 5/16_4.2	155.30	KG	R\$ 4.40	R\$ 683.33	R\$ 7.66
0003.Laje	Laje Pre-moldada (Lajotas + Vigotas) vao ate 5 m	3.12	M2	R\$ 36.21	R\$ 113.08	R\$ 1.27
0005.Aco	Tela de aço CA-60 soldada tipo Q 92 tipo da malha quadrangular	133.84	KG	R\$ 5.52	R\$ 738.81	R\$ 8.28
04.004.000007.MAT	Argamassa pré-fabricada para assentamento de alvenaria	2,421.77	KG	R\$ 0.45	R\$ 1,089.80	R\$ 12.21
05.004.000006.MAT	Tijolo cerâmico (altura: 57 mm / comprimento: 190 mm)	11,315.91	UN	R\$ 0.19	R\$ 2,150.02	R\$ 24.10
Total - MATERIAL					R\$ 7,179.03	R\$ 80.46
<b>Total - TODOS</b>					<b>R\$ 7,179.03</b>	<b>R\$ 80.46</b>
<b>Subtotal Direct Cost</b>					<b>R\$ 7,179.03</b>	<b>R\$ 80.46</b>

Tabela 6.6: Custos da meia-esfera. Fonte: Tabela gerada pelo autor a partir do DProfiler.

### 6.4.2.2 Cilindro

Possui raio de 5,64 m, área de 100 m<sup>2</sup> e pé direito de 2,80 m. Partindo da característica da laje utilizada, que vence vãos de até 5m, foram locados 6 pilares externos e 2 internos. Assim, temos 8 pilares, 8 estacas, viga superior e baldrame circular de 35,41 m de circunferência, laje e contrapiso de 100 m<sup>2</sup>.

Estimate Name: Cost Estimate

Estimate Number: EST - 030540



12/27/2013

Division	Description	Quantity	Unit	Unit Price	Cost	Cost / Area
<b>TODOS</b>	<b>TODOS</b>					
<b>MAT.</b>	<b>MATERIAL</b>					
0001.Concreto	Areia, Brita e Cimento	24.80	M2	R\$ 187.44	R\$ 4,648.88	R\$ 0.00
0002.Aco	Barras de Aco_ 5/16_4.2	414.65	KG	R\$ 4.40	R\$ 1,824.47	R\$ 0.00
0003.Laje	Laje Pre-moldada (Lajotas + Vigotas) vao ate 5 m	99.52	M2	R\$ 36.21	R\$ 3,603.70	R\$ 0.00
0005.Aco	Tela de aço CA-60 soldada tipo Q 92 tipo da malha quadrangular	298.57	KG	R\$ 5.52	R\$ 1,648.09	R\$ 0.00
04.004.000007.MAT	Argamassa pré-fabricada para assentamento de alvenaria	1,442.52	KG	R\$ 0.45	R\$ 649.14	R\$ 0.00
05.004.000006.MAT	Tijolo cerâmico (altura: 57 mm / comprimento: 190 mm)	6,740.30	UN	R\$ 0.19	R\$ 1,280.66	R\$ 0.00
Total - MATERIAL					R\$ 13,654.93	R\$ 0.00
<b>Total - TODOS</b>					<b>R\$ 13,654.93</b>	<b>R\$ 0.00</b>
<b>Subtotal Direct Cost</b>					<b>R\$ 13,654.93</b>	<b>R\$ 0.00</b>

Tabela 6.7: Custos do cilindro. Fonte: Tabela gerada pelo autor a partir do DProfiler.

### 6.4.2.3 Sólido de base quadrada

Este sólido possui lado igual a 10 m, totalizando uma área de laje e contrapiso de 100 m<sup>2</sup>, pé direito de 2,80 m e volume de 280 m<sup>3</sup>. Foram locados 8 pilares externos e um interno centralizado. Seis vigas superiores e seis vigas baldrames com 10 m de comprimento cada, totalizando 60 m de viga baldrame e 60 m de viga superior. A fundação possui ainda 9 estacas.

Estimate Name: Cost Estimate

Estimate Number: EST - 030540



12/9/2013

Division	Description	Quantity	Unit	Unit Price	Cost	Cost / Area
<b>TODOS</b>	<b>TODOS</b>					
<b>MAT.</b>	<b>MATERIAL</b>					
0001.Concreto	Areia, Brita e Cimento	26.95	M2	R\$ 178.00	R\$ 4,797.46	R\$ 47.97
0002.Aco	Barras de Aco _ 5/16 _4.2	807.99	KG	R\$ 4.22	R\$ 3,409.72	R\$ 34.10
0003.Laje	Laje Pre-moldada (Lajotas + Vigotas) vao ate 5 m	100.00	M2	R\$ 36.21	R\$ 3,621.00	R\$ 36.21
04.004.000007.MAT	Argamassa pré-fabricada para assentamento de alvenaria	1,629.94	KG	R\$ 0.45	R\$ 733.47	R\$ 7.33
05.004.000006.MAT	Tijolo cerâmico (altura: 57 mm / comprimento: 190 mm)	7,616.00	UN	R\$ 0.19	R\$ 1,447.04	R\$ 14.47
Total - MATERIAL					R\$ 14,008.68	R\$ 140.09
<b>Total - TODOS</b>					<b>R\$ 14,008.68</b>	<b>R\$ 140.09</b>
<b>Subtotal Direct Cost</b>					<b>R\$ 14,008.68</b>	<b>R\$ 140.09</b>

Tabela 6.8: Custos do sólido de base quadrada. Fonte: Tabela gerada a partir do DProfiler.

### 6.4.2.4 Sólido de base ortogonal

Com base inserida dentro de um retângulo de 11 x 17 m, possui contrapiso e laje de 100 m<sup>2</sup>, 17 pilares, 17 estacas, vigas superiores e baldrames de 85 metros lineares. O pé direito é de 2,80 m e volume interno igual a 280 m<sup>3</sup>.

Estimate Name: Cost Estimate  
Estimate Number: EST - 030540



12/27/2013

Division	Description	Quantity	Unit	Unit Price	Cost	Cost / Area
<b>TODOS</b>	<b>TODOS</b>					
<b>MAT.</b>	<b>MATERIAL</b>					
0001.Concreto	Areia, Brita e Cimento	34.18	M2	R\$ 187.44	R\$ 6,405.95	R\$ 0.00
0002.Aco	Barras de Aço _ 5/16 _4.2	792.37	KG	R\$ 4.40	R\$ 3,486.43	R\$ 0.00
0003.Laje	Laje Pre-moldada (Lajotas + Vigotas) vao ate 5 m	100.00	M2	R\$ 36.21	R\$ 3,621.00	R\$ 0.00
0005.Aco	Tela de aço CA-60 soldada tipo Q 92 tipo da malha quadrangular	300.00	KG	R\$ 5.52	R\$ 1,656.00	R\$ 0.00
04.004.000007.MAT	Argamassa pré-fabricada para assentamento de alvenaria	2,281.91	KG	R\$ 0.45	R\$ 1,026.86	R\$ 0.00
05.004.000006.MAT	Tijolo cerâmico (altura: 57 mm / comprimento: 190 mm)	10,662.40	UN	R\$ 0.19	R\$ 2,025.86	R\$ 0.00
Total - MATERIAL					R\$ 18,222.09	R\$ 0.00
<b>Total - TODOS</b>					<b>R\$ 18,222.09</b>	<b>R\$ 0.00</b>
<b>Subtotal Direct Cost</b>					<b>R\$ 18,222.09</b>	<b>R\$ 0.00</b>

Tabela 6.9: Custos do sólido de base ortogonal. Fonte: Tabela gerada a partir do DProfiler.

#### 6.4.2.5 Sólido de base não ortogonal

Elaborado a partir de angulação aleatória, possui base inserida dentro de um retângulo de 20,8 x 21,4 m, possui contrapiso e laje de 100 m<sup>2</sup>, 17 pilares, 17 estacas, vigas superiores e baldrames de 94 metros lineares. O pé direito é de 2,80 m e volume interno igual a 280 m<sup>3</sup>.

Estimate Name: Cost Estimate  
Estimate Number: EST - 030540



12/27/2013

Division	Description	Quantity	Unit	Unit Price	Cost	Cost / Area
<b>TODOS</b>	<b>TODOS</b>					
<b>MAT.</b>	<b>MATERIAL</b>					
0001.Concreto	Areia, Brita e Cimento	31.81	M2	R\$ 187.44	R\$ 5,962.52	R\$ 0.00
0002.Aco	Barras de Aço _ 5/16 _4.2	700.69	KG	R\$ 4.40	R\$ 3,083.05	R\$ 0.00
0003.Laje	Laje Pre-moldada (Lajotas + Vigotas) vao ate 5 m	100.26	M2	R\$ 36.21	R\$ 3,630.39	R\$ 0.00
0005.Aco	Tela de aço CA-60 soldada tipo Q 92 tipo da malha quadrangular	300.78	KG	R\$ 5.52	R\$ 1,660.29	R\$ 0.00
04.004.000007.MAT	Argamassa pré-fabricada para assentamento de alvenaria	3,800.56	KG	R\$ 0.45	R\$ 1,710.25	R\$ 0.00
05.004.000006.MAT	Tijolo cerâmico (altura: 57 mm / comprimento: 190 mm)	17,758.41	UN	R\$ 0.19	R\$ 3,374.10	R\$ 0.00
Total - MATERIAL					R\$ 19,420.60	R\$ 0.00
<b>Total - TODOS</b>					<b>R\$ 19,420.60</b>	<b>R\$ 0.00</b>
<b>Subtotal Direct Cost</b>					<b>R\$ 19,420.60</b>	<b>R\$ 0.00</b>

Tabela 6.10: Custos do sólido de base ortogonal. Fonte: Tabela gerada a partir do DProfiler.

Após a elaboração dos cinco sólidos e tendo em vista a relação do coeficiente de compacidade citado por Mascaró, podemos comprovar esta relação direta entre formato do edifício e custos da execução. O gráfico abaixo demonstra o aumento do valor da obra em razão da diminuição do índice de compacidade.

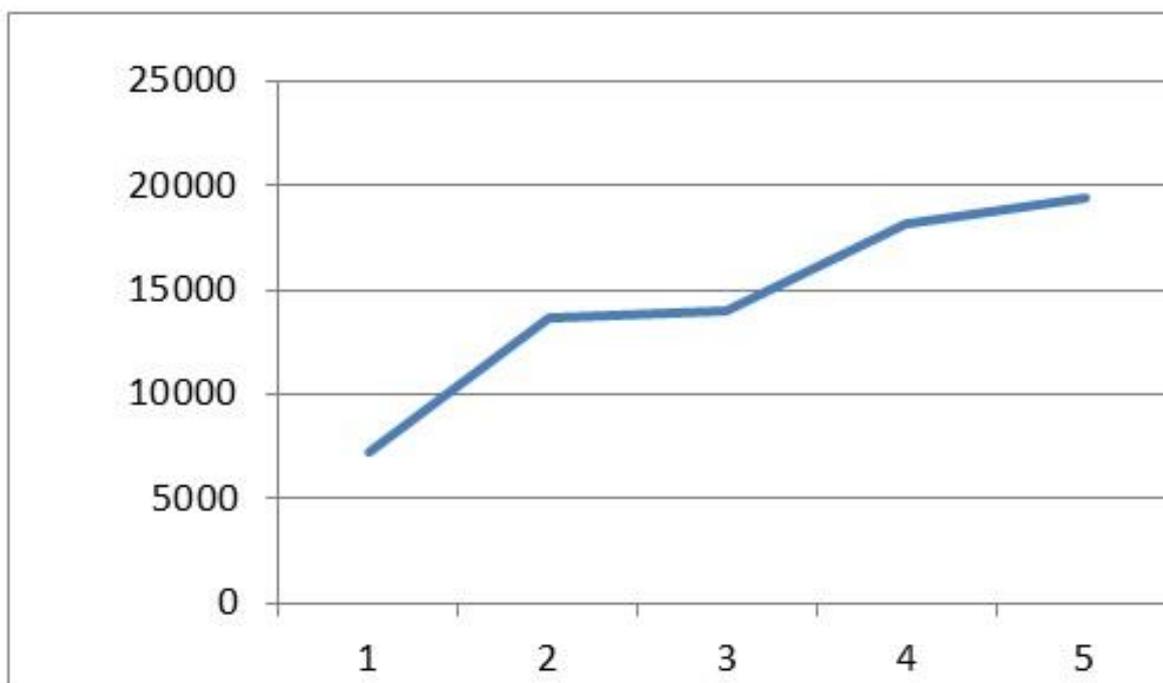


Gráfico 6.1: Padrão de modificação nos custos da fundação do edifício, de acordo com a diminuição do índice de compacidade. *Fonte: Gráfico gerado pelo autor por meio do Microsoft Excel.*

Cabe aqui mencionar o fato de que quanto mais complexo for o sólido, o custo se torna mais alto não somente devido ao aumento da vedação ou vigas e pilares, mas também pela necessidade de mão-de-obra mais qualificada, portanto, mais cara. Outra consideração diz respeito ao tipo de estrutura utilizada. Quanto maior o vão, maior a necessidade do aumento do número de pilares ou caso se deseje um vão com menor interferência da estrutura, será necessário o redimensionamento de pilares e vigas, que mais robustas influenciarão diretamente no custo da estrutura.

Até aqui, podemos notar que o software atende bem ao dimensionamento dos custos referentes à fundação, estrutura e vedação e comprovou o que Mascaró postula sobre a influência da compacidade do edifício no seu custo final. O que o software ainda traz como auxílio ao projeto, que não

utilizaremos aqui devido ao tempo para apropriação do conhecimento referente às ferramentas, é a locação automática de pilares e redimensionamento de vigas, quando o vão sofre aumento ou quando os pavimentos são multiplicados. Assim, as fórmulas podem ser dotadas de informações que facilitem o processo de cálculo estrutural, a partir de princípios definidos previamente. As variáveis “if” (se) e “vírgula” (então) podem ser utilizadas no começo e no meio das fórmulas que dependem de outros valores e fatores. Assim, a fundação de um edifício pode ser dimensionada a partir da quantidade de pavimentos. Por exemplo, se o edifício for de até quatro pavimentos, a fórmula informa que as estacas terão determinada seção e profundidade. Se o número de pavimentos for maior que quatro, a profundidade e seção das estacas são automaticamente alteradas.

Esse tipo de variável pode ser utilizada também quando a área de determinado espaço é aumentada. Neste caso, a fórmula para as estruturas pode informar que a quantidade de pilares continua a mesma, mas deverão sofrer aumento em sua seção e a laje será redimensionada.

### 6.4.3 Modelo 3: Influência das dimensões no custo da construção

Para o teste de como a estimativa de custos varia de acordo com o aumento ou diminuição do volume da construção, foi utilizado o sólido de base quadrada do Modelo 2, com lados igual a dez metros e altura igual a três metros. Neste modelo, a laje possui espessura de 15 cm e o contrapiso 10 cm. Assim, o pé direito da edificação é de 2,75 metros. A tabela abaixo (6.13) mostra os valores obtidos referentes à fundação, estrutura e vedação (Apêndice 5, em formato A3).

TABELA DE CUSTOS (FUNDAÇÃO, ESTRUTURA E VEDAÇÃO)								
FUNDAÇÃO (ESTACAS) - SEÇÃO: $0,36 \times 0,36 \times 3,14 = 0,40 \text{ m}^2$								
MATERIAL	QTDDE ESTACAS (un)	PROFUNDIDADE (m)	SECAO (m <sup>2</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)		
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	9,00	3,00	0,12	3,24	R\$ 187,44	R\$ 607,31		
MATERIAL	QTDDE ESTACAS (un)	PROFUNDIDADE (m)	TOTAL (m)	PESO (Kg/m)	PESO TOTAL (Kg/m)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	
Aço (5/16" - 4.2mm)	9,00	3,00	27,00	2,95	79,65	R\$ 4,40	R\$ 350,46	
FUNDAÇÃO (VIGA BALDRAME) - SEÇÃO: $0,15 \times 0,40 = 0,06 \text{ m}^2$								
MATERIAL	MALHA (QTDDE)	DIMENSÃO (m)	SECAO (m <sup>2</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)		
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	6,00	10,00	0,06	3,60	R\$ 187,44	R\$ 674,78		
MATERIAL	MALHA (QTDDE)	DIMENSÃO (m)	QTDDE (m)	PESO (Kg/m)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	
Aço (5/16" - 4.2mm)	6,00	10,00	60,00	2,95	177,00	R\$ 4,40	R\$ 778,80	
CONTRAPISO - L x C x E								
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ESPESSURA (m)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)		
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	10,00	10,00	0,10	10,00	R\$ 187,44	R\$ 1.874,40		
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	PESO (Kg/m)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	
Aço (5/16" - 4.2mm)	10,00	10,00	100,00	1,50	150,00	R\$ 5,52	R\$ 828,00	
					TOTAL DA FUNDAÇÃO	R\$ 5.113,75		
ESTRUTURA (PILARES) - SEÇÃO: $0,15 \times 0,40 = 0,06 \text{ m}^2$								
MATERIAL	QTDDE PILARES (un)	ALTURA (m)	SECAO (m <sup>2</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)		
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	9,00	2,80	0,06	1,51	R\$ 187,44	R\$ 283,41		
MATERIAL	QTDDE PILARES (un)	ALTURA (m)	QTDDE (m)	PESO (Kg/m)	PESO TOTAL (Kg/m)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	
Aço (5/16" - 4.2mm)	9,00	2,80	25,20	2,95	74,34	R\$ 4,40	R\$ 327,10	
ESTRUTURA (VIGA) - SEÇÃO: $0,15 \times 0,04 = 0,06 \text{ m}^2$								
MATERIAL	MALHA (QTDDE)	DIMENSÃO (m)	SECAO (m <sup>2</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)		
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	6,00	10,00	0,06	3,60	R\$ 187,44	R\$ 674,78		
MATERIAL	MALHA (QTDDE)	DIMENSÃO (m)	QTDDE (m)	PESO (Kg/m)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	
Aço (5/16" - 4.2mm)	6,00	10,00	60,00	2,95	177,00	R\$ 4,40	R\$ 778,80	
LAJE - L x C x E								
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)			
Laje (Lajota e Vigota)	10,00	10,00	100,00	R\$ 36,21	R\$ 3.621,00			
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ESPESSURA (m)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)		
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	10,00	10,00	0,05	5,00	R\$ 187,44	R\$ 937,20		
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	PESO (Kg/m)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	
Aço (5/16" - 4.2mm)	10,00	10,00	100,00	1,50	150,00	R\$ 5,52	R\$ 828,00	
					TOTAL DA ESTRUTURA	R\$ 7.450,29		
VEDAÇÃO (TIJOLOS) - ÁREA: PERÍMETRO X ALTURA								
MATERIAL	LADO	QTDDE LADOS	ALTURA PAREDE	QTDDE (m <sup>2</sup> )	QTDDE (un/m <sup>2</sup> )	TOTAL (un)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
TIJOLO CERÂMICO (5,7 X 19 X 9 cm)	10,00	4,00	2,80	112,00	68,00	7.616,00	R\$ 0,19	R\$ 1.447,04
VEDAÇÃO (ARGAMASSA)								
MATERIAL	AREA DA PAREDE (m <sup>2</sup> )	ARGAMASSA / m <sup>2</sup>	ESPESSURA (m)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	PESO (Kg/m <sup>3</sup> )	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
ARGAMASSA	112,00	0,077	0,09	0,78	2.100,00	1.629,94	R\$ 0,45	R\$ 733,47
							TOTAL VEDAÇÃO	R\$ 2.180,51
							TOTAL	R\$ 14.754,52

Tabela 6.11: Tabela com valores de fundação, estrutura e fundação para o sólido de base 10 x 10 metros e pé-direito de 2,75 metros. Fonte: Tabela gerada pelo autor por meio do Microsoft Excel.

A malha (*grid line*) é criada da seguinte maneira: primeiro, seleciona-se *grid line* na barra de comando. Automaticamente, o edifício será dotado de cota frontal, lateral e vertical. Ao clicar em “modificar dimensão”, e clicar com botão esquerdo nas dimensões, a malha é criada a partir de valores específicos, que definem pilares, vigas e lajes. A malha, entretanto, não define pilares nas extremidades; sendo necessário acrescentar uma projeção de pilar nas duas dimensões horizontais, neste caso, utilizamos “< 0.10” e “> 0.10”. A dimensão restante foi dividida em duas partes, utilizando “/2”. Isso aconteceu nas duas dimensões horizontais. Já na dimensão vertical, utilizamos “< 0.10” para definir contrapiso de espessura 10 centímetros e “> 0.15” para definir laje de cobertura de espessura igual a 10 centímetros. O pé direito resultante foi de 2,75 metros

A partir destes dados, temos uma massa com fundação, estrutura e vedação com área de 100,00 m<sup>2</sup> e volume igual a 275,00 m<sup>3</sup>, com material orçado em R\$ 14.754,52. Este é o volume que iremos considerar para as modificações posteriores. Esta tabela serviu como referência para adição de custos no DProfiler e obtivemos os mesmos valores, tanto parciais quanto totais, após a modificação no banco de dados. O que se pretende analisar é a influência da forma no custo final destes elementos. Assim, analisaremos modificações de massa, forma e volume.

O DProfiler permite a visualização instantânea das alterações feitas no edifício através da divisão da área de trabalho em até quatro partes. Para o desenvolvimento das alterações deste modelo, dividimos a tela em duas partes; assim, podíamos visualizar o resultado das alterações feitas no edifício na visualização de tabelas. A partir destas informações, eram geradas as tabelas no Microsoft Excel. As imagens seguintes mostram uma sequência de alterações que demonstram a alteração imediata na visualização de custos.

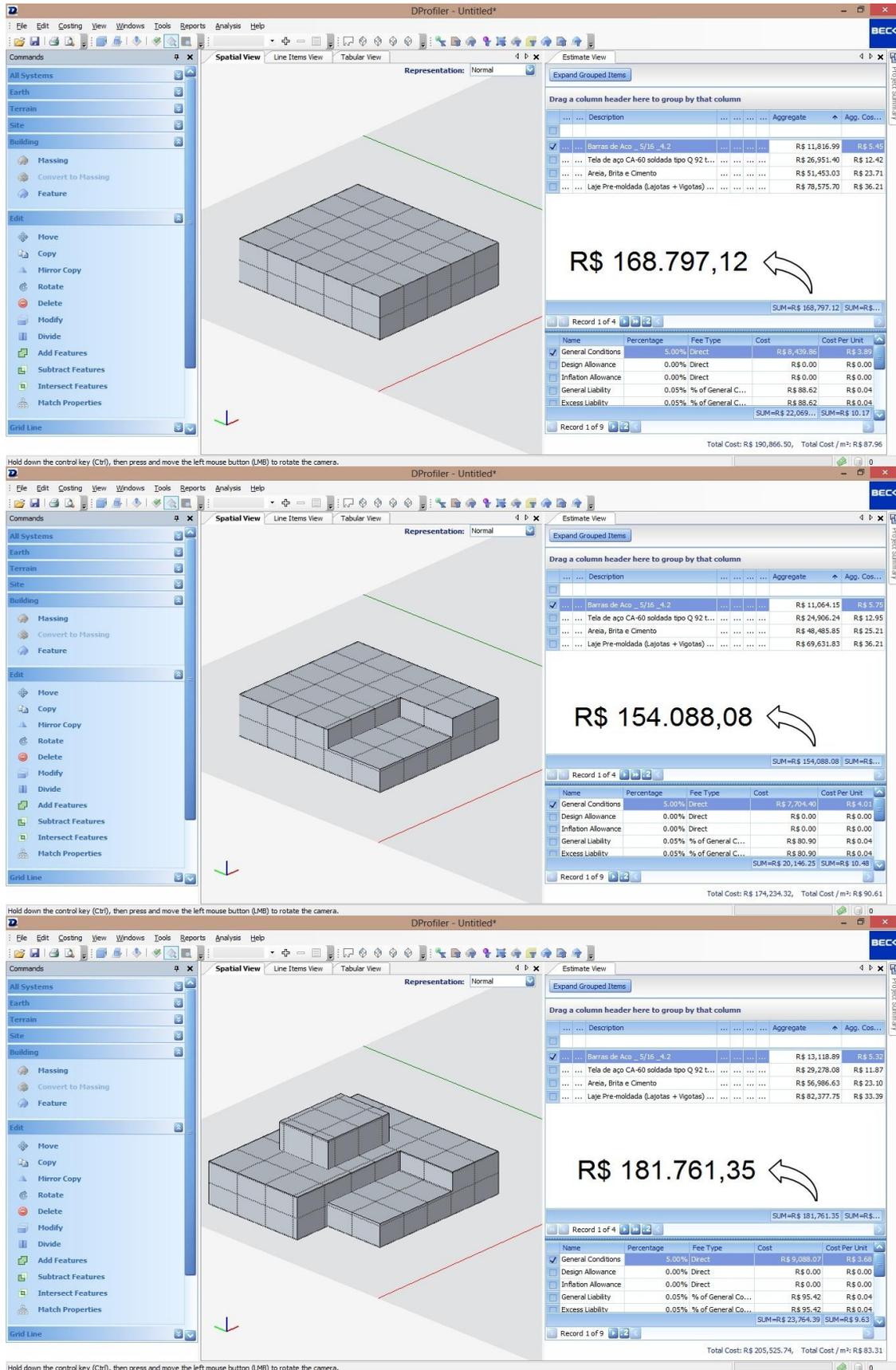


Figura 6.25: Modificações na visualização espacial implica em modificações instantâneas na visualização de estimativas de custos. Fonte: do autor.

### 6.4.3.1 Modificação na área do edifício

A partir do edifício de base 10 x 10 m e pé-direito de 2,75 m, começamos a editá-lo no DProfiler tendo em vista aumentos parciais e sequenciais em sua área. Assim, consideramos o valor inicial 100 m<sup>2</sup> de área e fomos aumentando este valor em porcentagens de dez em dez. Para a primeira edição, consideramos a modificação para área igual a 110 m<sup>2</sup>, que após extração da raiz quadrada, obtivemos o número que deveria ser utilizado para aumento das laterais do edifício:  $[X = (\sqrt{110}) - 10] \rightarrow [X = 10,48 - 10] \rightarrow [X = 0,48]$ . As figuras abaixo mostram o sólido inicial e dois sólidos com áreas modificadas.

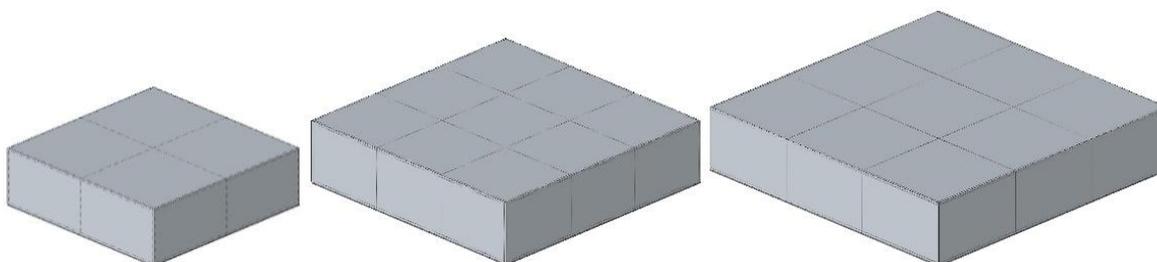


Figura 6.26: Aumento nas dimensões do sólido de base de 100 m<sup>2</sup> até atingir 200 m<sup>2</sup> - aumento de 100%. Fonte: Sólidos gerados a partir do DProfiler.

Da edição do sólido inicial até a duplicação de sua área, obtivemos os valores que seguem na tabela abaixo.

ITENS	INICIAL	AUMENTO NA ÁREA			
		10%	20%	30%	40%
VOLUME (m <sup>3</sup> )	275,00	302,50	330,00	357,50	385,00
ÁREA (m <sup>2</sup> )	100,00	110,00	120,00	130,00	140,00
DIMENSÃO (m x m)	10 x 10	10,49 x 10,49	10,95 x 10,95	11,40 x 11,40	11,83 x 11,83
VALOR FUNDAÇÃO	R\$ 5.113,75	R\$ 6.709,50	R\$ 7.065,17	R\$ 7.424,18	R\$ 7.777,46
VALOR ESTRUTURA	R\$ 7.452,47	R\$ 9.049,28	R\$ 9.669,64	R\$ 10.298,57	R\$ 10.919,93
VALOR VEDAÇÃO	R\$ 2.188,30	R\$ 2.295,53	R\$ 2.396,19	R\$ 2.494,66	R\$ 2.588,76
VALOR TOTAL	<b>R\$ 14.754,52</b>	<b>R\$ 18.054,31</b>	<b>R\$ 19.131,00</b>	<b>R\$ 20.217,41</b>	<b>R\$ 21.286,15</b>
PORCENTAGEM	100,00%	122,36%	129,66%	137,03%	144,27%

AUMENTO NA ÁREA					
50%	60%	70%	80%	90%	100%
412,50	440,00	467,50	495,00	522,50	550,00
150,00	160,00	170,00	180,00	190,00	200,00
12,25 x 12,25	12,65 x 12,65	13,04 x 13,04	13,42 x 13,42	13,78 x 13,78	14,14 x 14,14
R\$ 8.132,17	R\$ 8.478,85	R\$ 8.825,20	R\$ 9.170,57	R\$ 9.504,96	R\$ 9.846,35
R\$ 11.546,07	R\$ 12.160,06	R\$ 12.775,30	R\$ 13.390,52	R\$ 13.987,71	R\$ 14.598,86
R\$ 2.680,67	R\$ 2.768,20	R\$ 2.853,54	R\$ 2.936,70	R\$ 3.015,48	R\$ 3.094,25
<b>R\$ 22.358,91</b>	<b>R\$ 23.407,11</b>	<b>R\$ 24.454,04</b>	<b>R\$ 25.497,79</b>	<b>R\$ 26.508,15</b>	<b>R\$ 27.539,46</b>
151,54%	158,64%	165,74%	172,81%	179,66%	186,65%

Tabela 6.12: Modificação no custo de acordo com alterações na área do edifício. Fonte: Tabela gerada pelo autor por meio do Microsoft Excel.

Analisando os valores referentes aos edifícios modificados, notamos que na primeira modificação, devido ao fato de que agora a laje utilizada vence vãos de até 5m, houve o acréscimo de 1 pilar em cada lateral e 3 pilares em seu interior, totalizando um acréscimo de 7 pilares e, conseqüentemente, 7 estacas. Assim, a fundação e a estrutura sofreram aumento de custo mais significativo na primeira alteração, e nas seguintes mantiveram o mesmo padrão de aumento. Estes padrões de aumento nos custos da fundação, estrutura, vedação e custo total, a partir da modificação da área, estão representados nos gráficos abaixo.

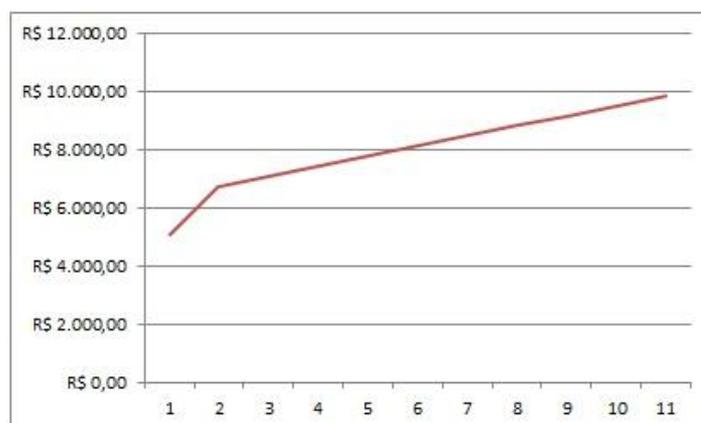


Gráfico 6.2 Padrão de modificação nos custos da fundação do edifício, de acordo com aumento da área. Fonte: Gráfico gerado pelo autor por meio do Microsoft Excel.

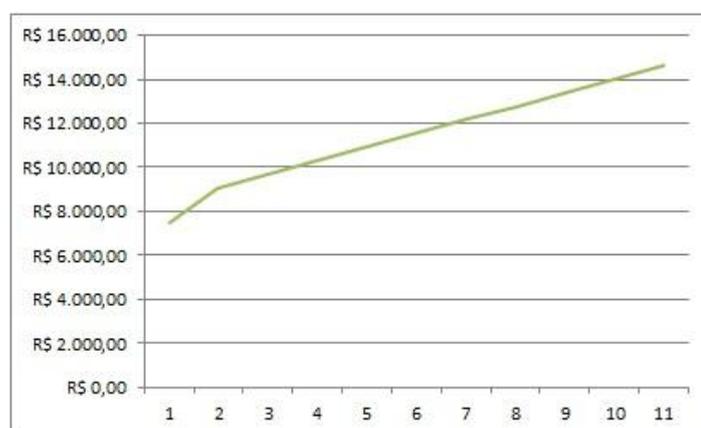


Gráfico 6.3: Padrão de modificação nos custos da estrutura do edifício, de acordo com aumento da área. Fonte: Gráfico gerado pelo autor por meio do Microsoft Excel.

