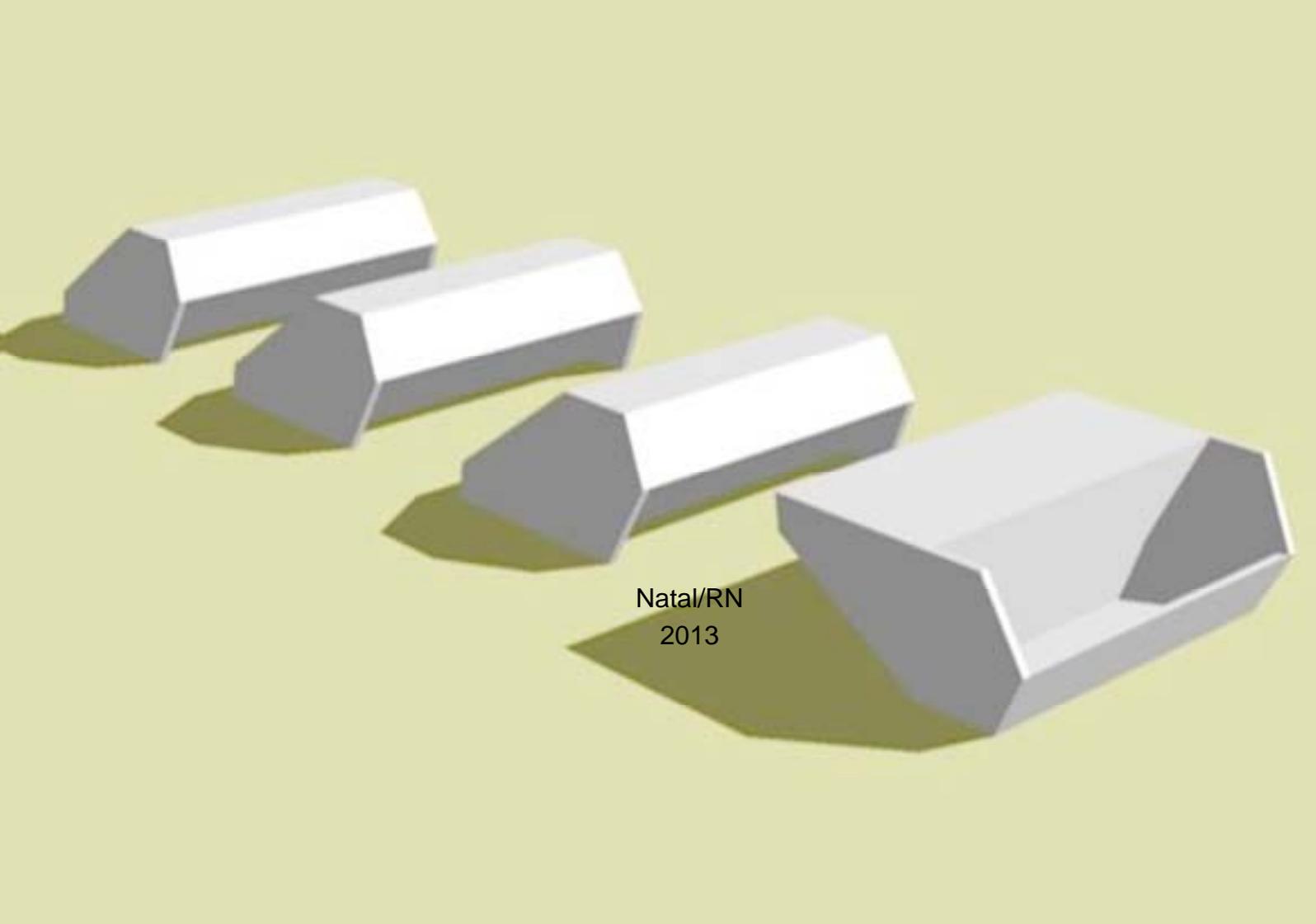




UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
FERNANDO COSTA

DO MODELO GEOMÉTRICO AO MODELO FÍSICO:  
O tridimensional na educação do Arquiteto e Urbanista



Natal/RN  
2013

FERNANDO JOSÉ DE MEDEIROS COSTA

DO MODELO GEOMÉTRICO AO MODELO FÍSICO:  
O tridimensional na educação do Arquiteto e Urbanista

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Marcelo B. de M. Tinôco, PhD

Natal/RN

2013

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Setorial de  
Arquitetura

Costa, Fernando José de Medeiros.

Do modelo geométrico ao modelo físico: o tridimensional na  
educação do arquiteto e urbanista./ Fernando José de Medeiros Costa.  
– Natal, RN, 2013.

182 f.: il.

Orientador: Marcelo B. de Melo Tinoco.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.  
Centro de Tecnologia. Departamento de Arquitetura.

1. Arquitetura – Tese. 2. Projeto de arquitetura – Ensino – Tese. 3.  
Modelagem geométrica – Tese. 4. Prototipagem rápida – Tese. I.  
Tinoco, Marcelo B. de Melo. II. Universidade Federal do Rio Grande  
do Norte. III. Título.

RN/UF/BSE-ARQ

CDU

72

FERNANDO JOSÉ DE MEDEIROS COSTA

DO MODELO GEOMÉTRICO AO MODELO FÍSICO:  
O tridimensional na educação do Arquiteto e Urbanista

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

No dia 2 de março de 2013 após apresentação e arguição da defesa, a Banca Examinadora, por UNANIMIDADE, considerou a Tese APROVADA.

Prof. Dr. Marcelo Bezerra de Melo Tinoco  
Orientador

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Máisa Fernandes Dutra Veloso  
Examinadora Interna – PPGAU/UFRN

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Natália Miranda Vieira de Araújo  
Examinadora Interna – PPGAU/UFRN

Prof. Dr. Arivaldo Leão de Amorim  
Examinador Externo - UFBA

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Gabriela Caffarena Celani  
Examinadora Externa - UNICAMP

**FERNANDO JOSÉ DE MEDEIROS COSTA**  
Doutorando

A ata da sessão pública de apresentação e arguição de defesa da tese encontra-se depositada na secretaria do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – PPGAU /UFRN.

## AGRADECIMENTOS

---

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Norte que me proporcionou essa oportunidade de qualificação.

Agradeço o meu orientador e amigo Marcelo Tinôco pela disposição, seriedade, paciência e rigor acadêmico que emprestou durante todo o processo de orientação.

Agradeço às professoras Gabriela Celani, Maísa Veloso e Natalia Vieira e ao professor Arivaldo Amorim por aceitarem participar da banca examinadora. À professora Gabriela Celani agradeço também por ter disponibilizado o LAPAC da FEC/UNICAMP sempre que precisei.

Agradeço aos amigos professores do Departamento de Arquitetura da UFRN - DARQ, Aldomar Pedrini pelo incentivo que me deu para que eu ingressasse nessa jornada do doutorado e Rubenilson Teixeira pelo apoio e tradução do resumo, à professora Dulce Bentes pelas diversas orientações que gentilmente me ofereceu nos ajustes do trabalho e às demais amigas do DARQ, Amadja Borges, Ruth Ataíde e Virgínia Dantas, agradeço pelo incessante apoio prestado.

Agradeço aos colegas de turma de doutorado, agora doutores, Raoni Lima e Heitor Silva pela presteza em me disponibilizarem suas teses para consulta.

E por fim, agradeço a minha esposa Suzana pela força que me transmite e me faz caminhar com mais segurança.

*Quase sempre o projetista desenha, às  
vezes pinta, e com frequência, constrói  
maquetes.*

Bryan Lawson

*O pensamento tridimensional é a  
disciplina arquitetônica básica.*

Walter Gropius

## RESUMO

---

Na prática do ensino de Arquitetura e Urbanismo no Brasil, verifica-se a existência de laboratórios e oficinas de maquetes, reconhecidas pela legislação educacional como parte da infraestrutura necessária para o funcionamento de um curso. Embora a evolução da tecnologia da informação no âmbito internacional disponibilize novas possibilidades para a produção digital de maquetes e modelos de Arquitetura com pesquisas produzidas desde o início da década de 1990, no Brasil essas tecnologias só começaram a ser apropriadas pelo ensino de Arquitetura e Urbanismo a partir de 2007 com a experiência pioneira do LAPAC/FEC/UNICAMP. Trata-se, portanto de uma experiência recente e que evidencia a desafios. Por exemplo: (i) são raros os casos de implantação de laboratórios de prototipagem digital em cursos de Arquitetura e Urbanismo no País; (ii) por ser um campo em desenvolvimento com poucas referências de aplicações na graduação, há dificuldades na definição de procedimentos metodológicos que sejam adequados aos projetos pedagógicos já implantados e consolidados; (iii) as novas formas digitais de produção de modelos tridimensionais contêm especificidades que dificultam a compatibilização com as estruturas de laboratórios e oficinas de maquetes já existentes. Considerando o exposto, na presente tese se discute o modelo tridimensional como instrumento auxiliar no desenvolvimento da capacidade do estudante de perceber, compreender e representar o espaço tridimensional. Analisa-se a relação entre diferentes formas de modelos e o ensino de projeto de Arquitetura e Urbanismo com interesse no processo projetual. Partindo da conceituação do modelo em Arquitetura e Urbanismo, busca-se identificar os tipos de modelos tridimensionais utilizados no processo de elaboração do projeto, tanto nas formas tradicionais de construção manual de maquetes e modelos quanto nos meios digitais. Procura-se conhecer como as novas tecnologias para a produção digital de modelos por meio da prototipagem digital estão sendo introduzidas nos cursos de graduação de Arquitetura e Urbanismo no Brasil, assim como a produção acadêmica recente na área. Considerando o paradigma do ensino prático reflexivo concebido por Schön (2000), o experimento realizado na pesquisa tem como ambiente de estudo o ateliê integrado de projeto do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. No experimento a Modelagem física, a Modelagem Geométrica e a Prototipagem Digital são inseridas em momentos do processo do projeto com o objetivo de se observar a adequação do modelo às fases do projeto. A metodologia empregada nos experimentos muito se aproxima da Pesquisa Ação na qual o alvo principal é a criação de conhecimento teórico com o aprimoramento da prática. O processo se repetiu por três semestres consecutivos e a reflexão sobre os resultados alcançados em cada ciclo forneceram subsídios para aprimoramento no seguinte. Como resultado propõe-se um procedimento metodológico no qual o Modelo Tridimensional constitui elemento integrador de conteúdos desenvolvidos em um período curricular, tendo como referência o ensino de Projeto Arquitetônico e Urbanístico no quinto período do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN.

**Palavras chave: Arquitetura. Projeto de Arquitetura. Ensino de projeto de Arquitetura. Modelagem geométrica. Prototipagem rápida.**

## ABSTRACT

---

In the teaching practice of architecture and urbanism in Brazil, educational legislation views modeling laboratories and workshops as an indispensable component of the infrastructure required for the good functioning of any architectural course of study. Although the development of information technology at the international level has created new possibilities for digital production of architectural models, research in this field being underway since the early 1990s, it is only from 2007 onwards that such technologies started to be incorporated into the teaching activity of architecture and urbanism in Brazil, through the pioneering experience at LAPAC/FEC/UNICAMP. It is therefore a recent experiment whose challenges can be highlighted through the following examples: (i) The implementation of digital prototyping laboratories in undergraduate courses of architecture and urbanism is still rare in Brazil; (ii) As a new developing field with few references and application to undergraduate programs, it is hard to define methodological procedures suitable for the pedagogical curricula already implemented or which have already been consolidated over the years; (iii) The new digital ways for producing tridimensional models are marked with specificities which make it difficult to fit them within the existing structures of model laboratories and workshops. Considering the above, the present thesis discusses the tridimensional model as a tool which may contribute to the development of students' skills in perceiving, understanding and representing tridimensional space. Analysis is made of the relation between different forms of models and the teaching of architectural project, with emphasis on the design process. Starting from the conceptualization of the word "model" as it is used in architecture and urbanism, an attempt is made to identify types of tridimensional models used in the process of project conception, both through the traditional, manual way of model construction as well as through the digital ones. There is also an explanation on how new technologies for digital production of models through prototyping are being introduced in undergraduate academic programs of architecture and urbanism in Brazil, as well as a review of recent academic publications in this area. Based on the paradigm of reflective practice in teaching as designed by Schön (2000), the experiment applied in the research was undertaken in the integrated workshop courses of architectural project in the undergraduate program of architecture and urbanism at Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Along the experiment, physical modeling, geometric modeling and digital prototyping are used in distinct moments of the design process with the purpose of observing the suitability of each model to the project's phases. The procedures used in the experiments are very close to the Action Research methodology in which the main purpose is the production of theoretical knowledge by improving the practice. The process was repeated during three consecutive semesters and reflection on the results which were achieved in each cycle helped enhancing the next one. As a result, a methodological procedure is proposed which consists of the definition of the Tridimensional Model as the integrating element for the contents studied in a specific academic period or semester. The teaching of Architectural Project as it is developed along the fifth academic period of the Architecture and Urbanism undergraduate program of UFRN is taken as a reference.

**Key words: Architecture. Architecture design. Teaching of architectural project. Geometric modeling. Rapid prototyping.**

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1 – Momentos do método científico segundo Serra (2006) .....	19
Figura 2 – Estrutura da tese .....	20
Figura 3 – Modelo teórico de Mitchell e McCullough .....	29
Figura 4 – Modelo teórico de Mitchell e McCullough (1994) .....	29
Figura 5 – Maquete de terreno com curvas de nível: em cartão com corte a laser .....	31
Figura 6 – Maquetes de estudo .....	31
Figura 7 – Maquete de estudo para Praça dos Museus da USP – Paulo Mendes da Rocha .....	32
Figura 8 – Maquete de desenvolvimento .....	33
Figura 9 – Emprego de maquetes para avaliação da distribuição da luz natural .....	34
Figura 10 – Emprego de maquetes para quantificação da distribuição da luz natural .....	35
Figura 11 – O papel integrador do modelo digital de Mitchell e McCullough (1994) .....	36
Figura 12 – Função central do modelo geométrico no BIM .....	37
Figura 13 – Aplicações do BIM por todo o ciclo de vida de uma edificação .....	38
Figura 14 – Projeto com forma complexa desenvolvido no <i>Rhinoceros</i> .....	39
Figura 15 – Exemplo de utilização da digitalização tridimensional .....	41
Figura 16 – Produção de uma maquete a partir de um objeto existente .....	41
Figura 17 – Impressora com tecnologia de fio de ABS .....	44
Figura 18 – Projeto das peças da impressora CupCake CNC .....	45
Figura 19 – Sistema 3DP da ZCorporation .....	46
Figura 20 – Peças iguais produzidas com prototipagem rápida e modelo montado .....	46
Figura 21 – Modelo geométrico 3D no AutoCAD2012 e o modelo prototipado na ZCorp 310 .....	47
Figura 22 – Cortadora a laser Universal Laser Systems Modelo PLS 6.75 .....	47
Figura 23 – Processo típico de LOM .....	48
Figura 24 – Modelo executado com material fornecido pelo fabricante da ZCorp 310 .....	48
Figura 25 – Modelo finalizado na FDM com plástico ABS .....	49
Figura 26 – Modelo executado em camadas superpostas de papelão cortadas a laser .....	50
Figura 27 – Fresadora CNC Router série S-Dutty .....	51
Figura 28 – Produzido na CNC durante o workshop “Digital Fabrication” no SIGraDi 2009 .....	52
Figura 29 – Fresadora CNC AXYS .....	52
Figura 30 – Trabalho desenvolvido na fresadora CNC AXYS da ESARQ-UIC .....	53
Figura 31 – Maquetes de estudo no desenho urbano .....	56
Figura 32 – Maquetes de estudo de edifício – TFG UNICAMP .....	56
Figura 33 – Maquetes para teste de eficiência de dispositivo de ventilação .....	57
Figura 34 – Maquetes para estudo de layout de exposição .....	57
Figura 35 – Maquetes para estudo de intervenção em edificações históricas .....	57
Figura 36 – Domo da Catedral Santa Maria del Fiore em Florença, Itália .....	59
Figura 37 – Processo de projeto de acordo com o plano de trabalho do RIBA .....	61
Figura 38 – Mapeamento generalizado do processo de projeto .....	61
Figura 39 – Ações necessárias para que o projeto ocorra .....	62
Figura 40 – Modelo de exploração problema-projeto .....	62
Figura 41 – Parte da árvore de decisão para um mundo projetual .....	63
Figura 42 – Esquema metodológico de Ateliê de Projeto .....	65
Figura 43 – Processo de projeto como negociação .....	67
Figura 44 – Os quatro grupos de geradores de restrições .....	67
Figura 45 – Os quatro grupos de geradores podem gerar restrições internas ou externas .....	68
Figura 46 – Modelo completo de problemas do projeto .....	69
Figura 47 – Momentos em um processo de reflexão-na-ação .....	72

Figura 48 – Expansão da área de ensino de Arquitetura e Urbanismo no Brasil .....	87
Figura 49 – Laboratório de Maquetes da FAU/UFRJ - máquinas .....	92
Figura 50 – Laboratório de Maquetes da FAU/UFRJ – bancadas de montagem .....	92
Figura 51 – Laboratório de Maquetes da FAU/UFRJ – trabalhos de alunos .....	92
Figura 52 – Laboratório de Maquetes da FAU/UFRJ – maquete de pesquisa .....	93
Figura 53 – Laboratório de Maquetes da FAU/UFRJ.....	93
Figura 54 – Laboratório de Maquetes da FAU/USP .....	96
Figura 55 – Laboratório de Maquetes da FAU/USP .....	96
Figura 56 – Laboratório de Maquetes da FAU/USP – trabalho de alunos .....	97
Figura 57 – Laboratório de Modelos Reduzidos da FAU/ UnB .....	98
Figura 58 – Laboratório de Modelos Reduzidos da FAU/ UnB – trabalho de alunos.....	98
Figura 59 – Laboratório de Modelos Reduzidos da FAU/ UnB – trabalho de alunos.....	99
Figura 60 – Laboratório de Maquetes e Modelos (LMM) no pavimento térreo .....	101
Figura 61 – Vista do LMM e mezanino .....	101
Figura 62 – Máquinas nas bancadas da maquetaria .....	102
Figura 63 – Área para pesquisadores e discentes - mezanino .....	102
Figura 64 – Ambiente das máquinas de prototipagem digital do LAPAC .....	102
Figura 65 – Acervo de modelos prototipados no LAPAC.....	103
Figura 66 – Fresadora CNC do LAPAC.....	103
Figura 67 – Laboratório de Prototipagem da FA-UTL.....	104
Figura 68 – Ateliê de projeto de Arquitetura da ESARQ-UIC .....	105
Figura 69 – Laboratório de Maquetes da ESARQ-UIC .....	105
Figura 70 – Impressora 3D do Laboratório de Maquetes da ESARQ-UIC.....	106
Figura 71 – Fresadora CNC do Laboratório de Maquetes da ESARQ-UIC.....	106
Figura 72 – Máquina de corte a laser CO2 PC 10/80, semelhante à da ESARQ-UIC.....	107
Figura 73 – Inserção dos modelos nas fases de projeto .....	117
Figura 74 – Construção do modelo físico das edificações do entorno.....	120
Figura 75 – <b>Modelo Físico de Análise</b> da área de abrangência do projeto da estação.....	120
Figura 76 – Verificação de sombreamento .....	121
Figura 77 – <b>Modelo Físico de Estudo</b> : avaliação das soluções adotadas.....	121
Figura 78 – Avaliação das relações espaciais entre o existente e o proposto.....	122
Figura 79 – <b>Modelos Físicos de Estudo</b> abstraindo os detalhes dos fechamentos .....	122
Figura 80 – Seminário de apresentação dos estudos preliminares .....	122
Figura 81 – Exemplo 01: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 01.....	124
Figura 82 – Exemplo 01: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 02.....	124
Figura 83 – Exemplo 01: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 03.....	125
Figura 84 – Exemplo 01: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 04.....	125
Figura 85 – Exemplo 01: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 05.....	126
Figura 86 – Exemplo 01: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 06.....	126
Figura 87 – Exemplo 02: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 01.....	127
Figura 88 – Exemplo 02: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 02.....	127
Figura 89 – Exemplo 02: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 03.....	128
Figura 90 – Exemplo 02: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 04.....	128
Figura 91 – Exemplo 02: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 05.....	129
Figura 92 – Exemplo 02: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 06.....	129
Figura 93 – Etapas do processo de projeto .....	131
Figura 94 – <b>Modelo Físico de Análise</b> do terreno em isopor, na escala de 1:200.....	132
Figura 95 – <b>Modelo Geométrico</b> do terreno .....	133
Figura 96 – Exercício de composição com módulos.....	133
Figura 97 – Croqui de estudo a partir do exercício de composição .....	134

Figura 98 – <b>Modelo Geométrico 3D</b> da composição volumétrica sobre o terreno .....	134
Figura 99 – Estudo de incidência solar no heliodon .....	135
Figura 100 – Estudo de composição volumétrica com <b>Modelo Físico de Estudo</b> .....	135
Figura 101 – Estudo de composição volumétrica com desenho feito à mão livre.....	136
Figura 102 – Estudo de plano de massa com <b>Modelo Geométrico 3D</b> – exemplo 1 .....	136
Figura 103 – Estudo de plano de massa com <b>Modelo Geométrico 3D</b> – exemplo 2 .....	136
Figura 104 – Exemplo de painel .....	137
Figura 105 – Exemplo de painel .....	138
Figura 106 – Bairro da Redinha em Natal/RN com área de estudo destacada .....	140
Figura 107 – Modelagem e fases do projeto .....	141
Figura 108 – <b>Modelo Físico de Análise</b> da área de intervenção .....	142
Figura 109 – Atividade de ateliê Integrado de Projeto de Arquitetura e Estudos Urbanos .....	143
Figura 110 – Primeiras análises em croqui a partir da análise no <b>Modelo Físico de Análise</b> ...	144
Figura 111 – Croqui do partido urbanístico em estudo .....	145
Figura 112 – Estudo de planos de massa – volumetria das edificações .....	147
Figura 113 – <b>Modelo Físico de Estudo</b> na fase de <b>Proposição</b> .....	148
Figura 114 – Evolução das propostas em <b>Modelo Físico de Trabalho</b> .....	150
Figura 115 – Simulação da trajetória solar sobre o <b>Modelo Geométrico 3D</b> .....	151
Figura 116 – Corte das peças do <b>Modelo Físico de Trabalho</b> de uma das equipes .....	152
Figura 117 – <b>Modelo Físico de Trabalho</b> utilizado na avaliação de desempenho.....	153
Figura 118 – <b>Modelo Físico de Trabalho</b> no heliodon .....	154
Figura 119 – <b>Modelo Físico de Trabalho</b> no heliodon .....	154
Figura 120 – <b>Modelo Geométrico 3D</b> apresentados ao final do semestre.....	156
Figura 121 – Componentes curriculares do quinto período do CAU/UFRN.....	159
Figura 122 – Fase de <b>Problematização</b> .....	160
Figura 123 – Modelagem na fase <b>Problematização</b> .....	161
Figura 124 – Modelagem na fase de <b>Proposição</b> .....	162
Figura 125 – Modelagem na fase de <b>Desenvolvimento</b> .....	163
Figura 126 – Modelagem na fase <b>Documentação</b> .....	164
Figura 127 – Avaliação do docente pelo aluno - semestre 2011.1 .....	171
Figura 128 – Avaliação do docente pelo aluno - semestre 2011.2 .....	171
Figura 129 – Avaliação do docente pelo aluno - semestre 2012.1 .....	172
Figura 130 - Avaliação do docente pelo aluno - semestre 2012.2.....	173

## LISTA DE QUADROS

---

Quadro 1 – Processos aditivos .....	43
Quadro 2 – Comparativo entre momentos do processo de projeto .....	70
Quadro 3 – Categoria dos trabalhos brasileiros no período de 1999 a 2006.....	80
Quadro 4 – Quantitativo de Teses e Dissertações no período de 2000 a 2011 .....	83
Quadro 5 – Evolução da incidência dos trabalhos brasileiros por categoria.....	84
Quadro 6 – Instituições selecionadas para pesquisa.....	90
Quadro 7 – Ementas e objetivos da sequência de Projeto de Arquitetura.....	114

## LISTA DE ABREVIATURAS

---

3DP	<i>3D Printer</i> , em português Impressão 3D
ABS	<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i> , em português Acrilonitrila Butadieno Estireno
APO	Avaliação pós-ocupação
APP	Área de Preservação Permanente
BIM	<i>Building Information Modeling</i> , em português Modelo de Informação da Construção
CAD	<i>Computer Aided Design</i> , em português Projeto Auxiliado por Computador
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i> , em português Fabricação Auxiliada por Computador
CAM-LEM	<i>Computer Aided Manufacturing of Laminated Engineering Materials</i> , em português Computador auxiliando a manufatura de materiais de engenharia laminados
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAU/UFRN	Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN
GenPRA	Centro de Pesquisas Renato Archer
CES/CNE	Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação
CFE	Conselho Federal de Educação
CNC	Controle Numérico Computadorizado
CNE	Conselho Nacional de Educação
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAES	Comissão Nacional de Avaliação da Educação Superior
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEPE	Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRN
CONSUNI	Conselho Universitário da UFRN
DCN	Diretriz Curricular Nacional
EA-UFGM	Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais
EBM	<i>Electron Beam Melting</i> , em português Derretimento por feixe de elétrons
ESARQ-UIC	<i>Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de la Universitat Internacional de Catalunya</i>
ENADE	Exame Nacional de Desempenho de Estudantes
ESARQ-UIC	<i>Escola Tècnica Superior d'Arquitectura da Universitat Internacional de Catalunya</i>
FA-UTL	Faculdade de Arquitetura da Universidade Técnica de Lisboa
FAU	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i> , em português Modelagem por Fusão e Deposição

FEC	Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP
IES	Instituições de Ensino Superior
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
LAPAC	Laboratório de Prototipagem para Arquitetura e Construção da FEC/UNICAMP
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LMM	Laboratório de Maquetes e Modelos da FEC/UNICAMP
LOM	<i>Laminated Object Manufacturing</i> , em português Manufatura de objetos Laminados
MEC	Ministério da Educação
Mercosul	Mercado Comum do Sul
MG 3D	Modelo Geométrico Tridimensional
MJM	<i>Fused Deposition Modeling</i> , em português Modelagem por Fusão e Deposição
NDE	Núcleo Docente Estruturante
PLA	Policaprolactona – Polímero utilizado na fabricação de fio de plástico biodegradável
PLT	<i>Paper Lamination Technology</i> , em português Tecnologia em Laminação de Papel
PP	Projeto Pedagógico
RIBA	<i>Royal Institute of British Architects</i>
RP	<i>Rapid Prototyping</i> , em português Prototipagem Rápida – PR
SIGAA	Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas da UFRN
SIGraDi	Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital
SINAES	Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior
SLA	<i>Stereolithography</i> , em português Estereolitografia
SLS	<i>Selective Laser Sintering</i> , em português Sinterização Seletiva a Laser
STL	<i>Standard Template Library</i> , em português, Biblioteca Padrão de Gabaritos
TFG	Trabalho Final de graduação
UnB	Universidade de Brasília
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USAID	<i>United States Agency for International Development</i>
USP	Universidade de São Paulo
UTL	Universidade Técnica de Lisboa

# SUMÁRIO

---

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2 MODELO: CONCEITOS E APLICAÇÕES NO ENSINO DE ARQUITETURA E URBANISMO</b> .....	<b>22</b>
2.1 CONCEITOS .....	28
2.1.1 Modelo físico .....	30
2.1.2 Modelo geométrico .....	35
2.1.3 A Prototipagem rápida – PR (Rapid Prototyping– RP).....	42
2.2 APLICAÇÕES NA EDUCAÇÃO DO ARQUITETO E URBANISTA .....	53
2.2.1 Escalas do projeto .....	53
2.2.2 Processo de projeto.....	58
2.2.3 Projeto de Arquitetura e processo de projeto na educação profissional .....	71
<b>3 MODELAGEM E PROTOTIPAGEM: PRODUÇÃO ACADÊMICA E EXPERIÊNCIA DE CURSOS DE ARQUITETURA E URBANISMO</b> .....	<b>79</b>
3.1 MODELAGEM E PROTOTIPAGEM: UM TEMA EMERGENTE NA PRODUÇÃO ACADÊMICA .	79
3.2 A EXPERIÊNCIA DE CURSOS DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL .....	86
3.2.1 Definição do universo.....	86
3.2.2 Levantamento nos cursos de Arquitetura e Urbanismo do Brasil .....	90
3.2.3 Visita a dois laboratórios de prototipagem na Europa .....	103
3.2.4 Análise dos dados levantados nos cursos do Brasil.....	107
<b>4 EXPERIMENTANDO A INSERÇÃO DA MODELAGEM NO PROCESSO DE PROJETO</b> .....	<b>110</b>
4.1 PROCEDIMENTOS .....	110
4.2 UNIVERSO DE APLICAÇÃO.....	112
4.3 EXPERIÊNCIA I – SEMESTRE 2011.1 .....	117
4.3.1 Aplicação 119	
4.3.2 Discussão dos resultados da experiência .....	130
4.4 EXPERIÊNCIA II – SEMESTRE 2011.2 .....	130
4.4.1 Aplicação 132	
4.4.2 Discussão dos resultados da experiência .....	138
4.5 EXPERIÊNCIA III – SEMESTRE 2012.1 .....	139
4.5.1 Aplicação 142	
4.5.2 Discussão dos resultados da Experiência .....	157
<b>5 A INSERÇÃO DA MODELAGEM NO PROCESSO DE PROJETO: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA</b> .....	<b>159</b>
<b>6 CONCLUSÕES E DESDOBRAMENTOS</b> .....	<b>166</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>175</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>183</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>217</b>

# 1 INTRODUÇÃO

---

Esta tese discute os modelos inseridos no ensino de projeto de Arquitetura e Urbanismo como um instrumento que auxilia o desenvolvimento da percepção tridimensional do estudante. O estudo considera o modelo físico produzido tanto pelas formas tradicionais em oficinas de maquetes e ateliês de projeto quanto por meios digitais que começaram a ser incorporados a cursos de Arquitetura e Urbanismo no Brasil a partir de 2007.

A partir do início da década de 1990 no Brasil, principalmente após a abertura do mercado às importações de produtos de informática, verifica-se um grande aumento na utilização da informática nos mais diversos ramos das atividades produtivas.

Na Arquitetura e Urbanismo também aconteceu o mesmo. Escritórios e cursos de todo o Brasil foram beneficiados pela evolução da tecnologia da informação e passaram a adequar seus procedimentos às novas formas de produção. O uso de ferramentas CAD (Computer Aided Design, em português Projeto Auxiliado por Computador) se difundiu o ponto de as Diretrizes Curriculares Nacionais definidas na Portaria MEC nº 1770 de 1994 (MEC, 1994) incluírem o estudo da Informática Aplicada à Arquitetura e Urbanismo como matéria profissional obrigatória.

As perspectivas renderizadas e os desenhos gerados em programas CAD passaram a dominar a produção da Arquitetura em escritórios, com reflexos imediatos em ateliês de projeto nos cursos de Arquitetura e Urbanismo de todo o país. O uso da informática na representação gráfica projetual aos poucos substituiu o desenho e a maquete produzidos através de instrumentos tradicionais por

desenhos e imagens produzidos a partir de programas CAD, ou seja, a prancheta tradicional e a oficina de maquetes deram espaço para o microcomputador. Por outro lado, alguns professores viam a utilização da informática com reservas, ou até a utilizavam de forma restritiva por considerarem que o desenho no computador inibia a criatividade necessária ao processo projetual, chegando ao ponto de impedirem que seus alunos utilizassem recursos digitais na concepção e desenvolvimento de seus trabalhos (VINCENT; NARDELLI, 2007, p. 3).

Ao mesmo tempo em que definia a Informática Aplicada à Arquitetura e Urbanismo como matéria profissionalizante, a Portaria MEC nº 1770/1994 passou a reconhecer a “maquetaria” como um dos espaços especializados necessários para o ensino das matérias profissionais (MEC, 1994, Art. 5º), muito embora já fosse comum encontrar oficinas de maquetes nos cursos do País muito antes da publicação da Norma.

O impacto causado pela utilização das novas tecnologias digitais que de início afastou profissionais e estudantes das pranchetas e das oficinas de maquetes, hoje se apresenta como um novo cenário. O desenvolvimento de programas de modelagem geométrica contendo recursos direcionados para o projeto arquitetônico possibilita a geração de formas complexas que antes apresentavam dificuldades na concepção e representação gráfica. Esses novos processos despertam o interesse de pesquisadores nas novas formas de produção da Arquitetura. Mitchel & McCullough (1994, p. 465) ressaltam a importância da modelagem geométrica na produção da Arquitetura no século XXI destacando o seu papel integrador no processo de projeto e execução do artefato arquitetônico. Rêgo (2008) identifica na modelagem geométrica o potencial de desenvolver no estudante a sua capacidade de perceber o espaço tridimensional pela possibilidade de visualização e manipulação dinâmica de formas no espaço tridimensional.

A comercialização de máquinas e equipamentos que viabilizam a transformação de modelos geométricos em modelos físicos e a redução dos custos de implantação dessas tecnologias vem viabilizar o uso dessas novas ferramentas e possibilitar o incremento de pesquisas sobre o tema nas universidades.

A produção de modelos físicos, por processos de prototipagem, a partir da modelagem geométrica tridimensional não dispensa a utilização dos equipamentos tradicionais de produção de maquetes por apresentarem necessidade de pós-processamento, com utilização de técnicas manuais (PUPO, 2009, p. 89). As

duas formas de produção de modelos físicos – manual e digital – são complementares e podem trabalhar de forma integrada, as velhas e as novas tecnologias. Com isso a configuração das oficinas e laboratórios de maquetes tende a ser alterada com a incorporação dos novos equipamentos. Nardelli (2000) defende essa associação de tecnologias no ensino de projeto de Arquitetura, e a transformação do ateliê tradicional em um “Ateliê Digital de Bricolage” no qual os diversos recursos de visualização e simulação estariam disponibilizados para os estudantes.

A modelagem geométrica e a prototipagem digital, associadas às formas tradicionais de produção de maquetes e protótipos podem e devem ser utilizadas como ferramentas de auxílio ao ensino de projeto nas escolas de Arquitetura e Urbanismo.

O presente trabalho buscou discutir o ensino de projeto com a utilização de modelos físicos obtidos a partir da modelagem geométrica e da prototipagem digital como ferramentas auxiliares no processo de educação do arquiteto e urbanista.

Segundo Rego (2008), a utilização de modelos geométricos no ensino de projeto de Arquitetura, principalmente nas fases iniciais da projeção, contribui para o desenvolvimento das habilidades de percepção e compreensão do espaço tridimensional. As novas tecnologias digitais voltadas para a prototipagem e fabricação digital oferecem recursos vantajosos para a produção de modelos em escala reduzida. Esse procedimento facilita a produção de modelos físicos nas diversas áreas de atuação do arquiteto e urbanista, inclusive no âmbito do ensino de projeto de Arquitetura. Embora tardiamente, esses recursos começam a ser incorporados na educação do arquiteto e urbanista no Brasil contribuindo, dessa forma, para a melhoria da qualidade do ensino. Tomando essas afirmações como premissas, essa pesquisa tem como **objeto** central a **relação entre modelos físicos e geométricos e o ensino de projeto de Arquitetura e Urbanismo**.