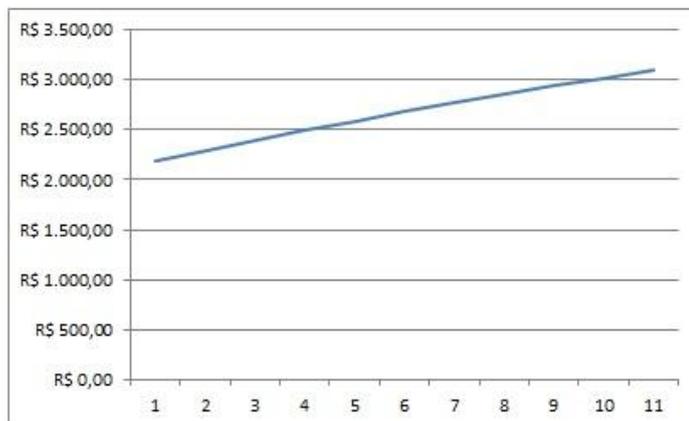


Gráfico 6.4: Padrão de modificação nos custos da vedação do edifício, de acordo com aumento da área. *Fonte: Gráfico gerado pelo autor por meio do Microsoft Excel.*

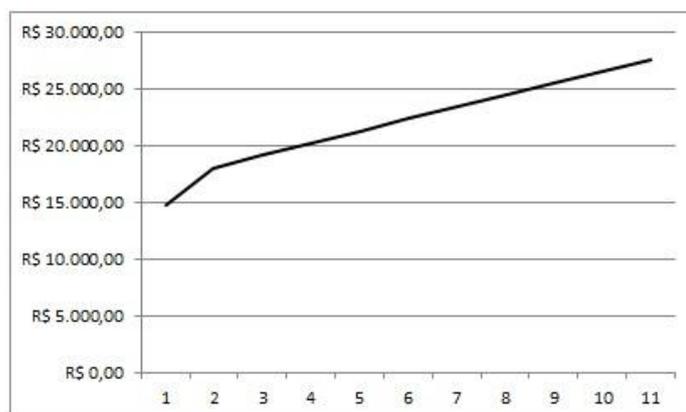


Gráfico 6.5: Padrão de modificação no custo total de fundação, estrutura e vedação do edifício, de acordo com aumento da área. *Fonte: Gráfico gerado pelo autor por meio do Microsoft Excel.*

### 6.4.3.2 Modificação no pé-direito do edifício

Ainda partindo do edifício de base 10 x 10 m e pé-direito de 2,75 m, começamos a editá-lo no DProfiler tendo em vista aumentos parciais e sequenciais em seu pé-direito, conseqüentemente, em sua altura. Assim, consideramos o valor inicial 2,75 m de pé-direito e fomos aumentando este valor em porcentagens de dez em dez, a cada modificação, considerando então um aumento de 27,5 cm.  $[X = 2,75 / 10] \rightarrow [X = 0,275 \text{ m}]$ . As figuras abaixo mostram o sólido inicial e os dois sólidos resultantes com pé-direito modificado.

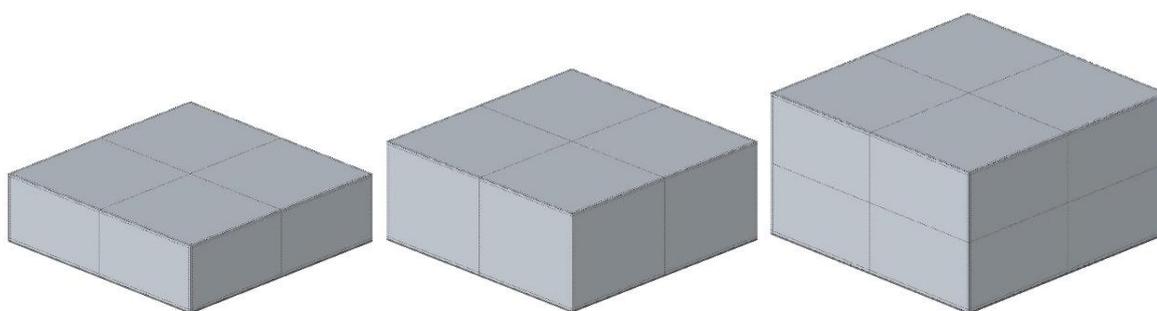


Figura 6.27: Aumento no pé-direito do sólido de 2,75 metros até atingir 5,50 metros - aumento no pé-direito de 100%. Fonte: Sólidos gerados pelo autor a partir do DProfiler.

A partir da edição do sólido inicial até a duplicação do seu pé-direito, obtivemos os valores que se seguem na tabela abaixo.

ITENS	INICIAL	AUMENTO NO PÉ-DIREITO				
		10%	20%	30%	40%	50%
VOLUME (m <sup>3</sup> )	275,00	302,50	330,00	357,50	385,00	412,50
PÉ-DIREITO (m)	2,75	3,03	3,30	3,58	3,85	4,13
VALOR FUNDAÇÃO	R\$ 5.113,75	R\$ 5.113,75	R\$ 5.113,75	R\$ 5.113,75	R\$ 5.113,75	R\$ 5.113,75
VALOR ESTRUTURA	R\$ 7.452,47	R\$ 7.512,43	R\$ 7.572,39	R\$ 7.643,25	R\$ 7.692,31	R\$ 7.752,27
VALOR VEDAÇÃO	R\$ 2.188,30	R\$ 2.402,46	R\$ 2.616,61	R\$ 2.869,71	R\$ 3.044,93	R\$ 3.259,09
VALOR TOTAL	<b>R\$ 14.754,52</b>	<b>R\$ 15.028,64</b>	<b>R\$ 15.302,75</b>	<b>R\$ 15.626,71</b>	<b>R\$ 15.850,99</b>	<b>R\$ 16.125,11</b>
PORCENTAGEM	100,00%	101,86%	103,72%	105,91%	107,43%	109,29%

AUMENTO NO PÉ-DIREITO						
50%	60%	70%	80%	90%	100%	100% + 1 LAJE
412,50	440,00	467,50	495,00	522,50	550,00	550,00
4,13	4,40	4,68	4,95	5,23	5,50	5,50
R\$ 5.113,75	R\$ 5.113,75	R\$ 5.113,75	R\$ 5.113,75	R\$ 5.113,75	R\$ 5.113,75	R\$ 5.113,75
R\$ 7.752,27	R\$ 7.812,23	R\$ 7.872,19	R\$ 7.932,15	R\$ 7.992,11	R\$ 9.479,49	R\$ 14.863,82
R\$ 3.259,09	R\$ 3.473,24	R\$ 3.687,40	R\$ 3.901,56	R\$ 4.115,71	R\$ 4.329,87	R\$ 4.329,87
<b>R\$ 16.125,11</b>	<b>R\$ 16.399,22</b>	<b>R\$ 16.673,34</b>	<b>R\$ 16.947,46</b>	<b>R\$ 17.221,57</b>	<b>R\$ 18.923,11</b>	<b>R\$ 24.307,44</b>
109,29%	111,15%	113,00%	114,86%	116,72%	128,25%	164,75%

Tabela 6.13: Modificação no custo de acordo com alterações no pé-direito do edifício. Fonte:

Tabela gerada pelo autor por meio do Microsoft Excel.

Analisando os valores referentes aos edifícios modificados, notamos que todos os itens sofreram o mesmo padrão de modificação, resultando num acréscimo de 1,86 % no custo total a cada modificação. O último item, devido à duplicação do pé-direito, foi editado de forma a visualizarmos a influência no custo quando acrescentamos outro pavimento, ou seja, aumento de uma laje e, conseqüentemente, aumento de vigas. Assim, a última alteração resultou na modificação mais significativa de estrutura. O valor da fundação continuou o mesmo e o valor de vedação sofreu redução de 5%. Estes padrões de aumento nos custos da estrutura, vedação e custo total estão representados nos gráficos abaixo. Os gastos com fundação permaneceram inalterados.

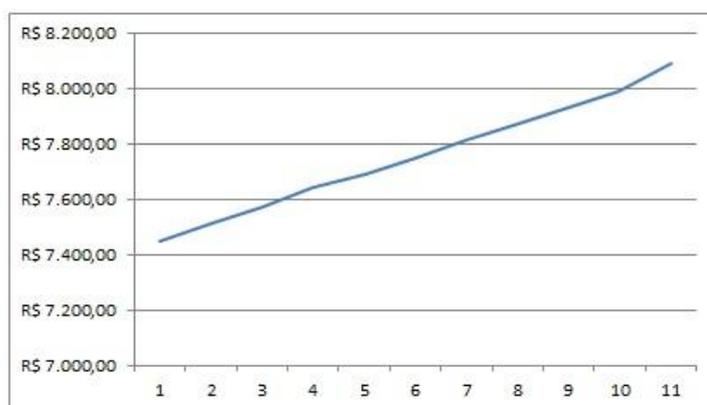


Gráfico 6.6: Modificação nos custos da estrutura do edifício, de acordo com aumento do pé-direito.

Fonte: Gráfico gerado pelo autor por meio do Microsoft Excel.

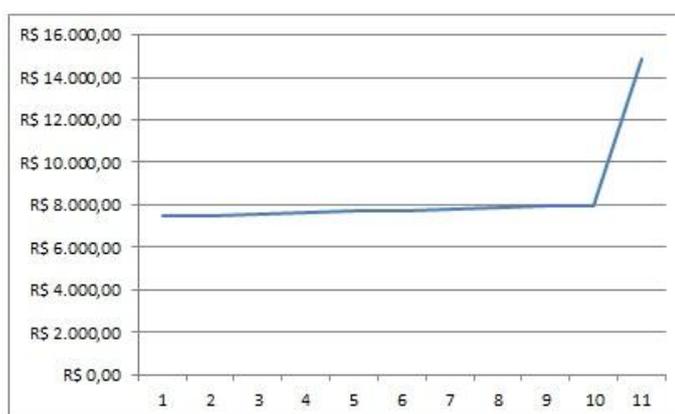


Gráfico 6.7: Modificação nos custos da estrutura do edifício, de acordo com aumento do pé-direito e adição de uma laje. Fonte: Gráfico gerado pelo autor por meio do Microsoft Excel.

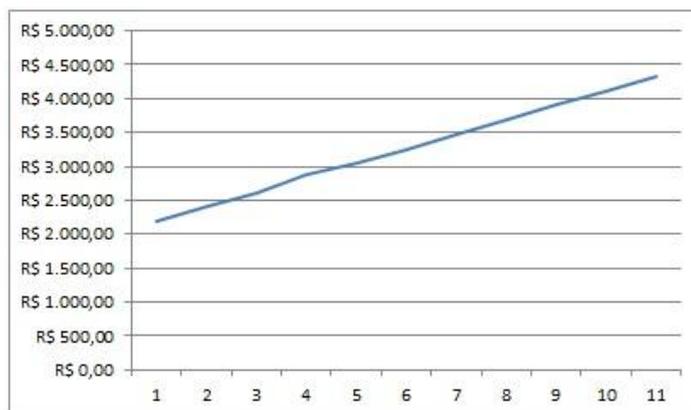


Gráfico 6.8: Modificação nos custos da vedação do edifício, de acordo com aumento do pé-direito.

Fonte: Gráfico gerado pelo autor por meio do Microsoft Excel.

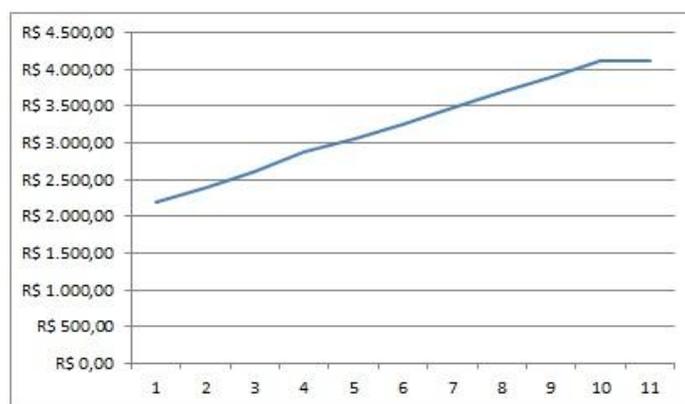


Gráfico 6.9: Modificação nos custos da vedação do edifício, de acordo com aumento do pé-direito e adição de uma laje. Fonte: Gráfico gerado pelo autor por meio do Microsoft Excel.

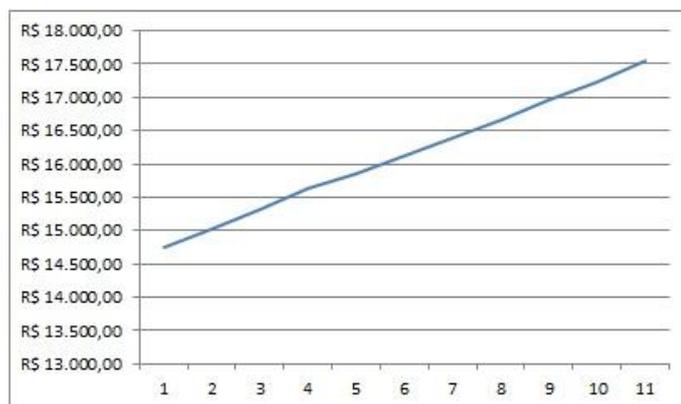


Gráfico 6.10: Modificação no custo total de fundação, estrutura e vedação do edifício, de acordo com aumento do pé-direito. Fonte: Gráfico gerado pelo autor por meio do Microsoft Excel.

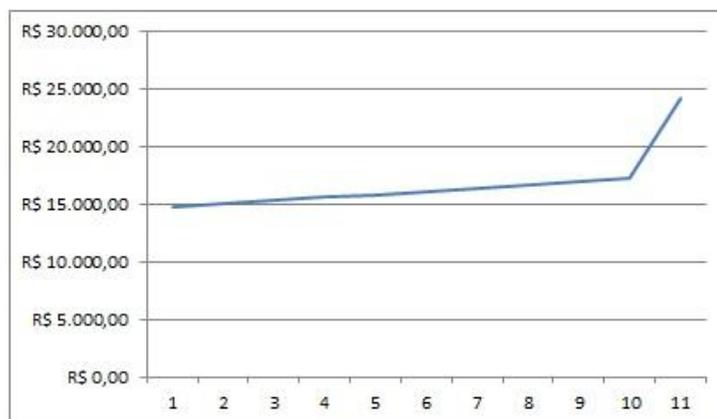


Gráfico 6.11: Modificação no custo total de fundação, estrutura e vedação do edifício, de acordo com aumento do pé-direito e adição de uma laje. *Fonte: Gráfico gerado pelo autor por meio do Microsoft Excel.*

### 6.4.3.3 Duplicação da área e do pé-direito do edifício

Este modelo parte da somatória das alterações anteriores, ou seja, duplicação de área e de pé-direito (Figura 6.28). Ao final da alteração, o volume final é quatro vezes o volume inicial e o valor final é três vezes o valor inicial, conforme tabela 6.14.

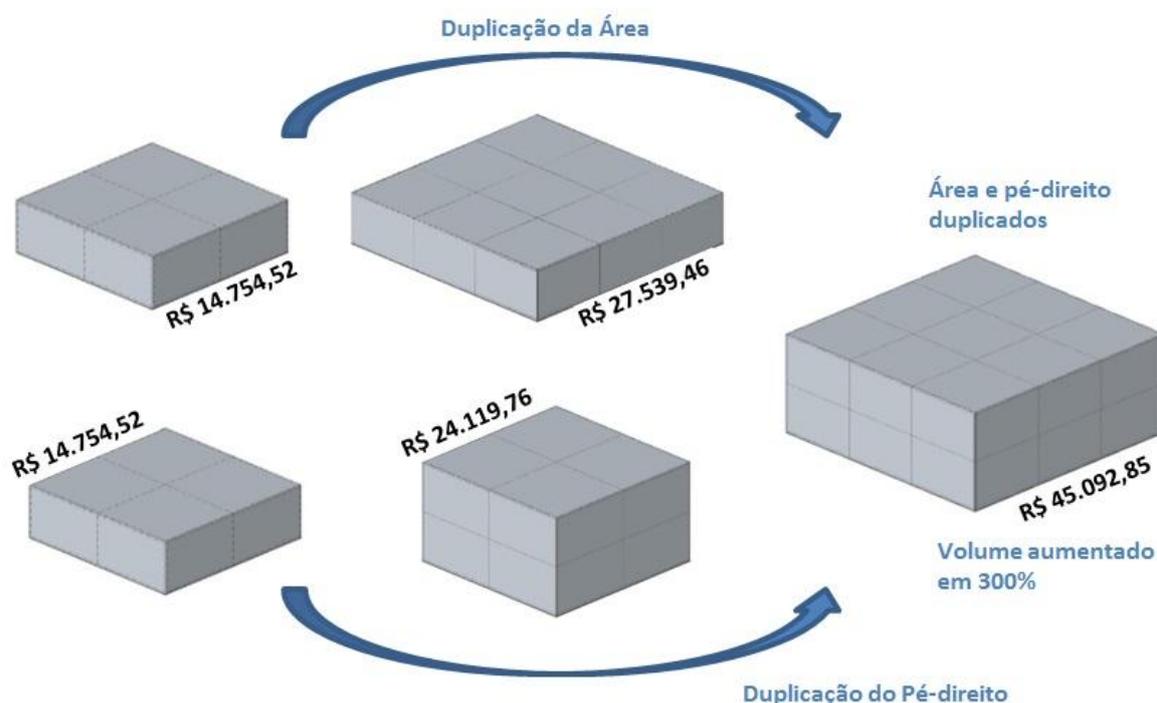


Figura 6.28: Sequência de alteração de área e pé-direito do edifício, com edifício final com volume aumentado em 300%. Fonte: Sólidos gerados pelo autor a partir do DProfiler.

ITENS	INICIAL	FINAL (+7 PILARES, + 1 LAJE)
VOLUME (m³)	275,00	1100,00
ÁREA (m²)	100,00	400,00
DIMENSÃO (m x m)	10 x 10	14,14 x 14,14
PÉ-DIREITO (m)	2,75	2 x 2,75
VALOR FUNDAÇÃO	R\$ 5.113,75	R\$ 9.846,35
VALOR ESTRUTURA	R\$ 7.452,47	R\$ 29.124,06
VALOR VEDAÇÃO	R\$ 2.188,30	R\$ 6.122,44
VALOR TOTAL	R\$ 14.754,52	R\$ 45.092,85
PORCENTAGEM	100,00%	305,62%

Tabela 6.14: Modificação no custo de acordo com aumento do volume do edifício em 300%. Fonte: Tabela gerada pelo autor por meio do Microsoft Excel.

#### 6.4.3.4 Modificação na horizontalidade do edifício

Tendo como base o edifício de base 10 x 10 m e pé-direito de 2,75 m (Figura 6.29), editamos sua base, de forma a manter a mesma área, contudo, modificando sua configuração formal. Assim, a base passa a ser um retângulo de base 5 x 20 m – levando o sólido a uma configuração mais horizontal e longitudinal – e seu volume continua o mesmo (Figura 6.30).

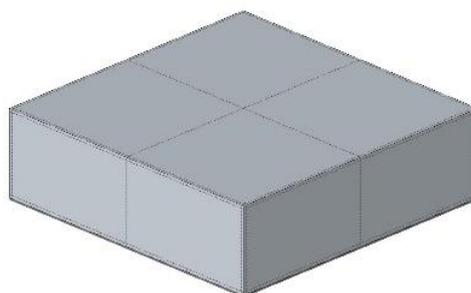


Figura 6.29: Sólido de base 10 x 10 m e pé-direito de 2,75 m.

*Fonte: Sólido gerado pelo autor a partir do DProfiler.*

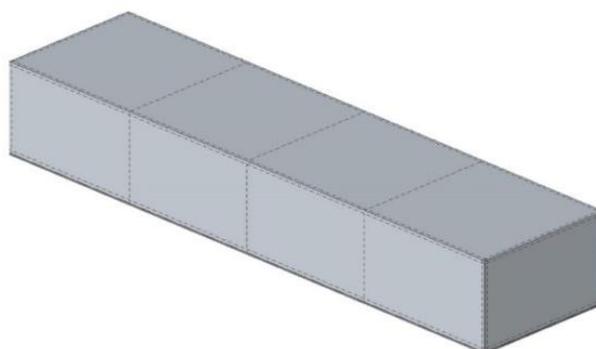


Figura 6.30: Sólido com base 5 x 20 m e mesmo pé-direito.

*Fonte: Sólido gerado pelo autor a partir do DProfiler.*

A partir desta alteração, verificamos a adição de 1 pilar e 1 estaca, 5 metros de viga e viga baldrame. A vedação aumenta pois o perímetro passa de 40 para 50 metros.

ITENS	INICIAL	FINAL (+1 PILARES)
VOLUME (m³)	275,00	275,00
ÁREA CONTRAPISO (m²)	100,00	100,00
ÁREA LAJE (m²)	100,00	100,00
DIMENSÃO (m x m)	10 x 10	5 x 20
PÉ-DIREITO (m)	2,75	2,75
VALOR FUNDAÇÃO	R\$ 5.113,75	R\$ 5.341,30
VALOR ESTRUTURA	R\$ 7.452,47	R\$ 7.639,26
VALOR VEDAÇÃO	R\$ 2.188,30	R\$ 2.725,64
VALOR TOTAL	R\$ 14.754,52	R\$ 15.706,20
PORCENTAGEM	100,00%	106,45%

Tabela 6.15: Modificação no custo de acordo com alterações na base do edifício. *Fonte: Tabela gerada pelo autor por meio do Microsoft Excel.*

#### 6.4.3.5 Modificação na verticalidade do edifício

Partindo do edifício de base 10 x 10 m e pé-direito de 2,75 m (Figura 6.31), reduzimos sua base para um quarto da área original e alteramos seu pé-direito para 11 m, dividindo o edifício em 4 pavimentos, de forma a manter a mesma área útil. Assim, a base passa a ser um quadrado de base 5 x 5 m – levando o edifício a uma configuração verticalizada – e seu volume continua o mesmo (Figura 6.32).

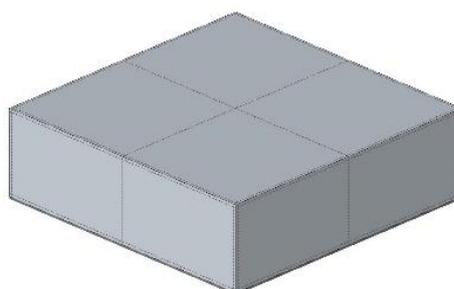


Figura 6.31: Sólido de base 10 x 10 m e pé-direito de 2,75 m.

*Fonte: Sólido gerado pelo autor a partir do DProfiler.*

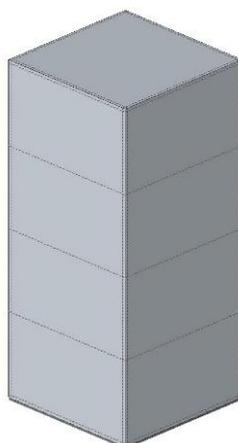


Figura 6.32: Sólido com base 5 x 5 m e quatro pavimentos.

*Fonte: Sólido gerado pelo autor a partir do DProfiler.*

A partir desta alteração, verificamos a redução no custo com fundação, aumento nos custos com estrutura e vedação.

ITENS	INICIAL	FINAL (- 5 PILARES, + 3 LAJES)
VOLUME (m³)	275,00	275,00
ÁREA CONTRAPISO (m²)	100,00	25,00
ÁREA LAJE (m²)	100,00	100,00
DIMENSÃO (m x m)	10 x 10	5 x 5
PÉ-DIREITO (m)	2,75	4 x 2,75
VALOR FUNDAÇÃO	R\$ 5.113,75	R\$ 2.716,36
VALOR ESTRUTURA	R\$ 7.452,47	R\$ 10.510,72
VALOR VEDAÇÃO	R\$ 2.188,30	R\$ 4.306,51
VALOR TOTAL	<b>R\$ 14.754,52</b>	<b>R\$ 17.533,59</b>
PORCENTAGEM	100,00%	118,84%

Tabela 6.16: Modificação no custo de acordo com alterações na base e na altura do edifício.

*Fonte: Tabela gerada pelo autor por meio do Microsoft Excel.*

#### **6.4.4 Modelo 4: Influência da disposição dos ambientes no custo da construção (Elaborando a forma arquitetônica a partir do interior)**

Uma opção que o software fornece é acrescentar itens e valores em ambientes internos denominados “rooms”. Esta opção foi utilizada pela equipe do Rio Quente Resorts na elaboração de estudo de viabilidade de hotéis e pousadas. Eles criaram um banco de dados com todas as informações relativas aos quartos, áreas comuns e circulação dos estabelecimentos. Por exemplo, na elaboração do estudo de viabilidade de um determinado padrão de hotel, ao criarem um ambiente interno, como o quarto, computava-se automaticamente, além de reboco, pintura, revestimento, esquadrias e instalações elétricas, itens como cama, criado, televisão, cadeira, guarda-roupa, edredom, travesseiro, etc., ou seja, tudo aquilo que seria gasto para o funcionamento do hotel. Em ambientes como refeitório, era calculada para cada metro quadrado, a quantidade de mesas e cadeiras.

No caso do hospital New Parkland (Dallas, Texas), elaborado pela Beck Technology, essa ferramenta foi fundamental para um orçamento mais aproximado dos gastos totais para o funcionamento do estabelecimento de saúde. Em cada tipo de ambiente era acrescentado automaticamente – devido à edição prévia do banco de dados – cada equipamento, mobiliário e instalações específicas. Por exemplo, nos quartos eram considerados mobiliários e equipamentos como iluminação de emergência, sirene e televisão. Nas salas de UTI, foram considerados os leitos, as pias de lavagem de mãos, as bancadas dos postos de enfermagem, os mobiliários e as instalações de oxigênio, óxido nitroso e ar comprimido medicinal. Nas salas cirúrgicas, consideraram-se equipamentos, ferramentas, mobiliário, iluminação, climatização, etc.

Para termos um exemplo de um edifício com uma tipologia definida, partimos para a elaboração de uma classe "residencial". É importante ressaltar que a implementação não tem o objetivo prático de resolver o processo de projeto

de uma residência, mas apenas de ilustrar uma situação em que se parte de um problema específico.

Como nosso estudo se concentra apenas no envoltório do edifício, consideramos apenas fundação, estrutura e vedação, levando em conta os itens concreto, laje, aço, tijolos e argamassa. Para utilizarmos esta ferramenta, consideramos um programa de necessidade de uma residência unifamiliar média. Para cada ambiente foram consideradas metragem quadrada e dimensões específicas. Segue abaixo a tabela, contendo os itens considerados, juntamente com a setorização e dimensões. Nela, ainda, consideramos as restrições de iluminação e insolação, ou seja, definiu-se a posição da edificação no terreno.

Segue abaixo o programa de necessidades:

Ambiente	Dimensão (m)		Área (m <sup>2</sup> )	Setor
Garagem para dois carros	5	5	25	Servico
Cozinha	3	3	9	Servico
Sala de Estar	3	4	12	Social
Sala de TV	3	4	12	Social
Sala de Jantar	3	4	12	Social
Banheiro Social	3	1,5	4,5	Social
Varanda	3	8	24	Social
Circulação	1	6	6	Intimo
Quarto 1	3	4	12	Intimo
Quarto 2	3	3	9	Intimo
Suíte	3	4	12	Intimo
Banheiro Suíte	3	1,5	4,5	Intimo
Área total (m <sup>2</sup> )			<b>142</b>	

Tabela 6.17: Programa de necessidades de residência unifamiliar. *Fonte: Tabela gerada pelo autor por meio do Microsoft Excel.*

Restrições:

- Aberturas dos quartos voltadas para leste;
- Varanda voltada para sul, leste ou sudeste;
- Comunicação direta entre sala de estar, sala de jantar e cozinha;
- Comunicação direta entre cozinha e varanda e varanda e sala de TV;
- Corredor privativo entre quartos;

Após essas considerações, partiu-se para elaboração da forma arquitetônica através da organização dos ambientes. Essa opção é permitida a partir da elaboração de todos os ambientes, a disposição deles no terreno e suas conexões e após selecionar a opção “*create mass from rooms*” (criar edifício a partir dos ambientes internos). Foi elaborado o primeiro modelo, que servirá como padrão para análise das alterações nos custos de acordo com as modificações da disposição dos ambientes no terreno. Foram consideradas duas modificações no modelo inicial. A tabela abaixo (6.20) mostra a elaboração dos custos da residência a partir do Microsoft Excel (Apêndice 6, em formato A3).

TABELA DE CUSTOS (FUNDAÇÃO, ESTRUTURA E VEDAÇÃO)								
<b>FUNDAÇÃO (ESTACAS) - SEÇÃO: <math>0,36 \times 0,36 \times 3,14 = 0,40 \text{ m}^2</math></b>								
MATERIAL	QTDDE ESTACAS (un)	PROFUNDIDADE (m)	SECAO (m <sup>2</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)		
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	24,00	3,00	0,12	8,64	R\$ 187,44	R\$ 1.619,48		
MATERIAL	QTDDE ESTACAS (un)	PROFUNDIDADE (m)	TOTAL (m)	PESO (Kg/m)	PESO TOTAL (Kg/m)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	
Aço (5/16" - 4.2mm)	24,00	3,00	72,00	2,95	212,40	R\$ 4,40	R\$ 934,56	
<b>FUNDAÇÃO (VIGA BALDRAME) - SEÇÃO: <math>0,15 \times 0,40 = 0,06 \text{ m}^2</math></b>								
MATERIAL	MALHA (QTDDE)	DIMENSÃO (m)	SECAO (m <sup>2</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)		
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	10,80	10,00	0,06	6,48	R\$ 187,44	R\$ 1.214,61		
MATERIAL	MALHA (QTDDE)	DIMENSÃO (m)	QTDDE (m)	PESO (Kg/m)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	
Aço (5/16" - 4.2mm)	10,80	10,00	108,00	2,95	318,60	R\$ 4,40	R\$ 1.401,84	
<b>CONTRAPISO - L x C x E</b>								
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ESPESSURA (m)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)		
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	10,00	7,40	0,10	7,40	R\$ 187,44	R\$ 1.387,06		
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	PESO (Kg/m)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	
Aço (5/16" - 4.2mm)	10,80	10,00	108,00	1,50	162,00	R\$ 5,52	R\$ 894,24	
<b>TOTAL DA FUNDAÇÃO</b>						<b>R\$ 7.451,79</b>		
<b>ESTRUTURA (PILARES) - SEÇÃO: <math>0,15 \times 0,40 = 0,06 \text{ m}^2</math></b>								
MATERIAL	QTDDE PILARES (un)	ALTURA (m)	SECAO (m <sup>2</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)		
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	24,00	3,00	0,06	4,32	R\$ 187,44	R\$ 809,74		
MATERIAL	QTDDE PILARES (un)	ALTURA (m)	QTDDE (m)	PESO (Kg/m)	PESO TOTAL (Kg/m)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	
Aço (5/16" - 4.2mm)	24,00	3,00	72,00	2,95	212,40	R\$ 4,40	R\$ 934,56	
<b>ESTRUTURA (VIGA) - SEÇÃO: <math>0,15 \times 0,04 = 0,06 \text{ m}^2</math></b>								
MATERIAL	MALHA (QTDDE)	DIMENSÃO (m)	SECAO (m <sup>2</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)		
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	12,50	10,00	0,06	7,50	R\$ 187,44	R\$ 1.405,80		
MATERIAL	MALHA (QTDDE)	DIMENSÃO (m)	QTDDE (m)	PESO (Kg/m)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	
Aço (5/16" - 4.2mm)	12,50	10,00	125,00	2,95	368,75	R\$ 4,40	R\$ 1.622,50	
<b>LAJE - L x C x E</b>								
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)			
Laje (Lajota e Vigota)	10,00	13,85	138,50	R\$ 36,21	R\$ 5.015,09			
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ESPESSURA (m)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)		
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	13,85	10,00	0,05	6,93	R\$ 187,44	R\$ 1.298,02		
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	PESO (Kg/m)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	
Aço (5/16" - 4.2mm)	13,85	10,00	138,50	1,50	207,75	R\$ 5,52	R\$ 1.146,78	
<b>TOTAL DA ESTRUTURA</b>						<b>R\$ 12.232,49</b>		
<b>VEDAÇÃO (TIJOLOS) - ÁREA: PERÍMETRO X ALTURA</b>								
MATERIAL	LADO	QTDDE LADOS	ALTURA PAREDE	QTDDE (m <sup>2</sup> )	QTDDE (un/m <sup>2</sup> )	TOTAL (un)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
TIJOLO CERÂMICO (5,7 X 19 X 9 cm)	10,00	7,65	3,20	244,80	68,00	16.646,40	R\$ 0,19	R\$ 3.162,82
<b>VEDAÇÃO (ARGAMASSA)</b>								
MATERIAL	AREA DA PAREDE (m <sup>2</sup> )	ARGAMASSA / m <sup>2</sup>	ESPESSURA (m)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	PESO (Kg/m <sup>3</sup> )	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
ARGAMASSA	244,80	0,077	0,09	1,70	2.100,00	3.562,57	R\$ 0,45	R\$ 1.603,16
<b>TOTAL VEDAÇÃO</b>							<b>R\$ 4.765,97</b>	
<b>TOTAL</b>							<b>R\$ 24.450,25</b>	

Tabela 6.18: Tabela de custos para residência considerando fundação, estrutura e vedação.

Fonte: Tabela gerada pelo autor por meio do Microsoft Excel.

#### 6.4.4.1 Residência Térrea 1 (Modelo Inicial)

Essa foi a primeira configuração da distribuição dos ambientes utilizada, com o objetivo de obter a residência mais compacta. Esse volume está inserido em um retângulo de base 12 x 20m.

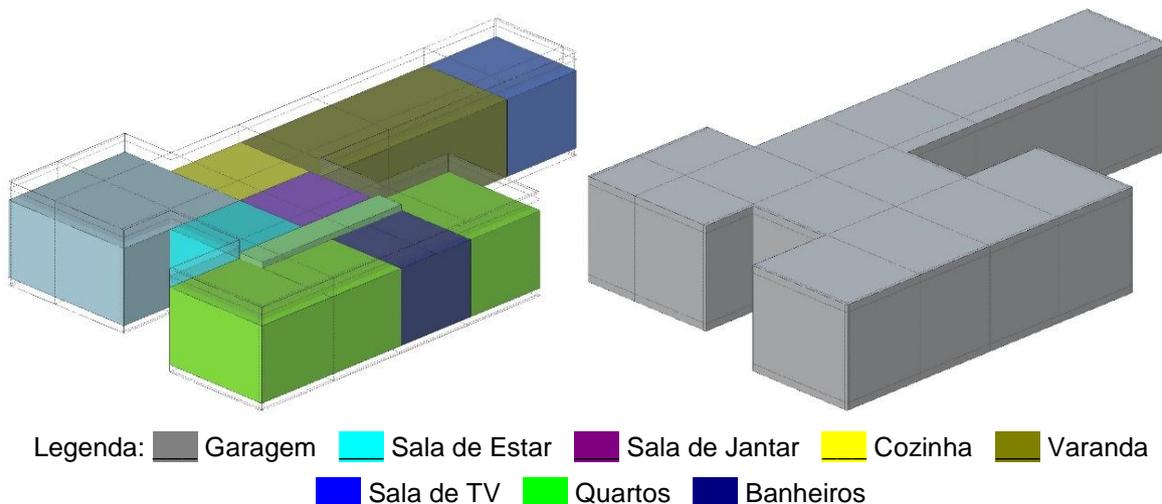


Figura 6.33: Modelo inicial de residência unifamiliar e malha estrutura da residência. *Fonte: Sólidos gerados pelo autor a partir do DProfiler.*

#### 6.4.4.2 Residência Térrea 2

Esse volume está inserido em um retângulo de base 19 x 17m.

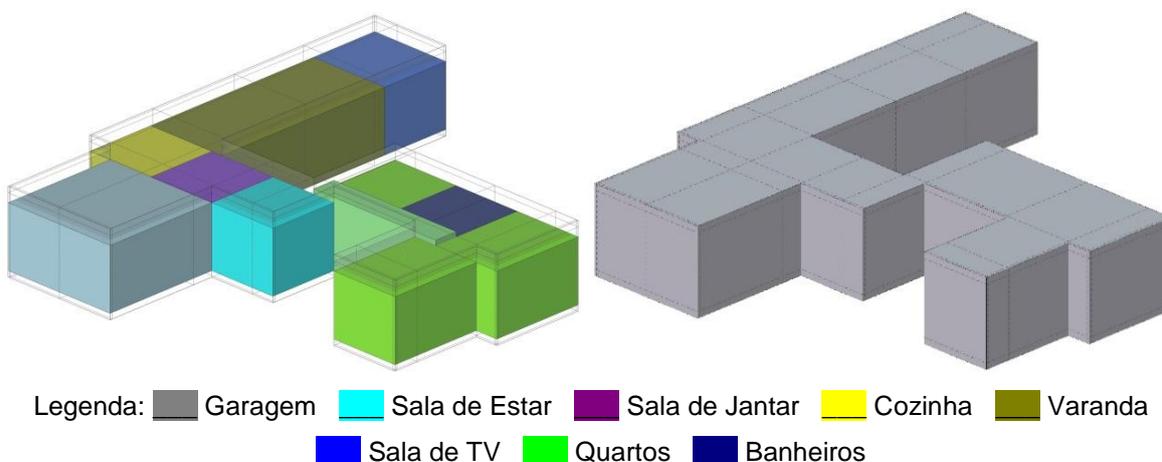


Figura 6.34: Modificação na disposição dos ambientes no terreno. Malha estrutura da residência. *Fonte: Sólidos gerados pelo autor a partir do DProfiler.*

### 6.4.4.3 Residência Térrea 3

Esse volume está inserido em um retângulo de base 16 x 24m.

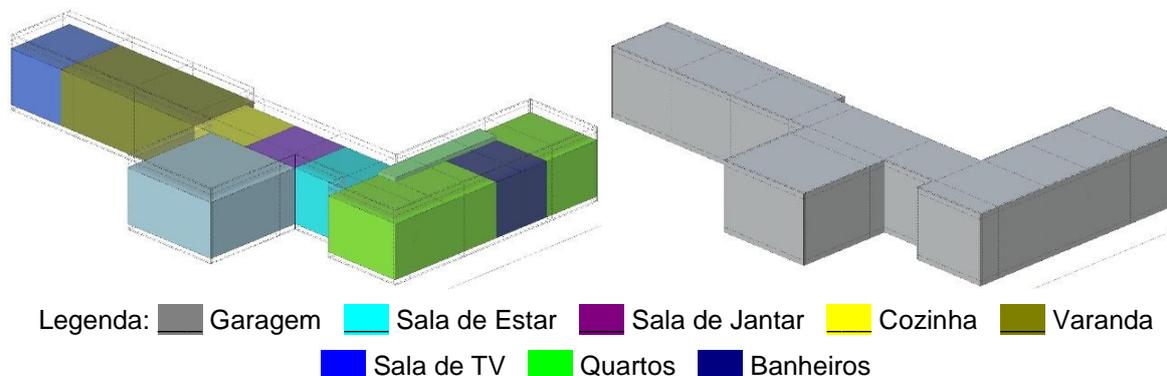


Figura 6.35: Modificação na disposição dos ambientes no terreno. Malha estrutura da residência.

Fonte: Sólidos gerados pelo autor a partir do DProfiler.

Após modificação na disposição dos ambientes, tendo como base o modelo inicial, chegamos à influência destas alterações no custo da edificação, como mostra a tabela abaixo.

ITENS	RESIDENCIA TÉRREA 1	RESIDENCIA TÉRREA 2	RESIDENCIA TÉRREA 3
DIMENSÃO (PROJEÇÃO) m x m	12 x 20	16 x 24	17 x 19
PÉ-DIREITO	2,85	2,85	2,85
ÁREA (m <sup>2</sup> )	138,50	138,50	138,50
VALOR FUNDAÇÃO	R\$ 8.068,88	R\$ 9.274,11	R\$ 10.181,71
VALOR ESTRUTURA	R\$ 11.178,64	R\$ 12.147,70	R\$ 12.886,60
VALOR VEDAÇÃO	R\$ 4.754,29	R\$ 5.332,52	R\$ 5.653,75
VALOR TOTAL	<b>R\$ 24.001,81</b>	<b>R\$ 26.754,33</b>	<b>R\$ 28.722,06</b>
PORCENTAGEM	100,00%	<b>111,47%</b>	<b>119,67%</b>
PREÇO / m <sup>2</sup>	<b>R\$ 173,30</b>	<b>R\$ 193,17</b>	<b>R\$ 207,38</b>

Tabela 6.19: Influência da disposição dos ambientes no terreno no custo da edificação. Fonte:

Tabela gerada pelo autor por meio do Microsoft Excel.

O que notamos no modelo inicial e nas duas primeiras alterações é a necessidade de terrenos maiores para implantação da residência, devido à grande dimensão horizontal. Um sobrado seria perfeitamente executável em lotes com dimensões padrões de 360 m<sup>2</sup>, mas teríamos que considerar não somente a modificação na espessura da laje-piso, como também o acréscimo de escada como elemento construtivo não computado nas residências térreas. Apesar de termos feito uma comparação entre três residências térreas, com relação ao gasto

---

com terreno, talvez o sobrado seja a opção mais viável devido ao custo de terrenos maiores.

O interessante deste tipo de análise antes da elaboração do anteprojeto é o fato de que o projetista pode ter uma resposta prévia sobre a forma mais econômica da residência. Assim, ele pode partir de uma única forma, escolhida dentre várias outras propostas previamente e otimizá-la de forma a adequá-la ao programa de necessidades e às restrições do local, tendo sempre em mente a economia de orçamento.

### 6.4.5 Modelo 5: Influência da estrutura no custo da construção

Neste estudo, elaboramos uma forma primária, para podermos modificar sua configuração estrutural, adicionando lajes em balanço. A forma primária é um edifício em formato de prisma retangular, com base 10 x 20 m, com cinco pavimentos (térreo e mais 4 andares). Através de uma malha de 4 x 5 m, colocamos pilares e vigas (Figuras 6.36). A estrutura, assim, conta com 18 estacas de 6 m, viga baldrame de 120 metros lineares e contrapiso de 200 m<sup>2</sup>. Cada pavimento conta com 18 pilares de 2,92 m de altura, laje de 200 m<sup>2</sup> e 120 metros lineares de vigas.

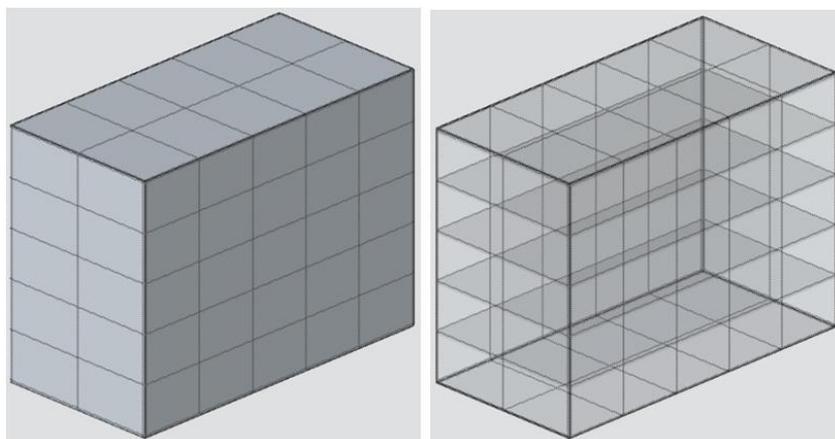


Figura 6.36: Sólido com base 10 x 20 m e 5 pavimentos e malha estrutural do sólido definida a partir de modulação de 5 x 4 m. Fonte: Sólido gerado pelo autor a partir do DProfiler.

A tabela abaixo mostra os gastos com fundação, estrutura e vedação.

Division	Description	Quantity	Unit	Unit Price	Cost	Cost / Area
Estimate Name: Cost Estimate Estimate Number: EST - 030540 <span style="float: right;">D Profiler 12/27/2013</span>						
TODOS	TODOS					
MAT.	MATERIAL					
0001.Concreto	Areia, Brita e Cimento	135.66	M2	R\$ 187.44	R\$ 25,428.86	R\$ 25.43
0002.Aço	Barras de Aço _ 5/16 _ 4.2	3,069.18	KG	R\$ 4.40	R\$ 13,504.39	R\$ 13.50
0003.Laje	Laje Pre-moldada (Lajotas + Vigotas) vao ate 5 m	1,000.00	M2	R\$ 36.21	R\$ 36,210.00	R\$ 36.21
0005.Aço	Tela de aço CA-60 soldada tipo Q 92 tipo da malha quadrangular	1,800.00	KG	R\$ 5.52	R\$ 9,936.00	R\$ 9.94
04.004.000007.MAT	Argamassa pré-fabricada para assentamento de alvenaria	12,923.06	KG	R\$ 0.45	R\$ 5,815.38	R\$ 5.82
05.004.000006.MAT	Tijolo cerâmico (altura: 57 mm / comprimento: 190 mm)	60,384.00	UN	R\$ 0.19	R\$ 11,472.96	R\$ 11.47
Total - MATERIAL					R\$ 102,367.59	R\$ 102.37
<b>Total - TODOS</b>					<b>R\$ 102,367.59</b>	<b>R\$ 102.37</b>
<b>Subtotal Direct Cost</b>					<b>R\$ 102,367.59</b>	<b>R\$ 102.37</b>

Tabela 6.20: Modelo 5 – inicial. Fonte: Tabela gerada pelo autor por meio do DProfiler.

A partir da ferramenta “feature”, criamos cinco sólidos correspondentes aos cinco pavimentos do sólido anterior e deslocamos cada um deles em relação ao plano horizontal para definição de lajes em balanço. A partir da adição de todos os “features” em um único sólido e após convertê-lo em “massing”, obtivemos o edifício da figura 6.37 e a malha estrutural foi definida como no volume anterior.

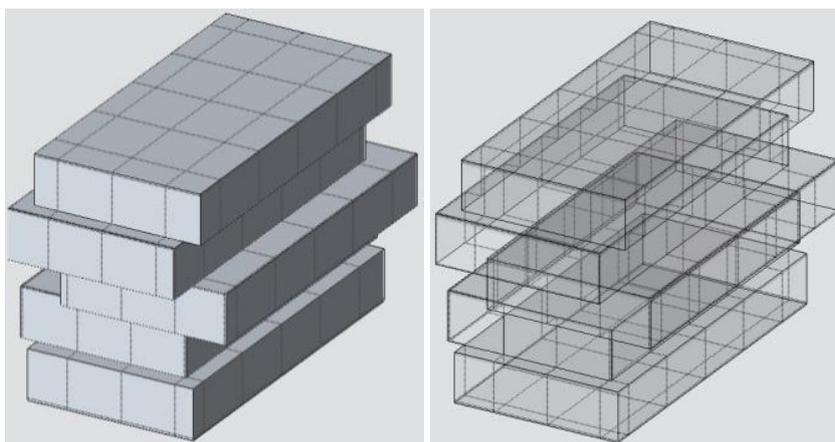


Figura 6.37: Sólido com base 10 x 20 m e 5 pavimentos, e lajes em balanço e malha estrutural do sólido definida a partir de modulação de 5 x 4 m. Fonte: Sólido gerado pelo autor a partir do DProfiler.

A partir da definição da malha estrutural, notou-se que as lajes não sofreram alteração em suas dimensões, assim, seus valores não sofreram modificação, conforme mostra a figura 6.38. Assim, o custo de tal edificação diminuiu de R\$ 102.367,59 para R\$ 101.619,79. Neste caso, o software manteve o mesmo valor das lajes e descontou todos os valores dos pilares que sofreram intersecção pelos balanços.

Estimate Name: Cost Estimate  
Estimate Number: EST - 030540

  
12/27/2013

Division	Description	Quantity	Unit	Unit Price	Cost	Cost / Area
<b>TODOS</b>	<b>TODOS</b>					
<b>MAT.</b>	<b>MATERIAL</b>					
0001.Concreto	Areia, Brita e Cimento	134.96	M2	R\$ 187.44	R\$ 25,296.83	R\$ 32.02
0002.Aco	Barras de Aço _ S/16 _4.2	2,929.23	KG	R\$ 4.40	R\$ 12,888.62	R\$ 16.31
0003.Laje	Laje Pre-moldada (Lajotas + Vigotas) vao ate 5 m	1,000.00	M2	R\$ 36.21	R\$ 36,210.00	R\$ 45.84
0005.Aco	Tela de aço CA-60 soldada tipo Q 92 tipo da malha quadrangular	1,800.00	KG	R\$ 5.52	R\$ 9,936.00	R\$ 12.58
04.004.000007.MAT	Argamassa pré-fabricada para assentamento de alvenaria	12,923.06	KG	R\$ 0.45	R\$ 5,815.38	R\$ 7.36
05.004.000006.MAT	Tijolo cerâmico (altura: 57 mm / comprimento: 190 mm)	60,384.00	UN	R\$ 0.19	R\$ 11,472.96	R\$ 14.52
<b>Total - MATERIAL</b>					<b>R\$ 101,619.79</b>	<b>R\$ 128.63</b>
<b>Total - TODOS</b>					<b>R\$ 101,619.79</b>	<b>R\$ 128.63</b>
<b>Subtotal Direct Cost</b>					<b>R\$ 101,619.79</b>	<b>R\$ 128.63</b>

Tabela 6.21: Modelo 5 – primeira alteração. Fonte: Tabela gerada pelo autor por meio do DProfiler.

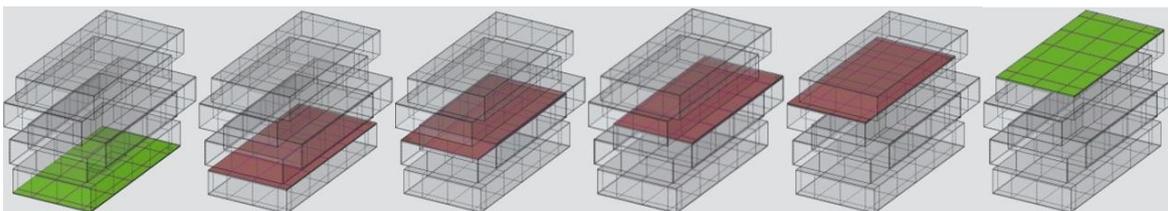


Figura 6.38: Sequência de imagens mostrando desde o contrapiso à laje de cobertura, elementos que não sofreram alteração. *Fonte: Sólido gerado pelo autor a partir do DProfiler.*

Após análise, notou-se que as lajes não se estendiam, pois a volumetria não interseccionava a malha estrutural horizontal (Figura 6.39). Através da ferramenta de edição “*move*”, os planos horizontais inferiores foram puxados para baixo, de forma que o software entendesse que a laje se estendia (Figura 6.40).

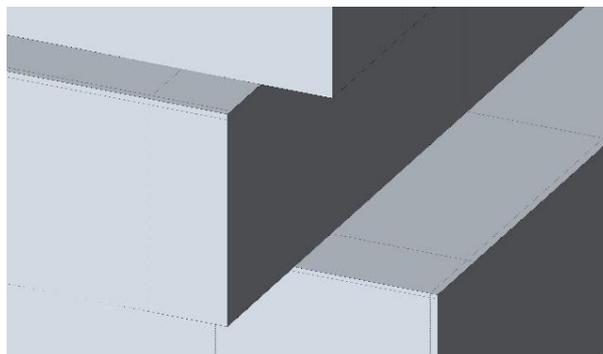


Figura 6.39: Lajes antes da edição – nota-se que o balanço não possui estrutura de sustentação. *Fonte: Sólido gerado pelo autor a partir do DProfiler.*

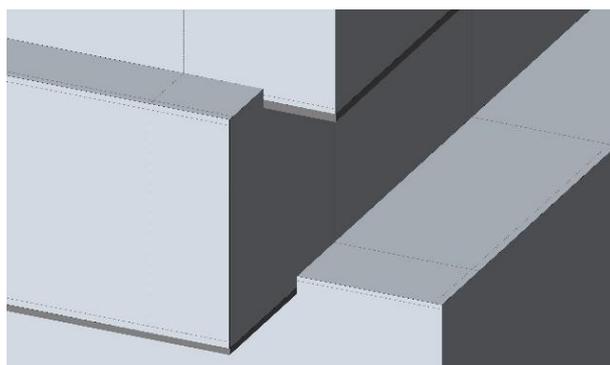


Figura 6.40: Lajes após edição – nota-se o aumento das lajes, dando sustentação ao balanço. *Fonte: Sólido gerado pelo autor a partir do DProfiler.*

A partir disso, as lajes do primeiro, segundo, terceiro e quarto pavimento sofreram alteração em suas dimensões e conseqüentemente em seus custos (Figura 6.41). Assim, o custo passou de R\$ 101.619,79 para R\$116.391,77, conforme tabela 6.21.

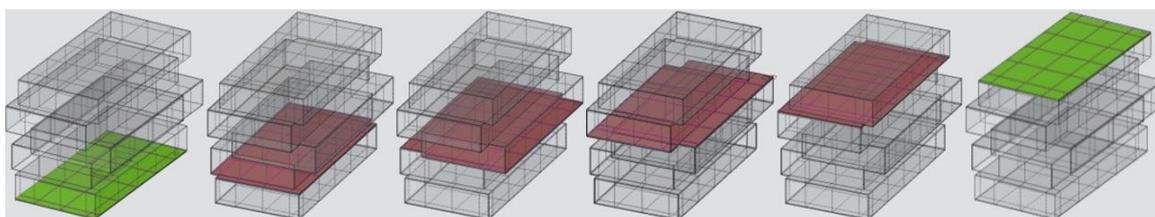


Figura 6.41: Sequência de imagens mostrando desde o contrapiso à laje de cobertura (elementos que não sofreram alteração), e lajes intermediárias alteradas. *Fonte: Sólidos gerados pelo autor a partir do DProfiler.*

Division	Description	Quantity	Unit	Unit Price	Cost	Cost / Area
Estimate Name: Cost Estimate Estimate Number: EST - 030540						
 12/27/2013						
<b>TODOS</b>	<b>TODOS</b>					
<b>MAT.</b>	<b>MATERIAL</b>					
0001.Concreto	Areia, Brita e Cimento	153.60	M2	R\$ 187.44	R\$ 28,789.88	R\$ 29.65
0002.Aco	Barras de Aco _ 5/16 _4.2	3,400.52	KG	R\$ 4.40	R\$ 14,962.31	R\$ 15.41
0003.Laje	Laje Pre-moldada (Lajotas + Vigotas) vao ate 5 m	1,181.00	M2	R\$ 36.21	R\$ 42,764.01	R\$ 44.04
0005.Aco	Tela de aço CA-60 soldada tipo Q 92 tipo da malha quadrangular	2,071.50	KG	R\$ 5.52	R\$ 11,434.68	R\$ 11.78
04.004.000007.MAT	Argamassa pré-fabricada para assentamento de alvenaria	13,784.60	KG	R\$ 0.45	R\$ 6,203.07	R\$ 6.39
05.004.000006.MAT	Tijolo cerâmico (altura: 57 mm / comprimento: 190 mm)	64,409.60	UN	R\$ 0.19	R\$ 12,237.82	R\$ 12.60
Total - MATERIAL					R\$ 116,391.77	R\$ 119.87
<b>Total - TODOS</b>					<b>R\$ 116,391.77</b>	<b>R\$ 119.87</b>
<b>Subtotal Direct Cost</b>					<b>R\$ 116,391.77</b>	<b>R\$ 119.87</b>

Tabela 6.22: Modelo 5 – segunda alteração: Custos relativos ao edifício após a modificação das lajes em balanço. *Fonte: Tabela gerada pelo autor por meio do DProfiler.*

Entretanto, a malha vertical ainda deveria ser alterada, pois alguns limites do edifício não possuíam vigas (Figura 6.42). Após a alteração da malha estrutural de forma que delimitasse todos os pavimentos (Figura 6.43), o valor subiu para R\$ 136.648,60, aumento de 33,5% (Tabela 6.22).

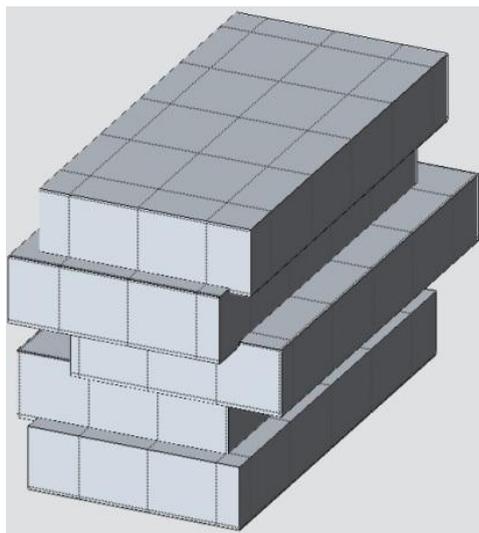


Figura 6.42: Malha estrutural antes da alteração.

*Fonte: Sólidos gerados pelo autor a partir do DProfiler.*

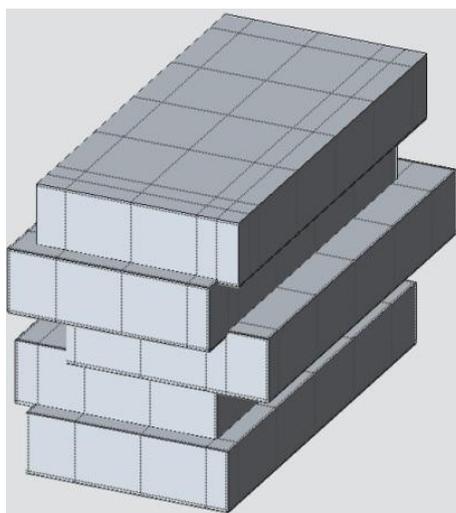


Figura 6.43: Malha estrutural após alteração.

*Fonte: Sólidos gerados pelo autor a partir do DProfiler.*

Estimate Name: Cost Estimate

Estimate Number: EST - 030540



12/27/2013

Division	Description	Quantity	Unit	Unit Price	Cost	Cost / Area
<b>TODOS</b>	<b>TODOS</b>					
<b>MAT.</b>	<b>MATERIAL</b>					
0001.Concreto	Areia, Brita e Cimento	209.93	M2	R\$ 187.44	R\$ 39,349.35	R\$ 40.52
0002.Aco	Barras de Aco _ 5/16 _4.2	5,604.47	KG	R\$ 4.40	R\$ 24,659.66	R\$ 25.40
0003.Laje	Laje Pre-moldada (Lajotas + Vigotas) vao ate 5 m	1,181.00	M2	R\$ 36.21	R\$ 42,764.01	R\$ 44.04
0005.Aco	Tela de aço CA-60 soldada tipo Q 92 tipo da malha quadrangular	2,071.50	KG	R\$ 5.52	R\$ 11,434.68	R\$ 11.78
04.004.000007.MAT	Argamassa pré-fabricada para assentamento de alvenaria	13,784.60	KG	R\$ 0.45	R\$ 6,203.07	R\$ 6.39
05.004.000006.MAT	Tijolo cerâmico (altura: 57 mm / comprimento: 190 mm)	64,409.60	UN	R\$ 0.19	R\$ 12,237.82	R\$ 12.60
Total - MATERIAL					R\$ 136,648.60	R\$ 140.73
<b>Total - TODOS</b>					<b>R\$ 136,648.60</b>	<b>R\$ 140.73</b>
<b>Subtotal Direct Cost</b>					<b>R\$ 136,648.60</b>	<b>R\$ 140.73</b>

Tabela 6.23: Modelo 5 – terceira alteração: Custos relativos ao edifício após a modificação da malha estrutural. *Fonte: Tabela gerada pelo autor por meio do DProfiler.*

Cada projeto estrutural conta com certa particularidade, devido ao tipo de solo, estrutura e dimensões dos vãos livres. Entretanto, ainda que as alterações na volumetria, com acréscimos de balanços, possam ocasionar mudanças no custo muito maiores do que o software nos fornece, devido ao fato de que certos pilares e vigas em transição exigem seção muito maior e ainda que as seções dos pilares e vigas tenham sido mantidas neste estudo, consideramos as respostas coerentes, devido à curva de aumento de custos gerada no gráfico abaixo. Ela demonstra o aumento no custo da edificação com a adição dos volumes e lajes em balanço, um aumento de 33%.

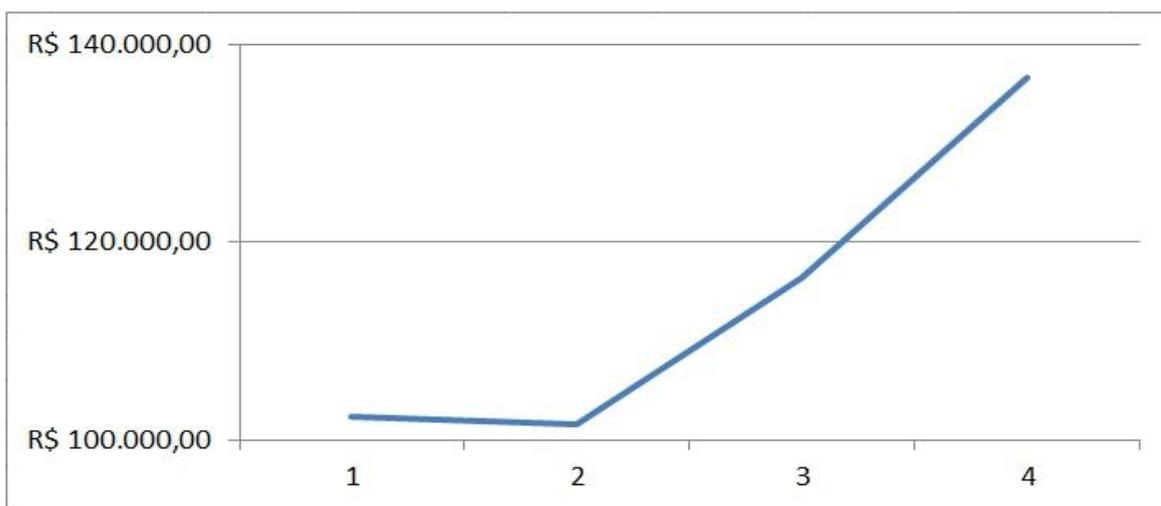


Gráfico 6.12: padrão de modificação dos custos relativos ao edifício após a modificação das lajes em balanço. *Fonte: Gráfico gerado pelo autor por meio do Microsoft Excel.*

### 6.4.6 Modelo 6: Elaboração da forma arquitetônica a partir dos custos

Após o estudo das respostas que as ferramentas do software oferecem, este modelo parte do estudo inverso. Ao invés de analisar como tipologia, forma, disposição no terreno e estrutura do edifício influenciam diretamente no custo final da obra, este estudo analisa como a forma pode ser influenciada pelo custo. Neste caso, voltamos à nossa hipótese e ao nosso objetivo principal: “Produzir uma forma arquitetônica que atenda diretamente aos requisitos de desempenho de custos, seguindo determinada linguagem, aliando custos e intenção projetual na fase inicial do projeto”.

#### 6.4.6.1 Mantendo a mesma tipologia

Para este estudo, consideramos o sólido inicial do modelo 5, um edifício com base igual a dez por vinte metros e cinco pavimentos. O valor inicial deste edifício, considerando fundação, estrutura e vedação, é de 104.283,00 reais. A restrição para este primeiro modelo é o orçamento no valor de 208.557,00 reais, o dobro do inicial. Assim, partimos para a modificação do sólido e analisamos as alterações diretas no custo final do edifício. As imagens abaixo mostram parte do processo de alteração da forma.

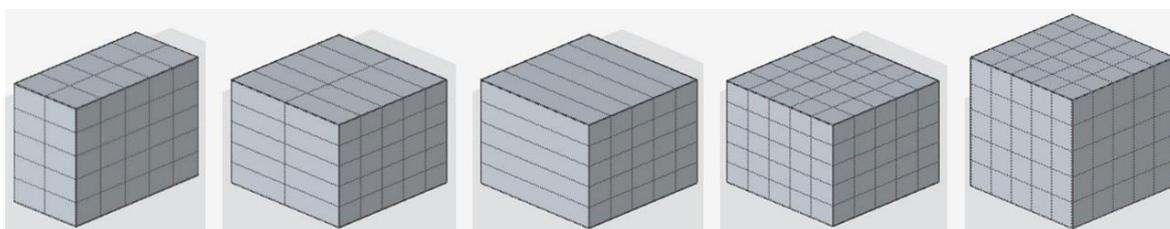


Figura 6.44: Modificação do sólido. Fonte: Sólidos gerados pelo autor a partir do DProfiler.

O processo foi elaborado a partir de passos específicos e descrito na tabela abaixo (6.57). Foram dez passos para chegar ao valor final desejado, ou seja, para que o edifício atendesse ao desempenho de custos estabelecido. Nota-se que o passo três consiste em redefinir a malha estrutural, uma vez que a

dimensão foi modificada. Após a duplicação e redefinição da malha estrutural, notou-se que o valor não foi duplicado. Assim, passamos a aumentar a altura do edifício, em método de tentativa.