No ensino prático reflexivo proposto por Schön (2000) a aprendizagem se dá através da exposição e imersão no aprender fazendo e no diálogo de reflexão-nação recíproca entre instrutor e estudante. Nessa dinâmica desenvolvida no ateliê de projeto dos cursos de Arquitetura e Urbanismo, o momento da orientação professor/aluno se caracteriza como o momento de diálogo da reflexão-nação no qual a descrição e demonstração de soluções de projeto se dão de forma verbal e

através de desenho. Essa linguagem arquitetônica é essencialmente tridimensional e pode ser facilitada pela utilização de modelos tridimensionais. Assim, esta pesquisa tem como objetivo principal **estudar a inserção de modelos no ensino de projeto de Arquitetura e Urbanismo como forma de ampliar o raciocínio tridimensional do estudante.**

Para alcançar esse objetivo foi necessário desenvolver o conhecimento sobre a modelagem física, a modelagem geométrica e a prototipagem digital aplicadas ao projeto de Arquitetura e ao seu ensino, a partir da revisão da bibliografia especializada. Também se fez necessário compreender a realidade de cursos do Brasil no que se refere à utilização de modelos físicos, da modelagem geométrica e prototipagem digital na educação do arquiteto e urbanista, analisando projetos pedagógicos e laboratórios. Como forma de aferir hipóteses levantadas, essa pesquisa experimentou, analisou e discutiu formas de aplicação da modelagem física, da modelagem geométrica e da prototipagem digital no ensino de projeto em curso de Arquitetura e Urbanismo.

É comum entre os profissionais de Arquitetura que estão afastados da academia e mesmo entre alguns pesquisadores, a afirmação de que falta à formação acadêmica de projetista o contato com quem faz as coisas (LAWSON, 2011, p. 18). Afirma-se que há um distanciamento entre a academia – lugar da teoria – e o mundo real do trabalho – lugar da prática.

No mundo real as novas tecnologias relacionadas com a produção de maquetes e protótipos já estão apropriadas por diversas áreas de conhecimento. Na engenharia mecânica a fabricação digital de peças e componentes a partir da modelagem geométrica já é praticada há muitos anos com a aplicação das técnicas de CAD/CAM (CAD – Computer Aided Design; CAM – Computer Aided Manufacturing). Na área do desenho industrial a produção de protótipos pelos meios digitais tem auxiliado o desenvolvimento de projetos e produtos. Na medicina a tecnologia digital tem auxiliado a recuperação de pacientes através da modelagem geométrica e prototipagem digital para a reconstrução de partes do corpo humano com a fabricação de órteses e próteses. Na odontologia a modelagem de próteses dentárias e a prototipagem por técnicas aditivas que utilizam diversos materiais tem facilitado o trabalho de protéticos e cirurgiões dentistas.

Na Arquitetura e Urbanismo, tanto no mundo do trabalho profissional quanto na academia, essas tecnologias chegaram de certa forma tardiamente e, no

Brasil, somente nos últimos anos pesquisadores se dedicaram ao tema com a formação grupos de pesquisa para investigar as novas formas de produção da Arquitetura. No levantamento realizado em cursos do Brasil<sup>1</sup>, restou confirmado que, mesmo tendo oficinas ou laboratórios de maquetes em todas as instituições visitadas, em 2009, apenas uma das instituições de ensino possuía equipamentos para prototipagem digital disponibilizados a pesquisadores e estudantes.

Considerando como premissas: que o processo de projeto é passível de ser mapeado e sistematizado através de procedimentos metodológicos e que no desenvolvimento desse processo o conhecimento do problema evolui à medida que avança a definição das soluções (LAWSON, 2011); que no ensino de projeto a conversação reflexiva entre o professor – instrutor – e o estudante tem como objeto avaliar problemas, consequências e implicações das soluções adotadas e que o ensino reflexivo do projeto utiliza como linguagem arquitetônica a descrição verbal de soluções e o desenho – o “conversar desenhando” – (SCHÖN, 2000); que a modelagem geométrica desenvolve a habilidade de percepção e compreensão do espaço tridimensional (RÊGO, 2008); que a prototipagem digital obtida a partir da modelagem geométrica deve ser inserida na estrutura curricular do ensino de graduação em Arquitetura e Urbanismo (PUPO, 2009), levanta-se a hipótese de que **a modelagem física, a modelagem geométrica e a prototipagem digital constituem instrumentos facilitadores do processo de ensino e aprendizagem do projeto de Arquitetura e Urbanismo por potencializarem o desenvolvimento da habilidade de manipular, perceber, e representar o objeto tridimensional.**

Na pesquisa científica, a adoção de um método implica necessariamente em sequencia de atividades ou tarefas ordenadas com base em um plano de ação racional. Partindo dessa afirmação Serra (2006, p. 63) descreve de uma forma simplificada, quatro momentos que, para o autor, são próprios do método científico (Figura 1).

O primeiro momento de observar e descrever o problema consiste nas ações iniciais de coletar dados para a caracterização do fenômeno a ser estudado. Lakatos e Marconi (1991) referem essa etapa como o momento de descobrimento do problema que precisa ser colocado de forma clara e precisa.

---

<sup>1</sup> Ver seção 3.2 desta tese.

A definição de uma hipótese para explicar o fenômeno observado é a formulação daquilo que se pretende demonstrar. Serra (2006) alerta para o fato de que uma hipótese deve ter razoável capacidade de predição.

Figura 1 – Momentos do método científico segundo Serra (2006)



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Serra (2006, p. 63).

A hipótese entendida como uma solução provisória do problema levantado pode ser explicativa ou preditiva e deve ser passível de verificação empírica (LAKATOS; MARCONI, 1991, p. 125).

A partir do raciocínio dedutivo, a hipótese formulada gera consequências experimentais que são as predições levadas à experimentação.

O momento final do método científico é a verificação da confirmação das consequências previstas na hipótese.

Partindo desse referencial, nesta tese foi adotado o procedimento metodológico descrito por Serra (2006) e constou das etapas seguintes:

*Descrição do problema.* Na literatura especializada sobre o tema há indicativos de que a utilização de modelos físicos e da modelagem geométrica como instrumentos auxiliares da educação profissional desenvolvem a capacidade de compreender e perceber o espaço tridimensional. Também há referências sobre a importância da inserção da prototipagem digital no ensino como forma de produção de modelos físicos tridimensionais. Essas mesmas fontes ressaltam que esses recursos são pouco utilizados no ensino de Arquitetura no Brasil. A partir dessas premissas foi montado o cenário do problema a ser estudado e foram formuladas questões que refletem a preocupação com a necessidade de se inserir a modelagem

física, a modelagem geométrica e a prototipagem nas práticas pedagógicas de um curso de Arquitetura e Urbanismo.

*Formulação da hipótese.* Uma primeira conjectura que tenta dar resposta às questões do problema configurou a hipótese da tese, a ser testada e analisada. Partindo-se das proposições dos autores referenciados e utilizando-se o raciocínio dedutivo, chegou-se à hipótese formulada, a qual caminhou no sentido de incorporar ao processo de ensino de projeto a utilização de modelos físicos, modelos geométricos e a prototipagem digital.

*Verificação.* Para a verificação e confirmação da hipótese foram realizados três experimentos como forma de identificação de possibilidades de aplicação dos recursos da modelagem e prototipagem. Como não havia uma metodologia específica predeterminada e apropriada para a situação, foi construído um procedimento que utilizou a abordagem da observação direta intensiva do tipo assistemática (LAKATOS; MARCONI, 1996, p. 81), que consiste na coleta e registro de fatos sem a necessidade de meios técnicos especiais. Mesmo sem um planejamento prévio essa abordagem necessita de um mínimo de interação e controle para se chegar a resultados válidos.

Figura 2 – Estrutura da tese



Fonte: Produzido pelo autor.

Além do capítulo da Introdução, esta tese contém mais cinco capítulos. Nos capítulos 2 e 3 se constrói o embasamento teórico a partir da bibliografia de referência e de levantamentos. Foi realizada a revisão na bibliografia sobre modelos físicos, sobre a modelagem geométrica e a prototipagem digital e se construiu o referencial que orientou os experimentos e a análise de resultados. Também foram levantadas as teses e dissertações defendidas no Brasil no recorte temporal que vai de 1999 a 2011 que tratam de temas similares. Nesse levantamento buscou-se conhecer a produção acadêmica mais recente na área da modelagem e prototipagem. Também foi realizado um levantamento em cursos de Arquitetura e Urbanismo do Brasil pra conhecer o estado-da-arte da aplicação do objeto da pesquisa pelas instituições.

O capítulo 4 descreve os ensaios didáticos realizados como forma de experimentar procedimentos de aplicação e verificação da hipótese levantada.

O capítulo 5 se descreve a proposta de um procedimento metodológico para a inserção da modelagem física, modelagem geométrica e prototipagem rápida no quinto período do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN.

As conclusões e sugeridas futuras investigações estão descritas no capítulo 6.

A Figura 2 sintetiza a estrutura adotada nesta tese.

## 2 MODELO: CONCEITOS E APLICAÇÕES NO ENSINO DE ARQUITETURA E URBANISMO

---

Serra (2006, p. 184) afirma que toda pesquisa tem como objetivo produzir conhecimento e a única forma de realizar essa tarefa é recorrer ao objeto-concreto, realizar levantamentos, medições ou ensaios. Esses dados primários formam a base empírica que irá permitir ao pesquisador formular suas conclusões produzindo, assim, conhecimento novo. Porém, a coleta dos dados primários somente deve ocorrer depois de se esgotar o levantamento das fontes secundárias necessárias para a construção do embasamento teórico.

Dessa forma, faz-se necessário revisar conceitos e teorias já desenvolvidos anteriormente, assim como conhecer métodos e procedimentos adotados por pesquisadores em áreas relacionadas com o objeto desta pesquisa.

O termo modelo tem uma abrangência muito ampla podendo assumir significados diversos dependendo da área de conhecimento. Para Rozestraten (2004, p. 9), de uma forma geral, o termo “[...] relaciona-se a exemplo, ideal, referência ou padrão.” Dependendo do universo de estudo o termo assumirá significado próprio.

Para a metodologia científica, a utilização de modelos faz parte dos procedimentos adotados nas pesquisas, com o objetivo de descrever as características qualitativas e quantitativas do objeto concreto em estudo.

A adoção de um modelo implica necessariamente na seleção das características do objeto concreto que são relevantes para os objetivos do pesquisador. Serra (2006, p. 90) afirma que “[...] o objeto-modelo é reducionista, isto é, não contém todas as características do objeto-concreto, caso em que seria o

próprio objeto-concreto.” Os critérios para a seleção das qualidades do objeto que serão selecionadas para a construção do modelo são determinados pelo objetivo da pesquisa, ou seja, o pesquisador considera apenas as variáveis do objeto-concreto que se relacionam com os objetivos da pesquisa. “Vamos ao real para obter informações que nos permita construir modelos sobre os quais a pesquisa se desenvolverá.” (SERRA, 2006, p. 93). Essa simplificação da realidade é necessária e, segundo o autor, tem gerado críticas com relação ao caráter reducionista do objeto-modelo. Para o autor, embora em alguns casos a crítica possa ser válida, em nada reduz a validade da utilização de modelos que podem ser reformulados a partir da inserção de outras variáveis que venham a ser consideradas essenciais à correta explicação do fenômeno.

No universo da Arquitetura, arte e ciência interagem. Rozestraten (2003) relaciona os seguintes sentidos para o termo modelo:

- Modelo como conjunto de conceitos, premissas e formas que caracterizam uma proposta arquitetônica ou urbanística;
- Modelo como a referência escolhida pelo arquiteto para sua composição, seja uma ideia ou uma forma material;
- Modelo como um sistema experimental, material ou eletrônico, construído com o intuito de auxiliar a formular ou testar uma hipótese relacionada ao desempenho de um ambiente, de um sistema construtivo ou de um material específico;
- Modelo de teste pré-série, ou protótipo, objeto original feito como “primeiro tipo” para teste de uma produção seriada futura;
- Modelo como tipo, categoria, gênero de objetos;
- Modelo significando as diversas representações planas da Arquitetura: croquis, plantas, cortes, elevações, perspectivas. As fotografias, os filmes, as animações e as simulações eletrônicas projetadas em tela também são modelos arquitetônicos bidimensionais;
- Modelo como representação tridimensional de um objeto ou uma Arquitetura feita em escala matemática. Essa representação pode se referir a uma Arquitetura existente, uma Arquitetura em projeto, ou uma Arquitetura não mais existente. Quando essa representação é feita em escala reduzida denomina-se maquete. (ROZESTRATEN, 2003, p. 10)

Na Arquitetura modelagem está relacionada à representação tridimensional do objeto-concreto e representa a ação de modelar, ou de descrever a forma do objeto-concreto no objeto-modelo.

Na língua portuguesa predomina a noção de que a modelagem é um ato essencialmente material e tridimensional, muito embora no idioma inglês o termo “*model*” signifique tanto a maquete física como a impressão no plano de uma perspectiva produzida a partir da modelagem geométrica ou manual. Rozestraten (2004, p. 1) referencia que, “[...] em português, o termo modelo tridimensional ou

maquete nunca se confunde com um desenho em perspectiva. Uma maquete é sempre tridimensional.”

Para Serra (2006, p. 95), modelos físicos, diferentemente dos modelos conceituais, simulam as formas dos objetos. Para o autor fazem parte dessa classificação as maquetes e desenhos em perspectivas, “gráficos ou digitais”, que são modelos físicos icônicos. Já o projeto arquitetônico representado em plantas, cortes e fachadas assim como os levantamentos topográficos e os mapas são, para o autor, modelos físicos analógicos porque a interpretação e análise desses modelos dependem do conhecimento de um conjunto de regras como, por exemplo, a geometria e a topografia.

Serra (2006) considera ambos, desenhos e maquetes, como modelos físicos, enquanto que para Rozestraten (2004) desenhos e maquetes nunca se confundem.

Há necessidade, portanto, de definir qual terminologia será adotada nessa pesquisa quando se fizer referência ao modelo que representa o objeto arquitetônico através de materiais físicos, e quando essa representação for feita com a utilização de recursos computacionais.

Do ponto de vista da mídia digital, o termo modelo tridimensional é inadequado e insuficiente para descrever os modelos digitais (numéricos), portanto construídos e armazenados no computador. Os modelos digitais ou numéricos que representam a forma dos objetos são denominados na literatura técnica, como modelos geométricos (*geometric models*), eventualmente como modelos geométricos tridimensionais (*3D geometric models*), se houver a intenção de reforçar esta condição espacial.

Neste trabalho adotam-se os termos: Modelo Geométrico Tridimensional – MG 3D, e Modelo Físico. Modelo Geométrico Tridimensional, ou MG 3D, é o conjunto de informações de um objeto armazenado em computador. Essas informações normalmente especificam a topologia do artefato (conexões de vértices, arestas, superfícies e volumes fechados), dimensões, ângulos e tolerâncias das dimensões e ângulos, podendo haver também associações de símbolos a derivações da forma para especificar materiais e outras propriedades (McCULLOUGH; MITCHELL; PURCELL, 1990, p. 1).

A expressão Modelo Físico será adotada para fazer referência ao modelo-objeto tridimensional – maquete – construído em escala reduzida, em materiais

diversos, por processos tradicionais (manuais e artesanais), por processos informatizados (prototipagem digital) ou por processos mistos em que integram as duas formas de produção.

O uso de modelos físicos como ferramenta de descoberta e de auxílio às decisões no processo de concepção do projeto de Arquitetura é um tema que tem atraído alguns arquitetos no desempenho de suas atividades profissionais, por oferecer um dos métodos de exploração mais poderosos.

Basso (2005, p. 155), em sua pesquisa sobre a importância da maquete na profissão do arquiteto observou que as provas hoje existentes da utilização de maquetes na antiguidade "[...] vêm de escavações em antigos locais da Mesopotâmia, Egito, Grécia e Roma onde foram descobertos alguns pequenos modelos de habitações e templos".

Marco Vitrúvio Polião, arquiteto romano que teria vivido no primeiro século depois de Cristo, descreve no décimo livro da sua obra *Da Arquitetura* (POLIÃO, 1999, p. 243) o episódio em que o arquiteto Cálias oriundo de Arado na Fenícia chegando a Rodes apresentou um modelo de fortificação sobre o qual instalou uma máquina de guerra. Ao ver tal modelo os habitantes de Rodes, admirados, desbancaram seu arquiteto oficial, Diogneto, e transferiram sua pensão para Cálias. Diante da ameaça de uma guerra declarada pelo rei Demétrio contra Rodes, Cálias foi solicitado a construir tal engenho que havia apresentado em modelo, este negou que fosse possível fazê-lo. Vitruvius, então chama a atenção para o fato de que nem tudo que pode ser feito em modelos poderá surtir o mesmo efeito quando produzido em tamanho real, em verdadeira grandeza (POLIÃO, 1999, p. 243). Essa passagem do décimo livro de Vitruvius nos deixa o registro de que modelos eram utilizados para antecipação da realização. Basso (2005, p. 81), porém, alerta para o fato de que o termo usado por Vitruvius em algumas traduções aparece como “modelo” e em outras como “desenho”.

Boutinet (2002, p. 145) credita à queda do Império Romano, o retrocesso na arte de construir e o desaparecimento da profissão de arquiteto. O autor observa que da alta até a baixa Idade Média não há registros de arquitetos notáveis e a denominação, ainda que muito vagamente, remete ao mestre de obras ou ao financiador. Porém segundo Mills (2007, p. vi), na Idade Média os pedreiros se deslocavam pelos interiores das construções levando maquetes que ilustravam as mais diversas formas de elementos construtivos como, por exemplo, os arcos.

Para Basso (2005, p. 82), nesse período da história há poucos registros do uso de modelos físicos em escala reduzida em Arquitetura e essa ausência pode ser justificada pela fragilidade e pouca durabilidade do material utilizado como o gesso e a cera. A autora observa que o desenho teria sido abandonado pelos arquitetos nesse período devido ao seu alto custo de execução.

Boutinet (2002) afirma que ao longo de toda a sua história, a Arquitetura recorreu aos esboços aos esquemas, mas raramente às maquetes, para concretizar, materializar uma intuição, uma ideia, antes de realizá-la em tamanho natural.

O Renascimento italiano provocou uma verdadeira revolução na prática da Arquitetura. A separação da atividade do canteiro e da atividade do ateliê marcou a época e rompeu com a tradição medieval. "O arquiteto se torna o único responsável pelo projeto e pela técnica de execução" (BOUTINET, 2002, p. 35). A partir dessa época maquetes e modelos passam a ser usados na forma como conhecemos hoje, seja na projeção, no ato de projetar, seja para comunicar ou apresentar um projeto. Embora não se possa afirmar que os renascentistas tenham sido os primeiros a utilizar maquetes na Arquitetura, Basso (2005) afirma que eles o fizeram com maior riqueza em sua metodologia e regularidade.

A maneira que os homens da Renascença seguiam para gerar uma obra arquitetônica era a mesma na execução de um modelo, sempre com rigor técnico e mantendo profundamente suas proporções, para não deixar que se escapasse a beleza idealizada pelo artista. (BASSO, 2005, p. 79)

Os tratadistas do Renascimento italiano escreveram sobre a utilização de modelos tridimensionais. Basso (2005, p. 164 à 170) cita relatos de tratadistas do Renascimento nos quais estão descritas formas de utilização e produção desses modelos. Até o final do século XVII as maquetes foram entrando em desuso em função dos avanços da representação gráfica. Segundo a autora, o esquecimento da prática de modelos físicos está diretamente relacionado ao surgimento da perspectiva geométrica com dimensões exatas e bem proporcionadas, porém, apesar de pouco usadas, as maquetes não desapareceram definitivamente.

Apesar de em alguns períodos a modelagem física cair em desuso, ao longo da história a produção arquitetônica, que inovou nas soluções espaciais e construtivas, sempre se utilizou de maquetes como um recurso indispensável de projeto. Rozestraten (2004) utiliza a expressão modelagem manual para se referir à utilização criativa da maquete no processo investigativo de conhecimento e criação

da Arquitetura. “Não há dúvida de que a modelagem tridimensional é o único meio de representação que compartilha as qualidades inerentes e indissociáveis da Arquitetura (materialidade, espacialidade e processo construtivo).” (ROZESTRATEN 2004, p. 3)

Nos anos 1920 o movimento da Bauhaus coloca a Arquitetura no centro do debate sobre o *design* e busca elevar o *status* das artes e ofícios ao nível das belas artes. O esforço combinado de mestres artistas e artesãos tinha como objetivo aperfeiçoar os produtos industriais em termos de desenho e de funcionalidade. Walter Gropius dava ênfase à fabricação de protótipos nos trabalhos desenvolvidos nas suas oficinas, para a produção industrial. Essa questão esteve sempre presente na história da Bauhaus (CARMEL-ARTHUR, 2001).

Na formulação de um plano para a formação de arquitetos em 1939 Gropius (2001, p. 93) desenvolve os princípios que deveriam nortear a formação do arquiteto, rompendo com a tradição do ensino acadêmico. Em resumo sua proposta objetivava: formar arquiteto como coordenador; dar ênfase ao método; capacitar o estudante para o pensamento tridimensional; incorporar a prática da construção ao ensino; iniciar com curso introdutório que integrassem desenho, oficinas, construção e execução de exercícios tridimensionais; incentivar as atividades complementares em obras; praticar o ensino de projeto integrado à construção; priorizar trabalhos em equipes; iniciar os estudos de história da Arquitetura somente a partir do terceiro ano; admitir somente professores com experiência em projeto e em obra; dimensionar escolas com no máximo 150 alunos; e no máximo 16 alunos por professor. Gropius direcionava o ensino para a prática e a manipulação de materiais. O estudo da tridimensionalidade recebe atenção especial como forma de capacitar o futuro profissional para “a segurança instintiva de conceber o espaço tridimensional em termos de construção, economia e beleza harmônica”. (GROPIUS, 2001, p. 94).

A partir da década de 1980 a introdução da informatização na representação gráfica de arquitetura assim como a maciça utilização de ferramentas CAD para a produção de perspectivas texturizadas a partir de modelos geométricos, trouxeram facilidades como a possibilidade de se perceber conflitos entre soluções projetuais. Por outro lado, a dificuldade de execução de modelos físicos, os altos custos de produção de maquetes e a exigência de prazos cada vez mais curtos terminaram por reduzir a utilização de modelos físicos.

Nos anos 1990 os arquitetos passam a desenvolver os seus projetos no computador e a simular virtualmente a realidade. Porém, após o deslumbramento inicial causado pela utilização das novas tecnologias digitais, os arquitetos voltam ao papel, aos croquis, de onde surgem suas ideias, como declarou Jean Nouvel em entrevista (*in* DUARTE, 1999, p. 140).

Na continuidade dessa evolução, a indústria da informática tem criado máquinas de auxílio à fabricação de peças e protótipos, já incorporadas a áreas como a Engenharia Mecânica, Medicina, Odontologia e Design do produto, mas que somente nos últimos anos passaram a ser apropriadas pela área de Arquitetura e Urbanismo. Celani e Pupo (2008) observam que

“as aplicações da prototipagem rápida nessa área em 2006 ainda eram insignificantes. No período entre 2006 e 2007 já foi possível notar um significativo aumento na aplicação da PR na Arquitetura, mas em comparação com campos como a indústria automobilística, a de produtos de consumo e a área médica ela ainda é muito pequena”. (CELANI; PUPO, 2008, p. 36)

Pesquisas acadêmicas como as de Celani (2003), Sass & Oxman (2006), Oxman (2008), Celani & Bertho (2007), Vieira (2007) e Celani & Pupo (2008), têm buscado discutir a introdução dos meios digitais de produção do projeto arquitetônico e suas implicações na educação do arquiteto e urbanista.

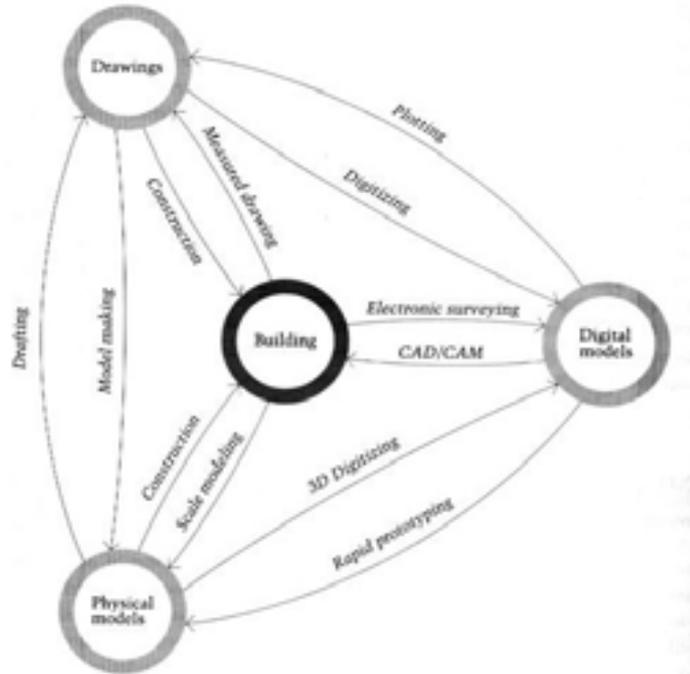
## 2.1 CONCEITOS

A utilização de modelos tridimensionais na Arquitetura e Urbanismo se caracteriza não apenas como ferramenta para a representação de projetos, mas como instrumento auxiliar no processo criativo de projeto, principalmente por facilitar a compreensão e o domínio do espaço tridimensional.

Mitchell e McCullough (1994; p. 459), resumindo as relações entre técnicas utilizadas na produção da Arquitetura e construção, elaboraram um modelo teórico no qual estabelecem as possíveis conexões entre técnicas de representação e formas de produção. O modelo teórico dos autores (Figura 3) relaciona três formas de representação do projeto ao objeto arquitetônico edificado. **Desenho:** a representação gráfica materializada em mídia bidimensional como desenhos manuais feitos em folhas de papel, plotagens de desenhos desenvolvidos em computador, visualizações em monitores (telas de computador) ou projeções em

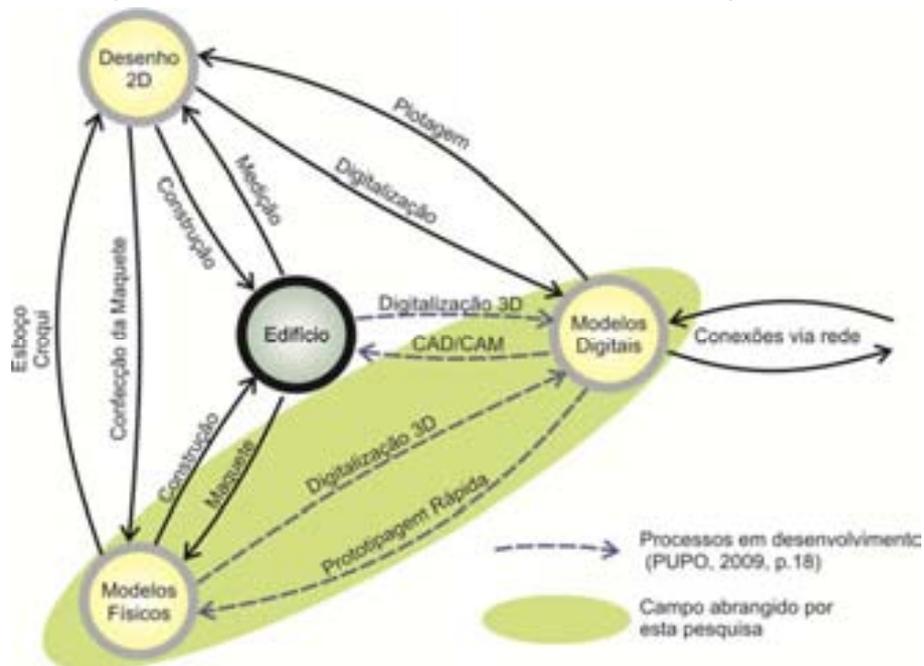
planos bidimensionais. **Modelos Físicos:** as maquetes produzidas a partir de desenhos ou projetos, seja de forma manual ou por meio de prototipagem rápida. **Modelos Digitais:** o modelo geométrico produzido em computadores através das mais diversas formas de inserção de dados.

Figura 3 – Modelo teórico de Mitchell e McCullough



Fonte: Mitchell; McCullough (1994, p. 460).

Figura 4 – Modelo teórico de Mitchell e McCullough (1994)



Fonte: Adaptado de Mitchell e McCullough (1994, p. 460) com as observações de Pupo (2009) e a área desta pesquisa.

A pesquisa em questão discute a utilização de modelos físicos e modelos geométricos tridimensionais (modelos digitais) no processo de ensino de projeto situando-se no campo assinalado no modelo de Mitchell e McCullough (1994) (Figura 4) correspondente aos processos identificados por Pupo (2009, p. 18) como técnicas em desenvolvimento.

### **2.1.1 Modelo físico**

Segall (2007) define a modelagem física como “Modelagem Real” e afirma que ela é essencial como meio de expressão da criatividade e comunicação entre os interlocutores no processo de ensino e aprendizagem próprio da formação profissional do arquiteto.

A modelagem física quando articulada ao desenho feito à mão e às representações eletrônicas e integrada ao processo de projetual desde os primeiros momentos pode se constituir em um processo de conhecimento, de descoberta e criação da Arquitetura (ROZESTRATEN, 2004).

Knoll e Hechinger (1992, p. 10) classificam as maquetes de acordo com a tipologia em maquetes topográficas (de um terreno, de uma paisagem ou de um jardim), maquetes de edificação (de urbanismo, de um edifício, de uma estrutura, de um espaço interior ou de detalhes) e maquetes especiais (de móveis ou de produtos).

Os autores afirmam ainda que as maquetes de edificações podem ser produzidas ao longo de três fases diferentes de um projeto: no anteprojeto, a maquete de conceito; no desenvolvimento do projeto, a maquete de trabalho; e na execução, a maquete de execução.

As maquetes topográficas de um terreno quase sempre são produzidas como maquetes de trabalho sobre as quais se desenvolvem as análises e estudos durante o desenvolvimento do processo de projeto. No caso de serem utilizadas como instrumento de análise as maquetes topográficas do terreno assumem a função de Modelo Físico de Análise (Figura 5).

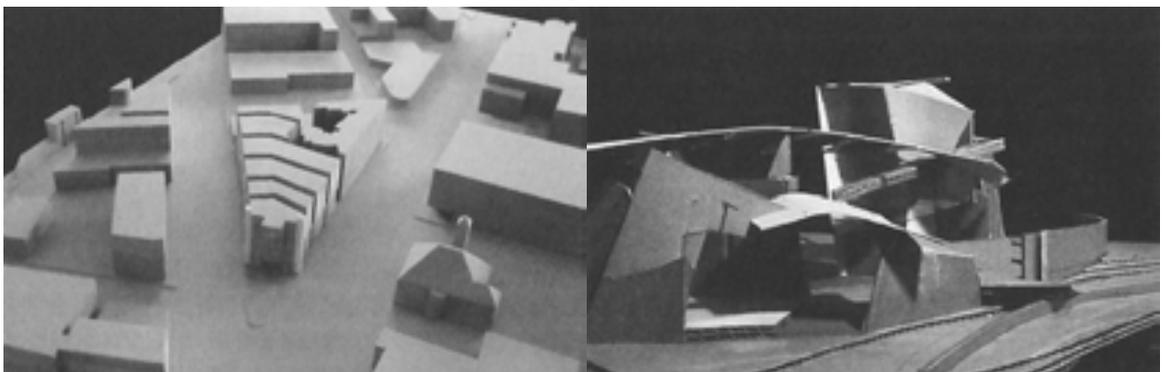
Figura 5 – Maquete de terreno com curvas de nível: em cartão com corte a laser



Fonte: Trabalho Final de Graduação de Barbara Elali - CAU/UFRN, 2012.2.

Para Mills (2007, p. 24) maquetes de conceito são utilizadas geralmente nas fases iniciais com a finalidade de explorar características abstratas de um projeto. O autor também se refere a maquetes de volumes e de cheios e vazios como modelos físicos aplicáveis à fase iniciais de desenvolvimento da proposta. Para esse autor maquetes preliminares de conceito, de volumes ou de desenvolvimento, são consideradas maquetes de estudo (Figura 6) cuja função é gerar ideias de projeto e servir como veículos para aperfeiçoamentos.

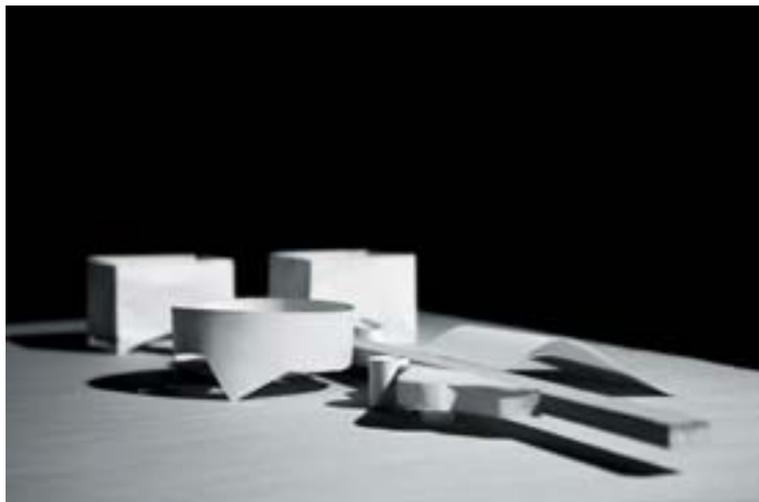
Figura 6 – Maquetes de estudo



Fonte: Mills (2007, p. 25 e 27).

A expressão maquete de estudo implica na possibilidade de novas investigações e aprimoramentos. A maquete de estudo – feita rapidamente, com materiais simples (papelão, isopor, massas, arame, etc.) no ateliê, sobre a própria mesa de trabalho – pode constituir um laboratório de experimentação por meio do qual as características (qualidades e deficiências) do projeto se revelam de maneira mais rápida, direta e completa do que no desenho. Não é necessário o emprego de máquinas ou ferramentas especiais, e sim, de materiais de fácil aquisição e manuseio (KNOLL; HECHINGER, 1992, p. 11). Rocha (2007, p. 22) se refere à “maquete como croqui” [*sic*] e enfatiza a necessidade de se produzir maquetes durante o processo de projeto. O autor considera “[...] a maquete como instrumento de desenho [...] que faz parte do processo de trabalho” [*sic*], refere-se ao modelo produzido dessa forma como “[...] a maquete em solidão!” [*sic*] São modelos simples que não são para serem vistos por ninguém além do projetista, aquela “[...] que você faz como ensaio daquilo que está imaginando”. Esse objeto tridimensional permite alterações e intervenções no projeto aprimorando a proposta ao longo do processo de concepção. Nesse sentido a “maquete como croqui” referida por Rocha (2007) (Figura 7) tem as mesmas características da “maquete de estudo” de Mills (2007), e neste trabalho é tratada como **Modelo Físico de Estudo**.

Figura 7 – Maquete de estudo para Praça dos Museus da USP – Paulo Mendes da Rocha

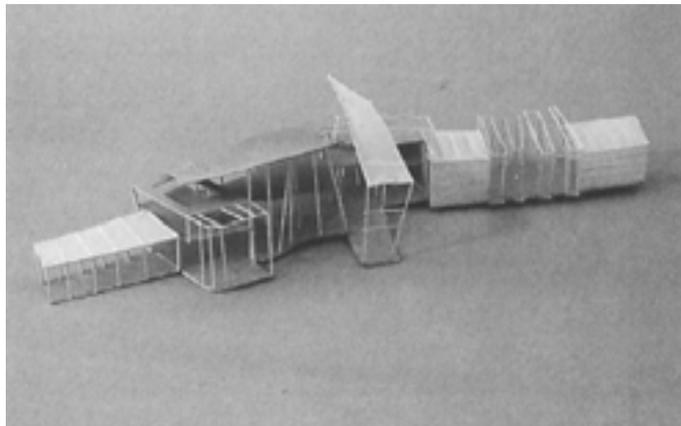


Fonte: Rocha (2007, p. 3)

Na **Maquete de Trabalho**, algumas características formais já estão definidas e já é possível fazer avaliações de desempenho e de funcionamento das soluções adotadas. É utilizada, segundo Knoll e Hechinger (1992) principalmente na

fase de desenvolvimento do projeto. Ferramentas e materiais mais especializados podem ser utilizados. Devem poder ser modificadas com facilidade e podem ter durabilidade limitada. Mills (2007) refere-se a esse tipo de maquete como maquete de desenvolvimento (Figura 8), aquela que se aplica quando as decisões iniciais já foram tomadas e a geometria já está decidida. Nesse estágio se desenvolvem análises complementares e refinamento de detalhes. Nesta tese a maquete nesse nível é referida como **Modelo Físico de Trabalho**.