	Processo	Valor
	<b>Volume inicial</b>	<b>R\$ 104.283,00</b>
Passo 1	Duplicar largura	R\$ 178.034,00
Passo 2	Deletar malha estrutural esquerda	R\$ 171.698,00
Passo 3	Definir malha estrutural esquerda	R\$ 197.040,00
Passo 4	Aumentar 1 m na altura do edifício	R\$ 199.470,00
Passo 5	Aumentar 2 m na altura do edifício	R\$ 204.329,00
Passo 6	Aumentar 2 m na altura do edifício	R\$ 209.189,00
Passo 7	Diminuir 0,50 m na altura do edifício	R\$ 207.974,00
Passo 8	Aumentar 0,30 m na altura do edifício	R\$ 208.703,00
Passo 9	Diminuir 0,04 m na altura do edifício	R\$ 208.605,00
Passo 10	Diminuir 0,02 m na altura do edifício	R\$ 208.557,00
	<b>Volume final (2.000 m<sup>2</sup>)</b>	<b>R\$ 208.557,00</b>

Tabela 6.24: Processo de projeto registrado a partir do DProfiler. *Fonte: Tabela gerada pelo autor por meio do Microsoft Excel.*

O gráfico abaixo mostra a modificação nos custos do edifício de acordo com as modificações da forma.

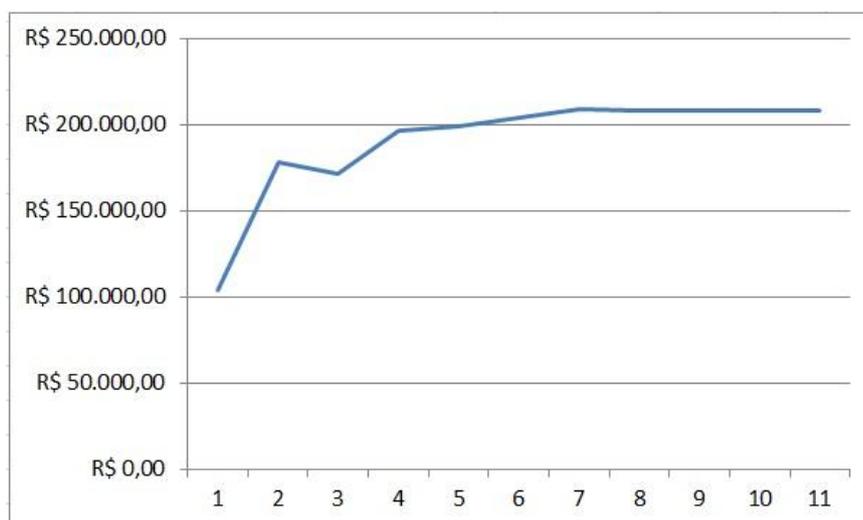


Gráfico 6.13: Variações de valores de acordo com modificação na forma e estrutura do edifício.

*Fonte: Gráfico gerado pelo autor por meio do Microsoft Excel.*

#### 6.4.6.2 Modificando a tipologia: acréscimo de volumes em balanço

Este estudo consta da modificação do edifício inicial a partir de subtração, adição, aumento e diminuição de volumes; apesar das alterações serem aleatórias, partem do senso de estética do autor. A opção de divisão da tela do software permitiu a conferência instantânea dos resultados que eram obtidos a cada modificação. As imagens abaixo mostram todo o processo de modificação da forma para a obtenção do custo desejado, ou seja, o processo de obtenção da forma a partir do desempenho de custos.

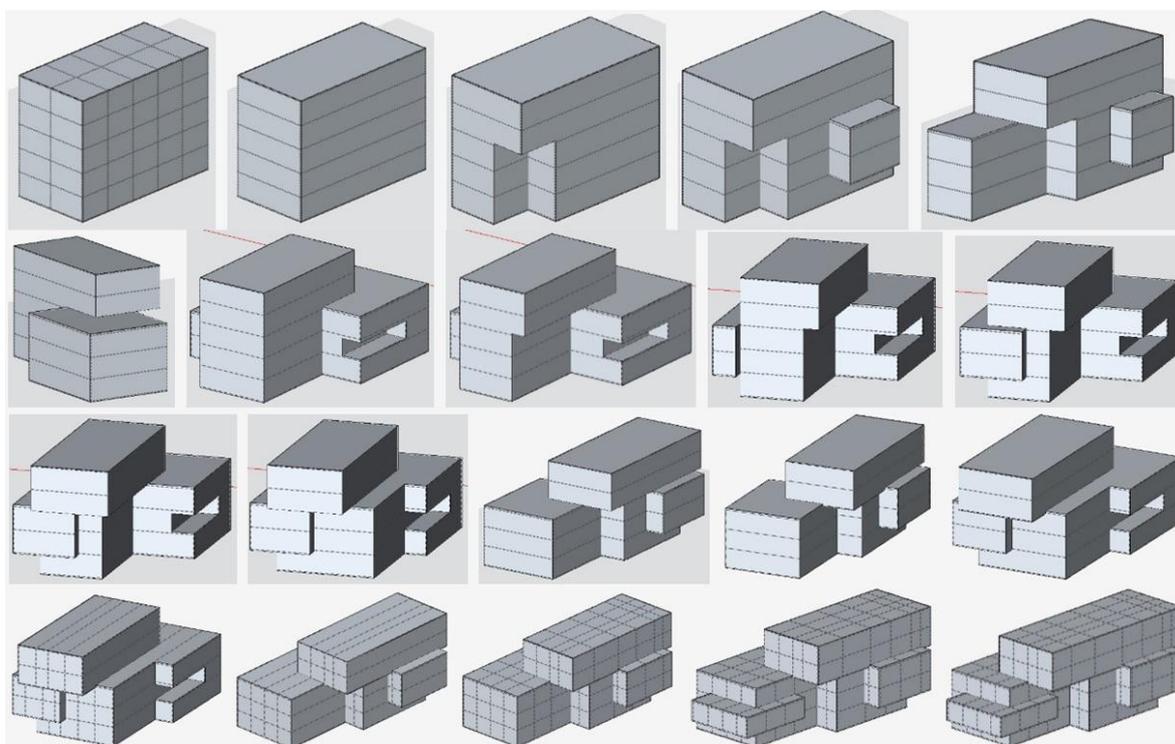


Figura 6.45: Processo de modificação do sólido. Fonte: Sólidos gerados pelo autor a partir do DProfiler.

As imagens a seguir comparam o modelo inicial e o obtido após as modificações, mostrando a maior complexidade do edifício final, que conta com balanços e intersecção de volumes.

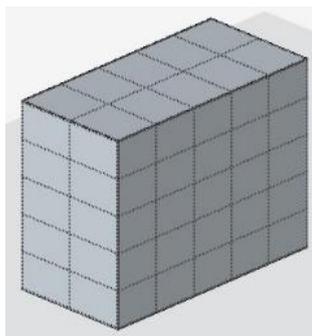


Figura 6.46: Perspectiva do sólido inicial. *Fonte: Sólidos gerados pelo autor a partir do DProfiler.*

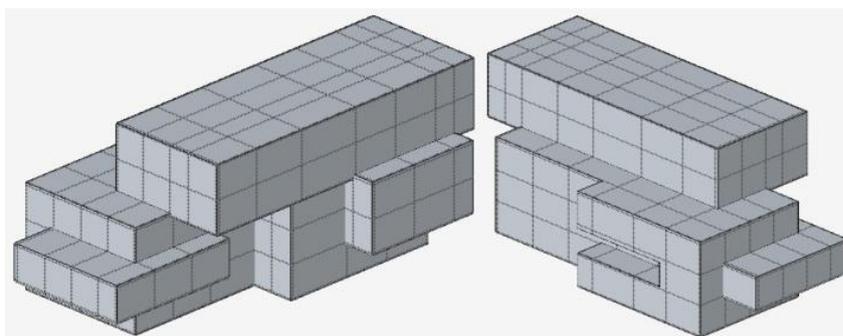


Figura 6.47: Perspectiva do sólido final. *Fonte: Sólidos gerados pelo autor a partir do DProfiler.*

Após a modificação do edifício, as lajes também foram editadas de forma a se estenderem juntamente com o volume em balanço. As imagens abaixo mostram o contrapiso, a laje da cobertura e as lajes intermediárias, após a modificação do edifício.

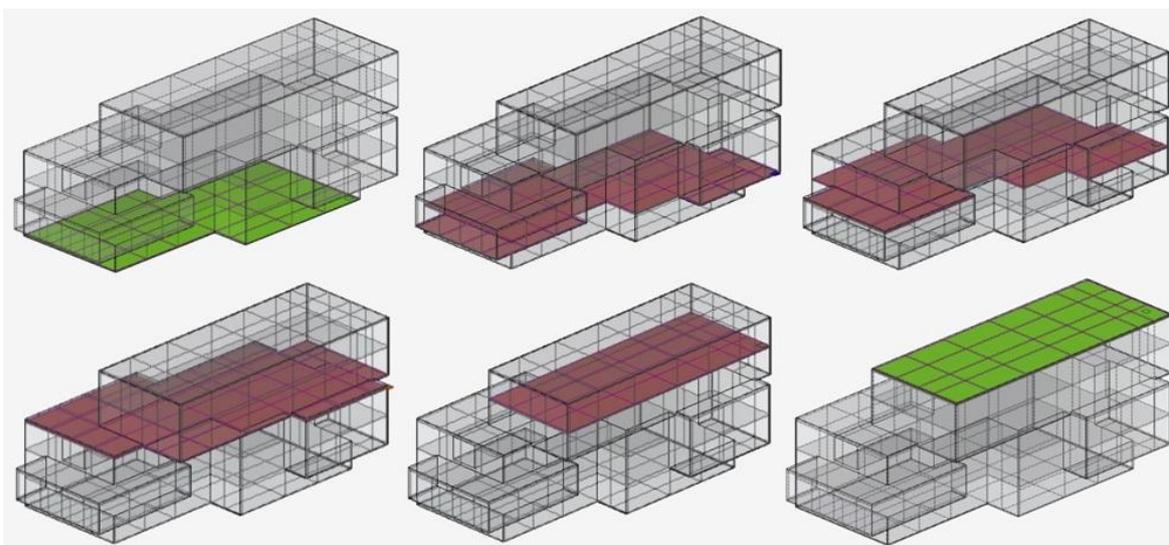


Figura 6.48: Imagens das lajes do sólido modificado.  
*Fonte: Sólidos gerados pelo autor a partir do DProfiler.*

Todo o processo de modificação do sólido durou 17 minutos e foi registrado na tabela a seguir (6.25), mostrando o valor registrado a cada alteração na forma.

	Processo	Valor
	<b>Volume inicial</b>	<b>R\$ 104.283,00</b>
Passo 1	Deletar malha estrutural	R\$ 87.562,00
Passo 2	Subtrair volume	R\$ 82.489,00
Passo 3	Adicionar volume	R\$ 83.254,00
Passo 4	Adicionar volume	R\$ 97.065,00
Passo 5	Adicionar volume	R\$ 115.279,00
Passo 6	Subtrair volume	R\$ 115.279,00
Passo 7	Subtrair volume	R\$ 110.181,00
Passo 8	Aumentar volume	R\$ 111.584,00
Passo 9	Aumentar volume	R\$ 113.477,00
Passo 10	Adicionar volume	R\$ 117.474,00
Passo 11	Aumentar volume	R\$ 129.733,00
Passo 12	Adicionar volume	R\$ 132.367,00
Passo 13	Aumentar laje	R\$ 134.031,00
Passo 14	Aumentar laje	R\$ 136.056,00
Passo 15	Definir malha estrutural esquerda	R\$ 158.771,00
Passo 16	Definir malha estrutural direita	R\$ 191.206,00
Passo 17	Adicionar volume	R\$ 199.913,00
Passo 18	Aumentar volume	R\$ 208.407,00
Passo 19	Aumentar volume	R\$ 208.582,00
	<b>Volume final (2.071 m<sup>2</sup>)</b>	<b>R\$ 208.582,00</b>

Tabela 6.25: Processo de projeto registrado a partir do DProfiler. *Fonte: Tabela gerada pelo autor por meio do Microsoft Excel.*

Na tentativa de utilizar o resultado deste estudo como modelo para outros softwares, como AutoCAD e Google Sketchup, obtivemos algumas respostas e em relação à interoperabilidade entre o DProfiler e eles foram feitas as seguintes considerações:

1. Existe a opção de exportar o sólido desenvolvido no DProfiler somente para o AutoCAD (DWG) e apenas as lajes são exportadas (Figura 6.49).

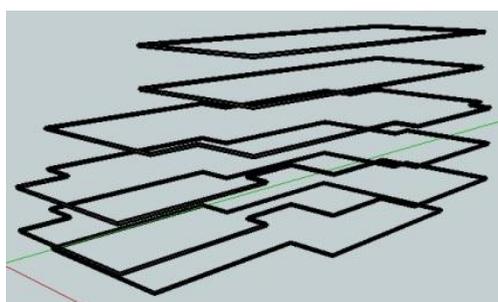


Figura 6.49: Lajes importadas do AutoCAD para o Sketchup. *Fonte: do autor*

2. A proporção permanece, mas a escala não.
3. Para o desenvolvimento do volume no Sketchup 7 é necessário importar do AutoCAD. A partir das lajes, é necessário modificar a escala do volume.
4. Após a modificação da escala, é necessária a construção das lajes, pois somente os limites dessas são importados. Após isso, devem-se construir as paredes, que resultarão no edifício (Figuras 6.50 e 6.51).

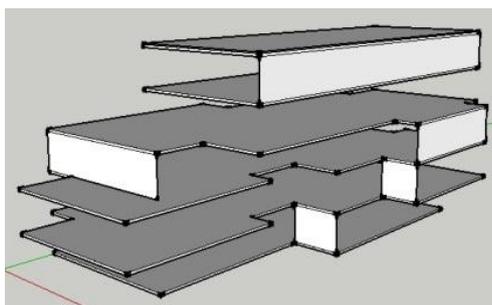


Figura 6.50: Construção do edifício no Sketchup. *Fonte: do autor*

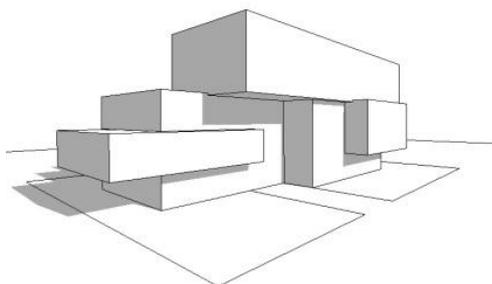


Figura 6.51: Edifício final elaborado no Sketchup. *Fonte: do autor*

5. Após o desenvolvimento da volumetria, o volume pode ganhar um terreno, texturas, sombra e componentes (Figuras 6.52 a 6.53).



Figura 6.52: Edifício final elaborado no Sketchup com adição de texturas e componentes. *Fonte: do autor*



Figura 6.53: Edifício final elaborado no Sketchup com adição de esquadrias e guarda corpos de vidro. *Fonte: do autor.*

Ao elaborarmos o próximo modelo, no qual queríamos acrescentar o item “Vidro temperado verde”, percebemos que deveríamos alocar este elemento nas fachadas de acordo com a posição do edifício no terreno e esta atividade seria manual e não automatizada. Ou seja, deveríamos pensar como as fachadas se comportariam em termos de iluminação e ventilação. Assim, como será visto no próximo modelo, excluimos o item vedação da categoria “*massing*” e partimos para o uso da ferramenta “*cladding*” (revestimento). Ao utilizarmos essa ferramenta, notamos que o valor referente aos tijolos e à argamassa subiu exorbitantemente. Percebemos, então, que a fórmula para estes elementos só poderiam ser utilizadas em caso de edifício que não possuíssem volumes em balanço. Vejamos por que:

A fórmula para tijolos é a seguinte:  $(Height - 0.2) \times Perimeter \times 68$ , na qual *Height* é a altura do edifício, 0,2 é o valor a ser descontado da viga, *Perimeter* é o perímetro total do edifício e 68 é a quantidade de tijolos utilizada em cada metro quadrado de vedação. A fórmula para argamassa também foi calculada proporcionalmente ao seu gasto por metro quadrado de vedação, multiplicando esse valor pelo volume e pelo peso do material.

O problema é que essas fórmulas consideram apenas as modificações do contrapiso, elemento que modifica o perímetro do edifício junto ao chão e não considera a projeção deste no solo. Assim, tivemos que continuar o modelo 6, após a exclusão do item “vedação” da categoria “*massing*” e o uso da ferramenta “*cladding*”.

Ao utilizarmos a ferramenta “cladding”, criamos um novo material, ao qual chamamos de “tijolo/argamassa”. Este item teve o valor modificado a partir do acréscimo dos itens “tijolo cerâmico” e “argamassa”, que já tinham valores definidos (Figura 6.54). O que fizemos foi modificar a fórmula destes itens, considerando, então, a área de cada revestimento multiplicada pela quantidade necessária de tijolo ou argamassa.

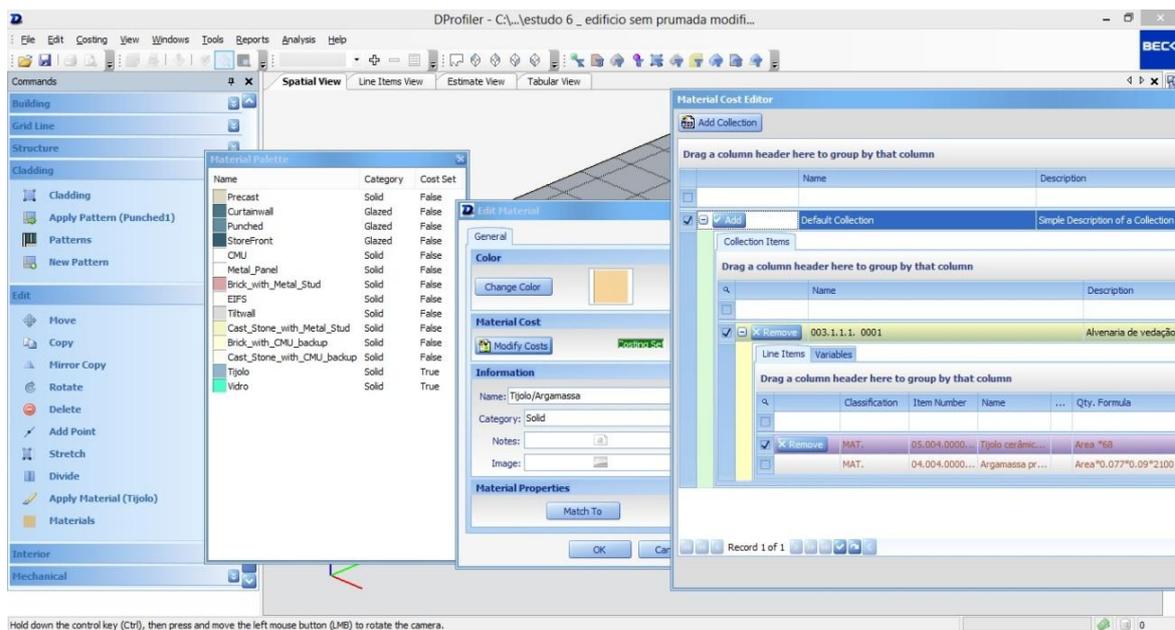


Figura 6.54: Caminho para edição do material utilizado na fachada do edifício. Fonte: do autor.

Segue abaixo a tabela 6.26, com os valores finais de cada item e o valor total da construção, após a utilização da ferramenta “cladding”.

Division	Description	Quantity	Unit	Unit Price	Cost	Cost / Area
Estimate Name: Cost Estimate Estimate Number: EST - 030540 DProfiler 2/4/2014						
TODOS	TODOS					
MAT.	MATERIAL					
0001.Concreto	Areia, Brita e Cimento	303.79	M2	R\$ 187.44	R\$ 56,941.90	R\$ 31.54
0002.Aco	Barra de Aço_ 5/16_4.2	7,569.50	KG	R\$ 4.40	R\$ 33,305.79	R\$ 18.45
0003.Laje	Laje Pre-moldada (Lajotas + Vigotas) vao ate 5 m	2,023.43	M2	R\$ 36.21	R\$ 73,268.36	R\$ 40.58
0005.Aco	Tela de aço CA-60 soldada tipo Q 92 tipo da malha quadrangular	3,570.64	KG	R\$ 5.52	R\$ 19,709.95	R\$ 10.92
04.004.000007.MAT	Argamassa pré-fabricada para assentamento de alvenaria	19,873.23	KG	R\$ 0.45	R\$ 8,942.95	R\$ 4.95
05.004.000006.MAT	Tijolo cerâmico (altura: 57 mm / comprimento: 190 mm)	92,859.19	UN	R\$ 0.19	R\$ 17,643.25	R\$ 9.77
Total - MATERIAL					R\$ 209,812.20	R\$ 116.21
<b>Total - TODOS</b>					<b>R\$ 209,812.20</b>	<b>R\$ 116.21</b>
<b>Subtotal Direct Cost</b>					<b>R\$ 209,812.20</b>	<b>R\$ 116.21</b>

Tabela 6.26: Tabela mostrando os valores dos itens do edifício após a utilização da ferramenta cladding. Fonte: Tabela gerada pelo autor a partir do DProfiler.

Após as alterações, notamos que o valor final ultrapassava o orçamento em 1.300,00 reais. Assim, fizemos uma última alteração, diminuindo um dos lados do edifício em um metro. Essa alteração modificou os revestimentos automaticamente, alterando os valores de argamassa e tijolos no orçamento. Assim, a tabela final (6.27) apresentada abaixo mostra o desempenho de custos deste modelo, atendendo ao valor de 208.500,00 reais.

Division	Description	Quantity	Unit	Unit Price	Cost	Cost / Area
Estimate Name: Cost Estimate Estimate Number: EST - 030540 <span style="float: right;">             2/4/2014         </span>						
<b>TODOS</b>	<b>TODOS</b>					
<b>MAT.</b>	<b>MATERIAL</b>					
0001.Concreto	Areia, Brita e Cimento	301.34	M2	R\$ 187.44	R\$ 56,482.80	R\$ 31.75
0002.Aco	Barras de Aco_ 5/16_4.2	7,551.80	KG	R\$ 4.40	R\$ 33,227.91	R\$ 18.68
0003.Laje	Laje Pre-moldada (Lajotas + Vigotas) vao ate 5 m	2,011.64	M2	R\$ 36.21	R\$ 72,841.59	R\$ 40.95
0005.Aco	Tela de aço CA-60 soldada tipo Q 92 tipo da malha quadrangular	3,530.46	KG	R\$ 5.52	R\$ 19,488.16	R\$ 10.96
04.004.000007.MAT	Argamassa pré-fabricada para assentamento de alvenaria	19,786.50	KG	R\$ 0.45	R\$ 8,903.93	R\$ 5.01
05.004.000006.MAT	Tijolo cerâmico (altura: 57 mm / comprimento: 190 mm)	92,453.93	UN	R\$ 0.19	R\$ 17,566.25	R\$ 9.88
Total - MATERIAL					R\$ 208,510.65	R\$ 117.22
<b>Total - TODOS</b>					<b>R\$ 208,510.65</b>	<b>R\$ 117.22</b>
<b>Subtotal Direct Cost</b>					<b>R\$ 208,510.65</b>	<b>R\$ 117.22</b>

Tabela 6.27: Tabela mostrando os valores dos itens do edifício após edição do volume do edifício.

*Fonte: Tabela gerada pelo autor a partir do DProfiler.*

O gráfico abaixo (6.13) mostra a variação dos valores de acordo com as modificações na forma e configurações do edifício, mostrando o processo de tentativa do autor de chegar a um desempenho de custos satisfatório, restrição definida antes de qualquer especulação formal.



Gráfico 6.14: Variações de valores de acordo com modificação na forma e configurações do edifício. Fonte: Gráfico gerado pelo autor por meio do Microsoft Excel.

A imagem abaixo (6.55) mostra o edifício após a utilização da adição de material em sua fachada, na qual a cor marrom representa a vedação.

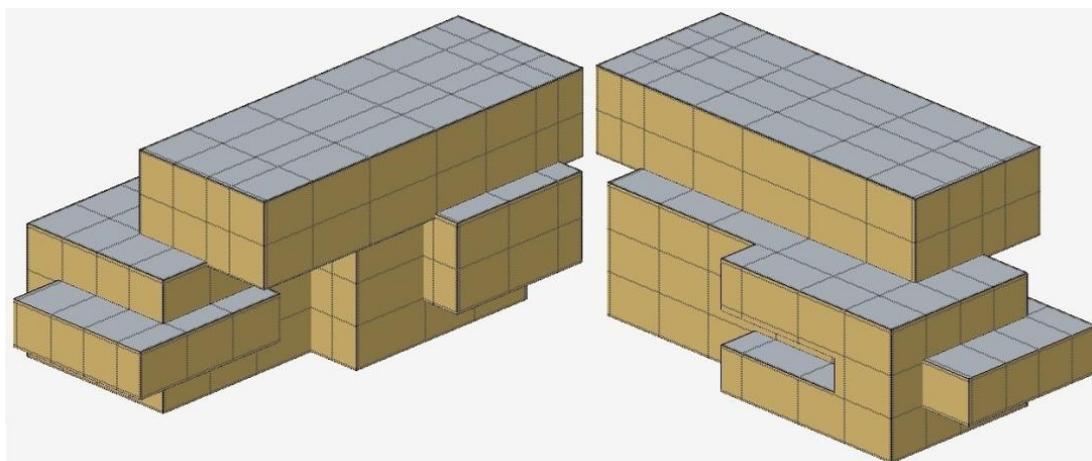


Figura 6.55: Edifício final. Fonte: Sólido gerado pelo autor a partir do DProfiler.

Caso fôssemos considerar vidros nas fachadas, conforme foi representado na imagem ilustrativa 6.68, produzida no Google Sketchup 8, deveríamos apagar todos os revestimentos e locar as esquadrias. Somente após a locação de todas as esquadrias, poderíamos preencher os espaços restantes com tijolo/argamassa. Isto é o que faremos no próximo modelo.

### 6.4.7 Modelo 7: Elaboração da forma arquitetônica a partir dos custos com acréscimo de elementos de fachada

Para este estudo, adotamos o mesmo sólido inicial do modelo 5, considerando como restrição orçamentária o dobro do valor final obtido: 273.300,00 reais. Neste caso, consideramos o acréscimo de mais um elemento de fachada: as esquadrias de vidro. A restrição em relação à locação das esquadrias está diretamente ligada à posição do sol. Neste caso, as fachadas leste e sul teriam a maior superfície de vidro, enquanto as fachadas oeste e norte receberiam somente o volume de esquadrias indispensável. Assim, partimos para a modificação do sólido e analisamos as alterações diretas no custo final do edifício. As alterações no sólido inicial foram feitas com objetivo de gerar volumes interseccionados e em balanço, a partir de subtração, adição, aumento e diminuição de superfícies. As imagens abaixo mostram parte do processo de modificação do sólido inicial até a obtenção do sólido final.

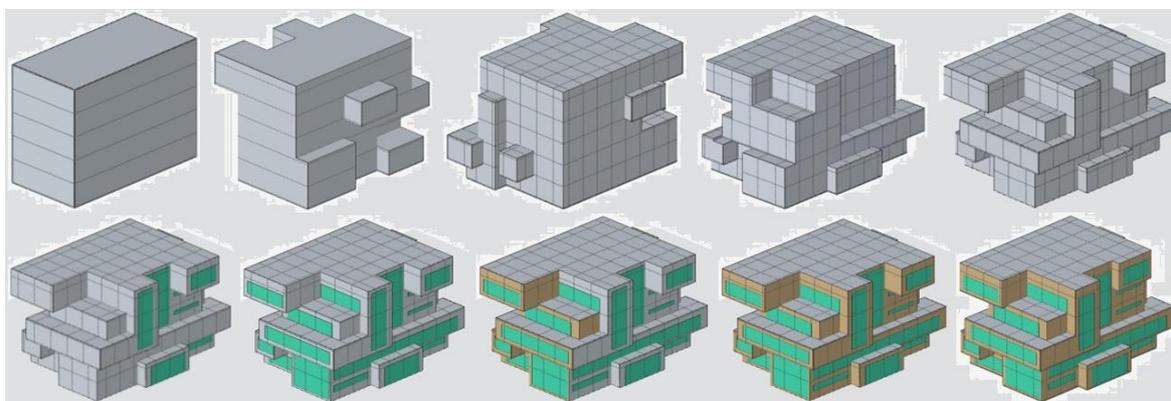


Figura 6.56: Processo de modificação do sólido. *Fonte: Sólidos gerados pelo autor a partir do DProfiler.*

Este processo levou 1 hora e 12 minutos e foi composto por 149 passos até a obtenção do desempenho de custos definido. A tabela abaixo registra todo este processo (Apêndice 7, em formato A3).

Processo			Valor	Processo			Processo		
Passos	Ação	Volume inicial =	R\$ 104.283	Passos	Ação	Valor	Passos	Ação	Valor
Passo 1	retirar estrutura		R\$ 76.555	Passo 51	adicionar volume	R\$ 162.324	Passo 101	acrescimo de vedação	R\$ 254.345
Passo 2	retirar vedacao de massing		R\$ 59.266	Passo 52	diminuir volume	R\$ 161.945	Passo 102	acrescimo de vedação	R\$ 254.810
Passo 3	adicionar volume		R\$ 60.368	Passo 53	adicionar volume	R\$ 163.722	Passo 103	acrescimo de vedação	R\$ 255.098
Passo 4	adicionar volume		R\$ 67.415	Passo 54	adicionar volume	R\$ 166.423	Passo 104	acrescimo de vedação	R\$ 255.247
Passo 5	adicionar volume		R\$ 70.940	Passo 55	diminuir volume	R\$ 165.684	Passo 105	acrescimo de vedação	R\$ 255.833
Passo 6	subtrair volume		R\$ 69.678	Passo 56	acrescimo de volume	R\$ 168.887	Passo 106	acrescimo de vedação	R\$ 256.002
Passo 7	subtrair volume		R\$ 68.155	Passo 57	subtrair volume	R\$ 162.179	Passo 107	acrescimo de vedação	R\$ 256.456
Passo 8	adicionar volume		R\$ 72.076	Passo 58	diminuir volume	R\$ 159.533	Passo 108	acrescimo de vedação	R\$ 258.667
Passo 9	adicionar volume		R\$ 75.168	Passo 59	acrescimo de volume	R\$ 161.678	Passo 109	acrescimo de vedação	R\$ 258.831
Passo 10	aumento da altura da cobertura		R\$ 76.501	Passo 60	acrescimo de volume	R\$ 164.933	Passo 110	acrescimo de vedação	R\$ 258.933
Passo 11	adicionar volume		R\$ 78.567	Passo 61	acrescimo de volume	R\$ 167.233	Passo 111	acrescimo de vedação	R\$ 259.282
Passo 12	adicionar volume		R\$ 77.478	Passo 62	acrescimo de volume	R\$ 172.641	Passo 112	acrescimo de vedação	R\$ 259.364
Passo 13	adicionar volume		R\$ 79.980	Passo 63	acrescimo de esquadria	R\$ 173.654	Passo 113	acrescimo de vedação	R\$ 259.523
Passo 14	adicionar volume		R\$ 81.345	Passo 64	acrescimo de esquadria	R\$ 174.071	Passo 114	acrescimo de vedação	R\$ 259.904
Passo 15	adicionar volume		R\$ 82.567	Passo 65	acrescimo de esquadria	R\$ 175.377	Passo 115	acrescimo de vedação	R\$ 260.297
Passo 16	aumento de volume		R\$ 86.905	Passo 66	acrescimo de esquadria	R\$ 178.282	Passo 116	acrescimo de vedação	R\$ 260.421
Passo 17	subtrair volume		R\$ 85.199	Passo 67	acrescimo de esquadria	R\$ 180.769	Passo 117	acrescimo de vedação	R\$ 260.552
Passo 18	adicionar volume		R\$ 90.177	Passo 68	acrescimo de esquadria	R\$ 181.923	Passo 118	acrescimo de vedação	R\$ 260.690
Passo 19	aumento de volume		R\$ 92.332	Passo 69	acrescimo de esquadria	R\$ 184.109	Passo 119	acrescimo de vedação	R\$ 260.913
Passo 20	adicionar malha lateral direita		R\$ 108.167	Passo 70	acrescimo de esquadria	R\$ 184.978	Passo 120	acrescimo de vedação	R\$ 261.134
Passo 21	adicionar malha lateral esquerda		R\$ 129.341	Passo 71	acrescimo de esquadria	R\$ 185.594	Passo 121	acrescimo de vedação	R\$ 261.657
Passo 22	aumento de volume		R\$ 130.244	Passo 72	acrescimo de esquadria	R\$ 186.634	Passo 122	acrescimo de vedação	R\$ 262.232
Passo 23	adicionar volume		R\$ 132.678	Passo 73	acrescimo de esquadria	R\$ 187.089	Passo 123	acrescimo de vedação	R\$ 262.617
Passo 24	aumento de volume		R\$ 132.009	Passo 74	acrescimo de esquadria	R\$ 187.913	Passo 124	acrescimo de vedação	R\$ 265.513
Passo 25	aumento de volume		R\$ 133.677	Passo 75	acrescimo de esquadria	R\$ 189.142	Passo 125	acrescimo de vedação	R\$ 266.474
Passo 26	adicionar volume		R\$ 136.990	Passo 76	acrescimo de esquadria	R\$ 189.769	Passo 126	acrescimo de vedação	R\$ 266.595
Passo 27	aumento de volume		R\$ 135.788	Passo 77	acrescimo de esquadria	R\$ 192.356	Passo 127	acrescimo de vedação	R\$ 266.958
Passo 28	adicionar volume		R\$ 137.880	Passo 78	acrescimo de esquadria	R\$ 192.977	Passo 128	acrescimo de vedação	R\$ 267.115
Passo 29	diminuir volume		R\$ 137.500	Passo 79	acrescimo de esquadria	R\$ 193.594	Passo 129	acrescimo de vedação	R\$ 267.533
Passo 30	adicionar volume		R\$ 139.670	Passo 80	acrescimo de esquadria	R\$ 195.043	Passo 130	acrescimo de vedação	R\$ 267.920
Passo 31	adicionar volume		R\$ 141.135	Passo 81	acrescimo de esquadria	R\$ 203.510	Passo 131	acrescimo de vedação	R\$ 268.112
Passo 32	aumento de volume		R\$ 142.333	Passo 82	acrescimo de esquadria	R\$ 209.320	Passo 132	acrescimo de vedação	R\$ 268.574
Passo 33	aumento de volume		R\$ 143.509	Passo 83	acrescimo de esquadria	R\$ 213.678	Passo 133	acrescimo de vedação	R\$ 268.841
Passo 34	aumento de volume		R\$ 144.008	Passo 84	acrescimo de esquadria	R\$ 223.558	Passo 134	acrescimo de vedação	R\$ 269.071
Passo 35	diminuir volume		R\$ 143.690	Passo 85	acrescimo de esquadria	R\$ 224.789	Passo 135	acrescimo de vedação	R\$ 269.609
Passo 36	aumento de volume		R\$ 144.568	Passo 86	acrescimo de esquadria	R\$ 226.020	Passo 136	acrescimo de vedação	R\$ 269.722
Passo 37	aumento de volume		R\$ 145.877	Passo 87	acrescimo de esquadria	R\$ 228.922	Passo 137	acrescimo de vedação	R\$ 269.834
Passo 38	diminuir volume		R\$ 144.977	Passo 88	acrescimo de esquadria	R\$ 236.189	Passo 138	acrescimo de vedação	R\$ 270.741
Passo 39	adicionar volume		R\$ 147.680	Passo 89	acrescimo de esquadria	R\$ 241.578	Passo 139	acrescimo de vedação	R\$ 271.033
Passo 40	aumento de volume		R\$ 150.876	Passo 90	acrescimo de esquadria	R\$ 245.489	Passo 140	acrescimo de vedação	R\$ 271.245
Passo 41	diminuir volume		R\$ 148.777	Passo 91	acrescimo de esquadria	R\$ 248.933	Passo 141	acrescimo de vedação	R\$ 271.553
Passo 42	aumento de volume		R\$ 149.995	Passo 92	acrescimo de vedação	R\$ 251.832	Passo 142	acrescimo de vedação	R\$ 272.478
Passo 43	subtrair volume		R\$ 144.154	Passo 93	acrescimo de vedação	R\$ 252.498	Passo 143	adicao da ultima janela	R\$ 281.644
Passo 44	aumento de volume		R\$ 167.004	Passo 94	acrescimo de vedação	R\$ 252.689	Passo 144	dimuicao de 2m no volume	R\$ 278.708
Passo 45	aumento de volume		R\$ 173.567	Passo 95	acrescimo de vedação	R\$ 252.813	Passo 145	dimuicao de 1 m no volume	R\$ 277.984
Passo 46	diminuir volume		R\$ 172.792	Passo 96	acrescimo de vedação	R\$ 252.998	Passo 146	dimuicao de 2 m no volume	R\$ 275.817
Passo 47	subtrair volume		R\$ 165.149	Passo 97	acrescimo de vedação	R\$ 253.111	Passo 147	edicao dos revestimentos e esquadrias	R\$ 273.907
Passo 48	aumento de volume		R\$ 167.654	Passo 98	acrescimo de vedação	R\$ 253.189	Passo 148	diminuicao da superficie de uma janela	R\$ 273.567
Passo 49	diminuir volume		R\$ 165.912	Passo 99	acrescimo de vedação	R\$ 253.312	Passo 149	diminuicao da superficie de uma janela	R\$ 273.316
Passo 50	diminuir volume		R\$ 160.911	Passo 100	acrescimo de vedação	R\$ 253.598			

Tabela 6.28: Processo de projeto registrado a partir do DProfiler. *Fonte: Tabela gerada pelo autor por meio do Microsoft Excel.*

A partir desta tabela, geramos o gráfico abaixo (6.14), mostrando a variação dos valores do edifício de acordo com as alterações em suas configurações.

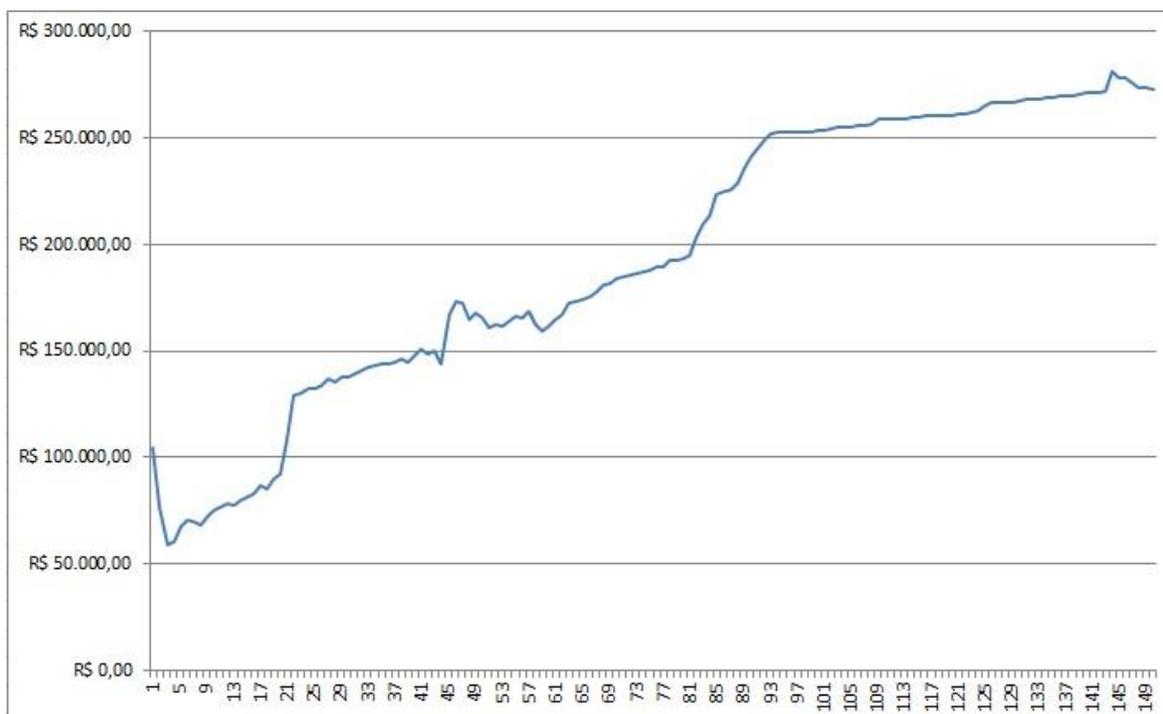


Gráfico 6.15: Variações de valores de acordo com modificação na forma e configurações do edifício. Fonte: Gráfico gerado pelo autor por meio do Microsoft Excel.

Ao observarmos o gráfico acima, notamos que os sessenta primeiros passos são mais especulativos do que os oitenta e nove passos restantes. Isso ocorreu devido às modificações feitas na forma, tanto em adições e aumentos, quanto em diminuições e subtrações de volumes, o que é representado no gráfico por altos e baixos. A partir de um nível de satisfação formal, o passo 62 finaliza a conjectura volumétrica e, a partir daí, do passo 63 ao 91, foram locadas todas as esquadrias, atendendo a requisitos estéticos e de bom desempenho de insolação e ventilação. Os próximos cinquenta passos dizem respeito à adição de vedação das faces, completando as faces que já possuíam esquadrias. Apenas os últimos seis passos dizem respeito à adequação final da forma do edifício ao orçamento inicial.

## 6.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MODELOS DESENVOLVIDOS

No caso desse último estudo, embora tenhamos partido do princípio de seguir o desempenho de custos, se tivermos apenas um modelo como resposta ao processo de “encontrar a forma”, ainda falta o questionamento sobre a satisfação desta forma com relação a outros critérios, entre eles, estéticos, estruturais e de adequação ao programa de necessidades. Este processo, que demorou setenta e dois minutos, poderia levar mais ou menos tempo, dependendo dos critérios a serem considerados. Para um processo de análise mais consistente, deveríamos elaborar vários modelos a partir do inicial e depois testá-los mediante critérios específicos, neste caso estaríamos “selecionando a forma mais adequada”.

Como estamos analisando a influência do custo na forma final, não consideramos os itens fluxograma, programa de necessidades e nem mesmo a finalidade do edifício. Dependendo do tipo de atividade a ser desenvolvida no edifício, esta forma final pode ser insuficiente ou ineficiente. Colocamos esta questão para esclarecer que esse trabalho é um estudo exclusivo da forma arquitetônica. Assim, pontuamos que, para alcançar o desempenho de custos de um edifício, é necessário considerar muitas restrições, entre elas, tipo de solo e estrutura, carga final do edifício, programa de necessidades, fluxograma, ventilação e iluminação, o que seria impossível em uma pesquisa de mestrado. Nossa intenção, assim, foi responder ao objetivo da pesquisa e testar a veracidade da nossa hipótese, ainda que nosso desejo seja dar respostas mais substanciais à questão do desempenho de custos.

O que também deve ser pensado na forma do edifício, ao considerarmos iluminação e ventilação naturais, é a suposta necessidade de fossos internos, pois dependendo do tipo da locação dos ambientes ou circulações, alguns deles podem ficar prejudicados em relação a esses critérios.

Assim, após a locação dos ambientes no sólido, talvez seja necessário reajustes na forma final.

Outra questão diz respeito a não considerar os elementos de circulação vertical. Para uma maior precisão, deveríamos calcular os gastos com escada ou rampa, pois tratam-se de elementos construtivos, diferentes dos elevadores que são elementos mecânicos, locados após a conclusão da fundação, da estrutura e vedação. Isso não foi feito devido à escassez de tempo e devido à falta de um banco de dados próprio no software que fornecesse os valores de tais elementos.

Para que fossem considerados, deveríamos calcular quantidade de pisos e altura de espelhos, para depois calcularmos o orçamento referente a eles. O software, no entanto, permite a criação de fórmulas que façam com que os elementos de circulação vertical sejam dimensionados automaticamente, mas precisaríamos de um estudo destes elementos para uma maior fidelidade de orçamentos.

Acreditamos que várias categorias de desempenhos do edifício estão relacionadas diretamente com o seu custo, refletido no consumo energético ou em sua sustentabilidade. Falamos aqui de maior gasto energético com ventiladores, aparelhos de ar condicionado, sistemas de iluminação, gastos com reparos em problemas gerados pelo excesso de umidade ou mesmo diminuição de produtividade de uma equipe que trabalha em ambiente que gera mal-estar, influenciando na rentabilidade do negócio ali instalado.

Acreditamos que muito deve ser pesquisado em relação aos variados tipos de desempenhos do edifício, pois é a performatividade do objeto arquitetônico final que é considerada na utilização deste. Ao percorrermos ou habitarmos o interior de um edifício, podemos sentir calor ou frio, sermos perturbados pelo som produzido no exterior ou acalmados pelo silêncio interno. Podemos experimentar o bem-estar proporcionado por um ambiente iluminado e bem ventilado no qual a renovação do ar é constante ou o mal-estar de um ambiente escuro cheirando a mofo. Este “vivenciar” o edifício tem o poder de classificá-lo como uma boa ou má arquitetura.

# CAPÍTULO 7

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

### 7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A introdução da informática no processo de projeto arquitetônico, vista no capítulo 3, gerou uma primeira alteração na prática profissional, com o processo de adesão pelos profissionais aos primeiros sistemas CAD, quebrando o paradigma da representação. Hoje, entretanto, esses sistemas respondem quase pela totalidade da prática contemporânea dos projetistas. Como visto, porém, somente mais tarde, com a inclusão de outras ferramentas computacionais, é que foi sendo modificada a forma como o processo de projeto ocorria. Hoje, a tecnologia permite a execução de formas mais complexas e dinâmicas.

O importante a ressaltar é que por mais ousado que o projeto seja, por mais poético, inovador ou complexo trata-se de um investimento financeiro. Ainda que se pretenda o desenvolvimento de uma arquitetura que surpreenda e emocione, ressaltamos que viabilizar um investimento, quer seja grande ou pequeno, é também papel do arquiteto. Assim, além de ser o criador e o organizador, ele deve ser também o facilitador, desde a concepção até a construção.

A prática atual do processo de projeto, relembrando o paradigma “conjectura e teste”, que acreditamos estar consolidado, faz com que o partido arquitetônico poucas vezes caminhe junto com os dados orçamentários da futura

obra. Começa-se com traços, volumes, plantas baixas ou manchas que delimitam setores. Começa-se ainda por fluxograma ou pela orientação solar. Após um estudo preliminar, definem-se alturas, estruturas e, raras vezes, tipologia estrutural ou construtiva. Partindo para o anteprojeto e o posterior projeto executivo, são detalhados os itens construtivos, que incluem esquadrias, forro, pintura, paginações e bancadas; e quanto ao detalhamento dos sistemas, elaboram-se os mais diversos projetos: estrutural, elétrico, hidrossanitário, lógico, de segurança, de incêndio, luminotécnico, de mobiliário, etc. Geralmente, após a conclusão do projeto ou mesmo a partir de um anteprojeto bem detalhado é elaborado o orçamento de tal obra. Esse caminho parece ir do todo para as partes. Ou de cima para baixo (Top/Down), conforme figura abaixo.



Figura 7.1: Abordagem Top/Down do processo de projeto arquitetônico. *Fonte: Figura gerada pelo autor por meio do Microsoft Power Point.*

A partir da estrutura conceitual do trabalho, pudemos elucidar várias tipologias de processo de projeto contemporâneo, entre elas o Modelo Performativo; e obtivemos também pistas valiosas para compreender diferenças entre métodos de Projeto Performativo e como tais métodos contribuem para a

geração da forma. Os estudos de caso mostraram que forças como luz natural, acústica, temperatura e carga estrutural, entre outros, eram desempenhos que guiavam a geração ou otimização da forma, refletindo não somente questões de conforto ambiental, mas também de eficiência energética, sustentabilidade e economia de recursos.

A partir dos modelos 6 e 7, modelos utilizados para comprovar nossa hipótese, o que a pesquisa acabou fazendo foi inverter esse processo, pois a partir da necessidade de alimentar o software com todas as informações necessárias relativas a custos, parametrização e itens construtivos, chega-se a um caminho que vai das partes ao todo ou de baixo para cima (Bottom/Up). Nesta abordagem, a tecnologia construtiva, a implantação no terreno e os elementos a serem empregados em cada etapa da obra são de suma importância desde o momento da concepção projetual. Nesse sentido, o partido arquitetônico, ainda que possa surgir de traços ou volumetrias iniciais, não existe antes da consideração dos componentes da futura edificação.

Assim, considerando os resultados obtidos, a hipótese do trabalho de que *“é possível produzir uma forma arquitetônica que atenda diretamente aos requisitos de desempenho de custos, seguindo determinada linguagem formal, aliando custos e intenção projetual na fase inicial do projeto”* foi validada, pois nossos resultados sugerem que o projeto concebido por meio do uso do software DProfiler alcançou uma boa resposta com relação ao desempenho de custos e atendeu ao objetivo principal do trabalho que era a elaboração desta forma arquitetônica baseada em custo. Além, é claro, de atender ao objetivo específico que foi analisar como questões de desempenho de custos poderiam influenciar na concepção do projeto arquitetônico e da forma arquitetônica.

Pela análise do processo de projeto utilizado nos modelos 6 e 7, observamos que essa experiência foi caracterizada por um processo digital de sequências de decisão parcialmente automatizadas, pois não utilizamos nenhum croqui à mão livre ou desenhos iniciais feitos a partir de outros softwares. Todas as decisões foram tomadas dentro de uma plataforma MacroBIM, todas oferecidas pelo DProfiler, software que se mostrou amigável, demonstrando

também que o projetista não necessita mudar suas estruturas cognitivas e incorporar novas habilidades e que práticas de projeto baseadas no modelo performativo são viáveis de serem implementadas dentro do estágio tecnológico atual.

Já o objetivo específico de “*analisar como forma, tipologia e estrutura do edifício podem influenciar no custo final da obra*” foi alcançado no desenvolvimento dos modelos 1, 2, 3, 4 e 5. Neles pudemos analisar como a tipologia, a forma, as dimensões, a disposição dos ambientes no terreno e a estrutura influenciaram o custo final da obra.

O tipo de análise que fizemos utilizando o DProfiler seria extremamente trabalhoso caso fôssemos utilizar tabelas de cálculo de outros softwares ou mesmo a junção de softwares distintos. Ainda que o objetivo deste trabalho não seja validar o software estudado, ter um software como o DProfiler, que alia desenvolvimento da forma aos custos, fazendo ainda que isso aconteça instantaneamente, fez-nos concluir que ele não é simplesmente um sistema de avaliação dos custos resultantes das formas propostas, mas também uma ferramenta essencial de transformação da prática arquitetônica, visando a eficiência energética, a economia dos meios e a sustentabilidade.

Com relação ao método de investigação, podemos fazer as seguintes considerações: 1. *Quantidade de passos para o desenvolvimento do projeto*: observando os dois últimos modelos, infere-se que está diretamente ligada à complexidade da forma e aos itens construtivos a serem considerados. 2. *Rapidez e quantidade de avaliações*: os modelos desenvolvidos, pelo fato de estarmos considerando apenas a forma arquitetônica, obtiveram resultados formais rápidos e um pequeno número de avaliações. 3. *Nível de automatização e otimização*: a automatização em relação à obtenção dos resultados de custos foi total, pois o software calculava automaticamente o orçamento a cada alteração na forma; as alterações, no entanto, partiram de uma ação externa do arquiteto, assim, não foram automáticas, e sim especulativas; a otimização esteve presente em todo o processo e foi gradual até a obtenção da otimização final, que objetivava o desempenho de custos. 4. *Negação ou conformidade com o paradigma*

“*conjectura e teste*”: esta questão é a mais complexa, uma vez que, ainda que tenhamos partido de modificações aleatórias da forma, elas foram feitas no objetivo de alcançar um desempenho específico. Entretanto, partindo da análise dos gráficos dos modelos 6 e 7, nota-se que a alteração formal não era testada, era apenas considerada para a próxima alteração. Ou seja, cada modificação considerava a alteração anterior, em um processo que deixa de ser mais especulativo quando se aproxima de sua finalização.

No que tange ao desempenho de custos da construção, ainda que tenhamos levado em consideração apenas fundação, estrutura e vedação, sabemos que grande parte do consumo de uma obra está relacionada ao tipo de acabamento desejado. Entretanto, para um estudo no qual o desempenho de custos deva ser considerado desde os processos de escavação até a instalação dos sistemas de proteção contra incêndio, segurança, iluminação e automação, não precisaremos recorrer a softwares de plataforma MicroBIM. Isso porque softwares como o DProfiler, como já citado, oferecem respostas dentro de uma plataforma MacroBIM, desde que seja feita a configuração ideal de seu banco de dados e o correto manuseio das suas ferramentas disponíveis. Vale lembrar que o resultado final pode ser bem próximo ao da realidade, como visto no modelo 1.

Além disso, o software dá a possibilidade de se obter um grande número de soluções a partir de um conjunto pequeno de informações. Dessa forma, um único arquiteto poderia, em um curto espaço de tempo, desenvolver um universo diversificado de soluções arquitetônicas, viabilizando dessa maneira a escolha da melhor ou mais adequada forma, todas elas, seguindo o mesmo padrão de orçamento. Caso o orçamento variasse, para mais ou para menos, o projetista poderia partir da forma final para fazer novas modificações, até chegar à forma mais ou menos complexa ou maior ou menor, considerando o novo orçamento.

Tal preocupação com o custo norteando a elaboração da forma é particularmente sensível à realidade de um país emergente como o Brasil, que tem na construção civil um dos pilares de seu crescimento econômico. Obras de

infraestrutura urbana de grande escala patrocinadas pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) I e II ou exigidas por megaeventos como a Copa do Mundo de Futebol em 2014 e os Jogos Olímpicos de Verão em 2016 ganham constante espaço na mídia, principalmente pelo fato de que durante suas execuções, tais projetos vivem uma rotina de revisões orçamentárias, que ao final, não raro, torna tais obras até duas vezes mais caras do que os orçamentos iniciais previram. Óbvio que nesse caso dificilmente são abandonadas, pois contam com o aporte aparentemente infinito de recursos advindos do bolso do contribuinte. Mas precisaríamos gastar tanto? Claro que não, o presente trabalho vem justamente mostrar que o custo pode e deve ser debatido antes da concepção da forma e que deve ser um importante orientador das ações do projetista, não limitando seu potencial criativo, mas apenas adequando-o à realidade orçamentária do projeto.

Ainda dentro do contexto de emergência econômica do Brasil, é importante lembrar que os arquitetos brasileiros começam agora a trabalhar com uma nova gama de clientes, os mais de 40 milhões de cidadãos que chegaram à classe C (Instituto CETELEM BGN) e que graças a programas de incentivo governamental, como o “Minha Casa, Minha Vida”, terão condições de construir sua casa própria. Não estamos aqui falando de um número pouco expressivo de moradias e muitos menos daquelas habitações construídas de forma precária a partir do esforço coletivo de amigos e parentes, estamos falando sim é de mais de três milhões de moradias que requerem projeto para serem financiadas ([www.minhacasaminhavidacom.com](http://www.minhacasaminhavidacom.com)). Essas mais de três milhões de habitações possuem uma característica em comum: orçamento limitado e rigidamente controlado pelas instituições financeiras financiadoras. Sendo assim, fica evidente a importância de se poder contar com ferramentas que permitam oferecer a essas pessoas um projeto adequado ao seu orçamento, que não poderá nesse caso contar com aportes extras de dinheiro, como ocorrem nas obras públicas sempre que necessário.

No mais, fica ressaltada também a utilidade de se pensar no custo antes de partir para os devaneios da forma quando se pensa em sustentabilidade. Sabe-se, infelizmente, que os custos relacionados a tornar um projeto

ecologicamente sustentável são normalmente expressivos, pois muitas tecnologias ainda são onerosas e têm impacto significativo no orçamento final do projeto. Sendo assim, na intenção de trabalhar em busca de sustentabilidade em suas obras, será extremamente útil ao projetista poder contar com uma ferramenta capaz de lhe mostrar quais são os recursos de que poderá dispor para tornar seu projeto ambientalmente menos agressivo, respeitando os limites orçamentários propostos.

## 7.2 DESAFIOS E SUGESTÕES

Entre os desafios na utilização das ferramentas do DProfiler, citamos a junção entre ele e outros softwares de análise de desempenho (climático, sonoro, estrutural, etc...), e a participação de indústrias e empresas no processo de pesquisa das respostas oferecidas por suas ferramentas.

Para o desenvolvimento de pesquisas futuras, tendo como base o uso do DProfiler como ferramenta para o projeto performativo, citamos as seguintes sugestões:

- Refazer os modelos 6 e 7, envolvendo um maior número de voluntários, para testar a influência do orçamento do projeto no partido arquitetônico, e conseqüentemente da criatividade do projetista, e da forma final a ser alcançada. Podendo permitir a comparação entre vários modelos feitos por vários voluntários.
- Aprofundar a análise do presente trabalho, com a inclusão de outros elementos construtivos, tais como revestimento, pintura, cobertura, instalações, etc.
- Incluir outros critérios de desempenho na análise do processo de projeto ou mesmo estudo de projetos performativos baseados em multidesempenho, que poderia elucidar melhor a importância do Modelo Performativo para a prática de projeto.

- Analisar de que forma este tipo de abordagem pode repercutir no ensino da arquitetura, indicando as vantagens de introduzi-lo mais cedo nos currículos dos cursos.

### 7.3 CONCLUSÃO

Os benefícios da utilização do modelo performativo baseado no desempenho de custos dizem respeito à necessária preocupação em relação à satisfação dos usuários com o ambiente ocupado, de acordo com suas possibilidades financeiras e com o impacto ambiental provocado por essa arquitetura.

A pesquisa demonstrou, além disso, a redução do uso de vários softwares para elaboração dos orçamentos e de concepção formal, o que demandaria mais tempo; a redução de cálculos e do uso do papel.

Após as tentativas de importação e exportação de arquivos entre os softwares DProfiler, AutoCAD 10 e Sketchup 7 (p. 170, 171), uma contribuição ao conhecimento deste trabalho consiste em ter demonstrado que a interoperabilidade entre estes sistemas é bastante rudimentar, necessitando ainda de significativos esforços em pesquisa e desenvolvimento.

A grande contribuição foi mostrar a possibilidade da inversão do processo de geração da forma de uma sequência Top/Down, como citado, para um processo Bottom/Up: no qual a forma pode surgir da organização das partes e não da predefinição do todo. Por meio da escolha e organização das propriedades e custos dos materiais (partes), critérios de desempenho podem guiar a formação da estrutura e definir a forma (o todo), conforme figura a seguir.

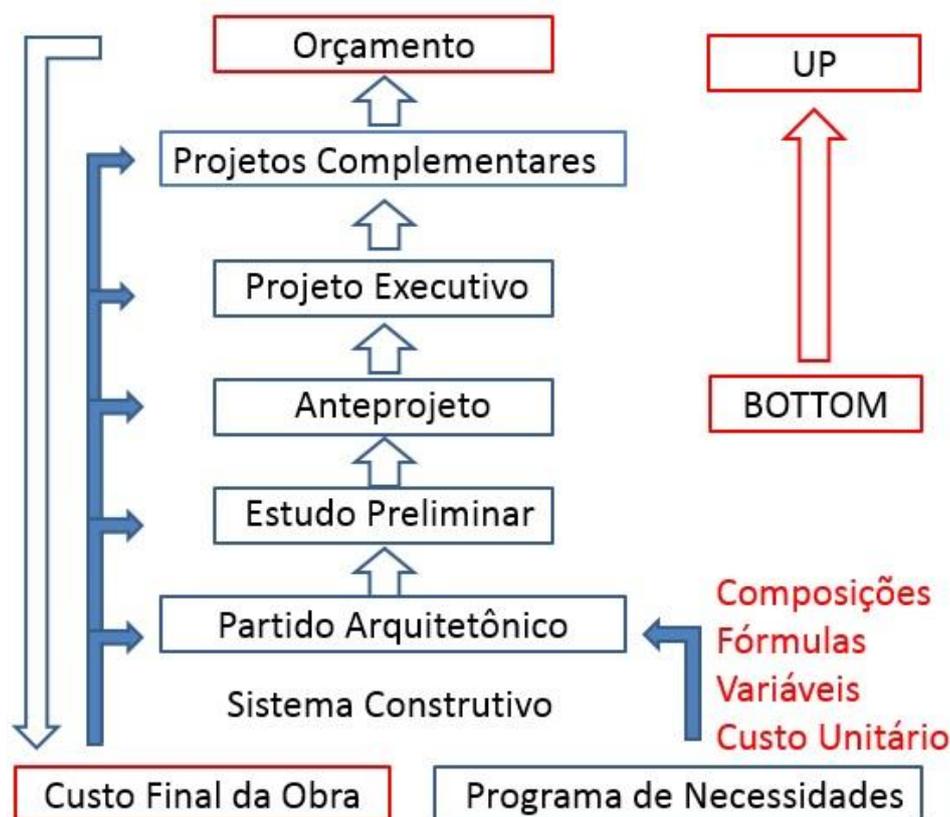


Figura 7.2: Abordagem Bottom/Up do processo de projeto arquitetônico. *Fonte: Figura gerada pelo autor por meio do Microsoft Power Point.*

Na abordagem Bottom/Up, o custo final da obra (desempenho de custos) e o programa de necessidades estão relacionados e influenciando todo o processo de projeto. O resultado do orçamento final, após a conclusão dos projetos complementares, deverá ser correspondente ao custo final da obra desejado, definido previamente, antes de qualquer especulação formal e programática.

Acreditamos que este tipo de pesquisa pode ser aliado a várias outros, fazendo com que, no futuro, os edifícios não sejam pensados de forma isolada, desconsiderando certos critérios de desempenho ou sendo modificados após sua execução para resolver problemas não considerados durante o processo de projeto. Um software que levasse em consideração todos os tipos de desempenho seria uma ferramenta riquíssima para o desenvolvimento da boa arquitetura, sustentável, aprazível e capaz de promover o bem-estar aos usuários, ferramenta que necessita desenvolvimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, C. **Notes on the Synthesis of Form**. Cambridge: Harvard, 1964.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (**ABNT**). NBR 15575-1: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2008.
- BALMOND, C. Advanced Geometry Unit at ARUP. In: In: T. SAKAMOTO, & A. FERRÉ, **From Control to Design** (pp. 34 - 67). Actar, 2007.
- BILORIA, N. **Processo interdisciplinar dirigido por morfologias performativas**: uma abordagem morfogenômica em direção a um contexto de desenvolvimento de formações espaciais conscientes. Traduzido do inglês por Gilfranco Alves. *VIRUS*, São Carlos, n. 6, dezembro 2011. Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/virus/virus06/?sec=4&item=1&lang=pt>>. Acesso em: 06 Mar. 2013.
- BOLLINGER, K.; GROHMANN, M.; TESSMANN, O. Structured becoming: evolutionary processes in design engineering. In: OXMAN, R.; OXMAN, R. (Ed.). *The new structuralism: design, engineering and architectural technologies*. **Architectural Design**, Jul.- Aug. 2010, p.34-39.
- BOTTON, A. D. **A Arquitetura da Felicidade**. Rio de Janeiro: Rocco, 2006.
- CROSS, N. and MAVER, T. M. Computer Aids for Design Participation – **Architectural Design**, 1973, 53:274.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM handbook**: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.
- GARCIA, E. A. **Manual de Sistematização e Normalização de Documentos Técnicos**. São paulo: Atlas, 1998.
- GREGOTTI, V. **Território da Arquitetura**. São Paulo: Perspectiva S.A., 1975.

- HAGAN, S. **Digitalia: Architecture and the Digital, the Environmental and the AvantGarde**, Routledge, 2008.
- HAIGH, T. **IEEE Annals of the History of Computing** 24:1 (January-March 2002).
- HENSEL, M.; MENGES, A. Versatility and Vicissitude: Performance in morpho-ecological Design. **Architectural Design**, Mar.-Abr. 2008, p.144.
- HERZOG, T. Performance Form. In: KOLAREVIC, B.; MALKAWI, A. **Performative architecture: beyond instrumentality**. New York: Spon Press, 2005. p. 71-84.
- IWAMOTO, L. **Digital Fabricators**. New York: Architecture Briefs, 2009.
- JONES, J. C. **Design Methods: Seeds of Human Futures**. New York: John Wiley & Sons, 1970.
- KALAY, Y. Performance-based design. **Automation in Construction**, n. 8, p. 395-409, 1999.
- KALAY, Y. E. **Architecture's New Media**. Massachusetts: The MIT Press, 2004.
- KLOFT, H. "Non Standard structural Design for Non Standard Architecture". **Performative Architecture: Beyond Instrumentality**. B. Kolarevic and A. M. Malkawi, Spon Press, 2005, p.135-148.
- KOLAREVIC, B. **Architecture in the Digital Age**. New York: Taylor & Francis, 2003.
- KOLAREVIC, B., & KLINGER, K. **Manufacturing Materials Effects - Rethinking Design and Making Architecture**. New York: Routledge, 2008.
- KOLAREVIC, B., & MALKAWI, A. **Performative Architecture - Beyond Instrumentality**. New York: Spon Press, 2005.
- KOLAREVIC, B. Towards the performative in architecture. In: KOLAREVIC, B.; MALKAWI, A. **Performative architecture: beyond instrumentality**. New York: Spon Press, 2005. p. 203-214.
- KOTNIK, T. Digital Architectural Design as Exploration of Computable Functions. **International Journal Of Architectural Computing**. v. 8, n. 1, p. 1-16, 2010.