Figura 8 – Maquete de desenvolvimento



Fonte: Mills (2007, p. 27).

Nesta pesquisa as maquetes são referidas de acordo com as fases projetuais nas quais estão inseridas, e são denominadas de **Modelo Físico de Análise, Modelo Físico de Estudo e Modelo Físico de Trabalho**.

O modelo físico é uma mídia com vasto potencial de aplicação devido ao fato de que suas informações são assimiladas dinamicamente e intuitivamente, apesar da diferença de escala entre modelo e realidade.

A modelagem geométrica apresenta similaridades e diferenças com modelagem física (BREEN et al., 2003). Computadores podem ser usados para desenhar, porém seu maior potencial está na criação de um ambiente virtual que pode ser percebido em escala real. Entretanto, sua limitação está na visualização do todo, que limita o alcance de detalhes. A manipulação do aproximação (zoom in) e do distanciamento (zoom out) implica em perda de informações. Para atenuar, são explorados diversos recursos de visualização e de camadas. Por mais que se crie a sensação de imersão no modelo, a percepção continua limitada porque ainda consiste em observação de uma imagem em um monitor. Outra limitação encontrada

pelos autores é a ausência de imperfeições do modelo, que se traduz em falta de personalidade e falta de carisma presentes no modelo físico.

O nível de detalhes dos modelos depende do seu objetivo. Maquetes de edificações que visam a venda de imóveis buscam passar a informação de como ficará o projeto depois de construído e se destina a clientes leigos, geralmente pouco familiarizados com a área de arquitetura. Por isso buscam reproduzir o projeto como um todo, da forma mais sedutora possível. Certamente o detalhamento está voltado para a reprodução das características de envoltórias e humanização do projeto. Modelos também podem representar apenas uma fração de uma edificação e ser repleto de detalhamentos com o objetivo específico de simular uma situação e avaliar seus efeitos. Por exemplo, há modelos para avaliação da incidência da luz natural que requer fiel reprodução das características superficiais internas e aberturas, como os desenvolvidos no Laboratório de Conforto Ambiental (LabCon) (Figura 9) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Como a ênfase é a distribuição de luz natural interna, o detalhamento ocorre no interior da maquete, enquanto que seu exterior pode apresentar qualquer aspecto, sem necessidade de aprimoramento de seus detalhes.

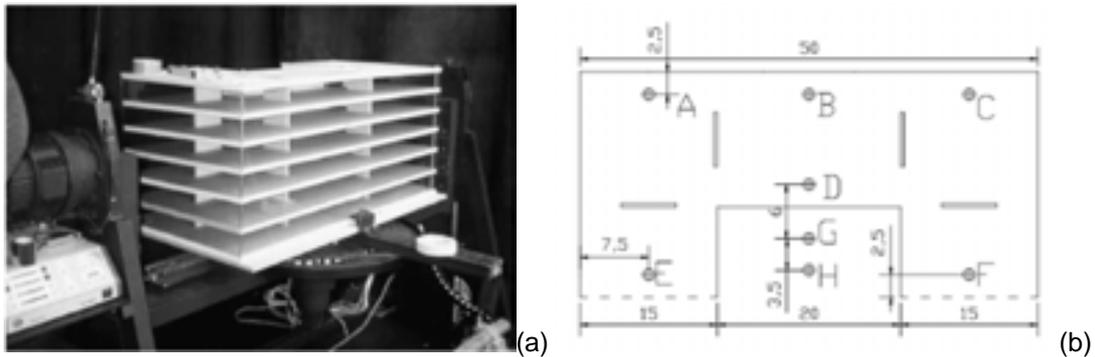
Figura 9 – Emprego de maquetes para avaliação da distribuição da luz natural: (a) modelos diversos, (b) maquete de uma igreja e (c) olho mágico para visualização da incidência da iluminação natural no interior do ambiente



Fonte: Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

Desde que devidamente planejadas, as maquetes podem evoluir para elementos de bancadas de medição, como a quantificação da distribuição da luz natural (CALCAGNI; PARONCINI, 2004). Nesse caso, além do esmero no detalhamento, ela passa a incorporar equipamentos de medição devidamente planejados (Figura 10).

Figura 10 – Emprego de maquetes para quantificação da distribuição da luz natural: (a) maquete instrumentada, (b) pontos internos de medição



Fonte: Calcagni e Paroncini, 2004.

Da mesma forma modelos podem ser utilizados para avaliações de desempenho e medições quanto à ventilação natural, quanto a eficiência de elementos de proteção solar e sombreamento.

### 2.1.2 Modelo geométrico

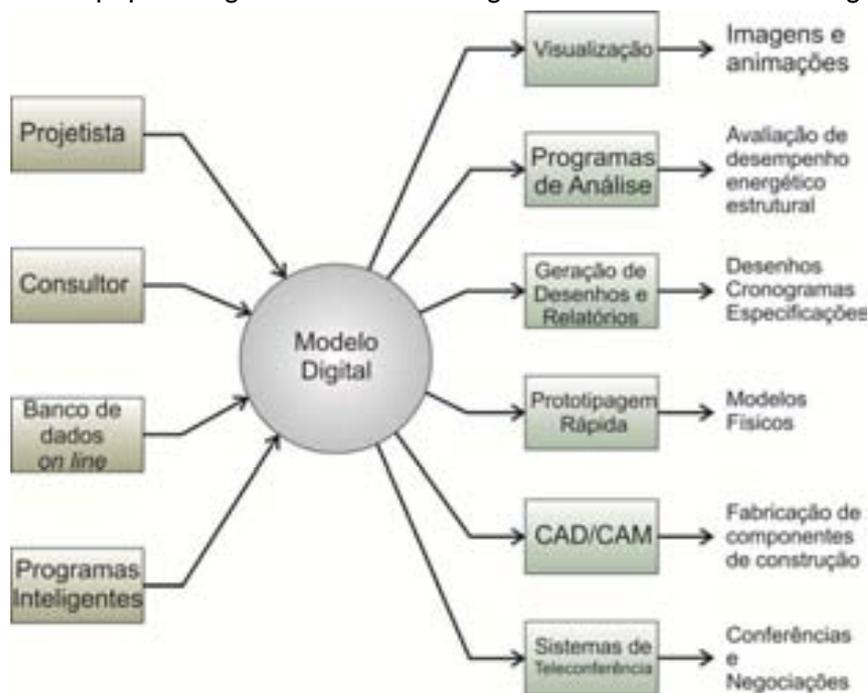
Com o advento da computação gráfica e o debate sobre os novos meios de representação e produção da Arquitetura, diversos autores de teses e dissertações têm buscado investigar formas de conciliar os meios tradicionais (desenhos, croquis, maquetes feitas à mão) com os meios informatizados (desenho digitalizado, modelagem geométrica, simulações computacionais, realidade virtual) em suas práticas projetuais e pedagógicas (LIMA, 2012; OLIVEIRA, 2011; PUPO, 2009; RÊGO, 2008; SILVA JR., 2007; VIEIRA, 2007; BASSO, 2005). A interação e complementaridade entre cada um dos meios – desenho e modelagem – e a extrapolação de suas limitações tecnológicas – meio físico ou digital – tendem a ampliar as possibilidades de diálogo sobre o projeto (ROZESTRATEN, 2004).

Modelo geométrico e modelo físico podem, portanto, ser utilizados durante todo o processo de concepção do projeto, pois realizam a visualização plástica-espacial da “ideia”, colocando os seus elementos em inter-relação. Os modelos tanto servem para apresentação final do projeto como, nas fases iniciais do processo de projeto, proporcionam várias possibilidades de análise da proposta, tanto do ponto de vista das relações formais como do desempenho técnico-funcional.

Já no início dos anos de 1990, Mitchell e McCullough (1994) previam que com o desenvolvimento da tecnologia os modelos geométricos tridimensionais teriam papel mais central nos processos práticos de projeto (Figura 11).

Serão tratados por sofisticados programas de edição e de gestão, e irão receber contribuições das várias combinações de projetistas, consultores, *software* inteligentes e informações extraídas do banco de dados *on-line*. Serão produzidas entradas para sistemas de visualização, geradores de desenho e relatório, ampla gama de *software* de análise e crítica, sistemas de prototipagem rápida, e instalações de CAD/CAM. E, por meio da integração de sistemas de projeto auxiliado por computador com as capacidades avançadas de telecomunicações, os modelos digitais irão apoiar o trabalho de organizações virtuais de projeto distribuídas geograficamente trabalhando em estúdios virtuais de design. (MITCHELL; MCCULLOUGH, 1994, p. 464, tradução nossa)

Figura 11 – O papel integrador do modelo digital de Mitchell e McCullough (1994)



Fonte: Mitchell e McCullough, 1994, p. 460.

Esse papel central do modelo geométrico é a base conceitual do novo paradigma *Building Information Modeling* (BIM).

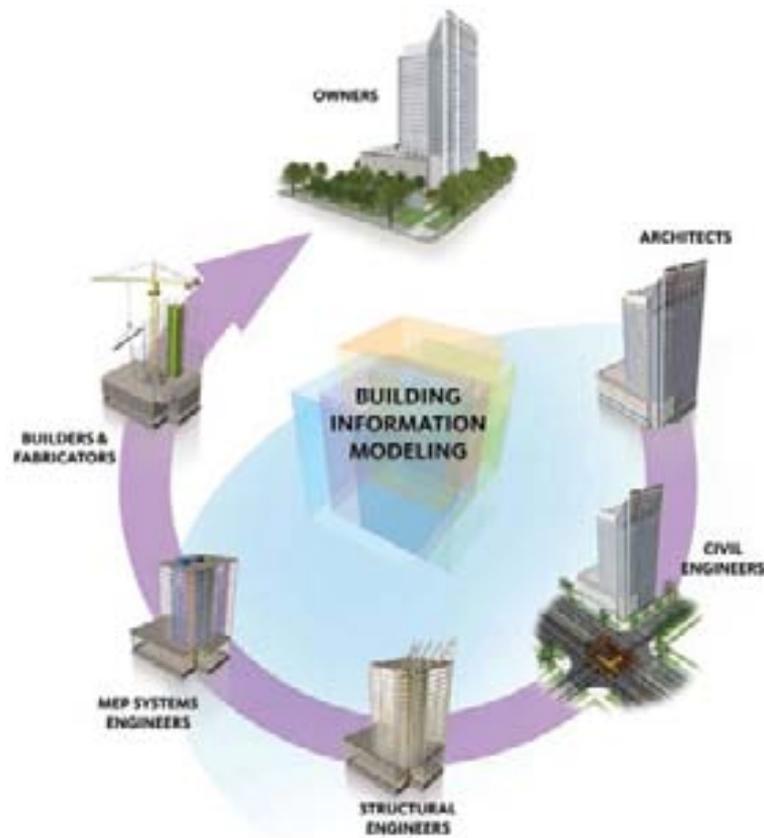
### 2.1.2.1 O paradigma BIM

Nos últimos anos o BIM passou a ser objeto de pesquisas desenvolvidas com o interesse na integração e gerenciamento de projetos e processos envolvidos

na produção de edifícios. Conforme pode ser verificado no levantamento de teses e dissertações apresentado no item 3.1 desta tese, o número de pesquisas desenvolvidas no Brasil sobre o tema tem aumentado nos últimos anos.

No BIM o foco central do processo de projeto está consolidado no modelo geométrico, e não nos documentos ou desenhos do projeto. A utilização do BIM em um projeto de edificação possibilita o trabalho em equipe, a colaboração e interação de equipes multidisciplinares (Figura 12). O projetista passa a trabalhar diretamente na modelagem e pode fazer uso de ferramentas de simulação e análise de sustentabilidade, energia, ventilação, estrutura, dentre outras. O BIM retira o foco da produção de desenhos e documentos do projeto, passando a auxiliar o arquiteto na tomada de decisões (SANTOS, 2008).

Figura 12 – Função central do modelo geométrico no BIM



Fonte: <http://www.arq-e-tec.com/2010/01/bim-archicad-vs-revit-vs-vectorworks/>  
Acesso em: 13 jan. 2012.

No ambiente BIM os objetos arquitetônicos são representados pelos parâmetros e as regras que determinam sua geometria, bem como algumas propriedades e características não geométricas. As características do ambiente BIM

permitem a modelagem de geometrias complexas, que não eram possíveis anteriormente ou simplesmente eram impraticáveis. O modelo geométrico de um edifício é construído digitalmente, de forma precisa, dando suporte ao processo de projeto durante todas as suas fases. Quando concluído, estes modelos gerados por computador contêm geometria precisa e dados necessários para apoiar a construção, fabricação e manutenção durante todo o ciclo de vida de uma edificação (Figura 13).

Figura 13 – Aplicações do BIM por todo o ciclo de vida de uma edificação



Fonte: Disponível em <http://www.cadxpert.com.br/wp-content/uploads/2012/04/BIM.jpg>. Acesso em: 16 jan. 2013.

Eastman *et al* (2001) registram que os sistemas baseados em plataformas CAD evoluíram e os usuários passaram a compartilhar dados associados a um determinado projeto. Então o foco mudou dos desenhos e das perspectivas renderizadas para os dados em si mesmo. Um modelo geométrico de construção produzido por uma ferramenta BIM pode suportar múltiplos pontos de visualização além de diferentes atributos a ele associados. Os autores definem BIM como uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção. Esses modelos se caracterizam por componentes (objetos que contêm atributos gráficos e regras parametrizadas) e dados (consistentes e coordenados).

Eastman *et al* (2001) afirmam que a utilização do BIM abrange todas as fases do edifício desde a montagem do programa de necessidades até a sua manutenção passando por projeto e execução, porém, para alguns usos a tecnologia ainda precisa ser desenvolvida. Nas fases iniciais do projeto, quando ainda se trabalha o “projeto conceito”, recomendam os autores a utilização de três *softwares* compatíveis com as funcionalidades BIM: o SketchUp, o Rhinoceros (Figura 14), e o BonZai.

Figura 14 – Projeto com forma complexa desenvolvido no *Rhinoceros*



Fonte: The Museum of Middle Eastern Modern Art (MOMEMA) – UNStudio Amsterdam  
Disponível em <http://www.unstudio.com/projects>. Acesso em: 15 jan. 2013.

No Brasil o BIM começou a ser Introduzido em escritórios no início dos anos 2000 (SOUZA, 2009) e mais tardiamente em cursos de Arquitetura e Urbanismo. A transição do sistema CAD para o BIM tem enfrentado grandes dificuldades na adoção dessa nova tecnologia.

Souza (2009) observou dificuldades e facilidades na utilização do BIM por escritórios de Arquitetura no Brasil. A autora procurou investigar os impactos causados pela implantação e uso da tecnologia BIM em escritórios de projeto de Arquitetura utilizando como universo de pesquisa uma amostra com empresas do Rio de Janeiro (60% da amostra), São Paulo (30%) e Curitiba (10%). Metade das empresas fazia uso piloto da tecnologia em alguns projetos ou apenas uma de suas equipes utilizava o BIM. Somente 20% das empresas pesquisadas declararam fazer uso dessa tecnologia em todos os seus projetos. Os principais motivos alegados para a não implantação foram a resistência da equipe à mudança e a incompatibilidade com os *softwares* utilizados por parceiros de projeto. As principais

dificuldades enfrentadas pelos escritórios na implantação foram o tamanho dos arquivos gerados, o tempo necessário para treinamento de pessoal e dificuldades no próprio *software*. Quanto às vantagens da implantação do BIM, as mais citadas foram a diminuição de erros de desenho, a facilidade nas modificações de projeto, a geração automática de quantitativos, a visualização 3D facilitada e a possibilidade de simulações.

Com já mencionado, o BIM tem como foco o modelo geométrico que é o objeto dessa tese. Nos experimentos didáticos para coleta dos dados empíricos relatados no Capítulo 4, os estudantes trabalharam com o Revit da AutoDESK que atualmente se configura como um dos programas mais utilizados por escritórios juntamente com o ArchiCAD da Graphisoft e o Vectorworks, desenvolvido pela Nemetschek. O modelo geométrico produzido quando se trabalha com o ambiente BIM pode ser utilizado para a prototipagem digital, porém devido a dificuldades na importação desses arquivos, será necessário editar esse modelo de forma a torná-lo compatível com os formatos reconhecidos pelos programas utilizados nos processo de fabricação digital. Mesmo com essas interseções esse tema não foi aprofundado neste trabalho por se constituir em um vasto campo de pesquisa o que desviaria o foco principal da tese.

#### 2.1.2.2 A digitalização de objetos reais

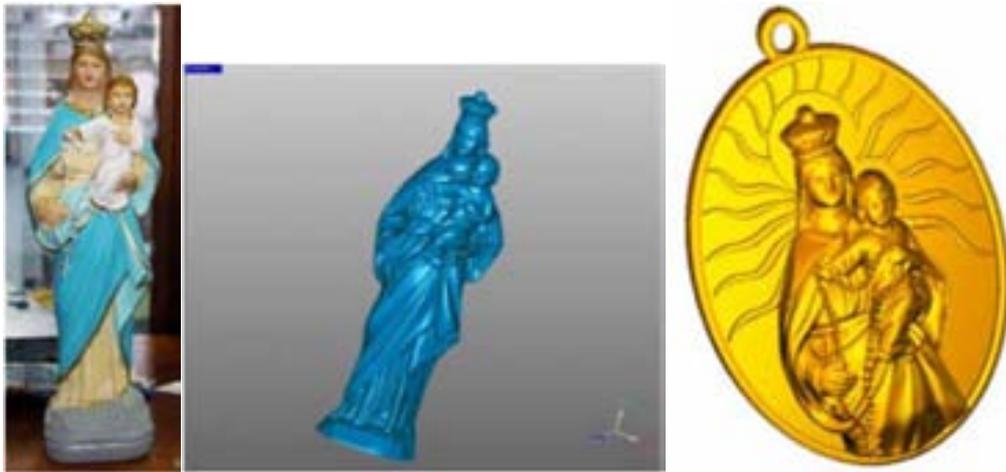
A utilização de técnicas de digitalização 3D em processo de reconstrução digital constitui outra forma de modelagem tridimensional. Consiste na obtenção das dimensões do objeto e na reconstrução digital de sua forma. Pupo (2009), revisando os processos que transformam o modelo físico em modelo geométrico, classificou os métodos de digitalização em desenvolvimento em dois grupos de acordo com a forma de obtenção dos dados do objeto: digitalização por contato e digitalização sem contato.

Os métodos sem contato são aqueles nos quais a obtenção da informação se dá por Medição Direta (utilizando raio laser, raio X, ultrassom ou luz direta) ou por interpretação de imagem (através de triangulação a laser, estereoscópica ou luz estruturada)

Nos métodos por contato as informações do objeto são obtidas por Processos Automatizados (utilizando plataforma física automatizada) ou Sem Automatização (utilizando braço articulado manipulado pelo operador).

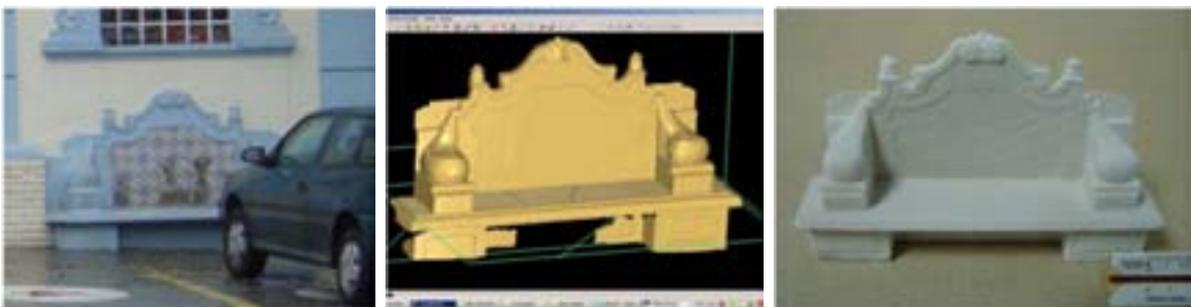
São diversas as aplicações da digitalização tridimensional. O processo de produzir algo novo a partir do existente também é conhecido como engenharia reversa. A digitalização de objetos reais tem dinamizado esses processos. No exemplo da Figura 15 a imagem da Nossa Senhora do Rosário foi digitalizada e transformada no modelo geométrico. Esse modelo foi trabalhado no desenvolvimento de um novo produto.

Figura 15 – Exemplo de utilização da digitalização tridimensional



Fonte: Silva; Freese e Kindlein (2009, p. 9).

Figura 16 – Produção de uma maquete a partir de um objeto existente



Fonte: Rodrigues, Pupo e Celani (2010, p. 11).

Outro exemplo de utilização da digitalização de modelos reais foi desenvolvido por Rodrigues, Pupo e Celani (2010) no levantamento e produção de ornamentos arquitetônicos para aplicação em maquetes de edifícios históricos. Em um dos experimentos (Figura 16) as autoras utilizaram o método sem contato

utilizado o equipamento Handyscan. Os sistemas de digitalização 3D geram um modelo de nuvem de pontos de alta resolução que precisa ser transformado em um modelo de superfícies. Após a modelagem geométrica foi produzido um modelo físico por meio da prototipagem rápida na impressora 3D Z-Corp que utiliza pó de gesso.

Embora reconhecendo que a digitalização de objetos reais constitui-se em um campo de pesquisa diretamente relacionado com as novas tecnologias digitais com grande potencial para ser explorado, não é esse o objeto deste trabalho. Por esse motivo o tema não foi aprofundado.

### **2.1.3 A Prototipagem rápida – PR (Rapid Prototyping– RP)**

A prototipagem rápida abrange todo o conjunto de tecnologias que se utilizam de fontes de dados gerados no computador por sistemas CAD, para a fabricação automatizada de objetos físicos. (GORNI, 2001, p. 1).

Saura (2003, p. 10), porém, considera prototipagem rápida os processos de fabricação que utilizam os métodos aditivos, ou seja, métodos baseados na superposição e colagem de camadas até a formação dos objetos tridimensionais.

Pupo (2009, p. 8), pesquisando diversos autores como William Mitchell, Branko Kolarevic, Larry Sass e Neri Volpato, encontrou várias definições para os termos Prototipagem Rápida e Fabricação Digital. Diante da diversidade de definições encontradas, em sua tese de doutorado a autora adota os termos Prototipagem Digital e Fabricação Digital para fazer referência “[...] a métodos que permitem a transição do modelo digital para o físico de maneira automatizada”. A autora propõe uma classificação em dois campos: o da produção de maquetes e protótipos - Prototipagem Digital; e o da produção de peças finais ou fôrmas para a produção de peças finais - Fabricação Digital.

Nesta tese, refere-se ao termo prototipagem digital para designar o processo de produção de modelos físicos a partir da modelagem geométrica, podendo ser utilizado processo aditivo ou subtrativo.

### 2.1.3.1 Processos aditivos

O processo aditivo é uma técnica que permite fabricar objetos físicos a partir de modelos geométricos criados em sistema CAD. Os modelos geométricos são subdivididos em camadas de espessura correspondente ao material que será utilizado na superposição dessas camadas.

Analisando as técnicas de prototipagem rápida que podem ser aplicadas à Arquitetura, Pupo (2009, p. 58 a 90) levantou 11 técnicas que utilizam processo aditivo e as classificou em quatro tipos de acordo com o material que utilizam. O resultado foi sintetizado no

Quadro 1.

Quadro 1 – Processos aditivos

Baseados em Sólidos	Baseados em Líquidos	Baseados em Pó	Baseados em Lâminas
<b>FDM</b> ( <i>Fused Deposition Modeling</i> ) - Modelagem por Fusão e Deposição	<b>SLA</b> ( <i>Stereolithography</i> ) – Estereolitografia	<b>SLS</b> ( <i>Selective Laser Sintering</i> ) – Sinterização Seletiva a Laser	<b>LOM</b> ( <i>Laminated Object Manufacturing</i> ) – Manufatura de objetos Laminados
<b>MJM</b> ( <i>Multi Jet Modeling</i> ) - Processo de Modelagem por Jato de Tinta	<b>PolyJet</b> – Impressão à jato de fotopolímero	<b>3DP</b> ( <i>3D Printer</i> ) – Impressão 3D	<b>PLT</b> ( <i>Paper Lamination Technology</i> ) – Tecnologia em Laminação de Papel
<b>BenchTop</b> – Processo de modelagem por jato de tinta		<b>CAM-LEM</b> ( <i>Computer Aided Manufacturing of Laminated Engineering Materials</i> ) – Computador auxiliando a manufatura de materiais de engenharia laminados	
		<b>EBM</b> ( <i>Electron Beam Melting</i> ) – Derretimento por feixe de elétrons	

Fonte: Pupo, 2009, p. 59.

Levando em consideração o número de máquinas comercializadas por cada uma das empresas detentoras dessas tecnologias no período de 10 anos, de 1988 a 2007, a autora identificou que o processo de Modelagem por Fusão e Deposição FDM (*Fused Deposition Modeling*) da *Stratasys* foi o campeão de comercialização com 2169 máquinas vendidas no período. Em segundo lugar ficou a Impressão 3D (*3D Printer*) da *ZCorp*. De acordo com os dados levantados conclui-se que essas duas tecnologias têm despertado muito interesse.

Essa tecnologia das impressoras 3D até bem pouco tempo se tornava quase inacessível devido aos altos custos dos equipamentos. Com a expansão de sua aplicação a diversas áreas produtivas, aumentou também a produção de

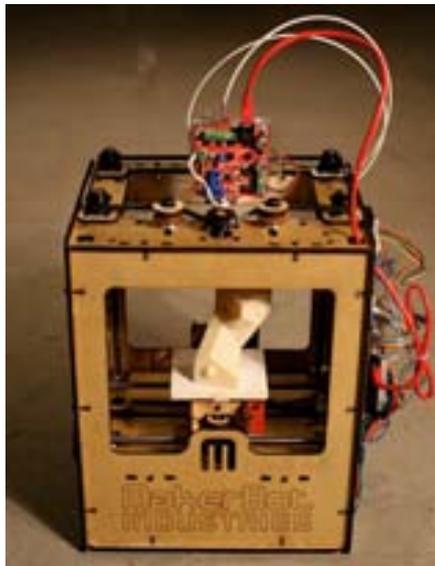
máquinas e a diversificação de fabricantes, a tecnologia tornou-se, assim, viável para implantação em centros de pesquisa.

A pesquisa desenvolvida por algumas empresas permitiu a fabricação de máquinas que utilizam a fusão térmica de fio de plástico ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*, em português Acrilonitrila Butadieno Estireno) conhecida por FDM. O fio de ABS é uma resina sintética termoplástica que pode assumir quaisquer formas e cores. Recentemente essas máquinas passaram a utilizar fio de PLA (Policaprolactona), uma resina biodegradável proveniente de fontes renováveis.

Os projetos dessas máquinas foram disponibilizados gratuitamente na internet ou comercializados por preço aproximado de US\$ 1000,00 e podem ser montadas pelo próprio usuário. O chassi dessas máquinas é produzido artesanalmente em madeira compensada.

Um dos modelos comercializados na internet é o da CupCake CNC (Controle Numérico Computadorizado) produzido pela MakerBot (Figura 17)

Figura 17 – Impressora com tecnologia de fio de ABS



Fonte: *MakerBot Industries* disponível em: <http://www.thingiverse.com/thing:457>. Acesso em: 24 dez. 2012.

As instruções de montagem juntamente com o projeto (Figura 18) e o quantitativo das peças encontram-se disponíveis para *download*<sup>2</sup> na internet.

Para a configuração de laboratórios de prototipagem a serem instalados em cursos de Arquitetura e Urbanismo no Brasil, Pupo (2009) recomenda a

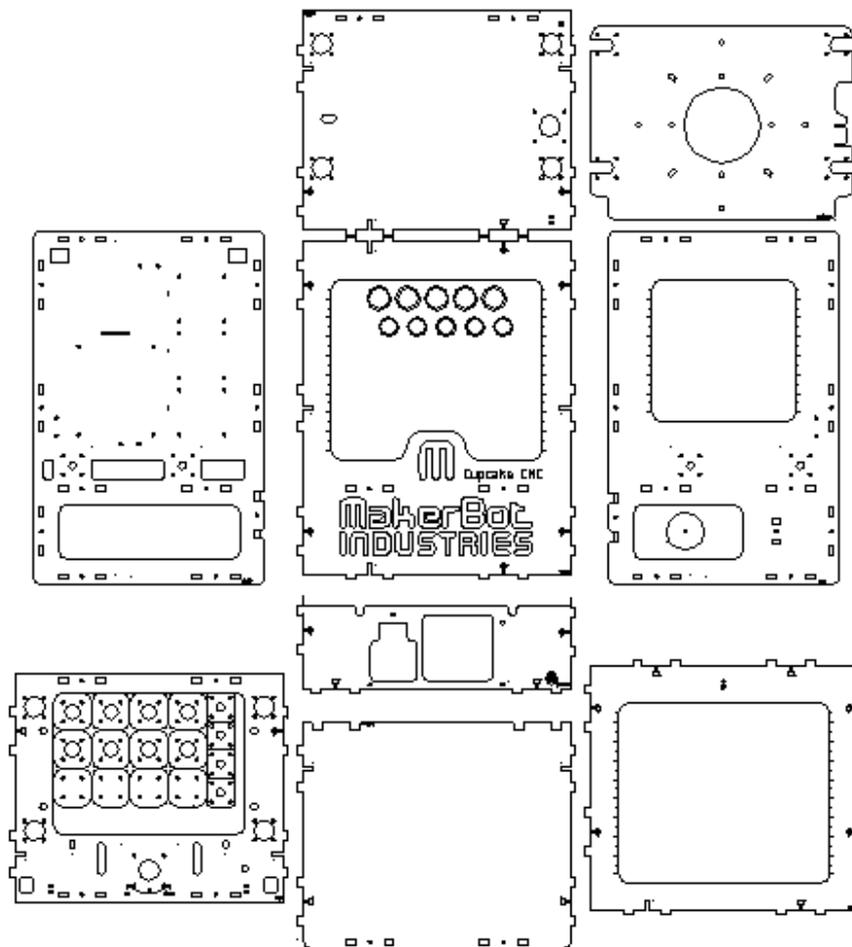
---

<sup>2</sup> Disponível em: <http://www.makerbot.com/support/cupcake/documentation/downloads>. Acesso 13 jan. 2013.

especificação de impressoras que utilizam a tecnologia de pó cerâmico e as cortadoras a laser

[...] bastante adequadas como equipamentos iniciais na implantação de um laboratório em um curso de Arquitetura, por serem de custo relativamente baixo (em relação às demais) e de fácil manuseio nas operações direcionadas à confecção de maquetes. (PUPO, 2009, p. 198).

Figura 18 – Projeto das peças da impressora CupCake CNC.



Fonte: <<http://www.thingiverse.com/thing:457>>. Acesso em: 13 jan. 2013.

Na impressão 3D baseada em uma mistura de pó cerâmico os protótipos são produzidos pela superposição de camadas de décimos de milímetro que são solidificadas através da impressão de um líquido ligante denominado *binder*. As máquinas mais populares na utilização dessa tecnologia são as ZPrint produzidas pela ZCorporation (Figura 19).

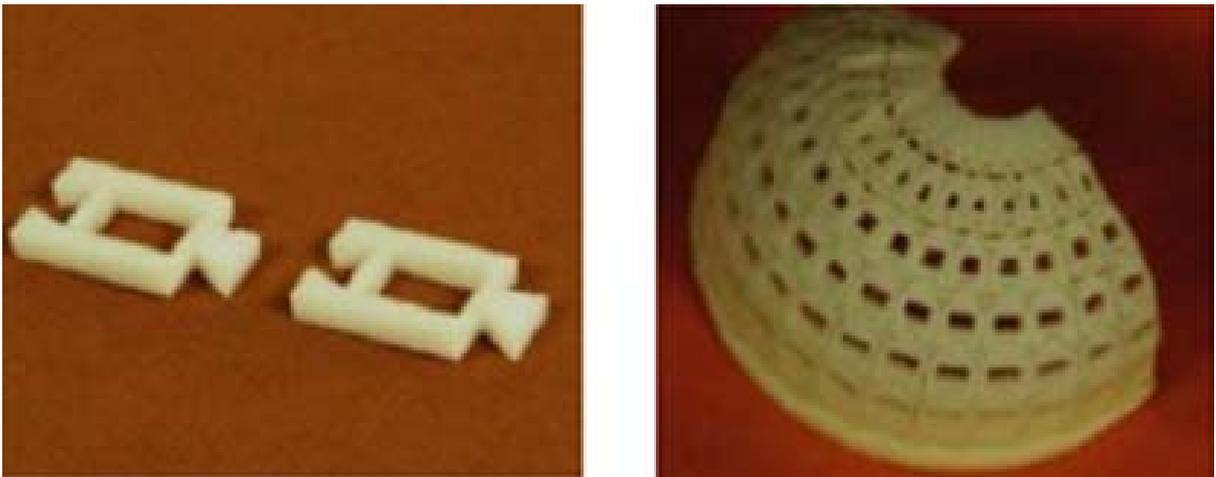
Figura 19 – Sistema 3DP da ZCorporation



Fonte: <http://www.zcorp.com/en/home.aspx>. Acesso em: 31 de julho de 2009.

Apesar da limitação nas dimensões das peças produzidas decorrente da reduzida área de impressão da máquina, os protótipos podem ser subdivididos em partes para serem montados posteriormente (Figura 20).

Figura 20 – Peças iguais produzidas com prototipagem rápida e modelo montado

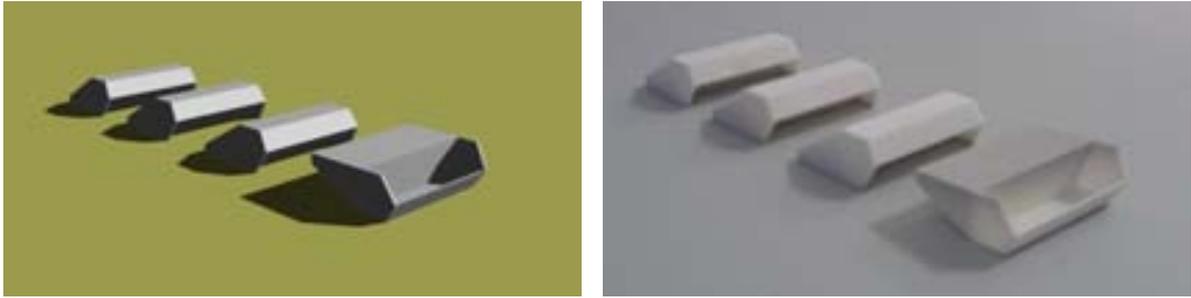


Fonte: Sass, 2004, p. 101.

Para a impressão 3D baseada em pó de gesso há necessidade de compatibilizar o modelo geométrico com as características da impressão. As peças impressas devem ter mais de 2 mm de espessura para serem resistentes à quebra. Deve se evitar volumes maciços como forma de reduzir o consumo de material. Após a preparação do modelo, o arquivo é exportado no formato stl<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> STL *Standard Template Library* (em português, Biblioteca Padrão de Gabaritos).