- LAWSON, B. **How designers think: the design process demystified**. 4 ed. Oxford: Elsevier/Architectural, 2005.
- LEATHERBARROW, D. Architecture's unscripted performance. In: KOLAREVIC, B.; MALKAWI, A. **Performative architecture: beyond instrumentality**. New York: Spon Press, 2005. p. 5-20.
- LINDSEY, B. **Digital Gehry: Material Resistance, Digital Construction**. Birkhauser, Berne, 2002.
- LLERA, R. R. **Breve Histórico da Arquitetura**. Lisboa: Editorial Estampa Ltda, 2006.
- LOGAN, B. **The Structure of Design Problem**, Tese de Doutorado, 1987.
- LUEBKEMAN, C. Performance-based design. In: KOLAREVIC, B. **Architecture in the digital age: design and manufacturing**. New York: Spon Press, 2003. p. 275-288.
- LYNN, G. **Animate form**. Princeton Architectural Press, New York, 1999.
- MALKAWI, A. Performance simulation: research and tools. In: KOLAREVIC, B.; MALKAWI, A. **Performative architecture: beyond instrumentality**. New York: Spon Press, 2005. p. 85-96.
- MARK, E., GROSS, M., & GOLDSCHMIDT, G. (s.d.). A Perspective on Computer Aided Design After Four Decades. **ECAADE**. s.4, 2008, p. 169-176.
- MASCARÓ, J. L. **O Custo das Decisões Arquitetônicas**. Porto Alegre: Masquatro, 2006.
- MENGES, A., & AHLQUIST, S. **Computational Design Thinking**. John Wiley & Sons Ltd, 2011.
- MINAYO, M. C. **O Desafio do Conhecimento: Pesquisa Qualitativa em Saúde**. São Paulo: Hucitec, 2004.
- MITCHELL, W. J. **A Lógica da Arquitetura**. São Paulo: Unicamp, 2008.
- MITCHELL, W. J., & MCCULLOUGH, M. **Digital Design Media**. Van Nosstrand Reinhold, 1995.
- MOUSSAVI, F. **The Function of Form**. New York: Actar and Harvard, 2009.

- MUSTOE, J. **Artificial Intelligence and Its Application in Architecture Design**, Tese de Doutorado. University of Strathclyde, Glasgow, 1990.
- OXMAN, R. Theory and design in the first age. **Design Studies**, v. 27, n. 3, p. 229-265, 2006.
- OXMAN, R.; OXMAN, R. (Ed.) The new structuralism: design, engineering and architectural technologies. **Architectural Design**, Jul.-Aug. 2010.
- OXMAN, R. Performance-based design: current practices and research issues. **International Journal of Architectural Computing**, v. 6, n. 1, p. 1-17, 2008b.
- REAS, C., & MCWILLIAMS, C. **Form + Code**. New York: Princeton, 2010.
- RODRIGUES, C. M. Cidade, Monumentalidade e Poder. **Geographia**, v. 3, n. 6, 2001.
- SAKAMOTO, T., & FERRÉ, A. **From Control to Design**. Actar, 2007.
- SASAKI, M. **Flux structure**. Tokyo: TOTO Shuppan, 2005.
- SCHMAL P. (Ed) **Digital real**: Blobmeister first built projects, Birkhauser, Berne, 2001.
- SCHODEK, D. **Digital Design and manufacturing**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2005.
- SCHON, D. A. **Educando o Profissional Reflexivo**. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- SHEA, K.; AISH, R.; GOURTOVAIA, M. Towards integrated performance-based generative design tools. In: DOKONAL, W. (Ed.) **Digital design**: proceedings of the 21st conference on education in computer aided architectural design in Europe. Graz: Graz University of Technology, 2003. p. 553-560.
- SIMON, H. A. **The Science of the Artificial**. Massachusetts: MIT, 1996.
- SPUYBROEK, L. **The Architecture of Variation**. New York: Thames & Hudson, 2009.
- WALZ, A. Design to Production. In: T. SAKAMOTO, & A. FERRÉ, **From Control to Design** (pp. 160 - 193). Actar, 2007.

## **ANEXO 1**

Páginas da tabela SINAPI de outubro de 2013 que contém os itens de custos utilizados nos modelos.



## PREÇOS DE INSUMOS

Página: 2 / 105

Mês de Coleta: 10/2013

Pesquisa: IBGE

Localidade: NATAL

Encargos Sociais (%) Horista: 118,57

Mensalista: 73,64

Código	Descrição do Insumo	Unid	Preço Mediano (R\$)
00013334	!EM PROCESSO DE DESATIVAÇÃO! POSTE DE CONCRETO DUPLO T, 100KG, H = 8M DE ACORDO COM NBR 8451	UN	250,59
00013337	!EM PROCESSO DE DESATIVAÇÃO! POSTE DE CONCRETO DUPLO T, 300KG, H = 8M DE ACORDO COM NBR 8451	UN	423,65
00007354	!EM PROCESSO DE DESATIVAÇÃO! RESINA DE POLIESTER TIPO ALBA	KG	47,78
00006133	!EM PROCESSO DE DESATIVAÇÃO! SERVENTE C/ INSALUBRIDADE	H	7,83
00010715	!EM PROCESSO DE DESATIVAÇÃO! TABUA DE EUCALIPTO 1A QUALIDADE LARG. 30 X 300 CM	UN	12,49
00006205	!EM PROCESSO DE DESATIVAÇÃO! TABUA MADEIRA 1A QUALIDADE 2,5 X 30,0CM (1 X 12) NAO APARELHADA	M	7,61
00006206	!EM PROCESSO DE DESATIVAÇÃO! TABUA MADEIRA 1A QUALIDADE 2,5 X 30CM (1 X 12) NAO APARELHADA	M2	26,38
00013628	!EM PROCESSO DE DESATIVAÇÃO! TABUA MADEIRA 3A QUALIDADE 1/2 X 8 (1,5 X 20,0CM) NAO APARELHADA	M	3,55
00010568	!EM PROCESSO DE DESATIVAÇÃO! TABUA MADEIRA 3A QUALIDADE 2,5 X 15,0CM (1 X 6) NAO APARELHADA	M	2,92
00006212	!EM PROCESSO DE DESATIVAÇÃO! TABUA MADEIRA 3A QUALIDADE 2,5 X 30,0CM (1 X 12) NAO APARELHADA	M	5,96
00006188	!EM PROCESSO DE DESATIVAÇÃO! TABUA MADEIRA 3A QUALIDADE 2,5 X 30CM (1 X 12) NAO APARELHADA	M2	19,88
00010613	!EM PROCESSO DE DESATIVAÇÃO! TIJOLO CERAMICO FURADO 3 FUROS 10 X 15 X 30CM	UN	0,21
00007265	!EM PROCESSO DE DESATIVAÇÃO! TIJOLO CERAMICO FURADO 8 FUROS 10 X 18 X 18CM	UN	0,40
00020199	!EM PROCESSO DE DESATIVAÇÃO! MADEIRA ANGELIM SERRADA 1A QUALIDADE NAO APARELHADA	M3	1.596,90
00004757	!EM PROCESSO DE DESATIVAÇÃO! ASFALTADOR	H	11,98
00020197	!EM PROCESSO DE DESATIVAÇÃO! MADEIRA DE 1A. QUALIDADE, SERRADA E NAO APARELHADA, PARA ESTRUTURA DE TELHADO	M3	2.100,00
00000414	ABRACADEIRA DE NYLON PARA AMARRACAO DE CABOS, COMPRIM= 100MM	UN	0,04
00000410	ABRACADEIRA DE NYLON PARA AMARRACAO DE CABOS, COMPRIM= 158MM	UN	0,05
00000409	ABRACADEIRA DE NYLON PARA AMARRACAO DE CABOS, COMPRIM= 205MM	UN	0,11
00000412	ABRACADEIRA DE NYLON PARA AMARRACAO DE CABOS, COMPRIM= 232MM	UN	0,12
00000408	ABRACADEIRA DE NYLON PARA AMARRACAO DE CABOS, COMPRIM= 390MM	UN	0,14
00000411	ABRACADEIRA DE NYLON PARA AMARRACAO DE CABOS. COMPRIMENTO DE '200.0 X 4.5' MM	UN	0,07
00011929	ABRACADEIRA FERRO GALV MODULAR E = 1/2 D = 4	UN	4,50
00000393	ABRACADEIRA METALICA PARA AMARRACAO DE ELETRODUTOS, TIPO D, COM 1" E PARAFUSO DE FIXACAO	UN	1,25
00000394	ABRACADEIRA TIPO D 1 1/2" C/PARAFUSO"	UN	1,32
00000395	ABRACADEIRA TIPO D 1 1/4" C/ PARAFUSO"	UN	1,22
00000392	ABRACADEIRA TIPO D 1/2" C/ PARAFUSO"	UN	0,69
00000397	ABRACADEIRA TIPO D 2 1/2" C/ PARAFUSO"	UN	1,77
00000396	ABRACADEIRA TIPO D 2" C/ PARAFUSO"	UN	1,74
00000400	ABRACADEIRA TIPO D 3/4" C/ PARAFUSO"	UN	0,94
00000398	ABRACADEIRA TIPO D 3" C/ PARAFUSO"	UN	2,50
00000399	ABRACADEIRA TIPO D 4" C/ PARAFUSO"	UN	4,44
00000001	ACETILENO (CILINDRO DE 5 A 9 KG)	KG	40,00
00000005	ACIDO CLORIDRICO (SOLUCAO ACIDA)	L	2,04
00000004	ACIDO MURIATICO (CONCENTRADO)	KG	1,61
00000003	ACIDO MURIATICO (SOLUCAO ACIDA)	L	1,75
00000020	ACO CA-25 1/2" (12,70 MM)	KG	4,01
00000022	ACO CA-25 1/4" (6,35 MM)	KG	4,75
00000025	ACO CA-25 1" (25,40 MM)	KG	4,12
00000019	ACO CA-25 3/4" (19,05 MM)	KG	4,12
00000026	ACO CA-25 3/8" (9,52 MM)	KG	4,18
00000023	ACO CA-25 5/16" (7,94 MM)	KG	4,64
00000021	ACO CA-25 5/8" (15,87 MM)	KG	4,35
00000024	ACO CA-25 7/8" (22,22 MM)	KG	4,01
00000031	ACO CA-50 1/2" (12,70 MM)	KG	3,83
00000032	ACO CA-50 1/4" (6,35 MM)	KG	4,45
00000028	ACO CA-50 1" (25,40 MM)	KG	3,78
00000030	ACO CA-50 3/4" (19,05 MM)	KG	3,78
00000034	ACO CA-50 3/8" (9,52 MM)	KG	3,95
00000033	ACO CA-50 5/16" (7,94 MM)	KG	4,17
00000027	ACO CA-50 5/8" (15,87 MM)	KG	3,89
00000029	ACO CA-50 7/8" (22,22 MM)	KG	3,78
00000035	ACO CA-60 - 3,4MM	KG	4,78



## PREÇOS DE INSUMOS

Página: 3 / 105

Mês de Coleta: 10/2013

Pesquisa: IBGE

Localidade: NATAL

Encargos Sociais (%) Horista: 118,57

Mensalista: 73,64

Código	Descrição do Insumo	Unid	Preço Mediano (R\$)
00000036	ACO CA-80 - 4,2MM	KG	4,45
00000037	ACO CA-80 - 4,6MM	KG	4,56
00000039	ACO CA-80 - 5,0MM	KG	4,50
00000040	ACO CA-80 - 6,0MM	KG	4,45
00000041	ACO CA-80 - 6,4MM	KG	4,67
00000042	ACO CA-80 - 7,0MM	KG	4,39
00000038	ACO CA-80 - 8,0MM	KG	4,45
00020063	ACOPAMENTO PVC AQUAPLUV D = 88MM	UN	13,33
00010900	ADAPTADOR EM LATAO P/ INSTALACAO PREDIAL DE COMBATE A INCENDIO ENGATE RAPIDO 1 1/2" X ROSCA INTERNA 5 FIOS 2 1/2"	UN	25,28
00010899	ADAPTADOR EM LATAO P/ INSTALACAO PREDIAL DE COMBATE A INCENDIO ENGATE RAPIDO 2 1/2" X ROSCA INTERNA 5 FIOS 2 1/2"	UN	43,01
00028528	ADAPTADOR PONTA PVC RIGIDO X BOLSA ESGOTO 110 X 101,6 MM- SIST. CONDOMINIAL	UN	15,43
00028525	ADAPTADOR PONTA PVC X BOLSA PVC RIGIDO DN150	UN	42,54
00000060	ADAPTADOR PVC C/ REG P/ POLIETILENO PE-5 20 MM X 3/4"	UN	17,93
00000055	ADAPTADOR PVC P/ POLIETILENO PE-5 20 MM X 1/2"	UN	4,50
00000061	ADAPTADOR PVC P/ POLIETILENO PE-5 20 MM X 3/4"	UN	4,57
00000062	ADAPTADOR PVC P/ POLIETILENO PE-5 32 MM X 1"	UN	9,00
00000077	ADAPTADOR PVC P/ SIFAO METALICO C/ANEL BORRACHA 40MM X 1 1/2"	UN	2,85
00000078	ADAPTADOR PVC P/ SIFAO 40MM X 1 1/4"	UN	2,28
00000084	ADAPTADOR PVC P/ VALVULA PIA OU LAVATORIO 40MM X 1"	UN	1,71
00000051	ADAPTADOR PVC PBA A BOLSA DE FOFO JE DN 100 / DE 110MM	UN	174,87
00012883	ADAPTADOR PVC PBA A BOLSA DE FOFO JE DN 50 / DE 60MM	UN	66,52
00000050	ADAPTADOR PVC PBA A BOLSA DE FOFO JE DN 75 / DE 85MM	UN	126,91
00020076	ADAPTADOR PVC PBA A LUVA DE FIBROCIMENTO DN 100 / DE 110MM	UN	208,79
00020074	ADAPTADOR PVC PBA A LUVA DE FIBROCIMENTO DN 50 / DE 60MM	UN	61,15
00020075	ADAPTADOR PVC PBA A LUVA DE FIBROCIMENTO DN 75 / DE 85MM	UN	133,70
00000047	ADAPTADOR PVC PBA JE BOLSA / ROSCA DN 100 / DE 110MM	UN	140,20
00000048	ADAPTADOR PVC PBA JE BOLSA / ROSCA DN 50 / DE 60MM	UN	46,46
00000046	ADAPTADOR PVC PBA JE BOLSA / ROSCA DN 75 / DE 85MM	UN	99,49
00000052	ADAPTADOR PVC PBA PONTA/ROSCA JE DN 50 / DE 60MM	UN	26,38
00000043	ADAPTADOR PVC PBA PONTA/ROSCA JE DN 75 / DE 85MM	UN	71,70
00000067	ADAPTADOR PVC ROSCAVEL C/ FLANGES E ANEL DE VEDACAO P/ CAIXA D' AGUA 1/2"	UN	7,07
00000071	ADAPTADOR PVC ROSCAVEL C/ FLANGES E ANEL DE VEDACAO P/ CAIXA D' AGUA 1"	UN	12,37
00000073	ADAPTADOR PVC ROSCAVEL C/ FLANGES E ANEL DE VEDACAO P/ CAIXA D' AGUA 3/4"	UN	8,72
00000070	ADAPTADOR PVC ROSCAVEL C/ FLANGES E ANEL DE VEDACAO P/ CAIXA D' AGUA 1 1/4"	UN	13,01
00000085	ADAPTADOR PVC ROSCAVEL C/ FLANGES E ANEL DE VEDACAO P/ CAIXA D' AGUA 2"	UN	18,45
00000072	ADAPTADOR PVC ROSCAVEL C/ FLANGES E ANEL DE VEDACAO P/CAIXA D'A GUA 1 1/2"	UN	14,98
00000095	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL C/ FLANGES E ANEL DE VEDACAO P/ CAIXA D' AGUA 20MM X 1/2"	UN	6,78
00000096	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL C/ FLANGES E ANEL DE VEDACAO P/ CAIXA D' AGUA 25MM X 3/4"	UN	8,38
00000097	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL C/ FLANGES E ANEL DE VEDACAO P/ CAIXA D' AGUA 32MM X 1"	UN	14,42
00000098	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL C/ FLANGES E ANEL DE VEDACAO P/ CAIXA D' AGUA 40MM 1 1/4"	UN	18,81
00000099	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL C/ FLANGES E ANEL DE VEDACAO P/ CAIXA D' AGUA 50MM X 1 1/2"	UN	19,32
00000100	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL C/ FLANGES E ANEL DE VEDACAO P/ CAIXA D' AGUA 60MM X 2"	UN	30,32
00000103	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL CURTO C/ BOLSA E ROSCA P/ REGISTRO 110MM X 4"	UN	39,73
00000107	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL CURTO C/ BOLSA E ROSCA P/ REGISTRO 20MM X 1/2"	UN	0,46
00000086	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL CURTO C/ BOLSA E ROSCA P/ REGISTRO 25MM X 3/4"	UN	0,57
00000108	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL CURTO C/ BOLSA E ROSCA P/ REGISTRO 32MM X 1"	UN	1,20
00000110	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL CURTO C/ BOLSA E ROSCA P/ REGISTRO 40MM X 1 1/2"	UN	5,24
00000109	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL CURTO C/ BOLSA E ROSCA P/ REGISTRO 40MM X 1 1/4"	UN	2,57
00000112	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL CURTO C/ BOLSA E ROSCA P/ REGISTRO 50MM X 1 1/2"	UN	3,14
00000111	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL CURTO C/ BOLSA E ROSCA P/ REGISTRO 50MM X 1 1/4"	UN	5,53
00000113	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL CURTO C/ BOLSA E ROSCA P/ REGISTRO 60MM X 2"	UN	8,27
00000104	ADAPTADOR PVC SOLDAVEL CURTO C/ BOLSA E ROSCA P/ REGISTRO 75MM X 2 1/2"	UN	16,13



## PREÇOS DE INSUMOS

Página: 7 / 105

Mês de Coleta: 10/2013

Pesquisa: IBGE

Localidade: NATAL

Encargos Sociais (%) Horista: 118,57

Mensalista: 73,64

Código	Descrição do Insumo	Unid	Preço Mediano (R\$)
00000339	ARAME FARPADO GALVANIZADO 14 BWG - CLASSE 250	M	0,48
00000338	ARAME FARPADO 16 BWG - 0,047 KG/M	KG	10,09
00000340	ARAME FARPADO 16 BWG 4 X 4" - 23,50 KG/ROLO 500M	M	0,47
00000334	ARAME GALVANIZADO 8 BWG - 4,19MM - 101,00 G/M	KG	9,90
00000335	ARAME GALVANIZADO 10 BWG - 3,40MM - 71,30 G/M	KG	10,02
00000342	ARAME GALVANIZADO 12 BWG - 2,80MM - 48,00 G/M	KG	10,02
00000343	ARAME GALVANIZADO 14 BWG - 2,10MM - 27,20 G/M	M	0,30
00000333	ARAME GALVANIZADO 14 BWG, D = 2,11 MM (0,026 KG/M)	KG	10,90
00000344	ARAME GALVANIZADO 16 BWG - 1,85MM - 16,60 G/M	KG	11,71
00000345	ARAME GALVANIZADO 18 BWG - 1,24MM - 9,0 G/M	KG	7,79
00000341	ARAME GALVANIZADO 18 BWG - 1,24MM - 9,0 G/M	M	0,12
00011107	ARAME GALVANIZADO 8 BWG - 5,16MM - 157,00 G/M	KG	9,52
00000337	ARAME PRETO RECOZIDO, PARA ARMAÇAO DE FERRAGEM, N. 18, D = 1,25 MM (0,01 KGM)	KG	7,02
00003313	ARAME PROTEGIDO C/ PVC P/ GABIAO 2,2MM	KG	9,62
00012227	ARANDELA C/ BASE EM CHAPA DE ACO PINTADA E GLOBO DE VIDRO LEITOSO - BOCA 10CM DIAM 20CM	UN	73,57
00012223	ARANDELA 45 GRAUS PROVA DE TEMPO, GASES E VAPORES	UN	82,02
00000348	ARBUSTO REGIONAL ALTURA MAIOR QUE 1M	UN	50,00
00010826	ARBUSTO REGIONAL DE 50 A 100CM DE ALTURA	UN	26,67
00000366	AREIA FINA - POSTO JAZIDA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M3	32,50
00000367	AREIA GROSSA - POSTO JAZIDA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M3	42,25
00000370	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M3	40,00
00000368	AREIA P/ ATERRO - POSTO JAZIDA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M3	21,73
00011075	AREIA P/ LEITO FILTRANTE (1,68 A 0,42MM) - POSTO JAZIDA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M3	410,43
00011076	AREIA PRETA P/ EMBOCO - POSTO JAZIDA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M3	49,13
00011077	AREIA SELECIONADA P/ LEITO FILTRANTE - D = 0,5 A 0,7 MM - POSTO JAZIDA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M3	420,04
00011078	AREIA SELECIONADA P/ LEITO FILTRANTE - D = 0,7 A 1 MM - POSTO JAZIDA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M3	420,04
00000369	ARENOSO, AREIA BARRADA OU AREIA AMARELA - RETIRADO NO AREAL - SEM TRANSPORTE	M3	29,14
00000134	ARGAMASSA AUTONIVELANTE PARA GROUTEAMENTO EM GERAL SIKAGROUT OU EQUIVALENTE	KG	1,86
00000129	ARGAMASSA CORRETIVA PARA REVESTIMENTO DE ESTRUTURA DE CONCRETO	KG	2,95
00000135	ARGAMASSA IMPERMEAVEL SIKA 101 OU EQUIVALENTE	KG	2,80
00001381	ARGAMASSA OU CIMENTO COLANTE EM PO PARA FIXACAO DE PECAS CERAMICAS	KG	0,45
00000130	ARGAMASSA PARA REPARO ESTRUTURAL TIPO SIKA TOP 122 OU EQUIVALENTE	KG	6,76
00000375	ARGAMASSA PRONTA PARA REVESTIMENTO EXTERNO EM PAREDES	KG	0,45
00000374	ARGAMASSA PRONTA PARA REVESTIMENTO INTERNO EM PAREDES	KG	0,45
00008079	ARGILA, ARGILA VERMELHA OU ARGILA ARENOSA - RETIRADA NA JAZIDA - SEM TRANSPORTE	M3	8,74
00001097	ARMAÇAO VERTICAL C/ HASTE E CONTRA-PINO EM CHAPA DE FERRO GALV 3/16" C/ 4 ESTRIBOS SEM ISOLADORES	UN	11,41
00001091	ARMAÇAO VERTICAL C/ HASTE E CONTRA-PINO EM CHAPA DE FERRO GALV 3/16" C/ 1 ESTRIBO E 1 ISOLADOR*	UN	4,39
00001094	ARMAÇAO VERTICAL C/ HASTE E CONTRA-PINO EM CHAPA DE FERRO GALV 3/16" C/ 1 ESTRIBO SEM ISOLADORES*	UN	3,29
00001095	ARMAÇAO VERTICAL C/ HASTE E CONTRA-PINO EM CHAPA DE FERRO GALV 3/16" C/ 2 ESTRIBOS SEM ISOLADORES*	UN	6,38
00001093	ARMAÇAO VERTICAL C/ HASTE E CONTRA-PINO EM CHAPA DE FERRO GALV 3/16" C/ 3 ESTRIBOS E 3 ISOLADORES*	UN	11,00
00001090	ARMAÇAO VERTICAL C/ HASTE E CONTRA-PINO EM CHAPA DE FERRO GALV 3/16" C/ 3 ESTRIBOS SEM ISOLADOR*	UN	8,61
00001096	ARMAÇAO VERTICAL C/ HASTE E CONTRA-PINO EM CHAPA DE FERRO GALV 3/16" C/ 4 ESTRIBOS E 4 ISOLADORES*	UN	16,06
00001092	ARMAÇAO VERTICAL EM CHAPA DE FERRO GALVANIZADO 3/16" (PESADA) DE 2 ESTRIBOS	UN	8,00
00000378	ARMADOR	H	8,85
00000376	ARMARIO PLASTICO PARA BANHEIRO, DE EMBUTIR, UMA PORTA COM ESPELHO, DE * 35 X 45 * CM	UN	30,20
00033939	ARQUITETO DE OBRA JUNIOR	H	59,60
00033952	ARQUITETO DE OBRA PLENO	H	109,62
00033953	ARQUITETO DE OBRA SENIOR	H	186,68
00011267	ARRUELA DE LATAO FURO D=34 MM ESP=2,5 MM DIAM FURO=17 MM	UN	1,00
00004359	ARRUELA PLASTICA 4 X 16	UN	0,18
00000379	ARRUELA QUADRADA ACO GALV D = 38MM ESP= 3MM DFURO= 18 MM	UN	1,13
00013348	ARRUELA REDONDA FG DIAM EXT= 35MM ESP= 3MM DIAM FURO= 18MM	UN	0,13



## PREÇOS DE INSUMOS

Página: 25 / 105

Mês de Coleta: 10/2013

Pesquisa: IBGE

Localidade: NATAL

Encargos Sociais (%) Horista: 118,57 Mensalista: 73,64

Código	Descrição do Insumo	Unid	Preço Mediano (R\$)
00011109	CIMENTO ASFALTICO DE PETROLEO A GRANEL 30/45	KG	1,77
00001380	CIMENTO BRANCO	KG	1,59
00001379	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	KG	0,48
00010511	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	50KG	23,00
00013284	CIMENTO PORTLAND DE ALTO FORNO CP III-32	KG	0,42
00025974	CIMENTO PORTLAND ESTRUTURAL BRANCO CPB-32	KG	1,10
00001382	CIMENTO PORTLAND POZOLANICO CP IV- 32	50KG	23,92
00000420	CINTA FG DE 150MM P/ FIXACAO DE CAIXA MEDICAO.	UN	6,14
00011943	CINTA GALVANIZADA DE 7 1/2"	UN	17,70
00011944	CINTA GALVANIZADA DE 8"	UN	19,20
00012327	CINTA PARA INSTALACAO DE TRANSFORMADOR EM POSTE DE CONCRETO DIAM 210MM	UN	29,16
00013003	CLORO	L	1,21
00012329	COBRE ELETROLITICO EM BARRA OU CHAPA	KG	94,20
00026029	COLA À BASE DE RESINA EPÓXI, PARA TELHA DE AMIANTO	KG	30,13
00011801	COLA ADESIVA P/ MANTA BUTILICA	L	20,79
00011849	COLA BRANCA	L	8,70
00000125	COLA CONCENTRADA P/ ARGAMASSA, REBOCO, CHAPISCO E PASTA DE CIMENTO, SIKA CHAPISCO OU EQUIVALENTE	KG	7,95
00004791	COLA CONTATO P/ CHAPA VINÍLICA/BORRACHA	KG	23,08
00001339	COLA FORMICA A BASE DE RESINAS SINTETICAS	KG	8,41
00001436	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCA DE 110 MM X 1/2" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	26,31
00001427	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCA DE 110 MM X 3/4" LIGACAO PREDIAL	UN	26,54
00001423	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCA DE 32 MM X 3/4" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	11,80
00001421	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCA DE 40 MM X 1/2" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	12,18
00001420	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCA DE 40 MM X 3/4" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	12,41
00001419	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCA DE 50 MM X 1/2" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	13,44
00001439	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCA DE 50 MM X 3/4" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	13,56
00001415	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCA DE 60 MM X 1/2" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	15,05
00001414	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCA DE 60 MM X 3/4" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	15,28
00001413	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCA DE 75 MM X 1/2" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	23,09
00001417	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCA DE 75 MM X 3/4" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	23,09
00001412	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCA DE 85 MM X 1/2" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	20,91
00001418	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCA DE 85 MM X 3/4" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	21,14
00001411	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCAVEL C/ BUCHA DE LATAO DE 110MM X 1/2" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	43,43
00001435	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCAVEL C/ BUCHA DE LATAO DE 60MM X 1/2" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	28,95
00001406	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCAVEL C/ BUCHA DE LATAO DE 60MM X 3/4" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	28,95
00001407	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCAVEL C/ BUCHA DE LATAO DE 75MM X 1/2" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	36,08
00001418	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCAVEL C/ BUCHA DE LATAO DE 75MM X 3/4" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	36,08
00001404	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCAVEL C/ BUCHA DE LATAO DE 85MM X 1/2" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	38,15
00001410	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS SAIDA ROSCAVEL C/ BUCHA DE LATAO DE 85MM X 3/4" P/ LIGACAO PREDIAL	UN	38,15
00020093	COLAR TOMADA PVC C/ TRAVAS,SAIDA ROSCAVEL C/ BUCHA DE LATAO DE 110MM X 3/4"	UN	43,43
00001402	COLAR TOMADA PVC DE 32 MM X 1/2 COM TRAVAS SAÍDA ROSCA PARA LIGAÇÃO PREDIAL	UN	11,49
00020268	COLUNA LOUCA BRANCA P/ LAVATORIO - PADRAO MEDIO	UN	32,51
00011281	COMPACTADOR (SOQUETE) COM MOTOR A GASOLINA DE 3 HP, PESO DE 74 KG	UN	9.805,59
00001443	COMPACTADOR DE SOLOS COM PLACA VIBRATORIA, DE 135 A 156 KG, COM MOTOR A DIESEL OU GASOLINA DE 4 A 6 HP, NAO REVERSIVEL (LOCACAO)	H	2,59
00013219	COMPACTADOR SAPO TIPO F, MARCA CLO, COM FUNCIONAMENTO A AR COMPRIMIDO	UN	14.395,37
00013457	COMPACTADOR SOLOS C/ PLACA VIBRATORIA DE 43 X 55CM DYNAPAC CM-20D, 7HP, A DIESEL, 415 KG, IMPACTO DINAMICO TOTAL 3000KG**CAIXA**	UN	28.003,37
00001442	COMPACTADOR SOLOS C/ PLACA VIBRATORIA DE 46 X 51CM DYNAPAC CM-13D, 5HP, 156KG, DIESEL, NAO REVERSIVEL, IMPACTO DINAMICO TOTAL 1700KG**CAIXA**	UN	14.276,21
00001449	COMPACTADOR SOLOS C/ PLACA VIBRATORIA MOTOR DIESEL/GASOLINA * 5HP * NÃO REVERSÍVEL TIPO CLARIDOM CS-15 OU EQUIV	H	2,33
00001444	COMPACTADOR SOLOS C/ PLACA VIBRATORIA MOTOR DIESEL/GASOLINA > = 10CV NÃO REVERSÍVEL TIPO CLARIDOM CS- 30 OU EQUIV	H	2,77
00001453	COMPACTADOR SOLOS C/ PLACA VIBRATORIA MOTOR DIESEL/GASOLINA 7 A 10HP 400KG NÃO REVERSÍVEL TIPO DYNAPAC CM-20 OU EQUIV	H	3,11