Figura 21 – Modelo geométrico 3D no AutoCAD2012 e o modelo prototipado na ZCorp 310: peça pré-moldada de escola de autoria do arquiteto Lelé



Fonte: Modelo geométrico e impressão 3D produzidos pelo autor.

Figura 22 – Cortadora a laser Universal Laser Systems Modelo PLS 6.75

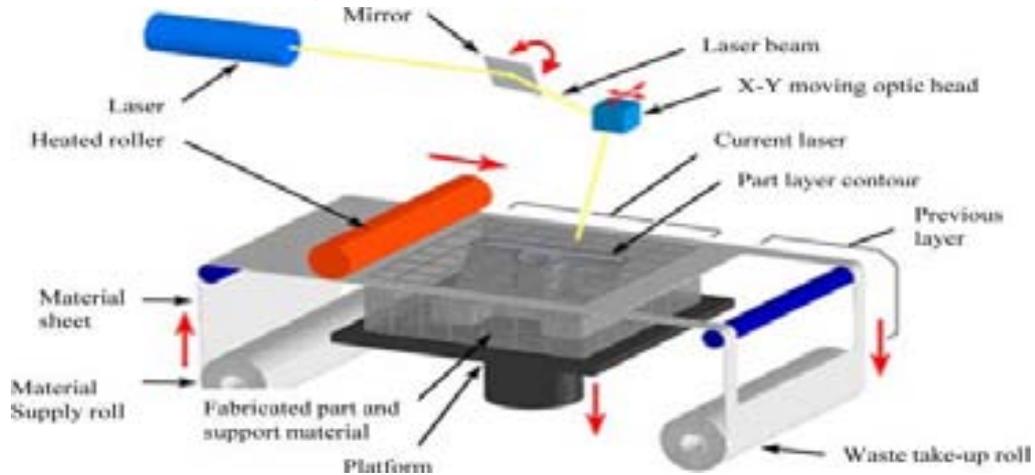


Fonte: Fotografado pelo autor em 7 mai. 2010 no Laboratório de Prototipagem da Universidade Técnica de Lisboa.

Embora a literatura especializada não considere o corte a laser como processo aditivo, as cortadoras laser (Figura 22) podem simular esse processo pela superposição de camadas do modelo, as quais são, posteriormente superpostas e montadas manualmente. Para a produção de modelos físicos a partir de cortadoras laser, o modelo geométrico deve ser planificado ou seccionado em camadas equivalentes à espessura do material que será utilizado no corte. O processo de montagem após o corte sempre é manual, por esse motivo não é considerado um processo aditivo.

A Manufatura de objetos Laminados – LOM (Laminated Object Manufacturing) se constitui em processo aditivo por realizar a superposição e colagem de camadas de papel cortadas automaticamente (Figura 23).

Figura 23 – Processo típico de LOM



Fonte: Ahn *et al*, 2012.

Estudando as possibilidades de utilização da impressora 3D ZCorp e da cortadora a laser, VIEIRA (2007) realizou estudo comparativo no qual investiga a produção de modelos físicos de Arquitetura. A autora definiu o Museu Guggenheim de Bilbao, de Frank Gehry, como variável fixa para realização de experimentos de produção digital de maquetes, como forma de testar os limites dos equipamentos de prototipagem rápida disponíveis no Laboratório de Prototipagem para Arquitetura e Construção (LAPAC) da FEC – Unicamp e no Centro de Pesquisas Renato Archer (CenPRA). Foram testadas diferentes técnicas e materiais, inclusive materiais alternativos.

Figura 24 – Modelo executado com material fornecido pelo fabricante da ZCorp 310



Fonte: VIEIRA (2007)

Foram realizadas as modelagens geométrica com o programa SketchUp, modelagem no AutoCAD 2006 com superfícies e modelagem no AutoCAD 2007 com sólidos. Após a fase de modelagem, a autora passou para a produção de modelos físicos realizando cinco experimentos.

A autora realizou cinco diferentes experimentos: o 1º foi a impressão 3D na ZCorp com os materiais indicados pelo fabricante – pó de gesso especial ZP130 e o binder (Figura 24); o 2º foi a impressão na máquina ZCorp utilizando material alternativo como o pó de gesso comum e gesso odontológico; o 3º experimento utilizou a técnica de impressão 3D em máquina FDM (Fused Deposition Modeling), com fio de plástico ABS (Figura 25); o 4º foi realizado em uma cortadora a laser com o auxílio do *software* Pepakura Designer que racionaliza o modelo 3D, une as superfícies adjacentes, planifica e subdivide o modelo 3D, desdobrando-o em partes correspondentes ao modelo original, definindo linhas de corte, de vinco e as abas de colagem em cada uma das peças para que sejam posteriormente montadas; o 5º experimento, também com a cortadora a laser, utiliza o *software* AutoSlice, desenvolvido no LAPAC pela professora Gabriela Celani, o qual divide em fatias objetos sólidos modelados em programa CAD, na espessura definida pelo usuário, as quais posteriormente são cortadas em material laminar e coladas umas sobre as outras (Figura 26).

Figura 25 – Modelo finalizado na FDM com plástico ABS



Fonte: VIEIRA (2007).

A autora identificou que cada tipo de modelo e de programa assume características próprias que facilitam ou dificultam a operação de migração para os programas de impressão. Problemas como inversão dos vetores normais, são erros que podem ser corrigidos com a edição do modelo. As máquinas de prototipagem rápida exigem um cuidado especial quanto à precisão do modelo geométrico, os quais devem ser interpretados como um objeto único e consistente. Para garantir essa consistência, os modelos devem ser sólidos ou, se modelados através de superfícies, essas devem conter intersecções bem definidas, evitando falhas e superposições de superfícies. Em resumo, o modelo deve ser totalmente fechado, formando o volume exato de material que será reproduzido na máquina de Prototipagem Rápida.

Figura 26 – Modelo executado em camadas superpostas de papelão cortadas a laser



Fonte: VIEIRA (2007).

Com esse estudo a autora afirma ter comprovado que o processo de produção digital de maquetes arquitetônicas é viável em termos de procedimentos, de custo, de materiais, rapidez na execução e qualidade.

O estudo da autora nos dá um panorama geral sobre os métodos de prototipagem possíveis de serem executados em cortadoras e em impressoras 3D, em um laboratório de maquetes instalado em um curso de Arquitetura e Urbanismo.

### 2.1.3.2 Processos subtrativos – Máquinas de controle numérico – CNC

Modelos físicos também podem ser produzidos por meio de tecnologias subtrativas. Nesse processo o equipamento esculpe a peça desejada a partir de um bloco de matéria bruta. As máquinas de controle numérico são utilizadas tradicionalmente pela área da Engenharia Mecânica na produção de peças mecânicas, são as conhecidas fresadoras CNC e os tornos mecânicos.

Figura 27 – Fresadora CNC Router série S-Dutty



Fonte: Fotografado pelo autor em 18 nov. 2009 no SIGraDi 2009.

A fresadora é uma máquina de movimento contínuo, destinada a usinagem de materiais. A partir do modelo geométrico 3D a máquina recebe os comandos para subtrair o material através de uma ferramenta de corte chamada fresa (Figura 27). A partir da combinação de movimentos simultâneos a fresa remove o material excedente resultando na peça desejada (Figura 28).

O Laboratório de Maquetes da Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de la Universitat Internacional de Catalunya – ESARQ-UIC, dentre outros equipamentos possui uma fresadora CNC (Figura 29) para execução de maquetes e protótipos dos estudantes, através da fabricação digital. Na Figura 30 um dos trabalhos desenvolvido pelos alunos do curso de Arquitetura da ESARQ-UIC.

Figura 28 – Produzido na CNC durante o workshop “Digital Fabrication” no SIGraDi 2009



Fonte: Fotografado pelo autor em 18 nov. 2009 no SIGraDi 2009.

Figura 29 – Fresadora CNC AXYS



Fonte: Fotografado pelo autor em 12 mai. 2010 no Laboratório de Maquetes da Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de la Universitat Internacional de Catalunya, ESARQ-UIC.

Figura 30 – Trabalho desenvolvido na fresadora CNC AXYS da ESARQ-UIC



Fonte: Fotografado pelo autor em 12 mai. 2010 no Laboratório da ESARQ-UIC.

## 2.2 APLICAÇÕES NA EDUCAÇÃO DO ARQUITETO E URBANISTA

Nesse item serão discutidos assuntos relativos à educação profissional, relativos à definição das escalas de abordagem e intervenção, aos métodos de projeção e à discussão do ensino ou educação de projeto para o arquiteto e urbanista.

### 2.2.1 Escalas do projeto

Boutinet (2002, p. 161) define a atividade do arquiteto como “um trabalho de invenção estimulado por uma negociação permanente”, materializado pelo projeto o qual denomina de “esboço da criação”. O projeto é, na visão do autor, o instrumento de antecipação do objeto de criação. Para Boudon (2000), o projeto significa o trabalho de elaboração que precede a realização de um edifício.

O projeto acompanha o arquiteto em toda a sua vida profissional, desde a sua formação, quando todas as atividades são voltadas para a educação de um profissional com visão generalista.

Desde que o ensino de Arquitetura e Urbanismo no Brasil passou a ser regulado pelos órgãos governamentais, o projeto, nessa área, foi tratado de diferentes formas.

No primeiro Currículo Mínimo definido pelo então Ministério da Educação e Cultura em 1962 para o ensino de Arquitetura (MEC, 1962), o projeto era definido como Composição Arquitetônica – nas escalas da composição arquitetônica de interiores, de exteriores e do planejamento – e o planejamento urbano como Evolução Urbana.

No Currículo Mínimo de 1969 (MEC/CFE, 1969), todas as escalas da intervenção arquitetônica, foram fundidas em um só conteúdo denominado de Planejamento Arquitetônico.

O planejamento arquitetônico constituirá a atividade criadora aplicada, quer quanto à **Arquitetura das habilitações e edifícios** em geral, quer quanto a **projetos de objetos** (arquitetura interior), quer a **cidades e regiões** (planejamento urbano e regional). Programas específicos objetivarão problemas do maior interesse social: escolas e hospitais, estádios e teatros, clubes e parques recreativos, residências populares, subúrbios, cidades indústrias e cidades-satélites, e outros reclamados pela comunidade e pelo desenvolvimento, atendendo-se às preferências dos alunos e às possibilidades da escola. (MEC/CFE, 1969, § 6º do Art. 1º, grifo nosso).

Esse regulamento uniu a formação de Arquitetura com a de Urbanismo em um só curso adotando o conceito de habilitação única. Esse princípio já era adotado em alguns cursos como o da USP e da UFRJ. A formação na graduação passou a ser oficialmente tratada como generalista.

Nos normativos seguintes o planejamento urbano e regional foi separado dos projetos de Arquitetura, de Urbanismo e de Paisagismo – na Portaria 1770/94 de 1994 ao discriminar as matérias profissionalizantes (MEC, 1994), e nas Resoluções nº 6 de 2006 (MEC/CNE/CES, 2006) e nº 2 de 2010 (MEC/CNE/CES, 2010) ao especificarem o núcleo de conhecimentos profissionais.

Atualmente no Brasil a educação do arquiteto e urbanista está regulamentada pela Diretriz Curricular Nacional – DCN – para os cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo, contidas na Resolução nº 2, de 17 de junho de 2010 do Conselho Nacional de Educação (MEC/CNE/CES, 2010).

A DCN determina que os projetos pedagógicos dos cursos de Arquitetura e Urbanismo devem assegurar,

[...] a formação de profissionais generalistas, capazes de compreender e traduzir as necessidades de indivíduos, grupos sociais e comunidade, com relação à concepção, à organização e à

construção do espaço interior e exterior, abrangendo o urbanismo, a edificação, o paisagismo, [...] (MEC/CNE/CES, 2010, Parágrafo 1º do Art. 3º)

A DCN define ainda que o perfil do egresso deve ser de um profissional com “[...] habilidades necessárias para **conceber projetos** de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo [...]”. (MEC/CNE/CES, 2010, Inciso III do Art. 5º, grifo nosso).

Podemos afirmar que nas suas diversas escalas, o projeto é por excelência, o objeto central da formação em Arquitetura e Urbanismo, um eixo estruturante do ensino de Arquitetura e Urbanismo. É corrente a expressão de que seria a *espinha dorsal* dos cursos de Arquitetura e Urbanismo. O conjunto de “matérias do ensino da prática projetual” é considerado o núcleo do currículo de Arquitetura, a tarefa essencial do Arquiteto (MARTINEZ, 2000, p. 55). Na prática, porém, verifica-se que em grande parte dos cursos há uma dissociação do ensino do projeto do edifício do ensino do projeto da intervenção urbana. Essa cisão é refletida na estrutura curricular dos projetos pedagógicos dos cursos de Arquitetura e Urbanismo do País nos quais as áreas de projeto de Arquitetura e Estudos Urbanos não interagem, não se integram. Quando se fala em projeto, faz-se sempre a referência ao projeto do edifício e, quase que unanimemente quando se fala em Urbanismo nunca se quer mencionar o projeto urbano ou o desenho urbano. Parte dessa dissociação pode ser creditada ao perfil de formação do corpo docente, tanto na graduação quanto na pós-graduação.

Malard (2005, p. 83) discutindo o ensino levanta a questão da indissociabilidade entre Arquitetura e Urbanismo. A autora defende que o projeto como antecipação da existência de espaços reais, segue procedimentos metodológicos similares, seja ele destinado a execução de uma edificação ou de um parcelamento de solo. Adotando esse entendimento, quando há referência a projeto nesta pesquisa, procura-se compreendê-lo como a atividade acadêmica propositiva na qual o sujeito – estudante de Arquitetura e Urbanismo – irá desenvolver uma proposta de intervenção no espaço em qualquer das escalas e níveis de complexidade possíveis.

Esse entendimento se faz necessário, pois a modelagem geométrica e a posterior prototipagem rápida referida no objeto de estudo, tanto pode ser utilizada em projetos de urbanismo (Figura 31), projeto de edificações (Figura 32), projeto de

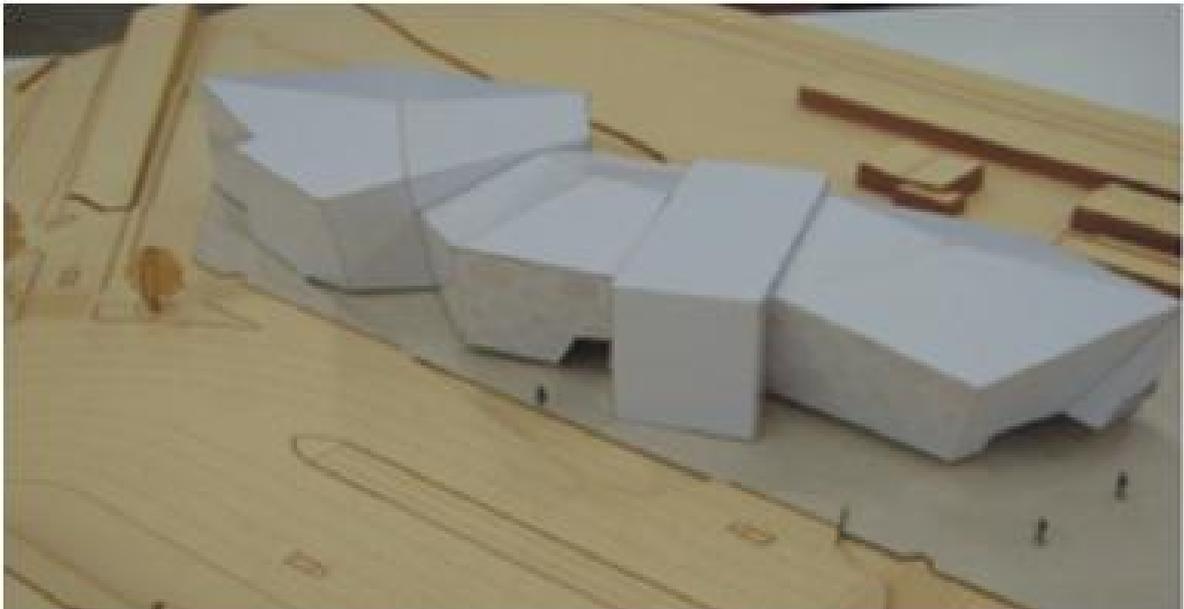
paisagismo, maquete para avaliação de desempenho (Figura 33), projeto de ambientação (Figura 34) assim como em projetos de intervenção no patrimônio histórico (Figura 35).

Figura 31 – Maquetes de estudo no desenho urbano



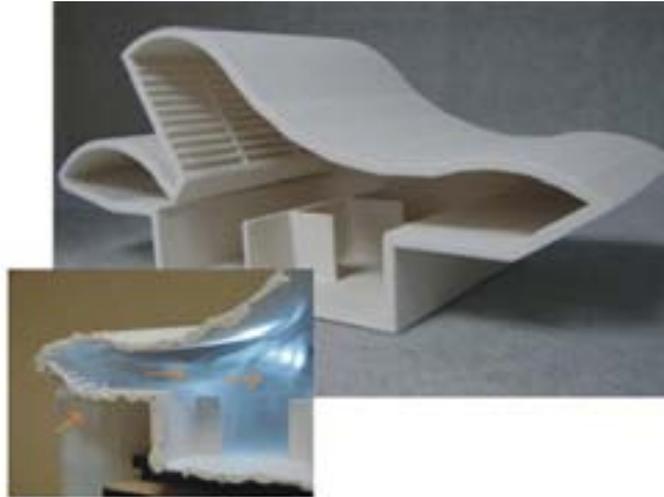
Fonte: Pupo 2009, p. 176.

Figura 32 – Maquetes de estudo de edifício – TFG UNICAMP



Fonte: Pupo, 2009, p. 178.

Figura 33 – Maquetes para teste de eficiência de dispositivo de ventilação



Fonte: Pupo, 2009, p. 32.

Figura 34 – Maquetes para estudo de layout de exposição



Fonte: Acervo da professora Gabriela Celani da UNICAMP.

Figura 35 – Maquetes para estudo de intervenção em edificações históricas



Fonte: Acervo do Professor Andrey Rosenthal Schlee da UnB.

O objetivo dessa sessão foi delimitar o recorte das escalas do projeto tratadas nesta tese, nas quais a modelagem geométrica e a prototipagem digital podem ser utilizadas como ferramentas na linguagem arquitetônica utilizada por professores (instrutores) e estudantes no processo de ensino aprendizagem do projeto.

### **2.2.2 Processo de projeto**

O estudo do tema do processo de projeto teve como objetivo aprofundar o conhecimento acerca de algumas teorias desenvolvidas por autores que se dedicaram ao estudo da de projeção. Não houve a pretensão de se fazer uma avaliação crítica de todas as teorias desenvolvidas sobre metodologia do projeto, a intenção foi estudar alguns autores citados em trabalhos científicos que relacionam o ensino de projeto com as tecnologias digitais – modelagem geométrica e prototipagem digital – e chegar a um procedimento de aplicação de teste e de análise dos experimentos que possa permitir a aferição das hipóteses formuladas. O interesse principal foi o de modelar o processo de projeto identificando fases nas quais fosse possível a utilização de modelos físicos e geométricos como ferramenta de concepção, de auxílio à projeção.

Desde o Renascimento italiano quando as atividades do arquiteto foram formalmente separadas entre o ateliê e o canteiro, entre o tempo da concepção e o tempo da construção (BOUTINET, 2002, p. 162), teóricos e tratadistas buscam sistematizar de forma racional a definição de procedimentos metodológicos para o ato criativo de projetar. Para Martinez (2000, p. 11), com essa separação surge a necessidade de objetivar as ideias do projetista para expressá-las em uma linguagem compreensiva para os construtores.

O termo “projeto” aparece tardiamente no final do século XVII com sentido semelhante ao que conhecemos hoje. Para Boutinet (2002) a invenção do projeto se dá com o desafio enfrentado por Brunelleschi na sua proposta para a construção do domo da basílica de Santa Maria del Fiore (Figura 36)

Figura 36 – Domo da Catedral Santa Maria del Fiore em Florença, Itália



Fonte: Disponível em [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Florence\\_italy\\_duomo.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Florence_italy_duomo.jpg). Photo by Bob Tubbs. Acesso em: 29 set. 2011.

Brunelleschi organiza uma divisão técnica e social do trabalho do arquiteto, ao mesmo tempo em que caracteriza o projeto como o primeiro ato próprio de toda a criação arquitetural, sendo seguido mais tarde por Leon Battista Alberti. Com base nesses fatos, o autor afirma que o projeto de arquitetura é sempre uma resposta a uma demanda social baseada em um programa, com autoria personalizada no arquiteto, o qual se depara com um problema a resolver. A análise da complexidade desse problema leva a uma pluralidade de respostas tratadas e testadas no âmbito do ateliê por meio de modelagem e desenhos. Para o autor, esses são elementos fundamentais encontrados em procedimentos metodológicos posteriores. O autor ainda enumera quatro etapas distintas na elaboração de um projeto: o inventário dos dados ou programa; o esboço de definição do partido arquitetônico; o anteprojeto que, através de croquis, deixa antever o que se deseja realizar; e o projeto definitivo com a descrição do objeto.

Martinez (2000, p. 21) ressalta que a teoria arquitetônica, caracterizada nos textos de Durand e Viollet-le-Duc, define o conceito de partes, ou componentes, como elementos de composição do objeto a ser concebido. A composição é, nesse momento, entendida como a disposição geral dos espaços – das partes – sobre a qual se desenvolverá o trabalho da forma. Segundo o autor, a forma de projetar no

academicismo da Escola de Belas Artes, que imperou do final do século XIX até a década de 1920, priorizava a produção de um esboço – *equisse* – fixando as linhas gerais do projeto definido em um partido – *parti pris* – que deveria orientar todo o desenvolvimento do projeto.

Martinez (2000, p. 25) reconhece a revolução formal da Arquitetura no século XX, porém ressalta que o Movimento Moderno não inovou nos procedimentos metodológicos: “[...] a planta/esquema é para os funcionalistas, assim como para os acadêmicos, o esquema básico”. Mesmo que a Arquitetura tenha passado por uma revolução formal durante o século XX com a libertação do peso dos estilos, não houve uma revolução metodológica semelhante no projetar. O novo paradigma do Movimento Moderno no qual a alvenaria portante é substituída pelo sistema estrutural independente, influencia, porém não modifica a técnica projetual em Arquitetura, a planta livre – ou a independência dos limites espaciais em relação à estrutura – continua sendo o esquema básico do projeto.

Para Martínez (2000, p. 188-195) existem diferentes maneiras de se aproximar do projeto que, de uma forma mais geral, refletem a oposição entre tipo e partido. A utilização de estratégias projetuais que se fundamentam na definição de um partido tem sua origem no renascimento e perdura até os dias atuais, “[...] cada novo projeto deve derivar de uma ideia (talvez o partido) a partir da qual o artista/arquiteto *deduz* como deverá ser cada uma das partes do novo objeto”. No modo de projetar a partir de tipos, que aceita as preexistências, “[...] a combinação de partes prefiguradas, portadoras de significados prévios *em estado latente*, é a condição normal da composição”.

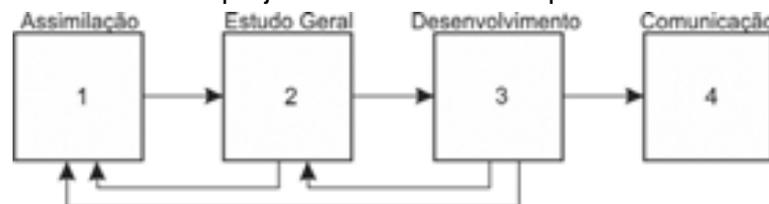
Analisando a forma de pensar dos arquitetos e designres, Lawson (2011, p. 26) afirma que a atividade de projetar “[...] é uma habilidade muito complexa e sofisticada, mas que ainda assim pode ser analisada, decomposta, desenvolvida e praticada.”

A metodologia de projeto, como um procedimento organizado para transportar o processo de criação a certo resultado, procura racionalizar as atividades criativas e apoiar o projetista para a solução de problemas cada vez mais complexos (KOWALTOWSKI *et al*, 2006).

O projeto como processo tem sido alvo de pesquisas que tentam mapear a sequência de atividades envolvidas nesse processo.

Lawson (2011), estudando alguns mapeamentos do processo de projeto examina o plano de trabalho proposto no Manual de Administração e Prática Arquitetônica do RIBA (*Royal Institute of British Architects*), no qual identifica que o processo de projeto divide-se em quatro fases: assimilação; estudo geral; desenvolvimento; e comunicação (Figura 37). Segundo esse modelo, o projetista coleta e reúne as informações gerais sobre o problema que irá resolver, estuda o problema, imagina uma ou mais soluções e desenha. Trata-se da descrição de fases do projeto como uma linha de ação, não necessariamente sequencial, com prováveis saltos entre as quatro fases.

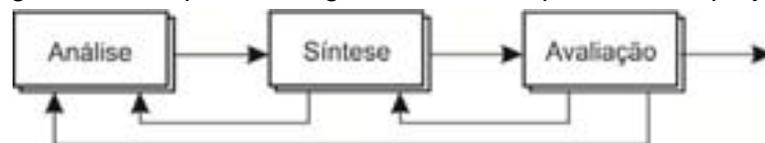
Figura 37 – Processo de projeto de acordo com o plano de trabalho do RIBA



Fonte: Lawson (2011, p. 44).

O autor identifica que na literatura sobre metodologia de projeto, aparece com frequência o conceito de análise, síntese e avaliação (Figura 38). A análise, a busca por informações e a classificação dos objetivos, é o ordenamento e estruturação do problema. A síntese avança na busca por respostas aos problemas, por soluções. E a avaliação envolve a fase de testes e críticas das decisões tomadas, com base nos objetivos definidos na análise.

Figura 38 – Mapeamento generalizado do processo de projeto



Fonte: Lawson (2011, p. 46).

Para o autor o mapeamento dos processos de projeto precisa permitir o retorno a uma atividade anterior. Muitas vezes, depois que se produz uma solução para um determinado problema formulado, se descobre que determinados aspectos do problema não foram analisados, e que, por isso, novas características do problema estão sendo descobertas. Nesses casos o retorno de cada função à função precedente torna-se essencial.

Mesmo questionando a existência de uma sequência lógica, Lawson (2011, p. 55) reconhece que, para que o projeto exista, várias atividades têm que ser realizadas (Figura 39). Deve haver um **resumo do problema** no qual o arquiteto coleciona, estuda e tenta entender as restrições que se colocam, ao que também denominada de enquadramento do problema. Deve-se produzir uma ou mais **soluções, testá-las e transmiti-las** aos clientes e construtores. Segundo o autor, é questionável que esses eventos ocorram separadamente e necessariamente nessa ordem. É mais provável que problema e solução surjam juntos.

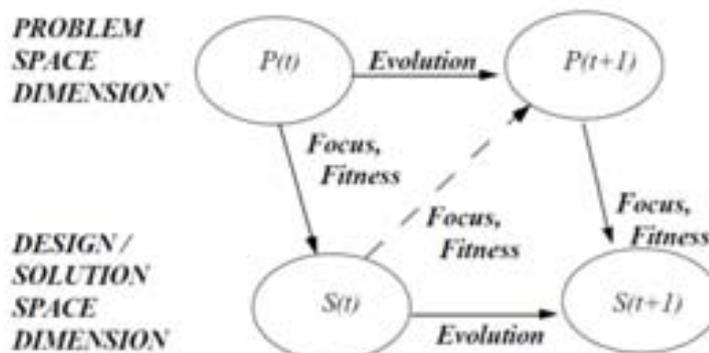
Figura 39 – Ações necessárias para que o projeto ocorra



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Lawson (2011, p. 55).

A premissa de que o conhecimento do problema evolui com o desenvolvimento das soluções de projeto é compartilhada por Maher, Poon e Boulanger (1996). Para os autores o que diferencia uma pesquisa de um processo de exploração é a definição do problema.

Figura 40 – Modelo de exploração problema-projeto



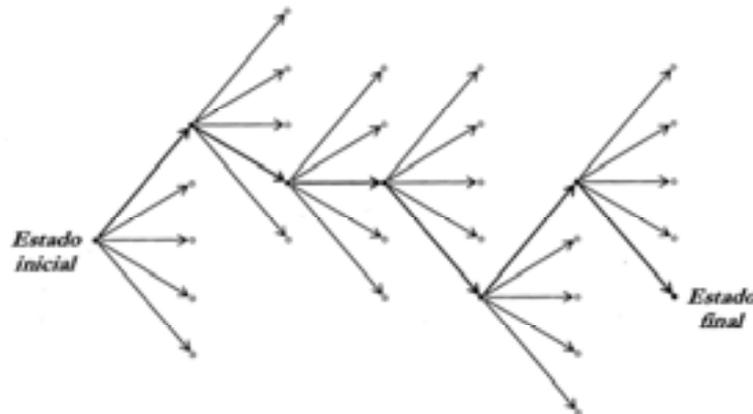
Fonte: Maher, Poon e Boulanger (1996).

Um processo típico de pesquisa tem como entrada um problema bem definido e gera uma solução como saída. No entanto, um processo de exploração deriva de um problema mal definido resultando na definição do problema e a correspondente solução. Os autores defendem que a solução de organização do espaço gera a necessidade de exploração principalmente por causa da natureza mal definida do problema, o que obriga a exploração durante o projeto. Os autores

apresentam um modelo formal de exploração como uma interação do espaço do problema com o espaço da solução de projeto (Figura 40). O espaço do problema (ou dos requisitos funcionais) é representado por P, e o espaço da solução é representado por S. Exploração é definida como sendo um fenômeno do Projeto onde P interage e evolui com S ao longo do tempo. Há uma “coevolução” de problemas e soluções ao longo do processo de projeto.

O processo de projeto pode ser visto como a resolução de um problema, inicialmente mal definido, através de operações projetuais nas quais há uma coevolução na definição do problema e na solução da organização do espaço. Para Mitchell (2008), toda vez que uma operação projetual ocorre nesse processo, o universo de possibilidades disponibilizado para o arquiteto sofre uma alteração de estado. O autor chama de árvore de decisões (Figura 41) esse universo no qual a raiz seria o estado inicial do projeto, os nós internos, os estados possíveis e os galhos seriam as operações projetuais disponíveis. Dessa forma o projetista evolui no processo com escolhas e a tomada de decisões.

Figura 41 – Parte da árvore de decisão para um mundo projetual



Fonte Mitchell (2008, p. 68).

Segundo Raynaud (2008) existem pesquisas sobre a concepção arquitetônica distribuídas em duas correntes principais. A primeira trabalha defendendo abordagens externas que consideram o projeto arquitetônico como um lugar para a interação social entre os atores. A segunda defende abordagens internas explorando os atos de concepção sobre o ponto de vista cognitivo, e cita como exemplo de pesquisadores dessa abordagem Philippe Boudon, Michel Conane Robert Prost.

Para Boudon (2000, p. 72), a representação prévia da realidade arquitetônica é comumente designada pelo termo genérico de “projeto”. O autor enfatiza o interesse pelo estudo da concepção. A concepção de um edifício é resultado das escolhas, das intenções, das decisões que permite ou aquelas que remetem às ideias. Encarar o projeto como resolução de problema, como o fazem certos autores hoje em dia, é reduzir a concepção a um simples processo de decisão, assumir a caixa preta e renunciar à complexidade.

Para o autor, o entendimento da concepção arquitetônica como processo é essencialmente uma exigência metodológica, na qual se propõe uma divisão do projeto em relação à sua evolução no tempo caracterizada pelas distintas fases – programação, elaboração e realização. A programação é uma fase de análise, a elaboração uma fase de síntese, e a realização a fase de planificação e coordenação da execução.

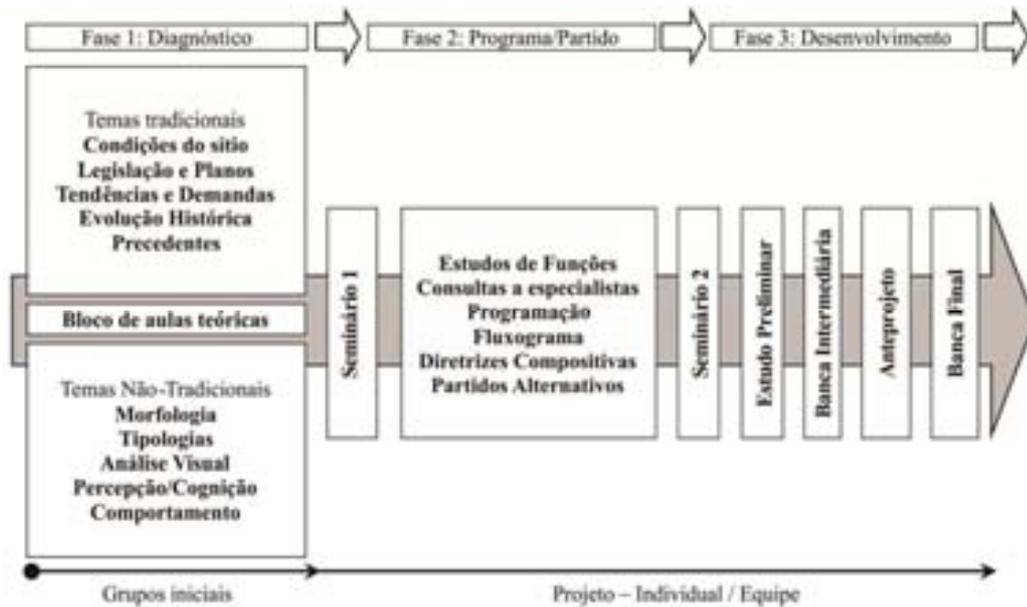
Del Rio (1998, p. 201-213) identifica dois procedimentos possíveis para o ensino de projeto de Arquitetura nos quais a prática do ateliê é utilizada como uma base para a constituição de um processo dedutivo racional.

O primeiro procedimento passa pela admissão de uma aproximação ao conhecimento filosófico, pressupondo um sistema de argumentação e justificativas racionais cujo poder reside na consistência desses argumentos ou na autoridade intelectual de quem as profere.

O segundo é o procedimento que admite que a Arquitetura esteja mais próxima das ciências aplicadas do que da arte pura, caracterizado como sendo um processo mais científico, passível de verificação e disciplinado por uma metodologia onde a criatividade possui importante papel.

Del Rio (1998) enfatiza que há alguns anos tem se identificado mais com o segundo tipo de procedimento projetual, por acreditar na importância da racionalidade metodológica para o ensino e a prática do projeto, e em enfoques que podem ser considerados mais científicos, classificando-se, em termos de ideologia projetual, numa vertente humanista-contextualista. O autor modela o procedimento metodológico adotado em Ateliê de Projeto na FAU/UFRJ conforme o diagrama grafado na (Figura 42).

Figura 42 – Esquema metodológico de Ateliê de Projeto



Fonte Del Rio (1998, p. 211)

Na exposição do procedimento metodológico adotado, o autor não diferencia as diversas escalas do projeto (do objeto ao urbano), embora tenha uma atuação notadamente na área do projeto de intervenção urbana.

Kowaltowski *et al* (2006) analisam métodos de projeto arquitetônico à luz das complexidades atuais do processo criativo, dos avanços tecnológicos e das mudanças sociais e econômicas, com o objetivo de apresentar uma discussão sobre o processo de projeto em Arquitetura. O campo projetivo arquitetônico situa-se numa área intermediária entre ciência e arte. O processo de criar formas em Arquitetura é, na maioria das vezes, informal, individual. O projeto arquitetônico faz parte da família de processos de decisão. As principais fases do modelo geral da tomada de decisão, traduzidas pela prática profissional dos projetistas, dividem-se em programa, projeto (croqui, anteprojeto e projeto), avaliação e decisão, construção e avaliação pós-ocupação. As metodologias de projeto que auxiliam o processo criativo podem ser vistas como abstrações e reduções utilizadas para compreender o fenômeno projetivo. A intuição é parte importante do processo no qual o projeto não é uma sequência linear de atividades exatas. Os autores discorrem sobre as ferramentas utilizadas em projeto de Arquitetura: desenho como ferramenta de projeto; maquete como ferramenta de projeto; projeto auxiliado por computador.