## PREÇOS DE INSUMOS

Página: 56 / 105

Mês de Coleta: 10/2013

Pesquisa: IBGE

Localidade: NATAL

Encargos Sociais (%) Horista: 118,57

Mensalista: 73,64

Código	Descrição do Insumo	Unid	Preço Mediano (R\$)
00003721	JUNTA GIBault FOFO DN 150	UN	210,11
00003722	JUNTA GIBault FOFO DN 200	UN	352,47
00003723	JUNTA GIBault FOFO DN 250	UN	372,81
00003724	JUNTA GIBault FOFO DN 300	UN	501,88
00003725	JUNTA GIBault FOFO DN 350	UN	732,03
00003728	JUNTA GIBault FOFO DN 400	UN	820,14
00003728	JUNTA GIBault FOFO DN 500	UN	1.240,39
00003727	JUNTA GIBault FOFO DN 600	UN	1.884,31
00011617	JUNTA LATAO P/ PISO H =15MM E=3MM	KG	4,62
00003671	JUNTA PLASTICA DE DILATAÇÃO, PARA PISOS, DE 3/4" X 1/8" (17 X 3 MM)	M	1,47
00008092	JUNTA PLASTICA DE VEDACAO - BISNAGA 250G	KG	27,69
00020266	KIT ACESSORIOS PLASTICO P/ BANHEIRO - PAPELEIRA, SABONETEIRA E CABIDE	UN	28,64
00003729	KIT CAVALETE DE PVC COM REGISTRO DE ESFERA DE 1/2"	UN	88,99
00000063	KIT CAVALETE PVC C/ REGISTRO 3/4"	UN	98,64
00002599	KIT-EMENDA C1 1 1/4" P/ DUTOS TIPO KANAFLEX	UN	16,34
00002600	KIT-EMENDA C1 2" P/ DUTOS TIPO KANAFLEX	UN	20,34
00002607	KIT-EMENDA C1 3" P/ DUTOS TIPO KANAFLEX	UN	24,85
00002601	KIT-EMENDA C1 4" P/ DUTOS TIPO KANAFLEX	UN	32,07
00002606	KIT-EMENDA C1 5" P/ DUTOS TP KANAFLEX	UN	39,42
00002602	KIT-EMENDA C1 6" P/ DUTOS TIPO KANAFLEX	UN	47,65
00002603	KIT-EMENDA C2 2" P/ DUTOS TIPO KANAFLEX	UN	21,03
00002605	KIT-EMENDA C2 3" P/ DUTOS TIPO KANAFLEX	UN	24,63
00002604	KIT-EMENDA C2 4" P/ DUTOS TIPO KANAFLEX	UN	35,04
00002598	KIT-EMENDA C2 5" P/ DUTOS TIPO KANAFLEX	UN	40,84
00002608	KIT-EMENDA C2 6" P/ DUTOS TIPO KANAFLEX	UN	44,40
00003412	LA DE VIDRO E = 2,5CM - PLACA 120 X 60CM	M2	33,82
00003413	LA DE VIDRO E = 5MM	M2	66,16
00011168	LACA INCOLOR CONCENTRADA PARA MADEIRA	GL	48,45
00020188	LADRILHO CERAMICO ANTI-DERRAPANTE 11 X 24CM	M2	15,45
00003731	LADRILHO HIDRAULICO DE * 20 X 20 * CM, E = 2 CM, PARA PAVIMENTACAO	M2	24,25
00003734	LADRILHO HIDRAULICO LISO 20 X 20CM COR NATURAL	M2	23,22
00003733	LADRILHO HIDRAULICO 20 X 20CM - LISO 2 CORES	M2	26,83
00003735	LADRILHO HIDRAULICO 25 X 25CM - LISO COR NATURAL	M2	30,03
00003732	LADRILHO HIDRAULICO 30 X 30CM - LISO COR NATURAL	M2	36,01
00011644	LAJE CONCR ARMAD PREMOLD CIRCULAR P/ TRANSICAO POCO VISITA DN 1200MM, C/ FURO DN 600 MM	UN	258,16
00011645	LAJE CONCR ARMAD PREMOLD CIRCULAR P/ TRANSICAO POCO VISITA DN 900 MM, C/ FURO DN 600 MM	UN	170,40
00011646	LAJE CONCR ARMAD PREMOLD CIRCULAR P/TAMPA POCO VISITA DN 700 MM, ESP =10 CM	UN	72,80
00011647	LAJE EXCENTRICA CONC ARM PRE-MOLDADO DN 1,00M FURO=0,53M E=12CM	UN	236,43
00011648	LAJE EXCENTRICA CONC ARM PRE-MOLDADO DN 1,10M FURO=0,80M E=12CM	UN	238,56
00011649	LAJE EXCENTRICA CONC ARM PRE-MOLDADO DN 1,20M FURO=0,53M E=12CM	UN	250,49
00011650	LAJE EXCENTRICA CONC ARM PRE-MOLDADO DN 1,50M FURO=0,53M E=15CM	UN	285,42
00001402	COLAR TOMADA PVC DE 32 MM X 1/2 COM TRAVAS SAÍDA ROSCA PARA LIGAÇÃO PREDIAL	UN	11,49
00013652	LAJE PRE MOLDADA TRELICADA P/ PISO , H=12CM , P/ APOIO SIMPLES , SOBRECARGA DE 200 KG/M2 , VAO LIVRE MAXIMO DE 5,70M	M2	51,12
00003736	LAJE PRE-MOLDADA (LAJOTAS + VIGOTAS) PARA FORRO CONVENCIONAL, SOBRECARGA DE 100 KG/M2, VAO ATE 4,00 M (SEM COLOCACAO)	M2	29,82
00003741	LAJE PRE-MOLDADA DE FORRO CONVENCIONAL SOBRECARGA 100KG/M2 VAO ATE 4,50M	M2	34,08
00003745	LAJE PRE-MOLDADA DE FORRO CONVENCIONAL SOBRECARGA 100KG/M2 VAO ATE 5,00M	M2	36,21
00003742	LAJE PRE-MOLDADA DE FORRO TRELICADA SOBRECARGA 100KG/M2 VAO ATE 6,00M	M2	53,25
00003743	LAJE PRE-MOLDADA DE PISO CONVENCIONAL SOBRECARGA 200KG/M2 VAO ATE 3,50M	M2	31,95
00003744	LAJE PRE-MOLDADA DE PISO CONVENCIONAL SOBRECARGA 200KG/M2 VAO ATE 4,50M	M2	34,93
00003739	LAJE PRE-MOLDADA DE PISO CONVENCIONAL SOBRECARGA 200KG/M2 VAO ATE 5,00M	M2	38,34
00003747	LAJE PRE-MOLDADA DE PISO CONVENCIONAL SOBRECARGA 350KG/M2 VAO ATE 3,50M	M2	38,77
00003737	LAJE PRE-MOLDADA DE PISO CONVENCIONAL SOBRECARGA 350KG/M2 VAO ATE 4,50M	M2	40,47
00003738	LAJE PRE-MOLDADA DE PISO CONVENCIONAL SOBRECARGA 350KG/M2 VAO ATE 5,00M	M2	42,17



## PREÇOS DE INSUMOS

Página: 71 / 105

Mês de Coleta: 10/2013

Pesquisa: IBGE

Localidade: NATAL

Encargos Sociais (%) Horista: 118,57

Mensalista: 73,64

Código	Descrição do Insumo	Unid	Preço Mediano (R\$)
00004513	PEÇA DE MADEIRA 3A/4A NATIVA/REGIONAL 5 X 5 CM	M	1,21
00004508	PEÇA DE MADEIRANATIVA/REGIONAL 2,5 X 10CM (1X4") NAO APARELHADA (SARRAFO P/FORMA)	M	3,55
00004715	PEDRA ARDOSIA CINZA IRREGULAR	M2	19,98
00004704	PEDRA ARDOSIA CINZA 20 X 40CM E = 1CM	M2	25,56
00010730	PEDRA ARDOSIA CINZA 30 X 30 X 1CM	M2	23,50
00010731	PEDRA ARDOSIA PARA PISO, DE "40 X 40" CM, E= 1 CM	M2	23,50
00004705	PEDRA BASALTO CINZA IRREGULAR	M2	49,94
00004748	PEDRA BRITADA BICA CORRIDA (NÃO CLASSIFICADA) - POSTO PEDREIRA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M3	74,60
00004729	PEDRA BRITADA GRADUADA, CLASSIFICADA - POSTO PEDREIRA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M3	82,32
00004720	PEDRA BRITADA N. 0 PEDRISCO OU CASCALHINHO - POSTO PEDREIRA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M3	82,32
00004727	PEDRA BRITADA N. 05 - POSTO PEDREIRA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M3	54,02
00004721	<b>PEDRA BRITADA N. 1 - POSTO PEDREIRA / FORNECEDOR (SEM FRETE)</b>	<b>M3</b>	<b>82,83</b>
00004718	PEDRA BRITADA N. 2 - POSTO PEDREIRA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M3	80,00
00004722	PEDRA BRITADA N. 3 - POSTO PEDREIRA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M3	72,03
00004723	PEDRA BRITADA N. 4 - POSTO PEDREIRA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M3	69,45
00004712	PEDRA C/SUPERF LISA NAO TRABALHADA P/ REVESTIMENTO	M2	64,63
00013714	PEDRA CARIRI 20 X 30CM	M2	88,13
00011089	PEDRA DE ALVENARIA - POSTO PEDREIRA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M3	130,37
00002710	PEDRA ESMERIL 6 X 3/4"	UN	26,72
00010732	PEDRA GRANITICA ALMOFADADA ESP = 5 A 6CM P/ REVESTIMENTO	M2	79,31
00011120	PEDRA GRANITICA OU BASALTICA FACETADA 20 X 20 X 20CM	UN	0,74
00010733	PEDRA GRANITICA RACHINHA ESP=2 A 3CM IRREGULAR P/ REVESTIMENTO	M2	70,50
00010734	PEDRA GRANITICA RACHINHA ESP=2 A 3CM SERRADA P/ REVESTIMENTO	M2	107,22
00010735	PEDRA ITACOLOMI DO NORTE NATURAL	M2	80,78
00010736	PEDRA ITACOLOMI DO NORTE SERRADA	M2	90,18
00013187	PEDRA LAGOA SANTA (SERRADA) 20 X 40CM	M2	129,25
00013188	PEDRA LAGOA SANTA IRREGULAR	M2	67,56
00010737	PEDRA MIRACEMA	M2	58,75
00010738	PEDRA PIRENOPOLIS C/ CORTE MANUAL - RETALHO COR AVERMELHADA	M2	57,58
00004717	PEDRA PORTUGUESA BRANCA	M2	55,81
00004708	PEDRA PORTUGUESA PRETA	M2	32,31
00014326	PEDRA QUIXADA	M2	70,50
00004709	PEDRA RACHAO P/ REVESTIMENTO	M2	138,06
00013189	PEDRA RIO VERDE (SERRADA) 20 X 40CM	M2	117,50
00004714	PEDRA SABAO	M2	117,50
00004710	PEDRA SAO TOME 20 X 40CM	M2	104,28
00004730	PEDRA-DE-MÃO OU PEDRA RACHÃO P/ MURO ARRIMO/FUNDAÇÃO/ENROCAMENTO ETC - POSTO PEDREIRA / FORNECEDOR (SEM FRETE)	M3	64,82
00004750	PEDREIRO	H	8,85
00004828	PEITORIL MARMORE BRANCO L = 15CM ESP = 3CM, POLIDO	M	53,53
00004825	PEITORIL MARMORE BRANCO L = 25CM ESP = 3CM, POLIDO	M	72,62
00010865	PEITORIL PRE-MOLDADO DE GRANILITE, MARMORITE OU GRANITINA L = 15CM	M	24,49
00013340	PERFIL "U" CHAPA ACO DOBRADA E = 3,04MM H = 20CM ABAS = 5CM (4,38KG/M)	M	15,20
00010962	PERFIL ACO ESTRUTURAL "H" - 6" X 6" (QUALQUER ESPESSURA)	KG	4,77
00004773	PERFIL ACO ESTRUTURAL "I" - 10" X 4 5/8" ESP=11,35 MM (44,65 KG/M)	M	180,24
00004774	PERFIL ACO ESTRUTURAL "I" - 12" X 5 1/4" (QUALQUER ESPESSURA)	KG	4,55
00004775	PERFIL ACO ESTRUTURAL "I" - 12" X 5 1/4" ESP=11,88 MM (60,71 KG/M)	M	269,58
00004776	PERFIL ACO ESTRUTURAL "I" - 12" X 5 1/4" ESP=14,35 MM (66,97 KG/M)	M	294,92
00004765	PERFIL ACO ESTRUTURAL "I" - 4" X 2 5/8" ESP=6,43 MM (12,65 KG/M)	M	45,96
00004766	PERFIL ACO ESTRUTURAL "I" - 6" X 3 3/8" (QUALQUER ESPESSURA)	KG	3,63
00004767	PERFIL ACO ESTRUTURAL "I" - 6" X 3 3/8" ESP=8,71 MM (21,95 KG/M)	M	80,55
00004768	PERFIL ACO ESTRUTURAL "I" - 8" X 4" (QUALQUER ESPESSURA)	KG	4,04
00010963	PERFIL ACO ESTRUTURAL "I" - 8" X 4" ESP=11,20 MM (34,22 KG/M)	M	149,44
00004769	PERFIL ACO ESTRUTURAL "I" - 8" X 4" ESP=8,86 MM (30,50 KG/M)	M	129,84



## PREÇOS DE INSUMOS

Página: 89 / 105

Mês de Coleta: 10/2013

Pesquisa: IBGE

Localidade: NATAL

Encargos Sociais (%) Horista: 118,57

Mensalista: 73,64

Código	Descrição do Insumo	Unid	Preço Mediano (R\$)
00006306	TE REDUCAO FERRO GALV 90G ROSCA 2" X 1.14"	UN	29,33
00006305	TE REDUCAO FERRO GALV 90G ROSCA 2" X 1"	UN	28,98
00006302	TE REDUCAO FERRO GALV 90G ROSCA 3/4" X 1/2"	UN	5,59
00006312	TE REDUCAO FERRO GALV 90G ROSCA 3" X 1.1/2"	UN	88,44
00006311	TE REDUCAO FERRO GALV 90G ROSCA 3" X 1.14"	UN	87,61
00006310	TE REDUCAO FERRO GALV 90G ROSCA 3" X 1"	UN	86,77
00007119	TE REDUCAO PVC C/ ROSCA 90G P/ AGUA FRIA PREDIAL 1 X 3/4"	UN	4,15
00007128	TE REDUCAO PVC C/ ROSCA 90G P/ AGUA FRIA PREDIAL 1.1/2" X 3/4"	UN	8,94
00007120	TE REDUCAO PVC C/ ROSCA 90G P/ AGUA FRIA PREDIAL 3/4 X 1/2"	UN	2,82
00020176	TE REDUCAO PVC LEVE 90G CURTO C/ BOLSA P/ ANEL 150 X 100MM	UN	46,34
00011378	TE REDUCAO PVC PBA NBR 10351 P/ REDE AGUA BBB JE DN 100 X 50 /DE 110 X 60MM	UN	83,08
00011379	TE REDUCAO PVC PBA NBR 10351 P/ REDE AGUA BBB JE DN 100 X 75 /DE 110 X 85MM	UN	90,73
00011493	TE REDUCAO PVC PBA NBR 10351 P/ REDE AGUA BBB JE DN 75 X 50 /DE 85 X 60MM	UN	45,93
00007108	TE REDUCAO PVC SOLD 90G P/ AGUA FRIA PREDIAL 110 MM X 80 MM	UN	64,75
00007104	TE REDUCAO PVC SOLD 90G P/ AGUA FRIA PREDIAL 25 MM X 20 MM	UN	1,85
00007136	TE REDUCAO PVC SOLD 90G P/ AGUA FRIA PREDIAL 32 MM X 25 MM	UN	3,55
00007128	TE REDUCAO PVC SOLD 90G P/ AGUA FRIA PREDIAL 40 MM X 32 MM	UN	4,94
00007108	TE REDUCAO PVC SOLD 90G P/ AGUA FRIA PREDIAL 50 MM X 20 MM	UN	6,69
00007129	TE REDUCAO PVC SOLD 90G P/ AGUA FRIA PREDIAL 50 MM X 25 MM	UN	5,63
00007130	TE REDUCAO PVC SOLD 90G P/ AGUA FRIA PREDIAL 50 MM X 32 MM	UN	8,82
00007131	TE REDUCAO PVC SOLD 90G P/ AGUA FRIA PREDIAL 50 MM X 40 MM	UN	10,98
00007132	TE REDUCAO PVC SOLD 90G P/ AGUA FRIA PREDIAL 75 MM X 50 MM	UN	24,37
00007133	TE REDUCAO PVC SOLD 90G P/ AGUA FRIA PREDIAL 85 MM X 60 MM	UN	52,29
00007068	TE REDUCAO PVC 90G NBR 10569 P/ REDE COLET ESG JE BBB DN 200 X 150MM	UN	252,13
00007068	TE REDUCAO PVC 90G NBR 10569 P/ REDE COLET ESG JE BBB DN 250 X 150MM	UN	445,69
00007091	TE SANITARIO PVC P/ ESG PREDIAL DN 100 X 100MM	UN	10,20
00011655	TE SANITARIO PVC P/ ESG PREDIAL DN 100X50MM	UN	9,37
00011656	TE SANITARIO PVC P/ ESG PREDIAL DN 100X75MM	UN	8,91
00007097	TE SANITARIO PVC P/ ESG PREDIAL DN 50 X 50MM	UN	4,02
00011657	TE SANITARIO PVC P/ ESG PREDIAL DN 75X50 MM	UN	7,52
00011658	TE SANITARIO PVC P/ ESG PREDIAL DN 75X75 MM	UN	10,38
00007153	TECNICO DE LABORATORIO	H	19,68
00006175	TECNICO DE SONDAGEM	H	23,64
00010914	TELA ACO SOLDADA L-92 15X30CM CA-60 FIO 4,2X3,4MM 0,99KG/M2 LARG=2,45M	KG	14,72
00010915	TELA ACO SOLDADA NERVURADA CA - 80, Q-81, (0,97 KG/M2), DIÂMETRO DO FIO = 3,4 MM, LARGURA = 2,45 X 120 METROS DE COMPRIMENTO, ESPAÇAMENTO DA MALHA = 15X15CM	KG	5,56
00010918	TELA ACO SOLDADA NERVURADA CA - 80, Q-92 (1,48 KG/M2), DIÂMETRO DO FIO = 4,2 MM, LARGURA = 2,45 X 80 METROS DE COMPRIMENTO, ESPAÇAMENTO DA MALHA = 15X15CM	KG	5,52
00021141	TELA ACO SOLDADA NERVURADA CA - 80, Q-92 (1,48 KG/M2), DIÂMETRO DO FIO = 4,2 MM, LARGURA = 2,45 X 80 METROS DE COMPRIMENTO, ESPAÇAMENTO DA MALHA = 15X15CM CMS	M2	8,55
00007154	TELA ACO SOLDADA NERVURADA CA-80, Q-138, (2,20 KG/M2), DIÂMETRO DO FIO=4,2MM, LARGURA=2,45 X 120 METROS DE COMPRIMENTO, ESPAÇAMENTO DA MALHA = 10 X 10 CM	KG	5,61
00007155	TELA ACO SOLDADA NERVURADA CA-80, Q-138, (2,20KG/M2), DIÂMETRO DO FIO =4,2MM, LARGURA=2,45 X 120 METROS DE COMPRIMENTO, ESPAÇAMENTO DA MALHA = 10 X 10 CM	M2	12,48
00010917	TELA ACO SOLDADA NERVURADA CA-80, Q-81, (0,97 KG/M2), DIÂMETRO DO FIO = 3,4 MM, LARGURA = 2,45 X 120 METROS DE COMPRIMENTO, ESPAÇAMENTO DA MALHA = 15X15CM	M2	5,40
00010919	TELA ACO SOLDADA Q-47 15X15CM FIO 3,0 X 3,0MM 0,75KG/M2	M2	16,69
00010932	TELA ARAME GALV FIO 8 BWG (4,19MM) MALHA 2" (5X5CM) QUADRADA OU LOSANGO H=2,0M	M2	18,25
00007162	TELA ARAME GALV FIO 10 BWG (3,4MM) MALHA 2" (5 X 5CM) QUADRADA OU LOSANGO H= 2,0M	M2	9,73
00010925	TELA ARAME GALV FIO 10 BWG (3,4MM) MALHA 8 X 8CM QUADRADA OU LOSANGO H=2,0M	M2	6,84
00010926	TELA ARAME GALV FIO 12 BWG (2,77MM) MALHA 1.1/2" (4 X 4CM) QUADRADA OU LOSANGO H=2,0M	M2	8,36
00010933	TELA ARAME GALV FIO 12 BWG (2,77MM) MALHA 4" (10 X 10CM) QUADRADA OU LOSANGO H=2,0M	M2	5,18
00010927	TELA ARAME GALV FIO 12 BWG (2,77MM) MALHA 8 X 8CM QUADRADA OU LOSANGO H = 2,0M	M2	4,41
00007167	TELA ARAME GALV FIO 14 BWG (2,11MM) MALHA 2" (5x5cm) QUADRADA OU LOSANGO H = 2,0M	M2	4,36
00010928	TELA ARAME GALV FIO 14 BWG (2,11MM) MALHA 8 X 8CM QUADRADA OU LOSANGO H=2,0M	M2	3,77
00010929	TELA ARAME GALV FIO 18 BWG (1,24MM) MALHA 2 X 2CM QUADRADA OU LOSANGO	M2	7,30



## PREÇOS DE INSUMOS

Página: 92 / 105

Mês de Coleta: 10/2013

Pesquisa: IBGE

Localidade: NATAL

Encargos Sociais (%) Horista: 118,57

Mensalista: 73,64

Código	Descrição do Insumo	Unid	Preço Mediano (R\$)
	TERMINAL A PRESSAO DE BRONZE P/ CABO A BARRA, CABO/BARRA P/ 2 CABOS BITOLA 95 A 120MM2 C/ 2 FUROS P/ FIXACAO		
00001547	TERMINAL A PRESSAO DE BRONZE P/ CABO A BARRA, CABOS 150 A 185MM2 C/ 2 FUROS P/ FIXACAO	UN	59,55
00001542	TERMINAL A PRESSAO DE BRONZE P/ CABO A BARRA, CABOS 4 A 10MM2 C/ 2 FUROS P/ FIXACAO	UN	3,15
00001545	TERMINAL A PRESSAO DE BRONZE P/ CABO A BARRA, CABOS 50 A 70MM2 C/ 2 FUROS P/ FIXACAO	UN	12,71
00001546	TERMINAL A PRESSAO DE BRONZE P/ CABO A BARRA, CABOS 95 A 120MM2 C/ 2 FUROS P/ FIXACAO	UN	28,18
00011876	TERMINAL A PRESSAO P/ CABO A BARRA, CABO 150 A 180MM2	UN	13,00
00011872	TERMINAL A PRESSAO P/ CABO A BARRA, CABO 16 A 25MM2	UN	3,73
00011877	TERMINAL A PRESSAO P/ CABO A BARRA, CABO 240 A 300MM2	UN	16,77
00001594	TERMINAL A PRESSAO P/ CABO A BARRA, CABO 25-35MM2 C/ 2 FUROS P/ FIXACAO	UN	7,21
00011873	TERMINAL A PRESSAO P/ CABO A BARRA, CABO 35MM2	UN	3,90
00001805	TERMINAL A PRESSAO P/ CABO A BARRA, CABO 50-70MM2 C/ 2 FUROS P/ FIXACAO	UN	11,45
00011875	TERMINAL A PRESSAO P/ CABO A BARRA, CABO 95 A 120MM2	UN	9,65
00011874	TERMINAL A PRESSAO P/CABO A BARRA, CABO 50 A 70MM2	UN	5,91
00001591	TERMINAL A PRESSAO 1 CABO 120MM2 C/ 1 FURO DE FIXACAO	UN	7,42
00001585	TERMINAL A PRESSAO 1 CABO 18MM2 C/ 1 FURO DE FIXACAO	UN	2,26
00001593	TERMINAL A PRESSAO 1 CABO 185MM2 C/ 1 FURO DE FIXACAO	UN	8,76
00001586	TERMINAL A PRESSAO 1 CABO 25MM2 C/ 1 FURO DE FIXACAO	UN	2,39
00001587	TERMINAL A PRESSAO 1 CABO 35MM2 C/ 1 FURO DE FIXACAO	UN	3,77
00001588	TERMINAL A PRESSAO 1 CABO 50MM2 C/ 1 FURO DE FIXACAO	UN	4,40
00001589	TERMINAL A PRESSAO 1 CABO 70MM2 C/ 1 FURO DE FIXACAO	UN	5,37
00001590	TERMINAL A PRESSAO 1 CABO 95MM2 C/ 1 FURO DE FIXACAO	UN	5,37
00007571	TERMINAL AEREO EM ACO GALV DN 3/8", COMPRIM= 300MM C/ BASE DE FIXACAO HORIZONTAL	UN	7,49
00012356	TERMINAL AEREO EM ACO GALV, C/ BASE DE FIXACAO HORIZONTAL DN 1/2"	UN	8,41
00021122	TERMINAL CPVC (AQUATHERM) SOLDAVEL REF. 15MM X 1/2"	UN	10,06
00004126	TERMINAL DE PORCELANA (MUFLA) UNIPOLAR, USO EXTERNO, TENSAO 3,6/6 KV, PARA CABO DE 10/16 MM2, COM ISOLAMENTO EPR	UN	212,45
00002869	TERMINAL P/ ACABAMENTO NA PAREDE CAIXA KANAFLEX 3"	UN	4,29
00007253	TERRA VEGETAL	M3	82,80
00004807	TESTEIRA BORRACHA LISA TDCI P/ PISO 65X33MM ESP = 8,5MM P/ ARGAMASSA	M	15,24
00004805	TESTEIRA BORRACHA LISA TDI P/ PISO 65 X 33MM ESP = 15MM P/ ARGAMASSA	M	25,40
00004806	TESTEIRA VINILICA - PECA 5M	M	12,70
00007256	TIJOLO CERAMICO MACICO APARENTE 2 FUROS 6,5 X 10 X 20CM	UN	0,27
00007262	TIJOLO CERAMICO MACICO APARENTE 5,5 X 11X 23CM	MIL	360,00
00007260	TIJOLO CERAMICO MACICO APARENTE 6 X 12 X 24CM	UN	0,37
00007258	TIJOLO CERAMICO MACICO 5 X 10 X 20CM	UN	0,19
00010617	TIJOLO CERAMICO REFRATARIO 6.3 X 11,4 X 22,9CM	UN	1,79
00007255	TIJOLO MACICO DE BARRO COZIDO, DE *5,5 X 10,5 X 22,0* CM	MIL	189,00
00007274	TIL PVC LIGACAO PREDIAL NBR 10569 P/REDE COLET ESG JE BBB DN 100 X 100MM	UN	56,12
00007280	TIL PVC PASSAGEM NBR 10569 P/REDE COLET ESG JE BBB DN 100X100MM	UN	204,61
00007281	TIL PVC PASSAGEM NBR 10569 P/REDE COLET ESG JE BBB DN 125X125MM	UN	206,26
00007282	TIL PVC PASSAGEM NBR 10569 P/REDE COLET ESG JE BBB DN 150X150MM	UN	208,02
00007276	TIL PVC PASSAGEM NBR 10569 P/REDE COLET ESG JE BBB DN 200X150MM	UN	295,57
00007277	TIL PVC PASSAGEM NBR 10569 P/REDE COLET ESG JE BBB DN 250X150MM	UN	351,30
00007278	TIL PVC PASSAGEM NBR 10569 P/REDE COLET ESG JE BBB DN 300X150MM	UN	526,65
00007286	TIL PVC RADIAL NBR 10569 P/REDE COLET ESG JE BBB DN 125X200MM	UN	288,36
00007275	TIL PVC RADIAL NBR 10569 P/REDE COLET ESG JE BBB DN 150X200MM	UN	533,79
00007285	TIL PVC RADIAL NBR 10569 P/REDE COLET ESG JE BBB DN 200X200MM	UN	583,72
00007283	TIL PVC RADIAL NBR 10569 P/REDE COLET ESG JE BBB DN 250X200MM	UN	650,87
00007284	TIL PVC RADIAL NBR 10569 P/REDE COLET ESG JE BBB DN 300X200MM	UN	736,70
00011663	TIL TUBO QUEDA PVC NBR 10569 P/ REDE COLET ESG BBB JE DN 100 X 100MM	UN	86,42
00011664	TIL TUBO QUEDA PVC NBR 10569 P/ REDE COLET ESG BBB JE DN 125 X 125MM	UN	109,32
00011665	TIL TUBO QUEDA PVC NBR 10569 P/ REDE COLET ESG BBB JE DN 150 X 150MM	UN	156,96
00011666	TIL TUBO QUEDA PVC NBR 10569 P/ REDE COLET ESG BBB JE DN 200 X 150MM	UN	195,86

---

## APÊNDICE 1

### Processo de aprendizagem do software DProfiler

O primeiro contato com o software foi através de vídeos postados na internet, os quais possibilitaram uma visão geral daquilo que o software ofereceria como suporte ao desempenho de custos. Após entrar em contato com a empresa Beck Technology e solicitar o software, assim como treinamento, foram oferecidos o arquivo de instalação do software e uma chave de licença por 300 dias, juntamente com duas vídeo-aulas de 13 horas de duração. O primeiro treinamento virtual foi oferecido pelo senhor Ricardo Machado, o então representante do software no Brasil. Como a agenda do senhor Ricardo era muito cheia, acabamos recorrendo a treinamento pago com duas empresas de São Paulo.

Página na web da Beck Technology:

<http://www.beckgroup.com/>

Página na web do DProfiler:

<http://beck-technology.com/dprofiler.html>

## **APÊNDICE 2**

Modelo 1 - Itens utilizados na residência executada, segundo custo real

MATERIAL			
<b>FUNDAÇÃO - ESTRUTURA - VEDAÇÃO</b>			
1	AREIA GROSSA	1446,74	
2	AREIA FINA	1163,56	
3	BRITA	520,38	
4	CAL HIDRATADA	553,00	
5	CICA	57,50	
6	CIMENTO	2915,00	
7	EUCALIPTO ESCORA	180,00	
8	FERRO	2122,00	
9	LAJE	994,70	
10	IMPERMEABILIZAÇÃO	1930,00	
11	TABUAS E ESCORAS	998,90	
12	TIJOLO	1300,79	
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 14.182,57</b>	
<b>PISO - REVESTIMENTO</b>			
13	ARGAMASSA	605,15	
14	PISO AREA SERVIÇO	252,00	
15	PISO BANHEIRO	608,00	
16	PISO COZINHA	444,00	
17	PISO SALA	416,00	
18	REJUNTE	138,00	
19	REVESTIMENTO BANHEIRO	329,72	
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 2.792,87</b>	
<b>COBERTURA</b>			
20	TELHA ETERNIT	526,00	
21	TELHAS cimento	330,00	
22	VIGOTA 14 X 5	1432,70	
23	RIPAO	375,00	
24	RUFO E CALHA	2800,00	
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 5.463,70</b>	
<b>PINTURA</b>			
25	LIXA	16,00	
26	MASSA CORRIDA	210,00	
27	MASSA CORRIDA	32,00	
28	TINTA PVA	540,00	
29	TINTA ACRILICA	75,00	
30	TINTA TEXTURIZADA	75,00	
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 948,00</b>	
<b>SERVIÇOS - MATERIAIS</b>			
31	GESSO	1700,00	
32	PORTAO DE AÇO	1300,00	
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 3.000,00</b>	
<b>ESQUADRIA</b>			
33	PORTA 70 CM	89,34	
34	PORTA 70 CM	89,34	
35	PORTA 90 CM	85,08	
36	PORTA 90 CM	170,16	
37	PORTA VENEZIANA	115,50	
38	PORTAL 70CM	101,20	
39	PORTAL 70CM	80,82	
40	PORTAL 80 CM	80,82	
41	PORTAL 90 CM	80,82	
42	ALISAR	105,00	
43	FECHADURA	110,00	
44	FECHADURA	120,00	
45	FECHADURA	45,00	
46	DOBRADIÇA	10,90	
47	DOBRADIÇA	15,57	
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 1.299,55</b>	
<b>VIDRO</b>			
48	BOX BANHEIRO 2,5 X 0,80	300,00	
49	JANELA 0,30 X 0,60 BASCUL.	350,00	
50	JANELA 0,30 X 1,20 FIXO	100,00	
51	JANELA 0,75 X 1,2 CORRER	150,00	
52	JANELA 1,2 X 0,75 CORRER	150,00	
53	JANELA 1,5 X 0,80 CORRER	250,00	
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 1.300,00</b>	
<b>PAISAGISMO</b>			
54	GRAMA	550,00	
55	TERRA	200,00	
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 750,00</b>	
<b>MÃO-DE-OBRA</b>			
56	ARMADOR	820,00	
57	AZULEJISTA	1200,00	
58	CARPINTEIRO	1400,00	
59	JARDINEIRO	300,00	
60	PEDREIRO	5200,00	
61	PINTOR	1600,00	
62	SERVENTE	7590,00	
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 18.110,00</b>	
<b>TOTAL MATERIAL</b>		<b>R\$ 26.736,69</b>	
<b>TOTAL MÃO-DE-OBRA</b>		<b>R\$ 18.110,00</b>	
<b>TOTAL SERVIÇOS - MATERIAIS</b>		<b>R\$ 3.000,00</b>	
<b>TOTAL GERAL</b>		<b>R\$ 47.846,69</b>	

## **APÊNDICE 3**

Modelo 1 - Itens utilizados na residência executada, segundo custo  
fornecido pelo software DProfiler



12/9/2013

Estimate Name: Cost Estimate  
Estimate Number: EST - 030540

Division	Description	Quantity	Unit	Unit Price	Cost / Area
<b>TODOS</b>					
<b>EMPRESA</b>					
03.011.000005.MOE	Assentamento de azulejos	30.55	M2	R\$ 31.45	R\$ 960.80
03.014.000001.MOE	Execução de reboco em parede externa	59.15	M2	R\$ 21.08	R\$ 1.246.88
03.015.000002.MOE	Execução de chapisco em parede interna	45.50	M2	R\$ 3.40	R\$ 154.70
03.015.000003.MOE	Execução de chapisco em parede externa	59.15	M2	R\$ 3.40	R\$ 201.11
Total - EMPREITADA					R\$ 2.563.49
<b>M.O.</b>	<b>MÃO DE OBRA</b>				
01.001.000001.MOD	Ajudante	83.93	H	R\$ 2.55	R\$ 214.02
01.001.000003.MOD	Ajudante de carpinteiro	637.34	H	R\$ 2.91	R\$ 1.854.65
01.001.000007.MOD	Ajudante de pintor	274.37	H	R\$ 2.91	R\$ 798.40
01.001.000008.MOD	Ajudante de telhadista	149.60	H	R\$ 2.91	R\$ 435.35
01.003.000001.MOD	Azulejista	141.96	H	R\$ 3.87	R\$ 549.39
01.007.000001.MOD	Carpinteiro	637.34	H	R\$ 3.87	R\$ 2.466.50
01.014.000001.MOD	Jardineiro	68.91	H	R\$ 3.87	R\$ 266.67
01.018.000001.MOD	Montador	213.89	H	R\$ 3.87	R\$ 827.76
01.021.000001.MOD	Pedreiro	820.84	H	R\$ 3.87	R\$ 3.176.67
01.022.000001.MOD	Pintor	333.06	H	R\$ 3.87	R\$ 1.288.94
01.026.000001.MOD	Servente	1.508.25	H	R\$ 2.55	R\$ 3.846.03
01.029.000001.MOD	Telhadista	83.27	H	R\$ 3.87	R\$ 322.24
Total - MÃO DE OBRA					R\$ 16.046.61
<b>MAT.</b>	<b>MATERIAL</b>				
0001.Concreto	Areia, Brita e Cimento	25.75	M2	R\$ 178.00	R\$ 4.584.03
0002.Aco	Barra de Aço_5/16_4.2	903.60	KG	R\$ 4.22	R\$ 3.813.21
0003.Laje	Laje Pré-moldada (Lajotas + Vigotas) vao ate 5 m	35.00	M2	R\$ 36.21	R\$ 1.267.35
03.002.000012.MAT	Calceário diatomítico	21.53	KG	R\$ 0.23	R\$ 4.95
04.004.000007.MAT	Argamassa pré-fabricada para assentamento de alvenaria	1.745.20	KG	R\$ 0.45	R\$ 785.34
04.004.000016.MAT	Argamassa polimérica - VEDATOP	260.26	KG	R\$ 4.80	R\$ 1.249.25
04.004.000033.MAT	Argamassa pré-fabricada para revestimento interno, externo e assentamento de alvenaria e pisos	2.011.10	KG	R\$ 0.41	R\$ 824.55
04.004.000036.MAT	Argamassa de cimento colante pré-fabricada para assentamento de peças cerâmicas	134.42	KG	R\$ 0.43	R\$ 57.80
05.004.000006.MAT	Tijolo cerâmico (altura: 57 mm / comprimento: 190 mm / largura: 90 mm)	8.154.56	UN	R\$ 0.19	R\$ 1.540.37
08.001.000006.MAT	Madeira peroba	1.30	M3	R\$ 1.100.00	R\$ 1.430.55
Total - MATERIAL					R\$ 16.046.61

segunda-feira, dezembro 09, 2013 10:50

Estimate Name: Cost Estimate  
 Estimate Number: EST - 030540

Division	Description	Quantity	Unit	Unit Price	Cost	Cost / Area
08.005.000003.MAT	Pontalite de cedro 3ª construção (seção transversal: 3x3 ")	77.81	M	R\$ 3,87	R\$ 301,11	R\$ 3,86
08.005.000011.MAT	Sarrato (seção transversal: 1x4 " / altura: 100 mm / espessura: 25 mm)	44.14	M	R\$ 1,28	R\$ 56,49	R\$ 1,61
08.005.000020.MAT	Tábua de cedrinho (seção transversal: 1x12 ")	25.48	M	R\$ 6,60	R\$ 168,17	R\$ 4,80
12.001.000003.MAT	Acido muriático	8.28	L	R\$ 1,37	R\$ 11,34	R\$ 0,32
12.001.000009.MAT	Amônia	11.83	L	R\$ 1,74	R\$ 20,58	R\$ 0,59
13.008.000006.MAT	Guarnição de madeira tipo Peróba com vão de até 0,90 x 2,10 m para porta 1 folha (espessura: 10 m)	10.40	UN	R\$ 25,97	R\$ 270,09	R\$ 7,72
13.008.000009.MAT	Batente de madeira tipo Peróba com vão de até 0,90 x 2,10m para porta de 1 folha (espessura: 35 m)	5.20	UN	R\$ 74,00	R\$ 384,80	R\$ 10,99
13.008.000022.MAT	Porta de madeira lisa encaixada com madeira Intubia (espessura: 35 mm / largura: 0,60 m / altura: 1,80 m)	5.20	UN	R\$ 94,67	R\$ 492,28	R\$ 14,07
13.017.000001.MAT	Fechadura em latão completa tipo gorge com extremidade testa e contra testa reta com guarnição tip	5.20	UN	R\$ 80,00	R\$ 416,00	R\$ 11,89
13.017.000004.MAT	Dobradça de ferro tipo leve com pino solto para porta (altura: 3 " / largura: 2 1/2 ")	15.60	UN	R\$ 7,54	R\$ 117,62	R\$ 3,36
18.003.000006.MAT	Taco de peróba para instalação de portas e janelas (altura: 60 mm / largura: 50 mm / espessura: 15 m)	31.20	UN	R\$ 0,80	R\$ 24,96	R\$ 0,71
18.006.000008.MAT	Azelejo cerâmico esmaltado liso (comprimento: 150 mm / largura: 150 mm)	33.61	M2	R\$ 15,90	R\$ 534,32	R\$ 15,27
18.006.000009.MAT	Placa cerâmica esmaltada lisa resistência a abrasão 3 (espessura: 8 mm / largura: 300 mm / comprim	65.07	M2	R\$ 20,78	R\$ 1.352,05	R\$ 38,63
21.001.000007.MAT	Massa corrida base PVA	31.85	KG	R\$ 1,98	R\$ 63,06	R\$ 1,80
21.001.000023.MAT	Líquido preparador de superfícies lata com 18 litros	7.10	L	R\$ 9,18	R\$ 65,16	R\$ 1,86
21.001.000027.MAT	Selador base PVA Selador base PVA para pintura látex para pintura latex	5.46	L	R\$ 7,78	R\$ 42,48	R\$ 1,21
21.004.000003.MAT	Tinta látex acrílica fosca	10.06	L	R\$ 11,98	R\$ 120,46	R\$ 3,44
21.004.000004.MAT	Tinta látex PVA fosca	7.74	L	R\$ 8,99	R\$ 69,54	R\$ 1,99
21.006.000005.MAT	Lixa grana: 100 para superfície madeira/massa	44.36	UN	R\$ 0,61	R\$ 27,06	R\$ 0,77
22.001.000001.MAT	Massa para vidro comum	0.26	KG	R\$ 2,29	R\$ 0,60	R\$ 0,02
22.006.000002.MAT	Vidro incolor temperado liso (espessura: 10,00 mm)	6.50	M2	R\$ 168,44	R\$ 1.094,56	R\$ 31,27
23.001.000002.MAT	Chapa de ferro tipo emenda para telhados (largura: 4 " / peso: 0,57 kg / comprimento: 500 mm / espe	26.85	KG	R\$ 14,50	R\$ 389,25	R\$ 11,12
23.004.000026.MAT	Telha de concreto (comprimento: 419 mm / inclinação: 30,00 % / largura nominal: 330 mm / largura úti	148.79	UN	R\$ 2,42	R\$ 360,06	R\$ 10,29
23.004.000035.MAT	Telha de fibrocimento ondulada tipo vogatex e fibrotex (largura útil: 450 mm / vão livre: 1,15 m / espes	54.15	M2	R\$ 7,66	R\$ 414,75	R\$ 11,85
23.004.000042.MAT	Telha de alumínio ondulada envernizada nas 2 faces (espessura: 0,40 mm / largura nominal: 1345 m	74.58	KG	R\$ 26,59	R\$ 1.983,04	R\$ 56,66
24.001.000004.MAT	Grana batatas em placas com nome científico de PASPALUM NOTATUM	143.55	M2	R\$ 3,13	R\$ 449,33	R\$ 12,84
24.001.000006.MAT	Adubo mineral NPK com formulação 10 - 10 - 10	14.36	KG	R\$ 1,95	R\$ 27,99	R\$ 0,80
24.001.000007.MAT	Adubo orgânico curtido - estercos	0.72	M3	R\$ 121,25	R\$ 87,03	R\$ 2,49
24.001.000075.MAT	Fosfato de rochas	14.36	KG	R\$ 0,13	R\$ 1,87	R\$ 0,05
25.002.000014.MAT	Parafuso cabeça chata fenda simples zincado branco para madeira (comprimento: 90 mm / diâmetro:	41.60	UN	R\$ 0,40	R\$ 16,64	R\$ 0,48
25.007.000007.MAT	Prego com cabeça 16 x 24 (comprimento: 55 mm / diâmetro: 2,70 mm)	1.04	KG	R\$ 4,82	R\$ 5,01	R\$ 0,14
25.007.000009.MAT	Prego com cabeça 18 x 27 (diâmetro: 3,40 mm / comprimento: 62,1 mm)	13.79	KG	R\$ 4,52	R\$ 62,31	R\$ 1,78
25.007.000011.MAT	Prego galvanizado com cabeça 18 x 27 (diâmetro: 3,40 mm / comprimento: 62,1 mm)	209.66	UN	R\$ 8,39	R\$ 1.752,04	R\$ 8,39
25.010.000005.MAT	Arnuela plástica para prego 18x27 (espessura: 3,00 mm / diâmetro maior: 16,00 mm)	209.66	UN	R\$ 0,06	R\$ 12,58	R\$ 0,36
25.011.000001.MAT	Bucha de nylon tipo "S8" para fixação geral em concreto e materiais de alvenaria (comprimento: 40 m	5.20	UN	R\$ 0,17	R\$ 0,88	R\$ 0,03



Estimate Name: Cost Estimate  
Estimate Number: EST - 030540

12/9/2013

Division	Description	Quantity	Unit	Unit Price	Cost	Cost / Area
25.014.000004.MAT	Gancho de alumínio com porca , arruela côncava de ferro , arruela lisa ou em PVC flexível (diâmetro	209.82	UN	R\$ 0.80	R\$ 167.86	R\$ 4.80
Total - MATERIAL						
R\$ 25,186.14						
<b>SER.MO SERVIÇOS - MATERIAL E MÃO DE OBRA</b>						
01.012.000026.SET	Portão automático em chapa de aço galvanizada, com chapas de aço tipo deck em posição vertical (l	1.30	UN	R\$ 1,000.00	R\$ 1,300.00	R\$ 37.14
01.020.000005.SET	Forno de gesso liso tipo biscotado encaixe macho-fêmea (comprimento da placa: 60 cm / espessura: 3	59.15	M2	R\$ 34.30	R\$ 2,028.85	R\$ 57.97
Total - SERVIÇOS - MATERIAL E MÃO DE OBRA						
					R\$ 3,328.85	R\$ 95.11
<b>Total - TODOS</b>					<b>R\$ 47,125.08</b>	<b>R\$ 1,346.43</b>
<b>Subtotal Direct Cost</b>					<b>R\$ 47,125.08</b>	<b>R\$ 1,346.43</b>

## **APÊNDICE 4**

Modelo 2 - Tabela de cálculos de preços médios para elaboração das fórmulas a serem desenvolvidas no DProfiler

TABELA PARA ELABORAÇÃO DAS FÓRMULAS						
1 m³ DE CONCRETO (FUNDAÇÃO E ESTRUTURA)						
MATERIAL	QTDDE / m³	UNIDADE	CUSTO UNIT. (RS)	CUSTO TOTAL (RS)	CUSTO TOTAL (RS/m³)	VALOR TOTAL DE M³ DE CONCRETO: AREIA, CIMENTO E PEDRA BRITADA = R\$ 187,44
Areia grossa	0,64	m³	42,45	27,17	187,44	
Cimento CP II-32	239	kg	0,48	114,72		
Pedra Britada Nº1	0,55	m³	82,83	45,56		
AÇO REFERENTE A 1 m LINEAR DE CONCRETO (VIGAS E PILARES COM DIMENSÕES DE 15 X 40 cm)						
MATERIAL	QTDDE BARRAS	PESO (Kg/m)	PESO TOTAL (Kg/m)	CUSTO UNIT. (RS)	VALOR TOTAL (Kg/m)	VALOR AÇO (RS/m)
Aço 5/16"	6,00	0,40	2,40	RS 4,45	RS 10,68	RS 12,97 ÷ 2,95
MATERIAL	QTDDE ESTRIBO/m	PESO (Kg/m)	PESO TOTAL(Kg/m)	CUSTO UNIT. (RS)	VALOR TOTAL (RS/m)	VALOR TOTAL DE AÇO POR METRO LINEAR DE CONCRETO = R\$ 4,40
Aço 4.2mm	6,66	0,11	0,55	RS 4,17	RS 2,29	
TOTAL			2,95	RS 4,40	RS 12,97	
1 m² DE CONTRAPISO (CONCRETO E TELA DE AÇO)						
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ESPESSURA (m)	VOLUME (m³)	VALOR UNIT. (RS/m²)	VALOR UNIT. (RS/m²)
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	1,00	1,00	0,10	0,10	187,44	RS 18,74
MATERIAL	LARGURA (m)	COMP. (m)	AREA (m²)	PESO (Kg/m²)	TOTAL (Kg)	VALOR TOTAL (RS/m²)
Tela de Aço 4.2mm (15 x 15 cm)	1,00	1,00	1,00	1,50	RS 5,52	RS 8,28
TOTAL					TOTAL CONTRAPISO / m²	RS 27,02
1 m² DE LAJE (LAJOTA, VIGOTA, CONCRETO E TELA DE AÇO)						
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	AREA (m²)	CUSTO UNIT. (RS)	VALOR TOTAL (RS/m²)	
Laje (Lajota e Vigota)	1,00	1,00	1,00	RS 36,21	RS 36,21	
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ESPESSURA (m)	VOLUME (m³)	VALOR TOTAL (RS/m²)	
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	1,00	1,00	0,05	0,05	RS 178,00	RS 8,90
MATERIAL	LARGURA (m)	COMP. (m)	AREA (m²)	PESO (Kg/m)	VALOR UNIT. (RS)	VALOR TOTAL (RS/m²)
Tela de Aço 4.2mm (15 x 15 cm)	1,00	1,00	1,00	1,50	RS 5,52	RS 8,28
TOTAL					TOTAL LAJE / m²	RS 53,39
1 m² DE VEDAÇÃO						
MATERIAL	COMP. (m)	LARGURA (m)	AREA DA PAREDE (m²)	AREA PEÇA C/ ARGAM. (m²)	QTDDE (un/m²)	VALOR UNIT. (RS)
Tijolo Cerâmico ( 15,7 X 19 X 9 cm)	1,00	1,00	0,0148		68,00	RS 0,19
MATERIAL	ARGAMASSA (m²)	ESPESS. TIJOLO (m)	VOLUME (m³)	PESO (Kg/m²)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (RS)
Argamassa	0,250	0,09	0,023	2.100,00	47,25	RS 0,45
TOTAL					TOTAL VEDAÇÃO / m²	RS 34,18

## **APÊNDICE 5**

Modelo 3 - Tabela com valores de fundação, estrutura e fundação para o sólido de base 10 x 10 metros e pé-direito de 2,75 metros

TABELA DE CUSTOS (FUNDAÇÃO, ESTRUTURA E VEDAÇÃO)										
<b>FUNDAÇÃO (ESTACAS) - SEÇÃO: (0,36 x 0,36) x 3,14 = 0,40 m<sup>2</sup></b>										
MATERIAL	QTDDE ESTACAS (un)	PROFUNDIDADE (m)	SECAO (m <sup>2</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	9,00	3,00	0,12	3,24	RS 187,44	RS 607,31				
MATERIAL	QTDDE ESTACAS (un)	TOTAL (m)	PESO (Kg/m)	PESO TOTAL (Kg/m)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Aço (5/16" - 4.2mm)	9,00	27,00	2,95	79,65	RS 4,40	RS 350,46				
<b>FUNDAÇÃO (VIGA BALDRAME) - SEÇÃO: 0,15 x 0,40 = 0,06 m<sup>2</sup></b>										
MATERIAL	MALHA (QTDDE)	DIMENSÃO (m)	SECAO (m <sup>2</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	6,00	10,00	0,06	3,60	RS 187,44	RS 674,78				
MATERIAL	MALHA (QTDDE)	DIMENSÃO (m)	PESO (Kg/m)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Aço (5/16" - 4.2mm)	6,00	10,00	2,95	177,00	RS 4,40	RS 778,80				
<b>CONTRAPISO - L x C x E</b>										
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ESPESURA (m)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	10,00	10,00	0,10	10,00	RS 187,44	RS 1.874,40				
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Aço (5/16" - 4.2mm)	10,00	100,00	1,50	150,00	RS 5,52	RS 828,00				
<b>ESTRUTURA (PILARES) - SEÇÃO: 0,15 x 0,40 = 0,06 m<sup>2</sup></b>										
MATERIAL	QTDDE PILARES (un)	ALTURA (m)	SECAO (m <sup>2</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	9,00	2,80	0,06	1,51	RS 187,44	RS 283,41				
MATERIAL	QTDDE PILARES (un)	ALTURA (m)	PESO (Kg/m)	PESO TOTAL (Kg/m)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Aço (5/16" - 4.2mm)	9,00	25,20	2,95	74,34	RS 4,40	RS 327,10				
<b>ESTRUTURA (VIGA) - SEÇÃO: 0,15 x 0,04 = 0,06 m<sup>2</sup></b>										
MATERIAL	MALHA (QTDDE)	DIMENSÃO (m)	SECAO (m <sup>2</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	6,00	10,00	0,06	3,60	RS 187,44	RS 674,78				
MATERIAL	MALHA (QTDDE)	DIMENSÃO (m)	PESO (Kg/m)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Aço (5/16" - 4.2mm)	6,00	60,00	2,95	177,00	RS 4,40	RS 778,80				
<b>LAJE - L x C x E</b>										
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)					
Laje (Lajota e Vigota)	10,00	10,00	100,00	RS 36,21	RS 3.621,00					
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ESPESURA (m)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	10,00	10,00	0,05	5,00	RS 187,44	RS 937,20				
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Aço (5/16" - 4.2mm)	10,00	100,00	1,50	150,00	RS 5,52	RS 828,00				
<b>TOTAL DA ESTRUTURA</b>										
						RS 7.450,29				
<b>VEDAÇÃO (TUILOS) - ÁREA: PERÍMETRO X ALTURA</b>										
MATERIAL	LADO	QTDDE LADOS	ALTURA PAREDE	QTDDE (un/m <sup>2</sup> )	TOTAL (un)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)			
TUILO CERÂMICO (5,7 X 19 X 9 cm)	10,00	4,00	2,80	112,00	68,00	RS 0,19	RS 1.447,04			
<b>VEDAÇÃO (ARGAMASSA)</b>										
MATERIAL	AREA DA PAREDE (m <sup>2</sup> )	ARGAMASSA / m <sup>2</sup>	VOLUME (m <sup>3</sup> )	PESO (Kg/m <sup>3</sup> )	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)			
ARGAMASSA	112,00	0,077	0,09	0,78	1.629,94	RS 0,45	RS 733,47			
<b>TOTAL VEDAÇÃO</b>							RS 2.180,51			
<b>TOTAL</b>							RS 14.754,52			

## **APÊNDICE 6**

Modelo 4 - Tabela de custos para residência inicial, considerando itens de fundação, estrutura e vedação

TABELA DE CUSTOS (FUNDAÇÃO, ESTRUTURA E VEDAÇÃO)										
<b>FUNDAÇÃO (ESTACAS) - SEÇÃO: (0,36 x 0,36) x 3,14 = 0,40 m²</b>										
MATERIAL	QTDDE ESTACAS (un)	PROFUNDIDADE (m)	SECAO (m²)	VOLUME (m³)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	24,00	3,00	0,12	8,64	R\$ 187,44	R\$ 1.619,48				
MATERIAL	QTDDE ESTACAS (un)	PROFUNDIDADE (m)	PESO (Kg/m)	PESO TOTAL (Kg/m)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Aço (5/16" - 4,2mm)	24,00	3,00	2,95	212,40	R\$ 4,40	R\$ 934,56				
<b>FUNDAÇÃO (VIGA BALDRAME) - SEÇÃO: 0,15 x 0,40 = 0,06 m²</b>										
MATERIAL	MALHA (QTDDE)	DIMENSÃO (m)	SECAO (m²)	VOLUME (m³)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	10,80	10,00	0,06	6,48	R\$ 187,44	R\$ 1.214,61				
MATERIAL	MALHA (QTDDE)	DIMENSÃO (m)	PESO (Kg/m)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Aço (5/16" - 4,2mm)	10,80	10,00	2,95	318,60	R\$ 4,40	R\$ 1.401,84				
<b>CONTRAPISO - L x C x E</b>										
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ESPESURA (m)	VOLUME (m³)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	10,00	7,40	0,10	7,40	R\$ 187,44	R\$ 1.387,06				
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	AREA (m²)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Aço (5/16" - 4,2mm)	10,80	10,00	1,50	162,00	R\$ 5,52	R\$ 894,24				
<b>ESTRUTURA (PILARES) - SEÇÃO: 0,15 x 0,40 = 0,06 m²</b>										
MATERIAL	QTDDE PILARES (un)	ALTURA (m)	SECAO (m²)	VOLUME (m³)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	24,00	3,00	0,06	4,32	R\$ 187,44	R\$ 809,74				
MATERIAL	QTDDE PILARES (un)	ALTURA (m)	PESO (Kg/m)	PESO TOTAL (Kg/m)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Aço (5/16" - 4,2mm)	24,00	3,00	2,95	212,40	R\$ 4,40	R\$ 934,56				
<b>ESTRUTURA (VIGA) - SEÇÃO: 0,15 x 0,04 = 0,06 m²</b>										
MATERIAL	MALHA (QTDDE)	DIMENSÃO (m)	SECAO (m²)	VOLUME (m³)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	12,50	10,00	0,06	7,50	R\$ 187,44	R\$ 1.405,80				
MATERIAL	MALHA (QTDDE)	DIMENSÃO (m)	PESO (Kg/m)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Aço (5/16" - 4,2mm)	12,50	10,00	2,95	368,75	R\$ 4,40	R\$ 1.622,50				
<b>LAJE - L x C x E</b>										
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	AREA (m²)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)					
Laje (Lajota e Vigota)	10,00	13,85	138,50	R\$ 36,21	R\$ 5.015,09					
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ESPESURA (m)	VOLUME (m³)	CUSTO UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Concreto (Areia, Brita e Cimento)	13,85	10,00	0,05	6,93	R\$ 187,44	R\$ 1.298,02				
MATERIAL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	AREA (m²)	TOTAL (Kg)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)				
Aço (5/16" - 4,2mm)	13,85	10,00	1,50	207,75	R\$ 5,52	R\$ 1.146,78				
<b>VEDAÇÃO (TUIOLOS) - ÁREA: PERÍMETRO X ALTURA</b>										
MATERIAL	LADO	QTDDE LADOS	ALTURA PAREDE	QTDDE (m²)	QTDDE (un/m²)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)			
TUIOLO CERÂMICO (5,7 X 19 X 9 cm)	10,00	7,65	244,80	68,00	16,646,40	R\$ 0,19	R\$ 3.162,82			
<b>VEDAÇÃO (ARGAMASSA)</b>										
MATERIAL	AREA DA PAREDE (m²)	ARGAMASSA / m²	ESPESURA (m)	VOLUME (m³)	PESO (Kg/m³)	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)			
ARGAMASSA	244,80	0,077	1,70	2.100,00	3.562,57	R\$ 0,45	R\$ 1.603,16			
							<b>TOTAL VEDAÇÃO</b>	<b>R\$ 4.765,97</b>		
							<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 24.450,25</b>		

## **APÊNDICE 7**

Modelo 7 - Processo de modificação do sólido inicial até a obtenção do sólido final, contendo todos os passos e resultados, gerados a partir do software DProfiler

Processo		Valor	Processo		Valor	Processo		Valor
Passos	Ação	Volumen Inicial =	Passos	Ação	Valor	Passos	Ação	Valor
Passo 1	retirar estrutura	R\$ 104.283	Passo 51	adicionar volume	R\$ 162.324	Passo 101	acrescimo de vedação	R\$ 254.345
Passo 2	retirar vedacao de massing	R\$ 76.555	Passo 52	diminuir volume	R\$ 161.945	Passo 102	acrescimo de vedação	R\$ 254.810
Passo 3	adicionar volume	R\$ 60.368	Passo 53	adicionar volume	R\$ 163.722	Passo 103	acrescimo de vedação	R\$ 255.098
Passo 4	adicionar volume	R\$ 67.415	Passo 54	adicionar volume	R\$ 166.423	Passo 104	acrescimo de vedação	R\$ 255.247
Passo 5	adicionar volume	R\$ 70.940	Passo 55	diminuir volume	R\$ 165.684	Passo 105	acrescimo de vedação	R\$ 255.833
Passo 6	subtrair volume	R\$ 69.678	Passo 56	acrescimo de volume	R\$ 168.887	Passo 106	acrescimo de vedação	R\$ 256.002
Passo 7	subtrair volume	R\$ 68.155	Passo 57	subtrair volume	R\$ 162.179	Passo 107	acrescimo de vedação	R\$ 256.456
Passo 8	adicionar volume	R\$ 72.076	Passo 58	diminuir volume	R\$ 159.533	Passo 108	acrescimo de vedação	R\$ 258.667
Passo 9	adicionar volume	R\$ 75.168	Passo 59	acrescimo de volume	R\$ 161.678	Passo 109	acrescimo de vedação	R\$ 258.831
Passo 10	aumento da altura da cobertura	R\$ 76.501	Passo 60	acrescimo de volume	R\$ 164.933	Passo 110	acrescimo de vedação	R\$ 258.933
Passo 11	adicionar volume	R\$ 78.567	Passo 61	acrescimo de volume	R\$ 167.233	Passo 111	acrescimo de vedação	R\$ 259.282
Passo 12	adicionar volume	R\$ 77.478	Passo 62	acrescimo de volume	R\$ 172.641	Passo 112	acrescimo de vedação	R\$ 259.364
Passo 13	adicionar volume	R\$ 79.980	Passo 63	acrescimo de esquadria	R\$ 173.654	Passo 113	acrescimo de vedação	R\$ 259.523
Passo 14	adicionar volume	R\$ 81.345	Passo 64	acrescimo de esquadria	R\$ 174.071	Passo 114	acrescimo de vedação	R\$ 259.904
Passo 15	adicionar volume	R\$ 82.567	Passo 65	acrescimo de esquadria	R\$ 175.377	Passo 115	acrescimo de vedação	R\$ 260.297
Passo 16	aumento de volume	R\$ 86.905	Passo 66	acrescimo de esquadria	R\$ 178.282	Passo 116	acrescimo de vedação	R\$ 260.421
Passo 17	subtrair volume	R\$ 85.199	Passo 67	acrescimo de esquadria	R\$ 180.769	Passo 117	acrescimo de vedação	R\$ 260.552
Passo 18	adicionar volume	R\$ 90.177	Passo 68	acrescimo de esquadria	R\$ 181.923	Passo 118	acrescimo de vedação	R\$ 260.690
Passo 19	aumento de volume	R\$ 92.332	Passo 69	acrescimo de esquadria	R\$ 184.109	Passo 119	acrescimo de vedação	R\$ 260.913
Passo 20	adicionar malha lateral direita	R\$ 108.167	Passo 70	acrescimo de esquadria	R\$ 184.978	Passo 120	acrescimo de vedação	R\$ 261.134
Passo 21	adicionar malha lateral esquerda	R\$ 129.341	Passo 71	acrescimo de esquadria	R\$ 185.594	Passo 121	acrescimo de vedação	R\$ 261.657
Passo 22	aumento de volume	R\$ 130.244	Passo 72	acrescimo de esquadria	R\$ 186.634	Passo 122	acrescimo de vedação	R\$ 262.232
Passo 23	adicionar volume	R\$ 132.678	Passo 73	acrescimo de esquadria	R\$ 187.089	Passo 123	acrescimo de vedação	R\$ 262.617
Passo 24	aumento de volume	R\$ 132.009	Passo 74	acrescimo de esquadria	R\$ 187.913	Passo 124	acrescimo de vedação	R\$ 265.513
Passo 25	aumento de volume	R\$ 133.677	Passo 75	acrescimo de esquadria	R\$ 189.142	Passo 125	acrescimo de vedação	R\$ 266.474
Passo 26	adicionar volume	R\$ 136.990	Passo 76	acrescimo de esquadria	R\$ 189.769	Passo 126	acrescimo de vedação	R\$ 266.595
Passo 27	aumento de volume	R\$ 135.788	Passo 77	acrescimo de esquadria	R\$ 192.356	Passo 127	acrescimo de vedação	R\$ 266.958
Passo 28	adicionar volume	R\$ 137.880	Passo 78	acrescimo de esquadria	R\$ 192.977	Passo 128	acrescimo de vedação	R\$ 267.115
Passo 29	diminuir volume	R\$ 137.500	Passo 79	acrescimo de esquadria	R\$ 193.594	Passo 129	acrescimo de vedação	R\$ 267.533
Passo 30	adicionar volume	R\$ 139.670	Passo 80	acrescimo de esquadria	R\$ 195.043	Passo 130	acrescimo de vedação	R\$ 267.920
Passo 31	adicionar volume	R\$ 141.135	Passo 81	acrescimo de esquadria	R\$ 203.510	Passo 131	acrescimo de vedação	R\$ 268.112
Passo 32	aumento de volume	R\$ 142.333	Passo 82	acrescimo de esquadria	R\$ 209.320	Passo 132	acrescimo de vedação	R\$ 268.574
Passo 33	aumento de volume	R\$ 143.509	Passo 83	acrescimo de esquadria	R\$ 213.678	Passo 133	acrescimo de vedação	R\$ 268.841
Passo 34	aumento de volume	R\$ 144.008	Passo 84	acrescimo de esquadria	R\$ 223.558	Passo 134	acrescimo de vedação	R\$ 269.071
Passo 35	diminuir volume	R\$ 143.690	Passo 85	acrescimo de esquadria	R\$ 224.789	Passo 135	acrescimo de vedação	R\$ 269.609
Passo 36	aumento de volume	R\$ 144.568	Passo 86	acrescimo de esquadria	R\$ 226.020	Passo 136	acrescimo de vedação	R\$ 269.722
Passo 37	aumento de volume	R\$ 145.877	Passo 87	acrescimo de esquadria	R\$ 228.922	Passo 137	acrescimo de vedação	R\$ 269.834
Passo 38	subtrair volume	R\$ 144.977	Passo 88	acrescimo de esquadria	R\$ 236.189	Passo 138	acrescimo de vedação	R\$ 270.741
Passo 39	adicionar volume	R\$ 147.680	Passo 89	acrescimo de esquadria	R\$ 241.578	Passo 139	acrescimo de vedação	R\$ 271.033
Passo 40	aumento de volume	R\$ 150.876	Passo 90	acrescimo de esquadria	R\$ 245.489	Passo 140	acrescimo de vedação	R\$ 271.245
Passo 41	diminuir volume	R\$ 148.777	Passo 91	acrescimo de esquadria	R\$ 248.933	Passo 141	acrescimo de vedação	R\$ 271.553
Passo 42	aumento de volume	R\$ 149.995	Passo 92	acrescimo de vedação	R\$ 251.832	Passo 142	acrescimo de vedação	R\$ 272.478
Passo 43	subtrair volume	R\$ 144.154	Passo 93	acrescimo de vedação	R\$ 252.498	Passo 143	adicao da ultima janela	R\$ 281.644
Passo 44	aumento de volume	R\$ 167.004	Passo 94	acrescimo de vedação	R\$ 252.689	Passo 144	diminuicao de 2m no volume	R\$ 278.708
Passo 45	aumento de volume	R\$ 173.567	Passo 95	acrescimo de vedação	R\$ 252.813	Passo 145	diminuicao de 1 m no volume	R\$ 277.984
Passo 46	diminuir volume	R\$ 172.792	Passo 96	acrescimo de vedação	R\$ 252.998	Passo 146	diminuicao de 2 m no volume	R\$ 275.817
Passo 47	subtrair volume	R\$ 165.149	Passo 97	acrescimo de vedação	R\$ 253.111	Passo 147	pedico dos revestimentos e esquadrias	R\$ 273.907
Passo 48	aumento de volume	R\$ 167.654	Passo 98	acrescimo de vedação	R\$ 253.189	Passo 148	diminuicao da superficie de uma janela	R\$ 273.567
Passo 49	diminuir volume	R\$ 165.912	Passo 99	acrescimo de vedação	R\$ 253.312	Passo 149	diminuicao da superficie de uma janela	R\$ 273.316
Passo 50	diminuir volume	R\$ 160.911	Passo 100	acrescimo de vedação	R\$ 253.598			