Concluem que nos estudos do processo mental na criação, é demonstrada a importância do desenho para facilitar a interpretação sem, no

entanto, ser detalhada a importância do modelo físico dentro das várias fases de elaboração de um projeto. Os estudos também pouco se debruçam sobre o impacto do modelo no processo, seja ele geométrico ou físico. Chamando a atenção para a complexidade inerente ao processo, os autores observam que o objeto (projeto), seja ele uma edificação, cadeira ou parque, não é definido no ato, mas se constrói através da evolução do processo de projeto. A projeção é essencialmente um processo de descoberta e aprendizagem. O projetista estuda o objeto e as suas condições de uso. Esse estudo necessita de suporte de vários tipos, como sistemas de informação, desenhos, modelos, cálculos, simulações e discussões.

Por fim, recomendam que seja aplicada uma combinação de várias ferramentas. Com isso, coloca-se um maior número de exigências sobre o projeto, e assim é aprofundada a análise durante o desenvolvimento do produto. A concepção que viaja várias vezes do papel para modelos digitais e físicos deve ser estimulada com impactos positivos sobre o processo de projeto e sobre o produto final nas tendências em Arquitetura. “Vislumbra-se uma nova Arquitetura, que abriga um ser humano, ‘conectado’ através dos sistemas *wireless* (sem fio), em ambientes mais criativos, confortáveis e belos.” (KOWALTOWSKI *et al*, 2006, p. 17).

Amorim e Pereira (2001), trabalhando uma proposta de ateliê cooperativo de simulação digital, consideram que o ato de projetar acontece em quatro fases não estanques: levantamento de dados e informações; estudos preliminares; definição/validação da proposta; e documentação final. Os autores afirmam que é na fase de definição e validação da proposta que os recursos da simulação digital contribuem com ênfase. A comunicação do projeto se realiza através da representação gráfica, da linguagem verbal (escrita e oral) e por meio dos modelos físicos reduzidos.

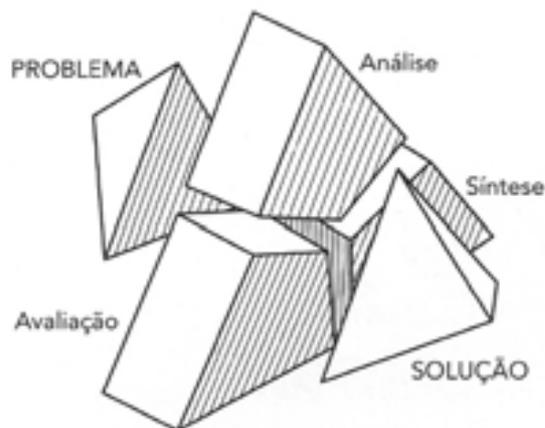
Nos diversos mapeamentos do processo de projeto que pesquisou, Lawson (2011) identificou a recorrência de momentos desse processo, os mesmos citados pelos autores aqui estudados. Podem-se agrupar essas atividades em quatro momentos referidos pelos autores. Um primeiro momento de análise onde o problema é pesquisado, definido e diagnosticado através estudos da situação partindo-se para definições como conceituações, programas e partidos. Nessa fase, maquetes podem ser utilizadas para estudos topográficos, volumétricos e morfológicos. Um segundo momento, de síntese, no qual, a partir da sistematização das informações obtidas na fase anterior a proposta começa a ser materializada

através geração de soluções, tendo-se como linguagem os desenhos e maquetes. O terceiro é o momento da avaliação das soluções adotadas e dos ajustes necessários à elaboração do projeto. No quarto momento são produzidos os elementos de comunicação como desenhos técnicos, maquetes de apresentação e especificações técnicas.

Lawson (2011) identificou que há uma negociação entre problema e solução mediada por um ciclo constante das atividades de análise, síntese e avaliação (Figura 43). Alerta, porém, para o fato de que

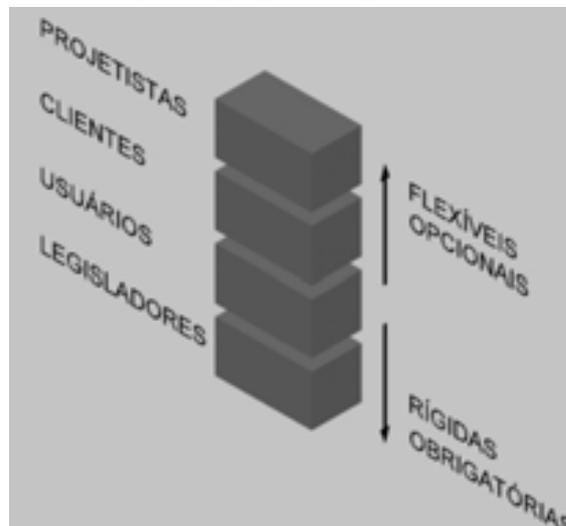
“[...] não se deve ler esse mapa de forma demasiado literal, já que o mais provável é que todo o diagrama visualmente compreensível simplifique demais um processo mental claramente muito complexo”. (LAWSON, 2011, p. 55)

Figura 43 – Processo de projeto como negociação



Fonte: Lawson, 2011, p. 55.

Figura 44 – Os quatro grupos de geradores de restrições



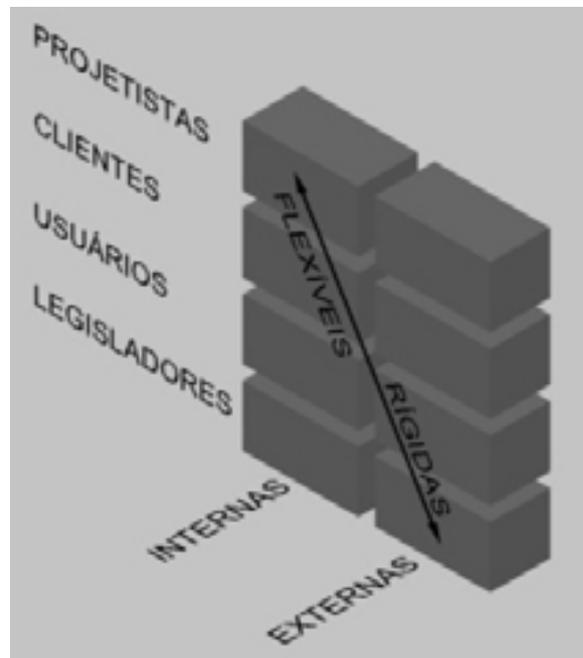
Fonte: Lawson, 2011, p. 92.

Na base do modelo de Lawson está a evolução da compreensão do problema projetual que se constitui no conjunto de restrições. Ao analisar a estrutura dos problemas de projeto o autor identifica quatro grupos de geradores de restrições do projeto e os agrupa em forma de coluna (Figura 44).

O autor considera que as restrições são as questões que devem ser consideradas e atendidas quando se configura a solução do problema projetual.

Partindo dos geradores de restrições obrigatórias, os legisladores (planos diretores, códigos de obras e posturas, normas e convenções), até as restrições mais flexíveis impostas pelo próprio projetista.

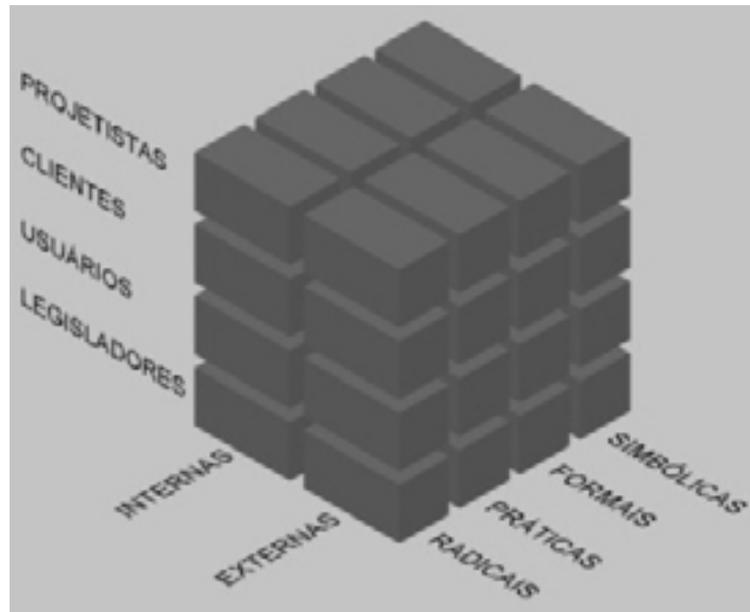
Figura 45 – Os quatro grupos de geradores podem gerar restrições internas ou externas



Fonte: Lawson, 2011, p. 98.

O autor classifica as restrições de acordo com seus domínios. As restrições internas são relacionadas aos aspectos intrínsecos ao projeto, como as de ordem funcional. E as restrições externas relacionam o objeto do projeto com o contexto do entorno, um fator externo ao problema (Figura 45). As restrições internas e externas podem ser geradas tanto por legisladores como por usuários, clientes ou projetista.

Figura 46 – Modelo completo de problemas do projeto



Fonte: Lawson, 2011, p. 106.

As restrições têm o propósito de assegurar que o objeto projetado atenda adequadamente às necessidades para as quais foi projetado. O autor adota quatro funções para as restrições geradas nos domínios internos e externos. As restrições radicais são as que estão na base do problema principal, na raiz, é o que é fundamental ao projeto. As restrições práticas estão relacionadas à feitura do objeto e o seu desempenho técnico. As restrições formais estão relacionadas às regras formais e geométricas, às ordens e estilos, à complexidade ou simplicidade formal. As restrições simbólicas estão relacionadas com a geração de significado simbólico como parte central do processo (Figura 46).

Quanto aos modos de representar as situações que se projetam, Lawson (2011) defende que o projetista deve trabalhar com representações múltiplas incluindo o desenho, a descrição textual, a conversa, as maquetes e a modelagem geométrica. Afirma que a modelagem geométrica assim, como a maquete, tem produção lenta e são pouco práticas em relação aos esboços, ao passo que Rocha (2007) defende o uso da maquete durante o processo de concepção como um elemento facilitador das tomadas de decisões.

Em síntese, os autores citados fazem referência a fases do processo de projeto que podem ser agrupadas em quatro momentos diferentes (Quadro 2).

Quadro 2 – Comparativo entre momentos do processo de projeto

Fases Autores	Problematização	Proposição		Desenvolvimento	Documentação
Lawson (2011)	Resumo do Problema	Geração de soluções		Teste de soluções	Comunicação Transmissão
Boutinet (2002)	Inventário programa	Esboço partido		Anteprojeto através de croquis	Projeto definitivo
Boudon (2000)	Programação: Fase de análise	Elaboração: síntese			Realização: Planificação
Vicente Del Rio (1998)	Diagnóstico	Programa partido	Estudo preliminar	Anteprojeto	(procedimento adotado somente até a fase de anteprojeto)
Kowaltowski <i>et al</i> (2006)	Programa	Croqui		Anteprojeto	Projeto
Amorim; Pereira (2001)	Levantamento de dados e informações	Estudos preliminares		Definição e validação da proposta	Documentação final da proposta

Fonte: elaborado pelo autor a partir de dados levantados nas obras dos autores citados.

Na definição dos procedimentos metodológicos a serem seguidos na pesquisa empírica serão tomadas como referência as seguintes diretrizes:

Projetar é uma habilidade complexa e sofisticada que pode ser desenvolvida, praticada, e adquirida. O ato de projetar entendido como concepção arquitetônica, é um processo passível de ser decomposto em atividades ou fases. Nesse processo há necessidade de adoção de estratégias projetuais, seja de **partido** ou de **tipos**, apoiadas no repertório do projetista. O projetista evolui com suas escolhas e tomadas de decisões que caracterizam as **operações projetuais**. Nessas operações, há uma negociação entre problema e solução mediada por um ciclo constante das atividades de análise, síntese e avaliação, implicando na “coevolução” de problemas e soluções nas diversas fases do processo.

Nesta pesquisa adotam-se como momentos das atividades do projeto: (1) **Problematização** constando das ações iniciais de levantamento de dados e informações para a descrição resumida do problema, a identificação de restrições, a montagem de um programa básico e conceituação das ideias geradoras ou eixos estruturantes; (2) **Proposição** como o momento da elaboração da proposta ou da adoção de soluções na qual o projeto se desenvolve; (3) **Desenvolvimento**, fase de teste e de aferição do desempenho para o desenvolvimento do detalhamento das soluções adotadas; e a fase de (4) **Documentação** quando são produzidas as peças de representação e comunicação do objeto projetado. Na prática do projeto essas

fases não são obrigatoriamente estanques e não há rigor de precedência podendo haver coexistência de fases, por exemplo, **Problematização** pode se desenvolver enquanto algumas atividades de **Proposição** começam a surgir, como se expõe na seção seguinte.

### 2.2.3 Projeto de Arquitetura e processo de projeto na educação profissional

“[...] a teoria do projeto e o ensino de Arquitetura são frequentemente inseparáveis” (MARTINEZ, 2000, p. 16).

Estudando a educação profissional, Schön (2000) refere-se ao dilema da prática profissional no mundo real como povoado por estruturas caóticas e indeterminadas, que caracterizam um todo complexo e mal definido de fatores diversos que desafiam as soluções técnicas conhecidas. A racionalidade técnica derivada da filosofia positivista soluciona problemas instrumentais conhecidos, claros e bem definidos, e não problemas apresentados na forma de estruturas caóticas e indeterminadas como têm se apresentado os problemas da prática do mundo real.

No âmbito das profissões práticas como é o caso da Arquitetura, a concepção e a definição do problema (arquitetônico) é que torna possível a sua solução. Em uma zona com essas características há muita dificuldade na concepção e designação do problema real a ser resolvido. É o problema da definição de problemas. A zona indeterminada da prática é repleta de incerteza, de singularidade e de conflito de valores. Nesse contexto, a definição do problema é um processo ontológico e apresenta uma visão de mundo do próprio profissional.

Ao definir um problema, o profissional escolhe e nomeia os aspectos que serão observados na busca por soluções. Com os atos complementares de designação e concepção, os fatos considerados relevantes são selecionados de forma a se estabelecer uma direção de ação, a partir da qual a solução técnica de problemas torna-se possível.

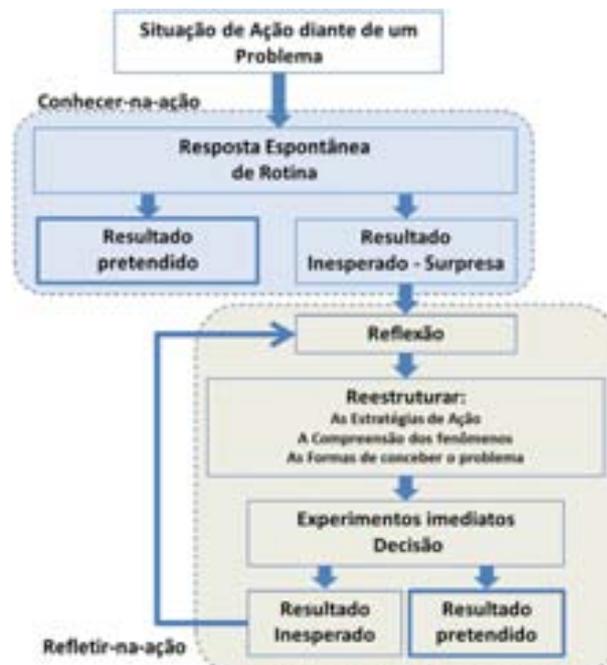
O autor afirma que a observação cuidadosa do trabalho de profissionais bem sucedidos revela que para dar conta da zona indeterminada da prática é necessário “talento artístico”, referindo-se às competências que os profissionais demonstram diante de certas situações da prática que são únicas, incertas e conflituosas.

Diante dessa premissa o autor aponta a necessidade de se investigar as diversas formas através das quais as pessoas adquirem o talento artístico profissional. Afirma que, da mesma forma que na música e nas artes plásticas, na Arquitetura o aprender fazendo é um modelo para o ensino prático profissional há muito praticado nos tradicionais ateliês de projeto.

A expressão conhecer-na-ação é utilizada pelo autor para designar as ações inteligentes decorrentes do nosso conhecimento adquirido e espontâneo. Como um tenista se antecipa para “bater certo na bola”, ou um motorista que troca a marcha do carro sem ter que raciocinar sobre os movimentos necessários para isso. Da mesma forma para um projetista que tenha um vasto repertório de soluções o conhecer-na-ação reflete-se em ações inteligentes de respostas espontâneas e de rotinas para problemas de projeto que lhe são familiares e conhecidos.

Partindo desses argumentos o autor constrói a tese de que o conhecimento adquirido a partir da observação e reflexão de nossas ações inteligentes conduz ao aprender fazendo (Figura 47). O ato de refletir sobre os processos e ações inteligentes, o autor nomeia de “reflexão-na-ação” (pensar no que fazem, enquanto o fazem).

Figura 47 – Momentos em um processo de reflexão-na-ação



Fonte: Elaborado com base em Schön (2000, p. 33).

No conhecer-na-ação, trabalhamos com o conhecimento tácito, aquele que não conseguimos expressar em palavras, que revela variações de situações familiares para as quais damos respostas espontâneas e de rotina que podem gerar resultados pretendidos ou inesperados. O conhecimento tácito do profissional se baseia em um alicerce de fatos. É uma visão objetivista permeada de racionalidade técnica.

Diante de situações desconhecidas, inesperadas, a reflexão-na-ação assume função crítica, o pensamento é crítico, conduz à reestruturação de estratégias de ação e a novos experimentos imediatos. Requer tomada de decisões que levam a resultados pretendidos ou inesperados. Diante de uma situação problema o profissional assume uma visão construcionista da realidade, comporta-se como um pesquisador tentando modelar um sistema.

Para o autor, o repertório de imagens, tipologias, problemas de projeto e soluções adotadas, alimenta o talento artístico para a solução das situações inesperadas, novas ou únicas. O talento artístico depende da riqueza do repertório do projetista.

Oliveira (1986, p. 75) também ressalta a importância do repertório para a formação do conhecimento arquitetônico. Para o autor, além do repertório de cada indivíduo, há o repertório coletivo do qual a história é seu repositório. A criação desse repertório é uma tarefa coletiva que pode ser desenvolvida na prática do ateliê.

Elali (2007, p. 168) destaca como uma das principais dificuldades do estudante de graduação quando enfrenta situações de projeto no ateliê, o reduzido repertório decorrente da falta de experiência acadêmica e vivencial do jovem que ingressa na universidade. A autora aponta como formas de desenvolver esse repertório a efetiva utilização de práticas pedagógicas já bastante conhecidas na esfera acadêmica e que fazem parte dos currículos oficiais expressos hoje nos projetos pedagógicos, mas que nem sempre são colocados em prática nos currículos reais vivenciados pelos estudantes em sala de aula. A autora afirma que ao final do curso o repertório do estudante de Arquitetura e Urbanismo geralmente se apresenta “[...] mais ampliado e a autonomia propositiva, em franco desenvolvimento”. Por autonomia propositiva a autora define a capacidade do estudante de enfrentar os desafios impostos pelo processo projetual, a partir do conhecimento adquirido na aprendizagem dos conteúdos teóricos, técnicos e

conceituais e da consciência crítica formada ao longo do curso. A autonomia projetual do estudante se constrói aos poucos, não só durante o período de formação, mas se consolida com a maturidade profissional vivenciada ao longo dos anos de atividade.

Como, então, ensinar ou aprender uma profissão prática? Schön (2000) propõe o que chama de *ensino prático reflexivo* no qual a aprendizagem se dá através da exposição e imersão. As principais características do ensino prático reflexivo são o **aprender fazendo**, **a instrução ao invés do ensino** e o **diálogo de reflexão-na-ação** recíproca entre instrutor e estudante. (SCHÖN, 2000, p. 221).

Para fundamentar os seus argumentos o autor utiliza o ateliê de projeto de Arquitetura como um exemplo vivo e tradicional de ensino prático reflexivo, um modelo educacional para a reflexão-na-ação, no qual estudantes aprendem através do fazer apoiados pela instrução de um professor.

Martinez (2000, p. 56) afirma que no ateliê de um curso de Arquitetura se desenvolvem atividades que buscam simular situações reais da produção de projetos, como por exemplo o diálogo do orientador, que conhece Arquitetura e simula o cliente, e o aluno, que está aprendendo e simula o executor.

A partir da observação do cotidiano de uma aula de projeto de um ateliê de Arquitetura Schön (2000) buscou nos diálogos de orientação entre professor e estudante, explorar a conversação reflexiva do projetista, partindo para a modelagem do que chamou de “Processo de projeto como reflexão-na-ação”. Desenhar e conversar são formas paralelas de construir um projeto, são **linguagens do processo de projeto**.

Na experiência descrita pelo autor ficou registrado que os estudantes trabalham no ateliê em mesas nas quais acomodam seus trabalhos, livros, desenhos e “modelos”. No relato das orientações dos estudantes com o professor, o autor menciona os diálogos verbais, os desenhos trazidos pelos estudantes e os comentários do professor quase sempre em forma de desenho esboçado em papel transparente por sobre o trabalho dos alunos.

A comunicação entre estudante e instrutor se estabelece de forma plena em um ateliê de projeto de Arquitetura. Através de uma linguagem própria o instrutor pontua suas observações sobre o trabalho desenvolvido pelo estudante demonstrando com desenhos e críticas suas reflexões sobre o processo de projeto.

Em nenhum momento o autor descreve a utilização de modelos tridimensionais nessas orientações.

O diálogo entre instrutor e estudante revela três dimensões no processo de orientação no ateliê: a primeira é o domínio da linguagem – capacidade de descrever e apreciar as consequências da ação, desenhar e falar; a segunda, as implicações descobertas – teia de ações ou redes projetuais de grande complexidade com muitas ramificações e pontos de escolha; e, terceira, as mudanças de postura com relação à situação de projeto decorrentes das necessidades identificadas na reflexão.

O domínio da linguagem é essencial para o processo de ensino e aprendizagem no ateliê. Nas fases iniciais do aprendizado, o estudante passa por uma experiência de mistério e confusão característicos dos ateliês de projeto de Arquitetura. Os estudantes consideram difícil entender o que o professor quer dizer com “pensar o problema arquitetonicamente”.

O paradoxo de aprender uma competência realmente nova é esse: um estudante não pode inicialmente entender o que precisa aprender; ele pode aprendê-lo somente educando a si mesmo e só pode educar-se começando a fazer o que ainda não entende. (SCHÖN, 2000, p. 79).

A linguagem arquitetônica a que se refere Schön (2000) no diálogo entre instrutor e estudante é um processo de enviar e receber mensagens, uma conversação reflexiva. E, nessa linguagem do processo de projeto o autor afirma que desenhar e conversar são formas paralelas de construir um projeto. A essas formas de comunicar e construir o projeto soma-se o modelo tridimensional, seja ele produzido através da modelagem geométrica e da prototipagem digital ou por processos manuais tradicionais. O modelo tridimensional, quando utilizado em uma conversação reflexiva, estimula a capacidade de compreensão e análise do objeto e facilita o processo de tomada de decisões.

O diálogo de orientação entre professor e estudante, entre instrutor e aluno visa explorar a conversação reflexiva do projetista e pode ter como linguagem de comunicação a descrição verbal, os desenhos (esboços em papel) e maquetes físicas ou modelagem geométrica 3D. Segundo Rêgo (2008, p. 236) “[...] o contexto da conversação reflexiva, através do modelo geométrico da ideia/proposta projetual, pode se tornar mais dinâmico, crítico e produtivo”.

Em suas ideias sobre a formação do arquiteto Gropius (2001) afirma que “O pensamento tridimensional é a disciplina arquitetônica básica”. O criador da Bauhaus propunha que os métodos de ensino deveriam treinar o estudante para “ver direito” e estimular a percepção de distância e escala humana como forma imprescindível de educar o futuro projetista para a “[...] segurança instintiva de conceber [...]” (GROPIUS, 2001, p. 94).

Em sua tese doutoral, Pupo (2009) demonstra possibilidades da utilização de modelos tridimensionais no processo de projeto, sejam eles produzidos na forma tradicional ou com a utilização das novas tecnologias da prototipagem digital. Dentre as vantagens da utilização de modelos tridimensionais como auxílio ao processo de projeto, apontadas pela autora, destacam-se: a pesquisa de formas livres e complexas sem limitações prematuras; o maior controle sobre o processo de projeto; a possibilidade de o arquiteto tocar no objeto e sentir sua forma; permite a pesquisa da forma e proporções no mundo real podendo levar a novas formas além do conceito original; o auxílio à tomada de decisões.

Com a introdução de instrumentos digitais na produção da Arquitetura e Urbanismo, como por exemplo, a modelagem geométrica tridimensional (MG 3D), as formas de representação gráfica se renovaram e se tornaram ricas em possibilidades. Essa constatação levou Rêgo (2008) a discutir a educação gráfica em cursos de Arquitetura e Urbanismo, afirmando que novas questões se apresentam para serem pensadas e discutidas no âmbito acadêmico.

Na fundamentação de sua tese a autora levanta o problema da desconexão entre a educação gráfica e a educação projetual presente na maioria dos cursos de Arquitetura e Urbanismo do Brasil, em parte devido ao alto grau de abstração com que é tratado o ensino da Geometria.

A autora defende que o processo de projeto requer a “[...] habilidade de perceber e compreender formas tridimensionais e expressá-las graficamente em representações bi e tridimensionais [...]”. A essa habilidade a autora denomina capacidade visiográfica-tridimensional que deve ser desenvolvida e elaborada (RÊGO, 2008, p. 4). A aplicação da modelagem geométrica na educação do arquiteto e urbanista pode ser trabalhada desde os primeiros anos associada aos modos manuais de desenho “[...] combinados em um processo de mútua alimentação, favorecendo o processo dialógico projetual.” (RÊGO, 2008, p. 233).

A autora afirma que, se utilizada na conversação reflexiva do projetista (SCHÖN, 2000), na qual conversar e desenhar são linguagens de projeto, a modelagem geométrica da ideia/proposta pode tornar esse processo dialógico reflexivo mais dinâmico, crítico e produtivo (RÊGO, 2008, p. 236).

Tomando as conclusões de Rêgo (2008) e tendo como contexto a educação do arquiteto e urbanista sob o paradigma do aprender-na-ação de Schön (2000), a questão central desta tese se insere como mais uma ferramenta na linguagem arquitetônica utilizada no diálogo reflexivo travado entre o instrutor e o estudante. A prototipagem rápida produzida a partir da modelagem geométrica tridimensional da ideia/proposta pode ser usada como elemento integrador das diversas formas de representação e comunicação da proposta, como facilitador da compreensão da tridimensionalidade da forma através da manipulação física do objeto e, portanto, como potencializador do desenvolvimento da capacidade visiográfica-tridimensional do estudante. Esse argumento é desenvolvido por Pupo (2009) que defende a inserção da prototipagem digital no processo de formação do arquiteto e urbanista ao longo de toda a estrutura curricular dos cursos integrando as novas tecnologias digitais às disciplinas existentes, o que pressupõe mudanças substanciais na estrutura curricular dos cursos de Arquitetura e Urbanismo (PUPO, 2009, p. 191).

Essas mudanças necessariamente passam pelo enfrentamento de questões curriculares, operacionais e culturais. Com relação às questões curriculares a autora sugere a discussão dos aspectos da interdisciplinaridade e as relações de precedência na estruturação curricular. Com relação às questões operacionais sugere a disponibilização de uma base infraestrutural sólida com a aquisição de equipamentos com tecnologias atuais, formação e capacitação docente e apoio técnico de suporte e manutenção. As questões culturais devem ser enfrentadas com a sensibilização de docentes e discentes para as vantagens da aplicação das novas tecnologias nas atividades acadêmicas de projeto de Arquitetura.

O modelo de inserção da prototipagem digital na estrutura curricular do ensino de graduação em Arquitetura e Urbanismo proposto por Pupo (2009, p. 193) está baseado na modelagem geométrica tridimensional. A partir do modelo geométrico 3D é possível se obter a fabricação digital de um modelo físico.

Considerando que o diálogo reflexivo, presente nos ateliês de projeto de cursos de Arquitetura, se torna mais dinâmico, crítico e produtivo com a utilização da modelagem geométrica (RÊGO, 2008, p. 236) e que a modelagem geométrica é a base para a prototipagem ou fabricação digital de modelos físicos (PUPO, 2009, p. 194), pode-se deduzir que a prototipagem digital inserida como instrumento de criação projetual que explora a materialização da ideia nas fases de concepção de projeto tem a capacidade de incrementar o potencial dialógico reflexivo presente no *ensino prático reflexivo* (SCHÖN, 2000), e assim, contribuir para a construção da autonomia propositiva do estudante de Arquitetura e Urbanismo (ELALI, 2007) ou para a segurança instintiva de conceber (GROPIUS, 2001).

### 3 MODELAGEM E PROTOTIPAGEM: PRODUÇÃO ACADÊMICA E EXPERIÊNCIA DE CURSOS DE ARQUITETURA E URBANISMO

---

Entendendo a ciência como uma construção coletiva, faz-se necessário conhecer o estado-da-arte do objeto de estudo ao ponto de se identificar questões ainda não abordadas ou não respondidas.

O objetivo desse capítulo foi levantar a produção científica realizada no Brasil até o momento sobre o objeto desta tese e investigar como os cursos de Arquitetura e Urbanismo estão tratando os temas da modelagem física, modelagem geométrica e prototipagem nas suas práticas pedagógicas e infraestrutura.

#### 3.1 MODELAGEM E PROTOTIPAGEM: UM TEMA EMERGENTE NA PRODUÇÃO ACADÊMICA

No período de julho a outubro de 2006 Pupo (2009, p. 130) realizou levantamento para a construção do seu referencial teórico em sua tese doutoral no qual selecionou teses e dissertações em bases de dados de universidades brasileiras e estrangeiras. A autora buscou localizar dissertações e teses que contivessem temas relacionados à aplicação da informática no ensino de projeto, direcionando sua investigação para as aplicações da prototipagem e fabricação digitais no ensino de projeto.

Como critério para a seleção dos trabalhos a autora realizou sua busca utilizando palavras-chaves, tais como, CAD, *Computational Design*, *Design Process*,

*Architectural Design, Rapid Prototyping, Digital Fabrication e Generative Systems*. Como o objetivo da pesquisa era qualitativo, a autora utilizou na análise dos dados coletados a *Grounded Theory* ou método da Teoria Fundamentada nos Dados (STRAUUS; CORBIN, 1998).

Por esse método o pesquisador tem a possibilidade de tomar conhecimento do objeto da pesquisa sem necessariamente ter uma teoria a ser testada. Através de métodos variados de coleta de dados pode-se entender uma situação ou fenômeno.

A autora registrou 74 trabalhos, sendo 36 dissertações de mestrado e 38 teses de doutorado, no período compreendido entre 1999 e 2006. Creditou o baixo número de trabalhos nacionais – 26 ao todo – ao fato de que, naquele momento as Instituições brasileiras ainda não dispunham de bancos de dados de teses *on-line*. A autora fez uma minuciosa análise no material coletado e, mesmo com a limitada amostra afirma que “[...] foi possível traçar um panorama sobre o que vem sendo estudado no Brasil e no exterior quanto à aplicação da informática no ensino de projeto” (PUPO, 2009, p. 130)

Os dados coletados foram analisados seguindo três momentos: em um primeiro momento a autora listou os tópicos mais importantes que cada pesquisa abordava; depois cada investigação foi associada ao tópico correspondente; por fim, as teses foram agrupadas em categorias baseadas nos tópicos por elas discutidas. A partir da análise dessas categorias os trabalhos foram organizados em um grupo de trabalhos brasileiros e outro de estrangeiros. A comparação entre as pesquisas brasileiras e estrangeiras tinha a intenção de identificar as principais diferenças a respeito da utilização da tecnologia da informação aplicada à Arquitetura.

Quadro 3 – Categoria dos trabalhos brasileiros no período de 1999 a 2006

<b>Categoria</b>	<b>Nº de teses</b>
Avaliação de pacotes CAD	2
CAD no processo de projeto (como ferramenta administrativa para visualização e colaboração remota)	6
CAD para otimização, análise e simulação	2
CAD na educação (processo de projeto e expressão gráfica)	8
CAD no desenvolvimento da topologia e formas complexas	2
CAD e conceitos computacionais nas fases iniciais de projeto	3
Conceitos computacionais (desenho orientado ao objeto e gramáticas da forma)	3

Fonte: Pupo, 2009, p. 133.

A autora verificou que nos trabalhos brasileiros houve predominância de temas preocupados com o ensino e o papel do CAD no processo de projeto. Temas como prototipagem rápida ou CAM não haviam sido abordados. A autora sistematizou sua análise (Quadro 3) relacionando as categorias de análise e o número de trabalhos que identificou em cada categoria.

Nas teses estrangeiras, a necessidade da introdução de ferramentas CAD no processo de projeto já não era mais questionada. Os temas mais recorrentes eram o desenho paramétrico, *shape grammars*, sistemas generativos e prototipagem rápida.

A autora identificou que os pesquisadores estrangeiros, pareciam demonstrar mais interesse na definição de suas próprias ferramentas de projeto, e na utilização das “[...] novas ferramentas, programação, prototipagem rápida e fabricação digital como estratégias para se tornarem menos dependentes das limitações estabelecidas por pacotes CAD comerciais.” (PUPO, 2009, p. 135).

A autora conclui a investigação, recomendando que, especialmente no Brasil, cursos de Arquitetura e Urbanismo deveriam “[...] estar atentos às novas tecnologias, seguindo as tendências de uso no campo profissional.” (PUPO, 2009, p. 135).

Como já registrado, a autora realizou o levantamento das teses e dissertações em bases de dados das próprias universidades. Na época da pesquisa, ano de 2006, eram as únicas fontes disponíveis para consulta, principalmente no Brasil.

O Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) foi lançado oficialmente no final de 2000, porém somente a partir de 2003 nele foi incorporado o Banco de Teses da Capes, como uma base de dados referenciais para permitir a recuperação dos resumos das teses e dissertações defendidas nos programas de pós-graduação do Brasil. A ferramenta permite a pesquisa por autor, título e palavras-chave, informações essas fornecidas diretamente à Capes pelos programas de pós-graduação. A partir do seu lançamento, os programas passaram a inserir os dados de teses e dissertações defendidas desde 1997, inicialmente de forma incipiente, desse modo em 2006 o Banco ainda não estava plenamente disponibilizado a pesquisadores. Atualmente o banco tem sido atualizado pelos programas de pós-graduação oficiais do país e já

possui mais de 450 mil referências cadastradas disponíveis para pesquisadores cadastrados nos programas oficiais<sup>4</sup>.

Com o objetivo de formar um panorama da produção acadêmica na área de interesse desta pesquisa e tendo como base as informações do Banco de Teses da Capes, em julho de 2009 foi realizada uma pesquisa para identificar as teses e dissertações realizadas até então no Brasil. Essa investigação visou conhecer o estado da arte na área de interesse da prototipagem digital e da utilização dos recursos computacionais no ensino de projeto de Arquitetura.

O recorte temporal utilizado inicialmente foi do ano 2000 a 2009 sendo atualizada a cada ano e finalizada em 2012 com os dados de trabalhos realizados até 2011. Como forma de reduzir o universo dentro da diversidade de temas constantes no Banco de Teses, foi utilizada a busca por palavras chave, iniciando por buscar as dissertações de mestrado e depois as teses de doutorado, que contivessem a expressão “Projeto de Arquitetura” como assunto. Ambos os termos dessa expressão são comuns a outras áreas. A ciência da computação, por exemplo, utiliza a “arquitetura de *software*” ou “arquitetura de computadores” assim como as engenharias também utilizam o termo “projeto”.

Dessa forma procurou-se filtrar os resultados, buscando-se nos resumos termos e expressões relacionadas com o objeto desta tese, tais como maquete, modelagem 3D, ensino de projeto de arquitetura, ensino de CAD, simulação computacional e metodologia de projeto.

Após a leitura de todos os resumos das teses e dissertações filtradas pelos termos de busca, foram localizadas 27 teses de doutorado e 65 dissertações de mestrado totalizando 93 trabalhos nos doze anos cobertos pela pesquisa, de 2000 a 2011.

Foram identificados e listados nos resumos dos trabalhos, os tópicos mais importantes abordados por cada um deles. Em um segundo passo, os trabalhos foram tabulados separadamente – teses e dissertações – na ordem cronológica inversa e associados aos tópicos listados na fase anterior (ver Apêndice A). Com base nessa tabulação foi possível identificar alguns tópicos que, com maior frequência, foram abordados pelos autores: tecnologia BIM; modelagem geométrica 3D; prototipagem rápida e fabricação digital; simulação computacional; gramática da

---

<sup>4</sup> Informação disponível em [www.periodicos.capes.gov.br](http://www.periodicos.capes.gov.br), acessado em 13 dez. 2012.

forma e formas complexas; CAD como auxílio à projeção – projeto digital; metodologia do projeto e processo de criação; teoria do projeto de arquitetura; ensino de projeto; ensino de CAD; modelagem física; eficiência energética conforto ambiental; acessibilidade mobilidade; tecnologia da informação – TI. O Quadro 4 resume a quantidade de trabalhos em cada um dos tópicos listados. Os trabalhos, em geral, tratam de mais de um desses tópicos.

Quadro 4 – Quantitativo de Teses e Dissertações no período de 2000 a 2011

Tópicos abordados nas pesquisas	Trabalhos que abordam o tópico		
	Teses	Dissertações	%
Tecnologia BIM	0	6	6,45
Modelagem Geométrica 3D	6	7	13,98
Prototipagem Rápida e Fabricação Digital	2	5	7,53
Simulação Computacional	1	7	8,60
Gramática da Forma e Formas Complexas	4	5	9,68
CAD como auxílio à projeção – Projeto Digital	8	29	39,78
Metodologia do Projeto e Processo de Criação	18	26	47,31
Teoria do Projeto de Arquitetura	0	2	2,15
Ensino de Projeto	13	27	43,01
Ensino de CAD	2	4	6,45
Modelagem Tridimensional Física	2	6	8,60
Eficiência Energética Conforto ambiental	2	6	8,60
Acessibilidade Mobilidade	2	0	2,15
Tecnologia da Informação – TI	0	1	1,08

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do Banco de Teses da Capes.

Da análise dos dados levantados foi possível verificar que a grande maioria dos trabalhos tratou de metodologia de projeto e processo de criação (47,31%). A modelagem geométrica tridimensional e a prototipagem rápida começam a ser abordadas com maior frequência nos últimos cinco anos da pesquisa.

A tecnologia BIM começa a aparecer como objeto de pesquisa no ano de 2009 e, da mesma forma que aconteceu com o CAD no início de sua implantação, os trabalhos tratam basicamente da avaliação do pacote através da análise do processo de assimilação da tecnologia por escritórios e cursos de Arquitetura e Urbanismo e dos impactos dessa nova forma de projetar sobre a Arquitetura e a produção da Arquitetura.

A tendência verificada por Pupo (2009) no período de 1999 a 2006, (Quadro 3) quanto à preocupação com o ensino de projeto de Arquitetura e Urbanismo, se manteve nos últimos cinco anos (de 2007 a 2011). Geralmente os trabalhos que tratam das questões relacionadas com o ensino de projeto dedicam o mesmo tratamento à metodologia do projeto. Também há uma grande incidência do tópico de metodologia de projeto em trabalhos que tratam de CAD como auxílio à projeção.

Atualizando a pesquisa de Pupo (2009) com os dados obtidos no Banco de Teses do período de 2007 a 2011, e utilizando a mesma metodologia por ela aplicada e as mesmas categorias de análise, os resultados indicam uma redução na tendência inicial da recorrência de trabalhos que procuravam provar que o CAD precisava estar presente nos currículos dos cursos de Arquitetura (de 30,8% para 22,6%), bem como nas práticas de projeto (23,1% para 16,1%), muito embora ainda sejam os tópicos mais recorrentes (Quadro 5).

Quadro 5 – Evolução da incidência dos trabalhos brasileiros por categoria

Categoria	Nº de trabalhos			
	1999 a 2006		2007 a 2011	
	Nº	%	Nº	%
Avaliação de pacotes CAD (foram incluídos aqui os pacotes de tecnologia BIM)	2	7,7%	5	16,1%
CAD no processo de projeto	6	23,1%	5	16,1%
CAD para otimização, análise e simulação	2	7,7%	3	9,7%
CAD na educação (processo de projeto e expressão gráfica)	8	30,8%	7	22,6%
CAD no desenvolvimento da topologia e formas complexas	2	7,7%	1	3,2%
CAD e conceitos computacionais nas fases iniciais de projeto	3	11,5%	2	6,5%
Conceitos computacionais (desenho orientado ao objeto e gramáticas da forma)	3	11,5%	4	12,9%
Fabricação digital/ Prototipagem rápida	0	0,00%	4	12,9%
<b>Total de trabalhos</b>	<b>26</b>	<b>100%</b>	<b>31</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de Pupo (2009) para o período de 1999 a 2006 e para o período de 2007 a 2011, nos dados levantados pelo autor no Banco de Teses da Capes constantes do Apêndice A.

Por outro lado a prototipagem digital que não era objeto de estudo dos trabalhos levantados por Pupo (2009), nos cinco anos seguintes aparece em 12,9% dos trabalhos do período demonstrando que esse tema passou a merecer a atenção de pesquisadores, ainda que de forma incipiente. A prototipagem digital na maioria dos trabalhos está relacionada ao ensino de projeto e aos métodos de projeção. Essa associação revela a preocupação dos pesquisadores em estudar com profundidade qual o momento adequado do processo de projeção para a inserção dos recursos da prototipagem como instrumento auxiliar nas decisões. Geralmente as pesquisas foram desenvolvidas nos ambientes acadêmicos onde há condições propícias para experimentações.

Pupo (2009) identificou em sua pesquisa que a abordagem da prototipagem e fabricação digitais era encontrada em 9% dos trabalhos estrangeiros, e esses trabalhos demonstravam o interesse dos pesquisadores em desenvolver ferramentas próprias, de forma a torná-los menos dependentes das limitações estabelecidas por pacotes CAD comerciais. Mesmo assim constatou que essas aplicações eram pouco exploradas no meio acadêmico. A autora conclui seu levantamento recomendando que os cursos brasileiros devem voltar suas atenções para as novas tecnologias.

A análise da evolução das pesquisas nacionais registrada no quadro acima demonstra o início do reconhecimento da importância das novas tecnologias para a pesquisa em Arquitetura e Urbanismo e para o ensino da graduação na área, principalmente as tecnologias da modelagem digital e da prototipagem rápida. No período de 2007 a 2011, cinco trabalhos tiveram como tópico a prototipagem rápida, uns tratando com prototipagem rápida e outros como prototipagem digital. Desses, quatro trataram especificamente da utilização dessas novas tecnologias pela área da Arquitetura e Urbanismo sendo três dissertações de mestrado e uma tese de doutorado. Sendo que metade deles relacionou a aplicação da técnica ao ensino e a outra metade não teve esse enfoque.

Esse panorama reforça a necessidade de novas pesquisas serem desenvolvidas tendo como objeto a relação entre o ensino de Arquitetura e Urbanismo e as novas tecnologias digitais com o objetivo de aprofundar o conhecimento da área e avançar no esforço coletivo de construir o conhecimento nessa área de estudo.

O próximo passo na construção do embasamento teórico foi a investigação nos cursos de Arquitetura e Urbanismo do Brasil, tratada no item a seguir.

## 3.2 A EXPERIÊNCIA DE CURSOS DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL

Para o reconhecimento do estado da arte do objeto desta pesquisa no Brasil, além do levantamento dos trabalhos científicos realizados através de teses e dissertações no País, foi necessário investigar de que maneira o modelo físico, a modelagem geométrica e a prototipagem digital estavam incorporadas aos processos didático-pedagógicos dos cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo e quais os meios disponibilizados. O caminho adotado foi investigar como os projetos pedagógicos dos cursos tratavam o tema, identificar componentes pedagógicos relacionados ao tema e conhecer a infraestrutura de laboratório e equipamentos instalados e disponibilizados para esse fim.

Para essa pesquisa foi preciso realizar coleta de dados nas fontes primárias através de pesquisa nos sites das instituições, contato por telefone ou correio eletrônico e visita *in loco*. Para a coleta de dados *in loco* foi utilizado o método da observação e descrição detalhada dos aspectos referentes aos objetivos da pesquisa através de registros textuais e fotografias (SERRA, 2006, p. 187).

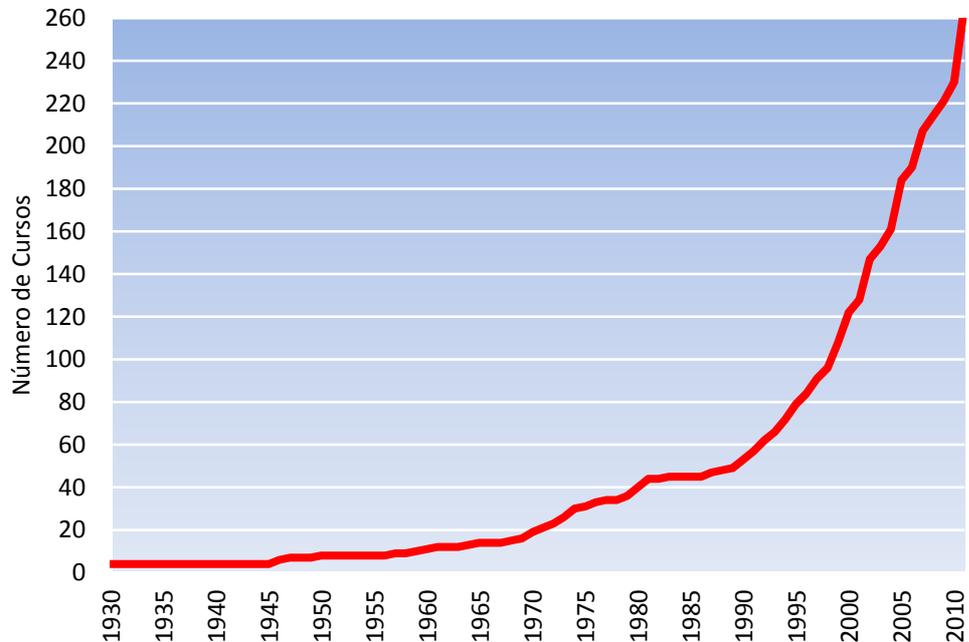
O primeiro passo da pesquisa foi a definição do universo de cursos que seria pesquisado. Em seguida foi feito o contato com a coordenação de cada um deles para a coleta dos dados necessários à análise, para formação de um panorama sobre a utilização das tecnologias digitais nesses cursos.

### 3.2.1 Definição do universo

A expansão do ensino superior no Brasil se deu de forma desordenada e mais acentuada a partir da promulgação da Constituição da República Federativa do Brasil em 1988. O artigo 209 da nova Constituição permitiu que a iniciativa privada pudesse investir e obter lucros na área da educação: "Art. 209. O ensino é livre à iniciativa privada, [...]" (BRASIL, 1988). Esse fato foi marcante para a expansão do

ensino superior no País e não foi diferente na área da Arquitetura e Urbanismo. Na Figura 48 está representada a curva do crescimento do número de cursos no Brasil.

Figura 48 – Expansão da área de ensino de Arquitetura e Urbanismo no Brasil



Fonte: COSTA (2011).<sup>5</sup>

Em 2009, estavam em atividade em todo o território nacional cerca de 220 cursos de Arquitetura e Urbanismo (Figura 48) funcionando em duas categorias administrativas distintas: 42 em instituições públicas e 178 em instituições mantidas pela iniciativa privada, além de cursos funcionando em faculdades isoladas e centros universitários nos quais a pesquisa e a extensão não são exigidas pela legislação vigente.

Diante desse universo foi preciso estabelecer critérios para selecionar uma amostra de cursos de referência para o levantamento de dados primários.

Com o objetivo de investigar a forma como os cursos de Arquitetura e Urbanismo de referência no País faziam o uso de modelos físicos, modelos geométricos e prototipagem digital no ensino de graduação, era necessário definir critérios para a seleção de cursos para compor uma amostra que fosse representativa para os objetivos da pesquisa. Foram adotados critérios já utilizados por pesquisadores (VELOSO *et al*, 2008) em procedimentos de montagem de

<sup>5</sup> COSTA, Fernando J. M. Panorama da formação de arquitetos e urbanistas no Brasil. Palestra proferida no Colóquio: Formação dos arquitetos e urbanistas: a experiência de Brasil e Portugal, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP – Agosto/2011.

amostras para pesquisa e por instituições ligadas à educação como o INEP/CONAES em procedimento de seleção de cursos para processos avaliativos. Com base nessas referências, foram estabelecidos os seguintes critérios para a seleção das IES pesquisadas:

- Cursos que estivessem funcionando há pelo menos 10 anos;
- Cursos de instituições que, além do ensino e extensão, tivessem pesquisas recentes desenvolvidas na área de projeto de Arquitetura e Urbanismo. Por esse critério foram selecionados os cursos de graduação oferecidos em instituições que mantivessem programas de pós-graduação.
- Cursos com bom desempenho nas avaliações oficiais do MEC, considerando os resultados do Provão de 2002 e 2003 e ENADE 2005. Para o processo de acreditação do Mercosul, a CONAES seleciona os cursos com média 4 ou 5 nas avaliações do ENADE.

A primeira busca foi, portanto, identificar no universo dos 220 cursos quais os que tinham mais de 10 anos de existência. Esse critério está baseado no fato de que um curso com mais de 10 anos de funcionamento teve cinco anos para implantar todo o seu projeto pedagógico e tem em sua trajetória pelo menos cinco turmas de estudantes concluintes, o que permite uma avaliação do ciclo completo de formação do arquiteto e urbanista.

Através do site do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – INEP foi feito um levantamento<sup>6</sup> das informações de todos os cursos, inclusive da data de início de funcionamento. A partir desses dados foi possível identificar 69 cursos que naquele momento haviam completado 10 anos de funcionamento (ver Apêndice B).

A partir de informações no site da Capes (Apêndice D) foi possível identificar nesse universo mais reduzido quais as instituições que mantinham programas de pós-graduação e, com isso, o universo foi reduzido para 19 cursos com mais de 10 anos de funcionamento e com programa de pós-graduação em atividade.

O último critério de seleção foi o resultado das avaliações oficiais realizadas pelo MEC. Nos anos de 2002 e 2003 a Secretaria de Ensino Superior do MEC – SESu/MEC realizou os exames de concluintes que ficaram conhecidos como

---

<sup>6</sup> Levantamento realizado no sítio do INEP em abril de 2009.  
[http://www.educacaosuperior.inep.gov.br/funcional/busca\\_curso.stm](http://www.educacaosuperior.inep.gov.br/funcional/busca_curso.stm)

“Provão”. Com a mudança do Governo Federal nesse período, mudou a política de ensino e mudou também a avaliação do ensino superior sendo implantado o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior – SINAES. O SINAES passou a utilizar uma nova metodologia de avaliação dos egressos. A partir de então a avaliação do desempenho dos estudantes dos cursos de graduação passou a ser realizada mediante aplicação do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes – ENADE, o que veio a ocorrer pela primeira vez na área de Arquitetura e Urbanismo em 2005. No site do INEP foi possível recolher os resultados desses três processos de avaliação e calcular a média obtida pelos 19 cursos selecionados pelos critérios anteriores. Critério semelhante foi adotado pela Comissão Nacional de Avaliação da Educação Superior – CONAES, órgão colegiado de coordenação e supervisão do SINAES, para selecionar os cursos de Arquitetura e Urbanismo do Brasil que poderiam participar do processo de acreditação de cursos do Mercosul. A CONAES selecionou os cursos que obtiveram conceito 4 ou 5 como conceito do ENADE.

A aplicação desses critérios resultou na seleção de oito cursos de Arquitetura e Urbanismo (Apêndice C). Dos 11 cursos descartados por não terem alcançado os conceitos máximos nas avaliações oficiais, três mereceram reavaliação dos critérios. A reanálise do último corte mostrou que os cursos de Arquitetura e Urbanismo das Universidades Estaduais de São Paulo haviam sido eliminados por não terem conceitos nas avaliações seus alunos concluintes não foram avaliados nem pelo Provão e nem pelo ENADE. As instituições de ensino superior mantidas pelo Estado de São Paulo durante muitos anos se negaram a participar dos sistemas nacionais de avaliação ficando assim, sem notas ou conceitos nos exames de seus alunos. Por esse motivo também foram impedidas pelo MEC de participar do processo de acreditação do Mercosul.

Como reconhecimento da qualidade de excelência do ensino, pesquisa e extensão dessas instituições, foram incluídas no universo de análise os cursos de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAU/USP, Universidade de São Paulo – USP/São Carlos e Universidade Estadual de Campinas.

Portanto, foram selecionadas para a pesquisa as instituições relacionadas no Quadro 6.

Quadro 6 – Instituições selecionadas para pesquisa

	Instituição	Criação	Pós-Graduação	Média das avaliações
1	Universidade Federal do Rio de Janeiro	1820	M/D	4,33
2	Universidade Federal de Minas Gerais	1931	M/D	5
3	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	1946	M/D	5
4	Universidade Federal de Pernambuco	1946	M/D	4,33
5	Universidade Federal da Bahia	1950	M/D	4,33
6	Universidade de Brasília	1962	M/D	4,33
7	Universidade Federal do Rio Grande do Norte	13/ago/73	M/D	5
8	Universidade Federal de Santa Catarina	1/mar/77	M	4,66
9	Universidade de São Paulo – FAU/USP	1948	M/D	SC
10	Universidade de São Paulo – USP/São Carlos	1/jan/85	M/D	SC
11	Universidade Estadual de Campinas	01/mar/99	M	SC

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do INEPE/MEC e CAPES.

M = Mestrado; D = doutorado; P = Mestrado Profissional; S/C = Instituições sem conceito, que não participaram das avaliações oficiais por política da instituição ou por boicote dos alunos.

Após a definição da amostra, a coordenação dos cursos de todas as instituições selecionadas foram contatadas por correio eletrônico ou por ligações telefônicas, porém nem todas retornaram com informações, somente sete delas disponibilizaram seus dados para análise: UFRJ; UFMG; UFPE; USP; UnB; UFRN; e UNICAMP. Devido à restrição de recursos foi necessário aproveitar deslocamentos agendados, e apenas quatro cursos, além da UFRN, foram visitados: FAU/UFRJ; FAU/USP; FAU/UnB; e FEC/UNICAMP (Apêndice E).

### 3.2.2 Levantamento nos cursos de Arquitetura e Urbanismo do Brasil

A análise dos dados coletados nas instituições buscou identificar: se os Projetos Pedagógicos (PP) dos cursos definem diretrizes gerais para a utilização de maquetes e modelos geométricos tridimensionais no auxílio ao ensino de projeto; identificar a existência de componentes curriculares (disciplinas ou atividades) que tenham nas suas ementas, procedimentos de utilização de maquetes e modelos; caracterizar os procedimentos metodológicos de produção de maquetes; verificar a existência e levantar a configuração de espaços e equipamentos dos laboratórios de maquetes e de prototipagem. A sistematização dos dados dos projetos pedagógicos analisados está registrada no Apêndice E em um quadro resumo.

### 3.2.2.1 Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

A visita ao curso se deu em 2009 no momento em que o Projeto Pedagógico do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ se encontrava em processo de revisão para adequação à diretriz curricular nacional vigente à época. A análise foi feita, então, sobre o currículo vigente. As informações foram obtidas no site oficial da FAU/UFRJ. O curso é estruturado em eixos de conhecimento capazes de aglutinar conteúdos programáticos afins e três ciclos de estudos. Não há definição de diretrizes específicas para a utilização de maquetes ou modelos geométricos tridimensionais no ensino de projeto como estratégia pedagógica do curso. Indiretamente essas diretrizes aparecem no eixo Representação que compreende tanto o estudo da representação geométrica dos espaços quanto os meios de sua expressão criativa, e nele estão alocadas disciplinas e atividades que têm como objetivo o desenvolvimento de habilidades de análise, representação e expressão da forma e do espaço, e suas relações com a criação projetual. O único componente curricular específico sobre o tema é uma disciplina eletiva denominada “Maquete”. Os alunos são estimulados a cursar essa disciplina conjuntamente com as disciplinas de “Concepção da Forma”, porém não são utilizados meios de modelagem geométrica 3D. As disciplinas Concepção da Forma Arquitetônica I (do 1º período) e Concepção da Forma Arquitetônica II (do 2º período) têm como procedimento metodológico trabalhar com a elaboração de maquetes com o objetivo de capacitar o aluno a compreender as implicações de tamanho, medida, forma, volume e espaço nas obras arquitetônicas, desenvolvendo habilidades para exprimir suas ideias construtivas em modelos reduzidos tridimensionais, vinculando o processo de concepção da forma arquitetônica a uma intencionalidade precisa e a parâmetros conceituais claros. Para apoio a essas disciplinas existe uma oficina de maquetes instalada em espaço físico amplo, equipada com máquinas convencionais de marcenaria: serras circulares e de fita, furadeiras de bancada, máquinas de acabamento, lixadeiras, compressor e bancadas para montagens das maquetes. Não existiam equipamentos de prototipagem rápida. Foi observado que os alunos utilizam o laboratório como apoio aos trabalhos desenvolvidos nas disciplinas de projeto.

Figura 49 – Laboratório de Maquetes da FAU/UFRJ - máquinas



Fonte: Fotografado pelo autor.

Figura 50 – Laboratório de Maquetes da FAU/UFRJ – bancadas de montagem



Fonte: Fotografado pelo autor.

Figura 51 – Laboratório de Maquetes da FAU/UFRJ – trabalhos de alunos



Fonte: Fotografado pelo autor.

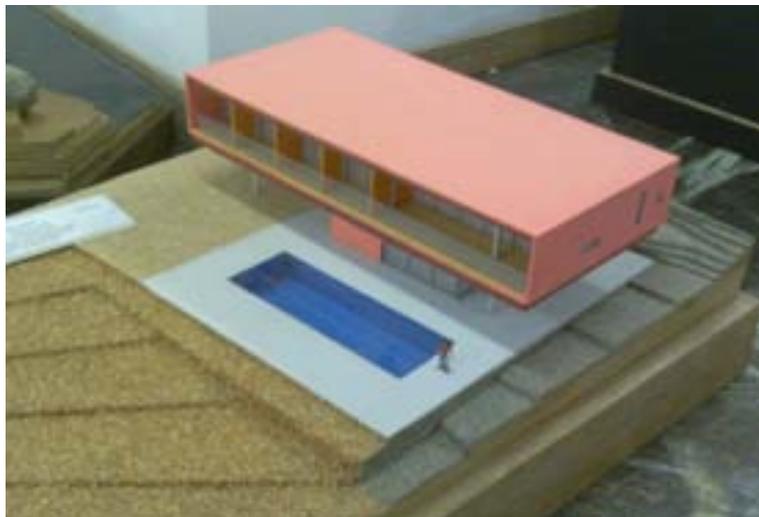
Na instituição há um grupo de docentes e discentes coordenado pela professora Beatriz Santos de Oliveira, desenvolvendo o projeto de pesquisa intitulado “Casas Brasileiras do século XX: a produção arquitetônica e teórico-crítica publicada nas revistas especializadas”. Esse projeto tem por objetivo reconstruir em escala reduzida exemplares de habitação unifamiliar da arquitetura modernista que foram demolidos ou desfigurados. O trabalho de recuperação da forma original se baseia em documentos, fotografias e depoimentos de antigos moradores. Em um primeiro momento os pesquisadores recuperaram as peças gráficas do projeto na sua forma original (Figura 52) e depois as maquetes são confeccionadas (Figura 53).

Figura 52 – Laboratório de Maquetes da FAU/UFRJ – maquete de pesquisa



Fonte: Fotografado pelo autor.

Figura 53 – Laboratório de Maquetes da FAU/UFRJ



Fonte: Fotografado pelo autor.

Apesar de contar com programa de pós-graduação desde 1987, na pesquisa sobre teses e dissertações levantadas no Banco de Teses da Capes não foi localizado nenhum trabalho que tivesse como tópico a prototipagem digital, a modelagem geométrica ou gramática da forma. Esse dado revela que o tema ainda não havia mobilizado os pesquisadores da instituição para a introdução das técnicas digitais de prototipagem digital e modelagem geométrica na prática do ensino no curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ.

### 3.2.2.2 Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

O contato foi feito com a direção da Escola de Arquitetura da UFMG que informou que naquele momento a escola contava com um Curso de Arquitetura e Urbanismo em turno diurno implantado a partir de 1931, e que estava em implantação um novo curso em turno noturno para o qual estava sendo construído um projeto pedagógico específico e diferente do diurno. O curso diurno teve seu projeto pedagógico atualizado em 2008. Nesse projeto pedagógico não há definição de diretrizes específicas para a utilização de maquetes ou modelos geométricos tridimensionais no ensino de projeto como estratégia pedagógica do curso. O projeto pedagógico apresenta uma estruturação curricular e um diagrama de bloco do currículo proposto onde não é possível reconhecer, apenas pela nomenclatura, componentes curriculares específicos sobre maquetes ou modelos geométricos tridimensionais. De acordo com informações constantes no site da EA-UFMG, existe uma oficina para execução de modelos tridimensionais, experimentações de técnicas de visualização do espaço a partir de múltiplos meios, onde estudantes da graduação ou pós-graduação podem usar suas dependências e equipamentos como complemento de atividades das aulas, não há, porém, especificação dos equipamentos e maquinários disponíveis. Na pesquisa de teses descrita no item 3.1, foi localizada uma dissertação de mestrado defendida no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFMG no ano de 2002, que teve com tópico a prototipagem digital. Esse registro indica que, de alguma forma o tema já foi objeto de pesquisa naquela instituição, porém, depois desse evento, não houve mais registro no mesmo sentido.

### 3.2.2.3 Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Não existe um projeto pedagógico na forma definida pela legislação vigente, porém, uma comissão de docentes está elaborando uma proposta pedagógica para atender os normativos do MEC. Essa foi a única informação passada por um dos integrantes dessa comissão. No perfil curricular do curso disponibilizado no sítio da instituição na *internet*, não consta nenhum componente específico sobre maquetes. Existem duas disciplinas eletivas de Projeto Auxiliado por Computador que tratam da modelagem geométrica 3D. A disciplina Planejamento Arquitetônico 2, no seu ementário, faz referência à utilização de modelos tridimensionais com materiais diversos. Não há registro na página da *internet* a respeito de laboratório nem oficina de maquetes para apoio às disciplinas.

### 3.2.2.4 Universidade de São Paulo - USP

O contato foi feito com o professor Francisco Segnini Junior, docente da instituição e membro do Núcleo Docente Estruturante (NDE) que acompanhou a visita às instalações da instituição. A Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP oferece um curso em tempo integral com aulas pela manhã e tarde. Naquele momento não existia um projeto pedagógico formalizado e sim um documento com o título “Estrutura Curricular” contendo informações quanto à integralização dos componentes curriculares, suas cargas horárias e demais informações julgadas necessárias para os alunos. Uma comissão formada por docentes encontra-se elaborando uma proposta de projeto pedagógico. Portanto, formalmente, não há definição de diretrizes específicas para a utilização de maquetes ou modelos geométricos tridimensionais no ensino de projeto como estratégia pedagógica do curso.

No documento “Estrutura Curricular 2009”, não foi possível identificar pela nomenclatura os componentes curriculares específicos sobre o tema. Os componentes curriculares que compõem o grupo de disciplinas de projeto de edificações exigem estudos volumétricos em modelos físicos. Há na FAU/USP uma oficina de maquetes (Figura 51) bem estruturada com máquinas de portes diversos divididas em setores como serralheria, marcenaria, pintura e montagem. Foi

informado que alguns equipamentos estão sendo adquiridos para a implantação de um laboratório de prototipagem rápida.

Figura 54 – Laboratório de Maquetes da FAU/USP



Fonte: <http://www.usp.br/fau/cante/lame.jpg>. Acesso em: 14 dez. 2012.

Figura 55 – Laboratório de Maquetes da FAU/USP



Fonte: Fotografado pelo autor.

Figura 56 – Laboratório de Maquetes da FAU/USP – trabalho de alunos



Fonte: Fotografado pelo autor.

Na pesquisa no Banco de Teses foram localizadas teses e dissertações defendidas na FAU/USP nas áreas de modelagem geométrica, prototipagem e gramática da forma (Apêndice A). Esses registros indicam o interesse de pesquisadores da instituição nas novas tecnologias digitais.

#### 3.2.2.5 Universidade de Brasília - UnB

O contato foi realizado com o diretor da Faculdade de Arquitetura da UnB e a visita às instalações foi realizada em agosto de 2009. O curso de Arquitetura e Urbanismo da UnB era ofertado, naquele momento, somente no turno diurno e foi implantado em 1962. Não havia um projeto pedagógico que definisse diretrizes pedagógicas para o curso. Na página oficial da instituição na *internet* foi possível localizar a escrituração das disciplinas que compõem a estrutura curricular do curso. Existe uma disciplina obrigatória seletiva chamada “Oficina de Maquete” que faz parte da cadeia de “Expressão e Representação”. Essa disciplina sempre tem relação direta de trabalho com a área de estruturas arquitetônicas. Várias disciplinas de projeto de arquitetura exigem a execução de maquetes nas apresentações das fases iniciais de concepção. Não foi identificada uma metodologia específica para o uso desse instrumento. Há experiência na utilização de maquetes nas disciplinas de “Projeto de Arquitetura” integrada a “Técnicas Retrospectivas”. Na visita ao local foi possível conhecer o “Laboratório de Modelos Reduzidos” (Figura 57) com ampla

área de bancadas para montagens, área de uso controlado com máquinas convencionais de marcenaria (serras, lixadeiras e furadeiras), e área para estoque e armazenamento de modelos. A direção informou que a Faculdade está adquirindo máquinas de corte a laser e impressora 3D com a finalidade de implantar setor de prototipagem rápida. Na pesquisa no Banco de Teses apresentada no item 3.1, foram identificadas uma tese e uma dissertação que tiveram como tópico a gramática da forma (Apêndice A). O “Laboratório de Estudos Computacionais em Projeto” desenvolve pesquisa na área da prototipagem rápida e fabricação digital.

Figura 57 – Laboratório de Modelos Reduzidos da FAU/ UnB



Fonte: Fotografado pelo autor.

Figura 58 – Laboratório de Modelos Reduzidos da FAU/ UnB – trabalho de alunos



Fonte: Fotografado pelo autor.

O Laboratório de Modelos Reduzidos da UnB tem um vasto acervo de maquetes de sistemas estruturais de coberturas sempre utilizando como material a madeira balsa (Figura 58 e Figura 59).

Figura 59 – Laboratório de Modelos Reduzidos da FAU/ UnB – trabalho de alunos



Fonte: Fotografado pelo autor.

#### 3.2.2.6 Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

O curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN foi implantado em 1973, está vinculado ao Centro de Tecnologia e funciona em turno diurno. O seu projeto pedagógico foi atualizado em 2007, e nele são formuladas diretrizes específicas para a utilização de maquetes ou modelos geométricos tridimensionais no ensino de Projeto. A única diretriz em relação à utilização de modelos físicos diz respeito às regras para a apresentação do TFG nas quais foi especificada a utilização de “maquetes eventualmente necessárias”. Quanto aos componentes curriculares, na estruturação curricular existe uma disciplina sobre “Maquetes e Protótipos” na qual a abordagem é específica para modelos físicos. A modelagem geométrica 3D é tratada na disciplina Desenho Auxiliado por Computador 02 que está alocada no 5º período do curso. No projeto pedagógico, a disciplina Fundamentos das Estruturas 01, contém em sua ementa referências ao uso de maquetes na sua metodologia de trabalho. A oficina de maquetes existente desde os anos 1970 sofreu um desmonte nos últimos anos, porém, há um esforço coletivo visando a reestruturação do laboratório com a reforma do espaço físico e aquisição de máquinas convencionais. No momento da pesquisa, ano de 2009, estava em andamento um projeto de aquisição de uma cortadora a laser e uma impressora 3D, o que foi efetivado somente no ano de 2011.

### 3.2.2.7 Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

O contato foi feito diretamente com a professora Gabriela Celani, coordenadora do Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção – Lapac. O Lapac é pioneiro na pesquisa sobre prototipagem em cursos de Arquitetura e Urbanismo no Brasil.

O curso de Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP está vinculado à Faculdade de Engenharia Civil, foi implantado em 1999 e funciona em turno noturno. Teve o projeto pedagógico atualizado em 2006 para atendimento das DCN e LDB. No projeto pedagógico vigente constam diretrizes claras quanto a utilização da modelagem geométrica: “Na fase de criação de projeto deve ser intensificado o uso da informática em exercícios de volumetria, com aplicação de modelagem de sólidos e operações booleanas, estimulando o jogo de opções de forma e espaço com os elementos construtivos funcionais e estéticos, facilitando o armazenamento das múltiplas alternativas desenvolvidas para a solução do problema, permitindo a melhor compreensão e conseqüente escolha da proposta que adequadamente atenda aos interesses do projeto”. Na disciplina de Geometria Aplicada à Arquitetura está especificado “Modelagem: Projeto e construção de sólidos”. Existem duas disciplinas específicas: Modelos e Maquetes e Informática Aplicada II. O TFG também tem na sua ementa a orientação para modelos e é nesse momento que os alunos da graduação têm acesso ao LAPAC, ligado à pós-graduação.

A primeira visita ao LAPAC aconteceu em maio de 2009, momento em que foi feito o levantamento que se segue. Em agosto de 2011 foi realizada nova visita com o objetivo de assimilar a dinâmica de utilização dos equipamentos de prototipagem digital por parte de alunos e pesquisadores.

O LAPAC está instalado em um edifício de dois pavimentos localizado próximo ao prédio da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP. No pavimento térreo está localizado o Laboratório de Maquetes e Modelos – LMM (Figura 60), com máquinas convencionais de marcenaria (serras circulares e de fita, lixadeiras e furadeiras de bancada) e uma fresadora CNC. No pavimento superior funciona o LAPAC em dois ambientes. Um deles (Figura 63) está equipado com computadores, equipamentos de projeção e bancadas para aulas expositivas e trabalho dos pesquisadores. No outro ambiente (Figura 61) estão as

máquinas de corte a laser e a impressora 3D. O LAPAC conta ainda com recursos de digitalização 3D.

Dois anos após a sua implantação que ocorreu em 2007, o LAPAC contava com grande acervo de artigos científicos sobre a prototipagem digital. Na página oficial do LAPAC<sup>7</sup> na *internet* é possível acessar a vasta produção de artigos resultado dos trabalhos desenvolvidos no laboratório. O LAPAC é, atualmente, um laboratório de referência para os demais cursos de Arquitetura e Urbanismo do País.

Figura 60 – Laboratório de Maquetes e Modelos (LMM) no pavimento térreo



Fonte: Fotografado pelo autor em 15 de maio de 2009.

Figura 61 – Vista do LMM e mezanino



Fonte: Fotografado pelo autor em 15 de maio de 2009.

---

<sup>7</sup> <http://www.fec.unicamp.br/~lapac/>> Publicações

Figura 62 – Máquinas nas bancadas da maquetaria



Fonte: Fotografado pelo autor em 15 de maio de 2009

Figura 63 – Área para pesquisadores e discentes - mezanino



Fonte: Fotografado pelo autor em 15 de maio de 2009.

Figura 64 – Ambiente das máquinas de prototipagem digital do LAPAC



Fonte: Fotografado pelo autor em 15 de maio de 2009

Figura 65 – Acervo de modelos prototipados no LAPAC



Fonte: Fotografado pelo autor em 15 de maio de 2009.

Na visita realizada em agosto de 2011 já se encontrava em funcionamento a fresadora CNC da MTC Robótica adquirida pelo LAPAC.

Figura 66 – Fresadora CNC do LAPAC



Fonte: Fotografado pelo autor em 1 ago. 2011.

A configuração dos equipamentos instalados e em funcionamento no LAPAC acompanha o nível de laboratórios existentes em Universidades da Europa. Em visita realizada em 2010 a cursos de Arquitetura de Lisboa e Barcelona foi possível verificar em duas Instituições que os laboratórios ali instalados têm máquinas semelhantes às instaladas no LAPAC, conforme descrito no item abaixo.

### 3.2.3 Visita a dois laboratórios de prototipagem na Europa

Complementarmente ao levantamento realizado em cursos de Arquitetura e Urbanismo no Brasil, no anos de 2010 foram realizadas duas visitas a laboratórios

de prototipagem instalados em cursos de arquitetura na Europa, porém não foram analisadas as propostas pedagógicas. A primeira visita técnica foi feita na Universidade Técnica de Lisboa (UTL) e a segunda na *Escola Tècnica Superior d'Arquitectura* da UIC (ESARQ-UIC).

Na Universidade Técnica de Lisboa – UTL há dois programas de Arquitetura, um na Faculdade de Arquitetura da UTL (FA-UTL) e outro no Instituto Superior Técnico – IST, ambos com laboratórios montados pelo professor José Pinto Duarte. A visita ao Laboratório de Prototipagem vinculado à FA-UTL foi realizada no dia 7 de maio de 2010 com o acompanhamento do professor Luís Romão. Na ocasião a instituição se encontrava em transição e o laboratório da faculdade de Arquitetura contava com uma cortadora a laser da marca Universal (Figura 67) semelhante à máquina do LAPAC. Havia previsão de aquisição de impressora 3D ZCorp com tecnologia de pó de gesso, como a utilizada no LAPAC.

Figura 67 – Laboratório de Prototipagem da FA-UTL



Fonte: Fotografado pelo autor em 7 mai. 2010.

A visita ao Laboratório de Maquetes da *Escola Tècnica Superior d'Arquitectura* da UIC (ESARQ-UIC) em Barcelona foi guiada pelo professor Affonso Orciouli e realizada no dia 12 de maio de 2010. Foram visitadas as salas dos ateliês de projeto nas quais a utilização de maquetes é intensa. O acervo das maquetes produzidas fica armazenado em estantes nos próprios ateliês (Figura 68).

Figura 68 – Ateliê de projeto de Arquitetura da ESARQ-UIC



Fonte: Fotografado pelo autor em 12 mai. 2010.

Há um laboratório de maquetes muito bem equipado com máquinas de marcenaria tradicional em quantidade suficiente para utilização dos alunos (Figura 69). Todos os equipamentos do laboratório estão especificados em uma listagem disponibilizada na página do laboratório<sup>8</sup> na *internet*.

Figura 69 – Laboratório de Maquetes da ESARQ-UIC



Fonte: Fotografado pelo autor em 12 mai. 2010.

Os equipamentos de prototipagem rápida e fabricação digital ficam localizados em salas contíguas ao laboratório. A utilização dessas máquinas depende de agendamento e de acompanhamento por professores e laboratoristas.

Estavam disponibilizadas para uso pelos estudantes uma impressora 3D ZCorp Z310 com utilização de pó à base de gesso do mesmo modelo da máquina do LAPAC (Figura 70); uma fresadora CNC (Figura 71); e uma cortadora a laser CO2 PC 10/80.

---

<sup>8</sup> <http://www.uic.es/ca/esarq-recursos#apartat1>

Figura 70 – Impressora 3D do Laboratório de Maquetes da ESARQ-UIC



Fonte: Fotografado pelo autor em 12 mai. 2010.

Figura 71 – Fresadora CNC do Laboratório de Maquetes da ESARQ-UIC



Fonte: Fotografado pelo autor em 12 mai. 2010.

Figura 72 – Máquina de corte a laser CO2 PC 10/80, semelhante à da ESARQ-UIC



Fonte: Disponível em <http://www.perezcamps.com/index.php>. Acesso em: 28 dez. 2012.

A configuração desses dois laboratórios com máquinas semelhantes às utilizadas no LAPAC confirma o grau de excelência do laboratório da FEC/UNICAMP o que o transforma em referência para a montagem de laboratórios de prototipagem digital em cursos de Arquitetura e Urbanismo no Brasil.

### 3.2.4 Análise dos dados levantados nos cursos do Brasil

A amostra analisada revelou-se suficiente para se ter um quadro representativo da forma como as Instituições de Ensino de Arquitetura e Urbanismo estão respondendo aos avanços tecnológicos recentes na área da prototipagem rápida e fabricação digital<sup>9</sup>.

Apesar de ser uma exigência da LDB desde 1996, nem todos os cursos de Arquitetura e Urbanismo têm projeto pedagógico no formato exigido na Lei. Dos oito cursos pesquisados, apenas três tinham o projeto pedagógico formalizado (UFMG, UFRN e UNICAMP). Outros três estavam desenvolvendo processo de construção do projeto pedagógico com mobilização de docentes em comissões

---

<sup>9</sup> Essa investigação forneceu as informações necessárias para a especificação das máquinas de corte a laser UNIVERSAL e de impressão 3D ZCORP que fizeram parte do projeto de Aquisição de Equipamentos de Prototipagem Rápida elaborado pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFRN (PPGAU/UFRN) em 2009, para ser submetido à CAPES em atendimento ao edital nº 11/2009 – Pró-equipamentos Institucional.

constituídas para esse fim (FAU/USP, UnB e UFPE). Como esse documento é exigido pelo MEC nos processos autorizatórios, todos os cursos que passaram por esses processos mais recentemente, obrigatoriamente têm projetos pedagógicos (Apêndice E).

Dos projetos pedagógicos analisados somente o do curso da UNICAMP contém diretriz geral sobre a utilização da representação tridimensional do edifício nos componentes curriculares de Projeto, introduzindo os modelos tridimensionais digitais como um novo meio de representação do objeto arquitetônico. Essa definição no projeto pedagógico é fundamental, pois consolida uma intenção que deve ser refletida na estruturação dos componentes curriculares.

Dos oito cursos, cinco têm algum componente obrigatório ou eletivo específico sobre maquetes físicas, e em seis há Oficina de Maquetes ou similar. Todos têm disciplinas de Informática Aplicada onde são desenvolvidas atividades de modelagem geométrica tridimensional, mas não fica claro se existe integração com o ensino de projeto. Somente no curso da UNICAMP existe um laboratório que incorpora as novas tecnologias para a produção digital de modelos tridimensionais ao processo de ensino da graduação. Cinco instituições iniciaram processo de aquisição de equipamentos visando a montagem de laboratórios de prototipagem rápida. Em apenas duas das instituições há grupos de pesquisa cadastrados na base de dados do CNPq, que investigam aplicações da prototipagem e fabricação digital na Arquitetura e construção: UNB; e UNICAMP<sup>10</sup>.

Mesmo não fazendo parte dos princípios gerais dos projetos pedagógicos, constata-se que muitas das experiências exitosas de utilização de maquetes como ferramenta no ensino são de iniciativa de docentes ou grupos de docentes pesquisadores no sentido de implantar uma metodologia de ensino de projeto com a utilização de maquetes ou modelagem geométrica 3D nas fases iniciais de concepção arquitetural. Como não são decorrentes de intenção pedagógica

---

<sup>10</sup> Grupos de pesquisa cadastrados no CNPq:

1.Arquitetura, processo de projeto e análise digital - MACKENZIE. Li: Wilson Florio, AP: Arquitetura e Urbanismo

2.LEAUD - Grupo de Pesquisa das Linguagens e Expressões da Arquitetura, Urbanismo e Design - UFJF. Li: Frederico Braida Rodrigues de Paula, AP: Arquitetura e Urbanismo

3.LFDC - Laboratório de Fabricação Digital e Customização em Massa - UNB. Li: Neander Furtado Silva, AP: Arquitetura e Urbanismo

4.Projeto, Tectônica e Mídias Digitais - UFPB. Li: Isabel Amalia Medero Rocha, AP: Arquitetura e Urbanismo

5.Teorias e tecnologias contemporâneas aplicadas ao projeto - UNICAMP. Li: Maria Gabriela Caffarena Celani, AP: Arquitetura e Urbanismo

Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil – CNPq. Busca realizada em 15 jan 2013.

institucionalizada no projeto pedagógico, muitas dessas experiências podem se perder com o tempo, devido a afastamento de docentes para capacitação, deslocamento de docentes para outras disciplinas ou para assumir cargos de direção.

Nos depoimentos colhidos pode-se concluir que para a instalação de um laboratório de prototipagem a prioridade deve ser dada para a aquisição da máquina de corte a laser. A operação desse equipamento é de fácil assimilação pelos estudantes e os insumos demandam menos recursos financeiros, daí porque a demanda por sua utilização é maior que a da impressora 3D.

Também foi verificada a falta de integração entre setores que trabalham com a informática aplicada à Arquitetura e Urbanismo e os laboratórios de maquetes.

A predominância da ocorrência da prototipagem na pós-graduação decorre da forma de aquisição dos equipamentos que, devido aos altos custos de aquisição e manutenção, frequentemente se viabilizam através de financiamentos voltados para a qualificação e melhoria dos laboratórios da pós-graduação. Esse não deve ser um fato impeditivo da utilização desses equipamentos pela graduação. Os programas que adotam a política da integração vertical entre graduação e pós-graduação superam essa dificuldade e compartilham equipamentos e conhecimentos.

A análise dos dados levantados também indica que muitos componentes curriculares de Projeto de Arquitetura trabalham com maquetes físicas em suas fases iniciais de concepção, mas ainda impõem restrições ao uso do computador. A modelagem geométrica geralmente é tratada em componentes curriculares de informática aplicada à Arquitetura voltados para a modelagem 3D. Para a inserção de modelos no ensino de projeto de arquitetura faz-se necessário a integração das duas formas de produção de modelos: produção de modelos físicos pelas formas tradicionais e produção de modelos geométricos para a prototipagem de modelos físicos.

## 4 EXPERIMENTANDO A INSERÇÃO DA MODELAGEM NO PROCESSO DE PROJETO

---

Neste capítulo está registrado o processo de experimentação desenvolvido para a construção da base empírica que permitiu a elaboração de conclusões sobre as hipóteses levantadas. Foram realizados três experimentos: o primeiro, no semestre letivo de 2011.1, teve o objetivo de analisar os efeitos da utilização de modelo físico da fração urbana no início do processo de projeto como elemento de análise urbana e de avaliação das propostas preliminares desenvolvidas pelos alunos; no segundo experimento, em 2011.2, modelagem física e geométrica da área de projeto foram executadas simultaneamente para estudo de composição volumétrica em um ciclo envolvendo o modelo físico, o modelo geométrico, o desenho em croqui e a modelagem geométrica novamente; no último experimento realizado em 2012.1, foi acrescentado o processo de prototipagem na fase inicial e final do projeto.

### 4.1 PROCEDIMENTOS

Segundo Serra (2006, p. 185) a pesquisa empírica pode ser do tipo quantitativa ou qualitativa, conforme os dados nos quais ela se baseia. O autor classifica como quantitativa a pesquisa que implica em medição ou contagem e como qualitativa a pesquisa que pressupõe a descrição das características relevantes de um evento com o fim de classificação ou ordenamento de um objeto.

Por se tratar de uma pesquisa com coleta de dados a partir da observação de um evento – processo de projeto em uma determinada atividade acadêmica –, esta investigação recorreu ao registro fotográfico, em vídeo, gravações de áudio e anotações no ambiente do ateliê.

Serra (2006, p. 185) classifica como experimental o tipo de pesquisa que utiliza a coleta de dados em situações ou eventos realizados especialmente para esse fim em ambientes mais ou menos controlados. Nesse sentido essa pesquisa é do tipo experimental pois os dados foram colhidos através de observação em ambiente de ateliê com a proposta de utilização de modelos físicos, modelagem geométrica e prototipagem digital.

A estratégia adotada foi acompanhar o desenvolvimento da disciplina de Projeto de Arquitetura 3 do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN para a qual se programou a execução de modelos físicos, modelagem geométrica tridimensional e a prototipagem digital nos procedimentos adotados. A observação dos atores no desenvolvimento do processo projetual – instrutores e estudantes – e a forma como a modelagem geométrica tridimensional e a prototipagem digital se integravam às fases do processo de projeto praticado foi feita através de registro textual e fotográfico, gravação de vídeos e de áudios.

A análise das experiências foi realizada buscando-se verificar a influência que a utilização de modelo físico, da modelagem geométrica e da prototipagem exerce sobre o desenvolvimento da habilidade de manipular, perceber e representar o objeto tridimensional.

Procurou-se observar o diálogo reflexivo do instrutor com o estudante e os reflexos deste processo sobre as soluções de projeto. Esse diálogo reflexivo envolve a linguagem arquitetônica na qual além da descrição textual e verbal das soluções adotadas, dos comentários verbais do instrutor, dos croquis e esboços produzidos durante a conversação, se inserem a modelagem física, modelagem geométrica e a prototipagem digital como ferramentas facilitadoras desse diálogo reflexivo.

Em uma aula de projeto de Arquitetura realizada em um ateliê, o estudante pode descrever sua proposta a partir de um desenho apresentado em mídia bidimensional (papel ou tela do computador), de um modelo físico ou de um modelo geométrico tridimensional e até de todos esses meios simultaneamente. No processo de análise decorrente desse assessoramento a linguagem utilizada por

instrutor e estudante poderá ser o desenho esboço/croqui no plano, podem ser gerados modelos físicos de estudo, como os “rascunhos tridimensionais” de Rocha (2007), ou podem ser produzidos modelos físicos de estudos a partir da prototipagem digital.

O procedimento metodológico foi desenvolvido de forma progressiva ao longo de três momentos de aplicação. No primeiro momento buscou-se verificar a forma de introdução da modelagem física e da modelagem geométrica em função das fases do projeto.

No segundo momento buscou-se investigar como a modelagem física e a geométrica poderiam ser desenvolvidas simultaneamente e como poderia ser a integração de modelo físico, desenho à mão livre e modelagem geométrica na fase de concepção de um projeto de Arquitetura.

No terceiro experimento agregou-se a prototipagem digital ao processo de projeto com a finalidade de se avaliar em quais momentos essa tecnologia contribuiria para o desenvolvimento da habilidade de manipular, perceber e representar o objeto tridimensional.

## 4.2 UNIVERSO DE APLICAÇÃO

Na coleta dos dados primários utilizou-se como ambiente para a realização dos experimentos o curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN devido à facilidade de acesso no acompanhamento dos componentes curriculares e as limitações de recursos com possíveis deslocamentos.

No início dos anos 1970 no Brasil pouco mais de vinte cursos dessa área estavam em atividade, número esse que dobrou em dez anos e ao final dessa década, o País já contava com mais de quarenta cursos.

Nesse cenário foi criado o Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, em 13 de agosto de 1973 através da Resolução CONSUNI/UFRN nº 58/73, iniciando suas atividades no ano seguinte com a entrada da primeira turma.

A primeira organização curricular, nomeada Currículo A1, era estruturada a partir dos currículos plenos praticados pelos cursos de Arquitetura e Urbanismo da UnB e da UFC, e tinha como diretriz nacional o Currículo Mínimo de 1969

(MEC/CFE, 1969). Antes mesmo do reconhecimento do curso por parte do Ministério da Educação e Cultura que ocorreu em 1979, o curso passou por sua primeira reformulação curricular em 1977, adotando uma nova estrutura curricular, denominada Currículo A2, a qual guardava bastante semelhança com a anterior. No final dos anos 1980 o curso foi submetido a um processo de discussão pedagógica a partir de demandas internas decorrentes principalmente de retenções de alunos por desistência ou por reprovações. Some-se a esses motivos o descontentamento, por parte do corpo docente e dos estudantes, quanto à fragmentação e desagregação do conhecimento, próprias do sistema de créditos adotado no ensino superior do País a partir de meados dos anos 1960 decorrente da reforma educacional imposta pelos acordos MEC-USAID, estabelecidos entre o Ministério da Educação (MEC) e *United States Agency for International Development (USAID)*.

Desse processo de avaliação interna resultou uma proposta curricular que trazia como princípio pedagógico a integração disciplinar. Apesar de seguir o currículo mínimo do MEC para a área de Arquitetura e Urbanismo (MEC/CFE, 1969), o Currículo A3, como foi denominado, trouxe inovações como a retirada de disciplinas obrigatórias de Matemática e Física e o remanejamento desses conteúdos para as disciplinas profissionalizantes que necessitam desses fundamentos. Anos depois esse mesmo mecanismo foi adotado pelas Diretrizes Curriculares Nacionais do MEC fixadas pela Portaria MEC nº 1770/94. A estrutura implantada transformou o curso em um sistema similar ao sistema seriado, pois as disciplinas foram bloqueadas na forma de co-requisitos, tendo como elemento integrador das disciplinas em cada um dos 10 períodos, um enfoque temático específico e progressivo na sua complexidade.

O curso ainda passaria por mais duas reformas curriculares. Uma em 1997 tendo como objetivo ajustar conteúdos, flexibilizar pré e có-requisitos, e atender a entrada em vigor das novas Diretrizes Curriculares Nacionais (MEC, 1994), sem, com isso, alterar seus princípios didáticos.

Em dezembro de 2006 foi aprovado o atual projeto pedagógico – Currículo A5 –, que teve sua implantação iniciada no primeiro semestre letivo de 2007. Nesse projeto pedagógico os conhecimentos de fundamentação e profissionalizantes definidos nas Diretrizes Curriculares Nacionais foram desdobrados em componentes curriculares que podem ser disciplinas na forma

tradicional ou atividades acadêmicas na forma de seminários, visitas técnicas ou viagens de estudos.

O curso está estruturado em dez períodos. A cada semestre letivo, os componentes curriculares trabalham com um enfoque temático comum que norteia o aprendizado. Os enfoques temáticos estão definidos de forma que as disciplinas trabalhem conjuntamente e de forma integrada seus conteúdos horizontalmente, aumentando a sua complexidade na medida em que novos conhecimentos são incorporados a cada período. Os enfoques temáticos propostos no Projeto Pedagógico em vigor são os seguintes: 1º período - Forma e representação; 2º período - Espaço e sociedade; 3º período - Projeto e Tecnologia; 4º período - Meio Ambiente; 5º período - Ambiente Construído; 6º período - Verticalização e Paisagem; 7º período - Patrimônio Histórico; 8º período - Complexidade; 9º período - Demandas Sociais; 10º período - Tema livre (TFG).

A sequência de projeto de arquitetura começa nos dois primeiros períodos com disciplinas introdutórias que têm como objetivos possibilitar ao aluno a apreensão de noções de estética e espacialidade da forma/função/espço na Arquitetura, seus condicionantes e sua dinâmica de transformação, iniciar a aquisição de uma cultura arquitetônica e iniciar o aluno no processo de projeção em Arquitetura. A partir do terceiro período até o oitavo são seis disciplinas de Projeto de Arquitetura com as ementas e objetivos listados no Quadro 7.

Quadro 7 – Ementas e objetivos da sequência de Projeto de Arquitetura do 3º ao 8º períodos

Período	Disciplina	Ementa	Objetivos
3º	Projeto de Arquitetura 01	Conceitos básicos de estrutura e sua relação com forma e função. Compatibilidade entre estrutura e Arquitetura, considerando: lógica, estética e estabilidade. Princípios de flexibilidade, modulação e projeto padrão. Início do uso de metodologia projetual.	Possibilitar ao aluno a integração de conhecimentos e domínio do elemento estrutural como parte integrante do espaço habitado no exercício projetual.
4º	Projeto de Arquitetura 02	A produção arquitetônica e sua inserção no meio ambiente. Condicionantes ambientais relevantes para o projeto: interferências do edifício em seu entorno imediato e desse entorno sobre o edifício. Uso de metodologia projetual para desenvolvimento da proposta.	Fornecer ao estudante os elementos básicos da concepção arquitetônica, sob o ponto de vista da criatividade, acrescentando à forma/função/estrutura do edifício, o respeito ao meio ambiente em que o objeto arquitetônico se insere.

Período	Disciplina	Ementa	Objetivos
5º	Projeto de Arquitetura 03	Consolidação do uso de metodologia projetual. Estudo de sistemas racionalizados aplicados à construção e a Arquitetura. Busca de soluções que reflitam um processo projetual voltado para a economia, a modulação e a aplicação da tecnologia. Avaliação pós-ocupação (APO) como parte do processo de projeção.	Partindo das noções adquiridas nos períodos anteriores, forma/função/estrutura/ambiente, elaborar proposta arquitetônica (nível de anteprojeto), com ênfase para a racionalização da proposta em termos de coordenação modular e metodologia de projeção.
6º	Projeto de Arquitetura 04	Acrescentar ao conhecimento adquirido anteriormente nas disciplinas de projeto, as exigências inerentes à verticalização das edificações e suas especificidades, sobretudo no que se refere à estrutura, as circulações e às instalações prediais. A Arquitetura vertical e sua inserção no contexto urbano.	Desenvolver proposta arquitetônica para uma edificação vertical - nível de anteprojeto. Discutir as implicações desse tipo de intervenção em termos do objeto arquitetônico em si (forma/função/estrutura/ambiente/instalações prediais em geral) para o contexto urbano.
7º	Projeto de Arquitetura 05	Projeto de intervenção em sítios e edifícios históricos. Estudos de readaptação de edificações antigas às novas funções. A história e a Arquitetura, o "revival" e as novas tendências de conservação e restauro.	Dotar o aluno de conhecimentos relativos ao patrimônio histórico, possibilitando a intervenção em edifícios e sítios históricos, conscientes da necessidade de preservar a memória representada pela Arquitetura e o Urbanismo.
8º	Projeto de Arquitetura 06	Projeto de um edifício de grande porte, abrangendo funções que impliquem intenso fluxo de público. Relação da obra com o contexto urbano. Detalhamento, especificações gerenciamento e coordenação de projetos complementares como etapas do processo projetual em Arquitetura.	Durante o processo de projeto, orientar o estudante para a coordenação das variáveis e interfaces que interagem num projeto de grande complexidade, inclusive quanto à sua inserção no meio urbano e no que se refere à preocupação com projetos complementares e especiais.

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do projeto pedagógico do CAU/UFRN.

Para esse estudo exploratório foi selecionada a disciplina Projeto de Arquitetura 03, principalmente pela ênfase definida em seus objetivos: racionalização da proposta em termos de coordenação modular e metodologia de projeção (programa no Anexo A). Esses elementos foram identificados como facilitadores no processo de modelagem geométrica. Também influenciou a escolha, o fato de o responsável pelo componente curricular ser o professor Marcelo Tinoco, orientador desta tese, pela proximidade e facilidade na acomodação do conteúdo programático do curso aos objetivos da pesquisa. O quinto período é um momento de consolidação do uso de metodologia de projeto iniciado no terceiro período, o que

facilita a compreensão por parte dos estudantes da adoção de uma metodologia projetual que utilize a modelagem como ferramenta de concepção. As demais disciplinas do quinto período que participam da integração de conteúdos são: Desenho Auxiliado por Computador 02 (modelagem geométrica); Planejamento e Projeto Urbano e Regional 03 (prática do desenho urbano); Conforto Ambiental 01 (transmissão térmica, radiação solar, fechamentos e aberturas, iluminação natural e eficiência energética); Estruturas 01; Historia e Teoria da Arquitetura e Urbanismo 03 (modernismo – pós-modernismo); Planejamento da Paisagem 01 (conteúdo teórico de paisagismo). O ementário detalhado desses componentes encontra-se disponível no Anexo B.

A cada início de período, o grupo de docentes designados para assumir cada uma das disciplinas se reúne com a participação de representação dos alunos, e define metas, objetivos, objeto de trabalho do período, calendários e o conteúdo do trabalho integrado que cada componente curricular irá contribuir. Embora o projeto pedagógico defina que todos os componentes curriculares de cada período devam trabalhar integradamente, na prática nem sempre isso tem sido viável. No quinto período os componentes curriculares Projeto de Arquitetura 03 (ministrado pelo professor Marcelo Tinoco), Desenho Auxiliado por Computador 02 (sob a responsabilidade do professor Carlos Nome), Planejamento e Projeto Urbano e Regional 03 (com a professora Maria Dulce Bentes Sobrinha) e Conforto Ambiental 01 (ministrada pelo professor Aldomar Pedrini), constituem um núcleo integrador do período e têm conseguido realizar trabalhos integrados com a participação efetiva dos docentes desses componentes. Os demais componentes contribuem de forma indireta com o trabalho integrado.

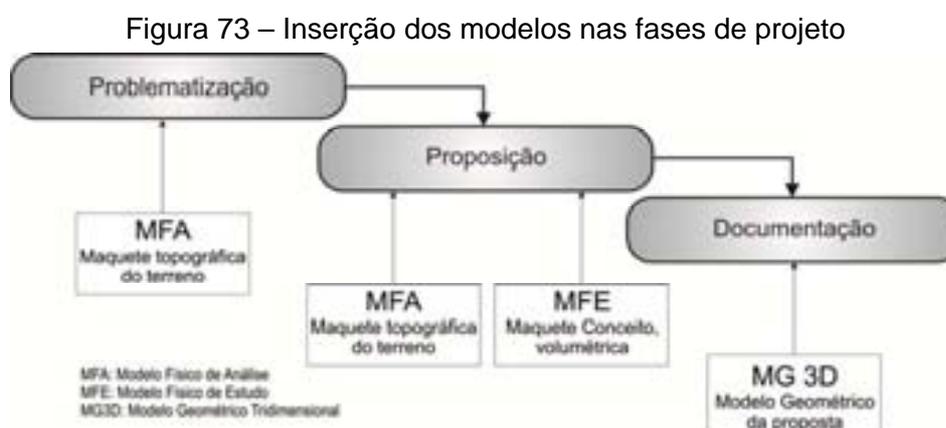
Outra característica peculiar do quinto período é a integração vertical configurada na continuidade no trabalho de intervenção na mesma fração urbana que foi objeto dos levantamentos e estudos desenvolvidos pelos mesmos alunos no trabalho integrado do quarto período, ou seja, no semestre imediatamente anterior. Dessa forma os alunos já iniciam o período com a leitura da morfologia urbana já realizada e o pleno conhecimento da fração urbana que será objeto de intervenção. Uma vez que o diagnóstico da fração urbana já foi construído, as tendências da área, as suas deficiências e carências, o tempo dedicado aos estudos propositivos é ampliado.

#### 4.3 EXPERIÊNCIA I – SEMESTRE 2011.1

No início do primeiro semestre de 2011 a equipe de docentes das disciplinas do 5º período se reuniu para o planejamento do semestre letivo e definiu como área de estudo o eixo de integração da Av. Dr. João Medeiros Filho, no bairro Potengi, Zona Norte de Natal/RN. As características da fração urbana e o diagnóstico resultante dos estudos que os alunos realizaram no semestre anterior evidenciaram a linha férrea que corta o bairro como elemento potencial articulador para as intervenções de projeto na área. Na reunião os professores de Projeto de Arquitetura 03 e de Planejamento e Projeto Urbano e Regional 03, acordaram que a turma deveria trabalhar proposta de melhoria da estação ferroviária existente e adequação do espaço urbano do entorno. O conteúdo programático da disciplina de Projeto de Arquitetura 03 priorizou o lançamento estrutural como princípio estruturante do partido arquitetônico a ser adotado. A turma foi dividida em equipes de dois alunos para o desenvolvimento da disciplina.

A equipe de docentes programou o desenvolvimento dos trabalhos em uma sequência metodológica envolvendo os momentos de análise, síntese, avaliação e comunicação.

O processo de projeto cumpriu uma trajetória dividida em três etapas (Figura 73). Na primeira, **Problematização**, os alunos iniciaram com a visita ao local, definição de um programa de necessidades, estudo de sistemas estruturais, estudo dos condicionantes ambientais e topográficos. Nessa fase foi construído **Modelo Físico de Análise** como instrumento auxiliar.



Fonte: elaborado pelo autor.

Na segunda fase, **Proposição**, foi definido o zoneamento funcional, síntese das propostas iniciais e desenvolvimento do projeto urbano e arquitetônico e os alunos construíram **Modelos Físicos de Estudo** na mesma escala que o **Modelo Físico de Análise** para superposição e avaliação de resultados.

Na terceira e última fase, **Documentação**, foi realizada a apresentação e as propostas foram apresentadas em painéis através do **Modelo Geométrico Tridimensional**.

Seriam adotados os procedimentos seguintes.

Programa de necessidades: cada equipe deveria definir um programa de necessidades compatível com o porte da estação de trem da Zona Norte a partir do estudo de precedentes (pesquisa de precedentes em periódicos e na internet).

Sistema estrutural: levantamento de precedentes com ênfase nos sistemas estruturais utilizados; estudo da aplicação de perfis em estrutura metálica. Pelo fato de a estação estar posicionada longitudinalmente ao longo da ferrovia, a pesquisa foi direcionada para edificações com estrutura metálica e tipologia em fita.

Estudos da máscara de sombras: ainda na fase inicial da concepção foram construídos modelos físicos volumétricos para estudo de insolação no simulador solar (heliodon).

Perfil topográfico: cada equipe deveria produzir cortes no sentido transversal do terreno para a compreensão da declividade do terreno e para o estudo das possibilidades de circulação de veículos e pedestres. Além disso, ficou definido que haveria uma maquete da fração para a análise da topografia e da relação do terminal com o entorno.

Zoneamento: nessa fase seriam realizados estudos para definição dos princípios estruturantes da implantação e do partido da edificação. A maquete da fração seria utilizada com ferramenta de auxílio à compreensão dos impactos no entorno; análise da circulação de veículos e pedestres, dos acessos, dos usos, morfologia e tipologias do entorno.

Apresentação da fase inicial: momento de síntese das propostas iniciais com planos de massa para a ocupação do terreno em estudo.

Seminário de avaliação das propostas iniciais: exposição das propostas das equipes através das maquetes de estudo volumétrico (plano de massa) debate e discussão dos conceitos adotados.

Desenvolvimento da proposta: a partir da avaliação do resultado alcançado na fase inicial e das observações colhidas no seminário de apresentação dos estudos preliminares, cada equipe desenvolveria suas propostas utilizando o recurso de desenho em croqui e modelagem geométrica 3D. Nessa fase a disciplina de Informática Aplicada 02 daria suporte necessário para a utilização do programa Revit da AutoDesk, na modelagem geométrica das propostas.

Apresentação final: cada equipe produziria seis painéis em formato A3 contendo o memorial descritivo do processo de projeto, a descrição do partido, as plantas e cortes em escala, o registro da evolução do partido estrutural, um memorial das diretrizes de conforto ambiental adotadas no projeto, e perspectivas obtidas a partir do modelo geométrico.

#### **4.3.1 Aplicação**

Após visitas à área e definições preliminares, foi produzida uma maquete da fração urbana na escala de 1:250 com a representação da volumetria do entorno e sobre a qual todos os alunos da turma puderam realizar seus estudos e propostas.

##### **4.3.1.1 Primeira fase **Problematização****

O **Modelo Físico de Análise** foi confeccionado a partir do levantamento planialtimétrico. As curvas de níveis foram cortadas manualmente com serra tico-tico em compensado de 4 mm de forma que, na escala, a espessura do material se aproximou de 1,00 m. Como base o levantamento cartográfico foi produzido o modelo geométrico das edificações do entorno utilizando programa CAD. Os volumes modelados em 3D foram planejados com o auxílio do programa PEPAKURA<sup>11</sup>, impressos com impressora jato de tinta em papel kraft e cortados com estilete para montagem (Figura 74).

---

<sup>11</sup> Disponível em <http://www.tamasoft.co.jp/pepakura-en/> acessado em mar. 2011.

Figura 74 – Construção do modelo físico das edificações do entorno



Fonte: Fotografado pelo autor.

Sobre cada curva de nível foi colada a impressão da fotografia aérea em cores na mesma escala de forma a evitar deformações. Com isso ficou registrado na maquete todo sistema viário do entorno assim como a locação das edificações orientando a superposição dos volumes (Figura 75).

Figura 75 – **Modelo Físico de Análise** da área de abrangência do projeto da estação



Fonte: Fotografado pelo autor.

Na fase de análise os alunos realizaram estudos das condicionantes de conforto ambiental para verificar as possibilidades de orientação das propostas. Nesse momento foram utilizados modelos volumétricos posicionados sobre o **Modelo Físico de Análise** no simulador solar (Figura 76). Inicialmente o estudo das propostas foi realizado utilizando-se os recursos de desenho em croqui, simulação com cubos de madeira e maquete volumétrica. A utilização da modelagem física facilitou a compreensão das possibilidades de proteção solar e a orientação mais adequada para as fachadas.

Figura 76 – Verificação de sombreamento



Fonte: Fotografado pelo autor.

#### 4.3.1.2 Segunda fase **Proposição**

Na fase **Proposição** a orientação passada foi a de que as equipes produziram **Modelo Físico de Estudo** (planos de massa) na escala de 1:250, os quais seriam superpostos ao **Modelo Físico de Análise**. O modelo deveria ressaltar principalmente os aspectos formais do sistema estrutural adotado. Nesse sentido os detalhes de configuração dos painéis de fechamentos foram abstraídos (Figura 77 a Figura 76).

Figura 77 – **Modelo Físico de Estudo**: avaliação das soluções adotadas

Fonte: Fotografado pelo autor.

Na simulação da ocupação com **Modelo Físico de Estudo** foi possível avaliar o nível de impacto que a edificação proposta causava na sua relação com o entorno residencial.

Figura 78 – Avaliação das relações espaciais entre o existente e o proposto



Fonte: Fotografado pelo autor.

Figura 79 – **Modelos Físicos de Estudo** abstraindo os detalhes dos fechamentos



Fonte: Fotografado pelo autor.

No seminário de apresentação dos estudos, cada equipe expôs os princípios estruturantes que fundamentam o partido adotado e recebeu críticas e sugestões dos professores do período e dos demais estudantes (Figura 80).

Figura 80 – Seminário de apresentação dos estudos preliminares



Fonte: Fotografado pelo autor.

#### 4.3.1.3 Terceira fase **Documentação**

Na disciplina de Informática Aplicada 02 os alunos receberam treinamento para a utilização do *software* Revit da AutoDesk. As propostas foram então modeladas e todos os ajustes sugeridos foram testados no modelo geométrico. Dessa fase em diante o **Modelo Físico de Estudo** deixou de ser utilizado. Os equipamentos de prototipagem rápida ainda não estavam disponibilizados para serem utilizados pelos alunos. Dessa forma, na fase de apresentação da proposta a experiência priorizou a utilização da modelagem geométrica 3D.

No seminário final da disciplina os grupos apresentaram seus trabalhos em seis painéis, e, dessa forma, foi possível realizar uma exposição dos trabalhos não só para a avaliação final, mas também visando expor para o coletivo do curso os resultados alcançados (Figura 81 a Figura 92). O conteúdo dos painéis foi definido pelos professores responsáveis pelos componentes curriculares que participaram da integração.

Figura 81 – Exemplo 01: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 01



Fonte: Alunas Giulia Macêdo e Patrícia Barbosa.

Figura 82 – Exemplo 01: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 02



Fonte: Alunas Giulia Macêdo e Patrícia Barbosa.

Figura 83 – Exemplo 01: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 03



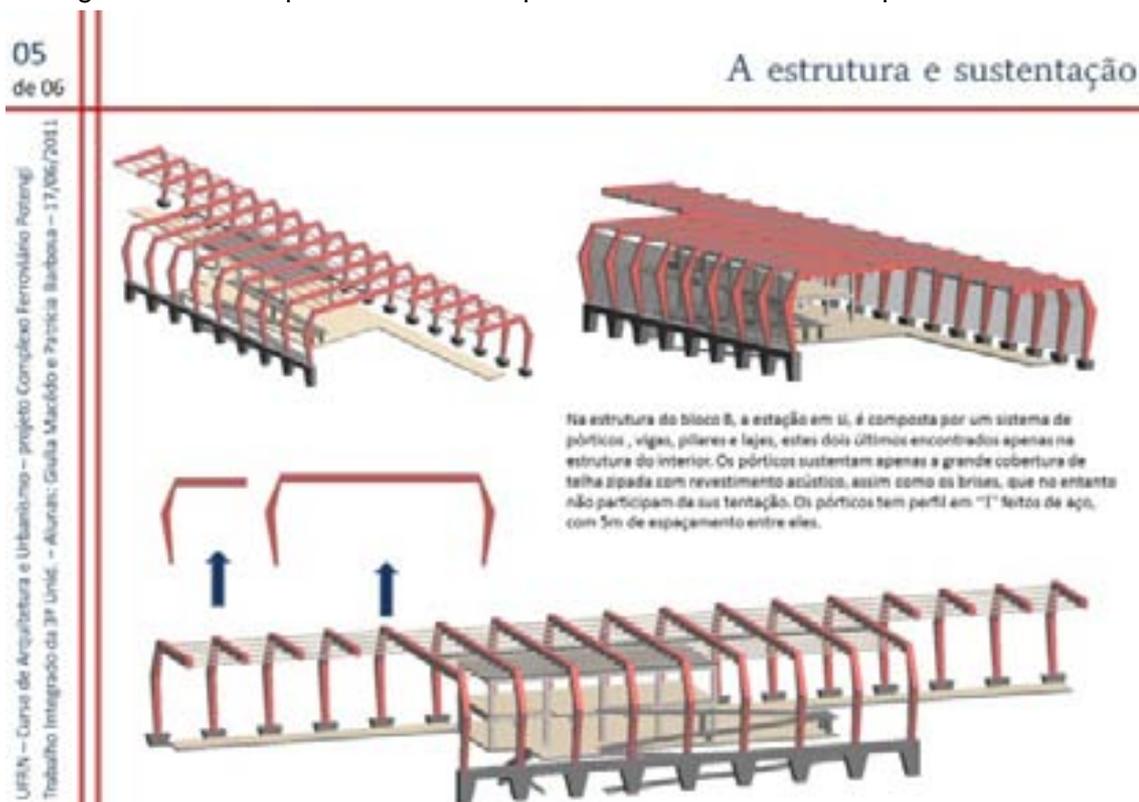
Fonte: Alunas Giulia Macêdo e Patrícia Barbosa.

Figura 84 – Exemplo 01: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 04



Fonte: Alunas Giulia Macêdo e Patrícia Barbosa.

Figura 85 – Exemplo 01: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 05



Fonte: Alunas Giulia Macêdo e Patrícia Barbosa.

Figura 86 – Exemplo 01: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 06



Fonte: Alunas Giulia Macêdo e Patrícia Barbosa.

Figura 87 – Exemplo 02: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 01



Fonte: Alunas Cláudia Salviano e Isadora Nunes.

Figura 88 – Exemplo 02: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 02



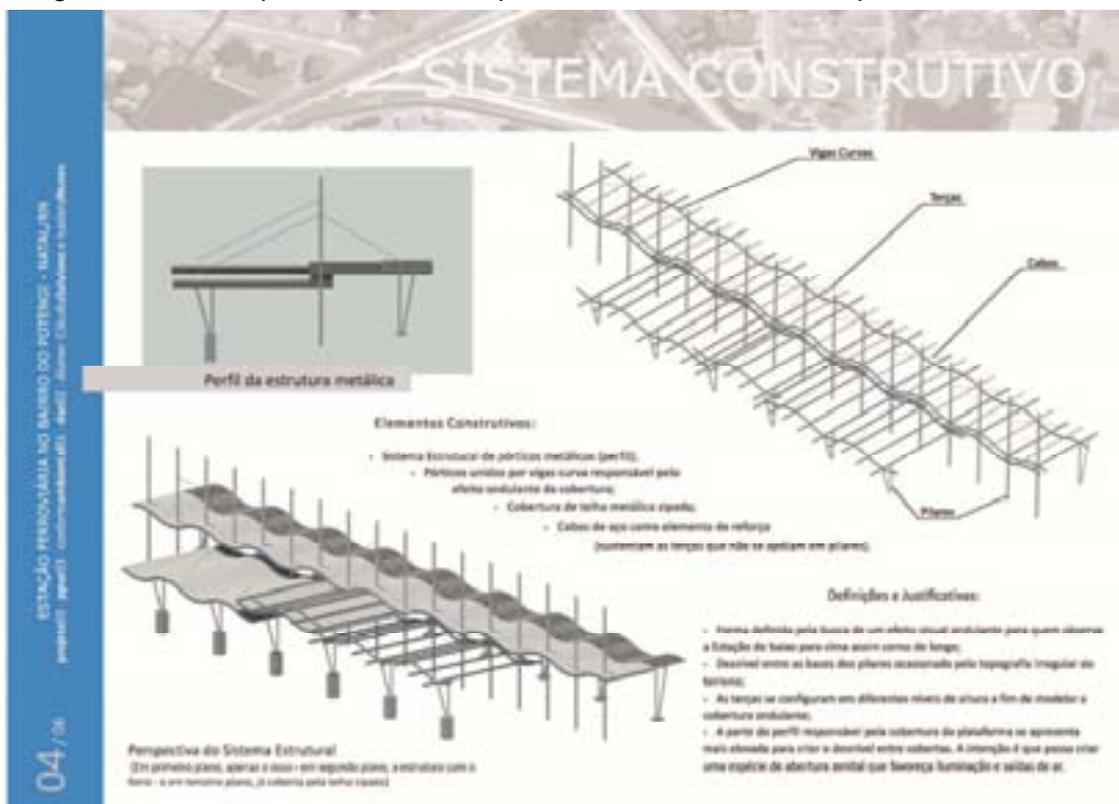
Fonte: Alunas Cláudia Salviano e Isadora Nunes.

Figura 89 – Exemplo 02: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 03



Fonte: Alunas Cláudia Salviao e Isadora Nunes.

Figura 90 – Exemplo 02: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 04



Fonte: Alunas Cláudia Salviao e Isadora Nunes.

Figura 91 – Exemplo 02: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 05

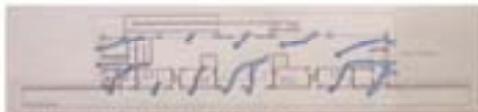
05 / 06

ESTACÃO FERROVIÁRIA NO BAIRRO DO POTÉNGI - MACAUBA  
 arquiteto: Agostinho de Aguiar | arquitetas: Cláudia Salviano e Isadora Nunes

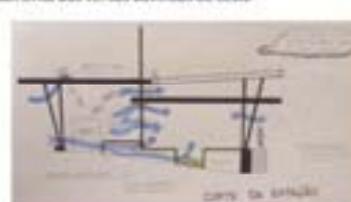
## CONFORTO AMBIENTAL

Considerações sobre o aproveitamento das variáveis ambientais:

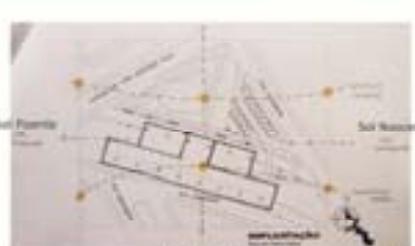
- Adequação do projeto aos princípios do conforto ambiental;
- Conhecimento das coordenadas geográficas ( 5,5° e 48,12°) e a partir disso a carta solar;
- Ventos vindos a Sul, leste e sudoeste;
- Implantação como prédio a duas fachadas: Menores fachadas voltadas para leste e Oeste (menor incidência solar), e maiores para Norte e Sul (menor incidência solar);
- Outras estratégias utilizadas:
  - \* Longas beirais - Proteção das aberturas nas fachadas Norte e sul
  - \* Brises - Proteção das aberturas nas fachadas Leste e Oeste
  - \* Salita de ar e entrada de luz natural
  - \* Grandes aberturas protegidas - Impedem radiação direta e não atrapalham a ventilação
  - \* Modelos ventilados
  - \* Jardins internos



Comportamento dos ventos vindos do Leste



Comportamento dos ventos visto em corte



Carta solar aplicada sobre o terreno

- **Terreno:**
  - \* Para o terreno desnivelado foi adotado como solução um prédio elevado e suportado por pilotes - não reduz a taxa de permeabilidade do terreno e permite a entrada de ventos pelo jardim interno.
- **Em relação a planta baixa:**
  - \* Entrada de maior parte dos ventos pelo brisebrise;
  - \* Inserção nas fachadas Norte e Sul;
  - \* Ventos vindos do sul, fachada norte como saída de ar e sul como entrada;
  - \* Ventos vindos do leste, fachada norte como entrada de ar e sul como saída.
- **Em relação ao corte:**
  - \* Ventos advindos pela plataforma e com alta possibilidade de caminho para seguir aberturas naturais entre coberturas;
  - Entrada para o prédio principal;
  - \* Plaza.

Fonte: Alunas Cláudia Salviano e Isadora Nunes.

Figura 92 – Exemplo 02: Trabalho apresentado ao final da disciplina – Painel 06

06 / 06

ESTACÃO FERROVIÁRIA NO BAIRRO DO POTÉNGI - MACAUBA  
 arquiteto: Agostinho de Aguiar | arquitetas: Cláudia Salviano e Isadora Nunes

## PERSPECTIVAS



Perspectiva geral do edifício principal



Perspectiva externa - Estacionamento



Perspectiva interna - Sala de Espera



Perspectiva interna - Plaza

Fonte: Alunas Cláudia Salviano e Isadora Nunes.

### 4.3.2 Discussão dos resultados da experiência

Ao final dessa experiência foi possível avaliar, através das observações sobre o desempenho dos alunos, que na fase inicial o **Modelo Físico de Análise** auxiliou de forma decisiva para a compreensão do entorno edificado, na leitura e definição do sistema de circulação de pedestres e veículos, e no entendimento da configuração do relevo do terreno e nas definições do partido arquitetônico quanto à orientação, geometria da edificação, utilização de níveis de pisos e acessos e conexões.

Na fase de desenvolvimento o **Modelo Físico de Estudo** foi o instrumento inicial de análise e definição da geometria do perfil estrutural adotado na estação. Depois, a modelagem geométrica auxiliou no desenvolvimento de detalhes de estrutura e fechamentos. A visualização do modelo geométrico no computador e a possibilidade de refinamento da proposta no Revit foram diferenciais que potencializaram o processo de ensino e aprendizagem.

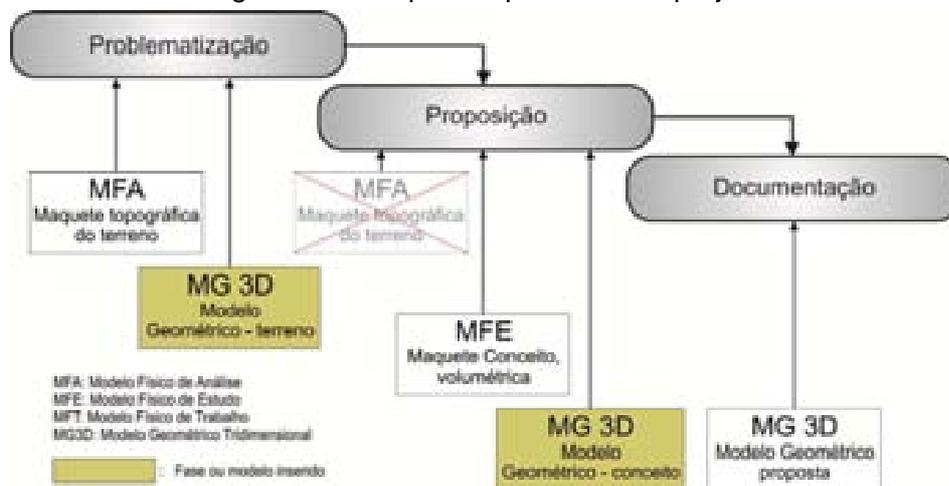
Foram identificados os seguintes pontos a amadurecer para as próximas experiências: os exercícios iniciais com modelagem física precisavam ser estruturados e direcionados para objetivos bem definidos; estudar formas de melhor integrar a sequência de desenhos e modelagens.

## 4.4 EXPERIÊNCIA II – SEMESTRE 2011.2

A partir dos resultados alcançados no semestre anterior e das dificuldades encontradas, os procedimentos foram ajustados à programação do semestre seguinte. Como de praxe, a área de estudo foi a mesma trabalhada no quarto período pela turma que iniciava o quinto período. Nesse caso, a área compreendia o eixo de integração da Av. Capitão-mor Gouveia no bairro de Dix-Sept Rosado em Natal/RN. Na reunião de planejamento do período foi acordado pelos docentes que Projeto de Arquitetura 03 trabalharia em um terreno de propriedade do Município localizado no cruzamento da Av. Coronel Estevam com Av. Jerônimo Câmara, onde já existem alguns equipamentos da área educacional. Essa vocação da área influenciou na definição do tema de projeto. Ficou estabelecido que os alunos, em duplas, desenvolveriam propostas para uma Escola Técnica Profissionalizante.

A inserção da modelagem no início do processo de projeto teve como objetivo explorar a utilização desses recursos em todos os momentos da atividade projetual. As fases do projeto foram mantidas como na experiência anterior: **Problematização**, **Proposição** e **Documentação**. Dessa vez a modelagem geométrica foi inserida ainda na fase de análise, com a execução do modelo do terreno com as informações do levantamento de uso do entorno da área de abrangência da intervenção (Figura 93).

Figura 93 – Etapas do processo de projeto



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na primeira fase, **Problematização**, cada dupla confeccionou um **Modelo Físico de Análise** com a topografia do terreno, utilizando como material o isopor. Ao mesmo tempo, na disciplina de informática aplicada produziram o **Modelo Geométrico 3D** da mesma topografia. Os estudos de referência foram direcionados para a obra do arquiteto João Figueiras Lima (Lelé) na área educacional, e tiveram como foco a modulação e industrialização da estrutura. A definição do programa de necessidades teve como referência a pesquisa de precedentes, a legislação, periódicos e internet.

A fase **Proposição** foi iniciada com exercícios de composição volumétrica com módulos funcionais representados por blocos retangulares modulados de 7,20 m x 7,20 m x 3,00 m sobre o **Modelo Físico de Análise** do terreno. O exercício teve como objetivo um estudo formal e funcional com a exploração de formas de ocupação do terreno a partir de um módulo básico equivalente a uma sala de aulas. O estudo das diversas possibilidades de ocupação e de articulação funcional entre os setores da unidade educacional foi realizado com **Modelo Físico de Estudo** do

tipo volumétrico e conceitual. Os resultados desse estudo de composição foram registrados em forma de croqui e construídos **Modelos Geométricos 3D** ainda como modelos de estudo. Também foram realizados estudos de conforto ambiental com a simulação da insolação no terreno, visando identificar as áreas críticas de insolação e potenciais áreas de sombreamento, para subsidiar as decisões na definição de princípios estruturantes do projeto.

Na fase de **Documentação** a apresentação final foi produzida a partir do **Modelo Geométrico 3D**. Cada equipe produziu seis painéis em formato A3 contendo: memorial descritivo do processo de projeto; descrição do partido; plantas e cortes em escala; evolução do partido estrutural; memorial das diretrizes de conforto ambiental; perspectiva texturizadas do modelo geométrico.

#### 4.4.1 Aplicação

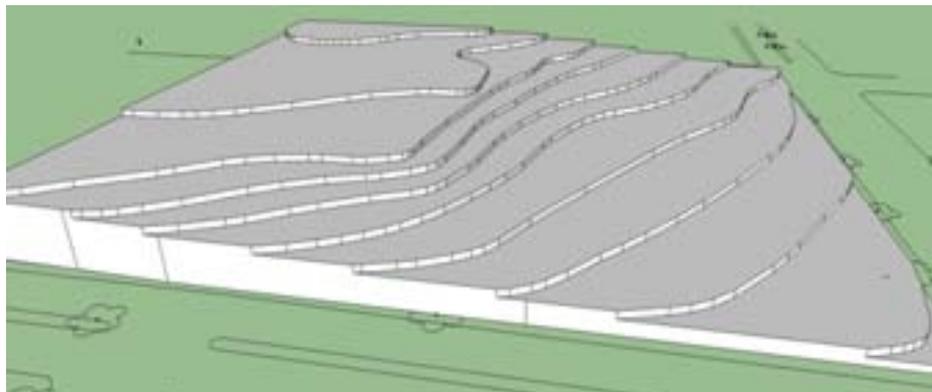
##### 4.4.1.1 Primeira fase **Problematização**

A equipes produziram os **Modelos Físicos de Análise** na escala de 1:200 (Figura 94) em isopor, ao mesmo tempo em que produziram o **Modelo Geométrico** do terreno (Figura 95) representando as curvas de níveis. Nessa fase do projeto os estudantes utilizaram o programa Sketchup para construir o modelo geométrico do terreno. O modelo geométrico e o modelo físico foram desenvolvidos simultaneamente como forma de exercitar no estudante o domínio da espacialidade do terreno. O exercício possibilitou a apreensão da possibilidade do aproveitamento da topografia na distribuição dos espaços e blocos funcionais.

Figura 94 – **Modelo Físico de Análise** do terreno em isopor, na escala de 1:200



Fonte: Fotografado pelo autor.

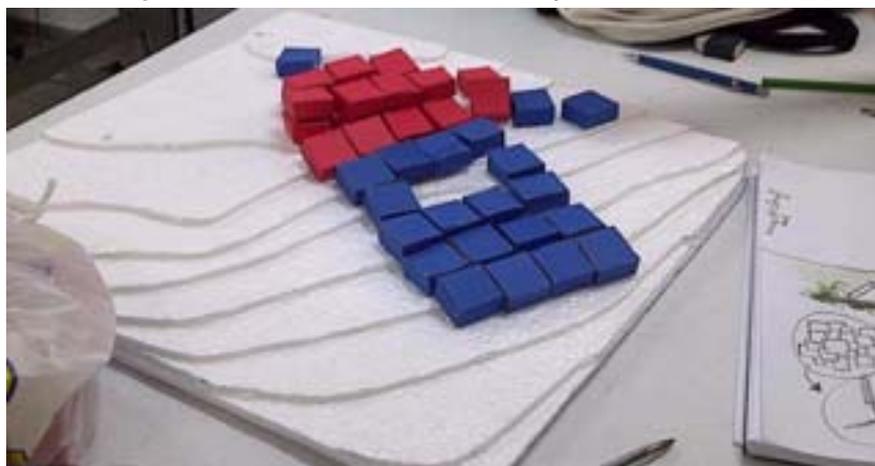
Figura 95 – **Modelo Geométrico** do terreno

Fonte: Aluno Michel C. Lardin.

#### 4.4.1.2 Segunda fase **Proposição**

No processo de projeto os alunos realizaram o exercícios de composição utilizando volumes modulados sobre o **Modelo Físico de Análise** (Figura 96), com o objetivo de definir setores e agrupamentos formais que respondessem às restrições impostas pelo terreno e pelo programa predefinido<sup>12</sup>.

Figura 96 – Exercício de composição com módulos



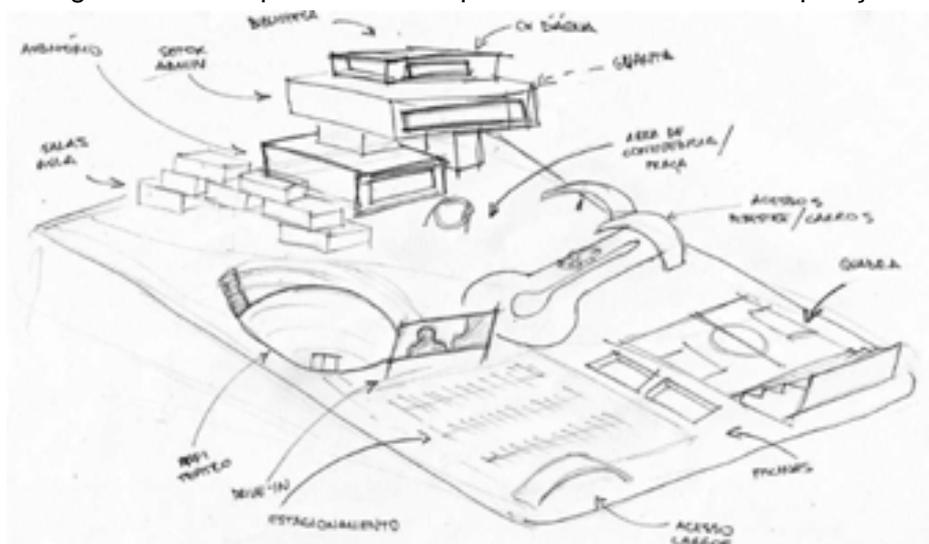
Fonte: Fotografado pelo autor.

As possibilidades de composição foram registradas em forma de croqui à mão livre (Figura 97). A aplicação desse recurso evidenciou nos estudantes a dificuldade da representação à mão livre. Alguns preferiram fotografar com o aparelho celular.

---

<sup>12</sup> Os demais trabalhos dos alunos desta experiência estão registrados no Apêndice F

Figura 97 – Croqui de estudo a partir do exercício de composição



Fonte: Alunos Mariana Lucena e Philippe Pinheiro.

Ainda nessa fase as equipes deveriam modelar os resultados do exercício de composição sobre o modelo geométrico do terreno (Figura 98).

Figura 98 – **Modelo Geométrico 3D** da composição volumétrica sobre o terreno

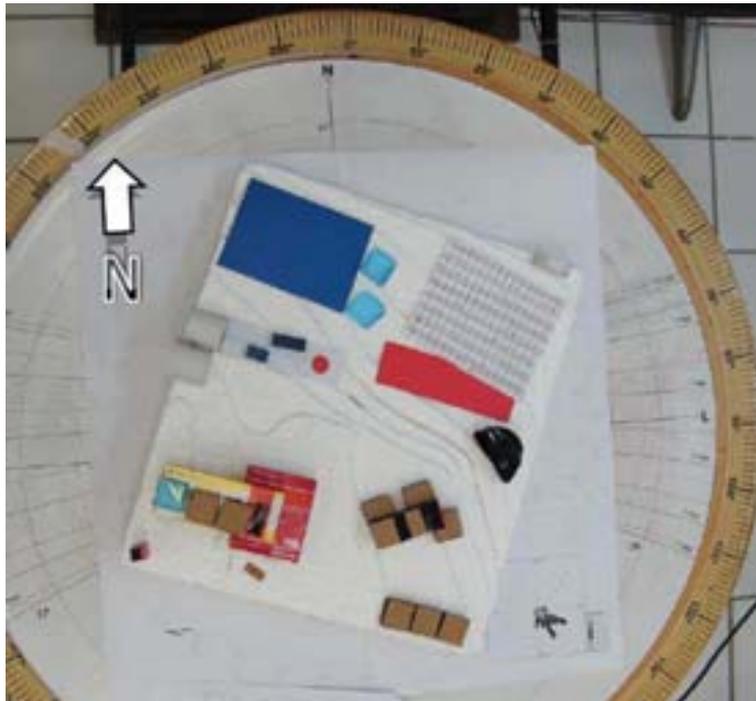


Fonte: Trabalho das alunas Barbara Gondim, Marília Carvalho e Rui do Rosário.

Os modelos físicos de composição volumétrica foram utilizados para o estudo das restrições projetuais relacionadas ao conforto ambiental visando a identificação das potencialidades da área e a adoção de estratégias projetuais que priorizassem a utilização de iluminação e ventilação naturais (Figura 99).

Dentre as estratégias adotadas na grande maioria das propostas observou-se a utilização de elementos permeáveis nas fachadas, elementos que promovem sombreamento, materiais e cores que priorizam o desempenho térmico da edificação e a adoção da disposição dos blocos no terreno considerando a menor incidência direta da insolação.

Figura 99 – Estudo de incidência solar no heliodon



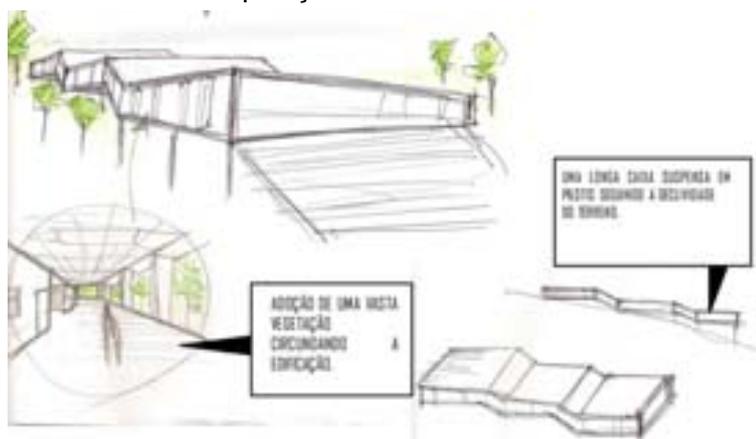
Fonte: Trabalho dos alunos Philippe Pinheiro e Mariana Lucena.

Durante o desenvolvimento da proposta foi possível observar nos diálogos reflexivos no ateliê de projeto que a utilização de **Modelo Físico de Estudo**, desenho em croqui e **Modelo Geométrico 3D** facilitaram a adoção de estratégias projetuais e a tomada de decisões, próprias das fases iniciais do processo de projeto.

Figura 100 – Estudo de composição volumétrica com **Modelo Físico de Estudo**

Fonte: Trabalho dos alunos Ismara Medeiros e Maxwell Osvaldo.

Figura 101 – Estudo de composição volumétrica com desenho feito à mão livre



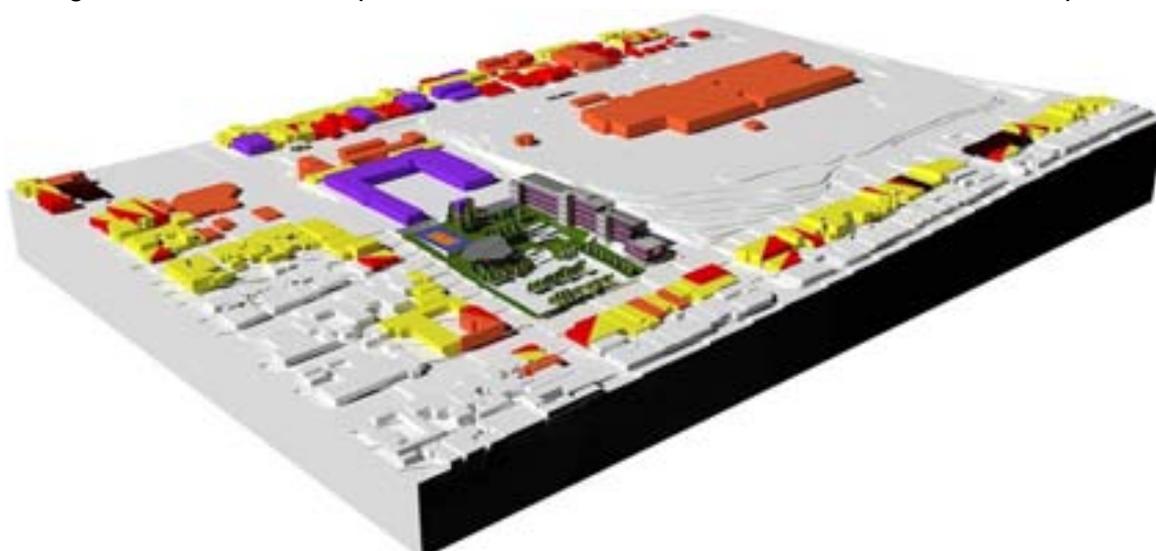
Fonte: Trabalho dos alunos Ismara Medeiros e Maxwell Osvaldo.

Figura 102 – Estudo de plano de massa com **Modelo Geométrico 3D** – exemplo 1



Fonte: Alunos Ismara Medeiros e Maxwell Osvaldo.

Figura 103 – Estudo de plano de massa com **Modelo Geométrico 3D** – exemplo 2



Fonte: Alunos Kelben Ferreira, Lenilson Jonas & Maria Heloísa Alves

#### 4.4.1.3 Terceira fase **Documentação**

Nessa fase a estratégia foi utilizar a **Modelagem Geométrica Tridimensional** no desenvolvimento da proposta inicial. As duplas passaram a desenvolver suas propostas com o programa Revit da Autodesk. Nesse trabalho a integração com a disciplina de informática foi fundamental para o desenvolvimento do domínio da ferramenta computacional na modelagem geométrica da proposta.

Para o seminário final da disciplina foi solicitado que cada dupla produzisse oito painéis em formato A3 com os seguintes assuntos: o projeto do lugar; a área integrada do projeto urbano; o projeto da escola; o sistema estrutural; as diretrizes de conforto ambiental; e perspectivas renderizadas da proposta (Figura 104 e Figura 105).

Figura 104 – Exemplo de painel



Fonte: Trabalho dos alunos Cleyton Santos e Máisa Cortez.

Figura 105 – Exemplo de painel



Fonte: Trabalho dos alunos Ana Luiza Sena e Iran Luiz Souza.

#### 4.4.2 Discussão dos resultados da experiência

Em cada uma das duas experiências iniciais, as equipes trabalharam sobre o mesmo terreno. Na primeira experiência, logo no início do semestre foi produzido um único **Modelo Físico de Estudo** do terreno em uma escala que permitiu representar a morfologia do entorno urbano. Esse modelo serviu de suporte para os estudos iniciais de concepção de todas as equipes.

Na segunda experiência cada equipe produziu um **Modelo Físico de Análise** com a topografia do terreno em isopor e esse modelo facilitou o estudo de composição volumétrica que pôde ser executado simultaneamente por todas as equipes durante a atividade de ateliê integrado.

Verificou-se que o procedimento adotado na primeira experiência, ou seja, representar no **Modelo Físico de Análise** a fração urbana do entorno da área de intervenção, foi mais proveitoso, pois permitiu analisar os impactos que as soluções adotadas causariam no contexto urbano imediato. Na segunda experiência, o **Modelo Físico de Análise** foi restrito ao terreno da intervenção, o que direcionou as

atenções dos estudantes para as relações internas ao terreno. Esse fato foi compensado com o **Modelo Geométrico 3D** do terreno, que ampliou a área modelada para as quadras vizinhas ao terreno de intervenção.

A incorporação dos exercícios de composição volumétrica na fase inicial do projeto a partir da utilização de módulos sobre **Modelo Físico de Análise** do terreno possibilitou a exploração das potencialidades e restrições que a topografia do terreno impunha às soluções a serem adotadas e o estudo das relações funcionais entre setores.

Ao final dessa experiência foi possível avaliar que a sequência **Modelo Físico de Estudo ► croqui ► Modelo Geométrico 3D** enriqueceu o processo de ensino aprendizagem, ampliando o domínio e a compreensão da tridimensionalidade do projeto.

#### 4.5 EXPERIÊNCIA III – SEMESTRE 2012.1

Da mesma forma que nos dois experimentos iniciais realizados nos semestres letivos de 2011.1 e 2011.2, no último experimento realizado no primeiro semestre de 2012 o grupo de docentes se reuniu no início do semestre para o planejamento do período. A turma que iria cursar o quinto período havia realizado no período anterior a leitura urbana do bairro da Redinha, Zona Norte de Natal<sup>13</sup>.

Nessa análise morfológica do bairro havia sido identificado que uma área desocupada lindeira à ponte Newton Navarro tinha potencial para receber equipamentos institucionais para uso coletivo da população da Zona Norte de Natal. Essa área foi, então, escolhida para ser trabalhada por toda a turma.

De acordo com o Plano Diretor de Natal, o bairro da Redinha se localiza em uma “Área de Controle de Gabarito”, ainda sem regulamentação específica, mas com gabarito máximo limitado a 7,5 m. A ocupação da Redinha é caracterizada pelo uso predominantemente residencial, e apresenta em sua maioria edificações de um único pavimento. A ponte Newton Navarro foi construída no ano de 2007 para se constituir como segunda opção de ligação da zona norte de Natal com as demais zonas da capital. Na lateral norte da ponte do lado da Redinha, restou uma área antes integrante de uma Zona de Preservação Ambiental. Essa área tem sua

---

<sup>13</sup> Ver programa da disciplina de Projeto de Arquitetura 3 no Anexo A

topografia predominantemente plana e abriga, na sua porção noroeste uma duna remanescente (Figura 106), caracterizando-se como uma Área de Preservação Permanente – APP. Para intervenções em APP, alguns parâmetros urbanísticos devem ser levados em consideração, para isso foram consultados o Código Florestal, a resolução do CONAMA 369/2006, o Código do Meio Ambiente do Município e o Plano Diretor de Natal.

A área foi dividida em cinco setores de intervenção nos quais quatro alunos, em grupo, trabalhariam conjuntamente o desenho urbano do setor e, subdivididos em duas equipes de dois alunos, desenvolveriam dois projetos de arquitetura de edificações de uso público para esse setor.

Figura 106 – Bairro da Redinha em Natal/RN com área de estudo destacada

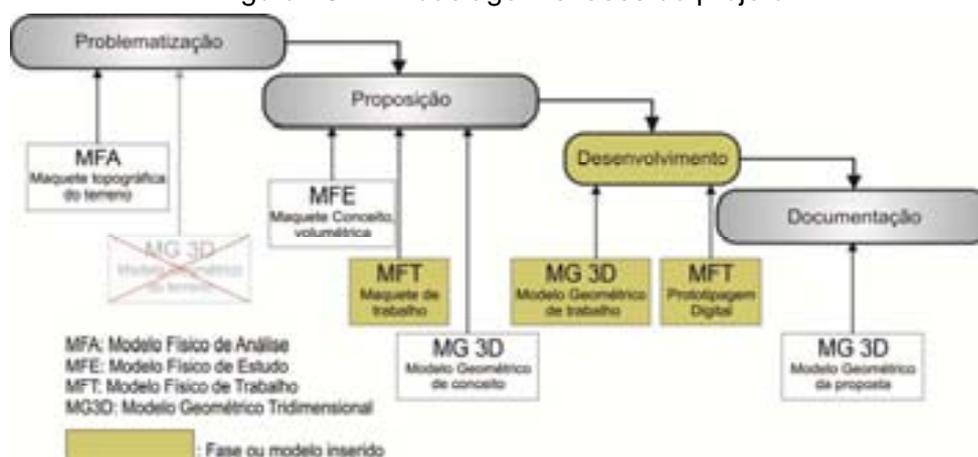


Fonte: Adaptado de Dados cartográficos ©2012 Google, MapLink.

O processo de projeto adotado teve como princípio trabalhar nas várias escalas de intervenção. Os estudos seriam iniciados pela intervenção na fração urbana, seguiriam com a proposta de projeto de edificação e chegaria ao detalhamento de componentes construtivos. Dessa forma seria necessário o esforço coletivo da turma na definição do partido urbanístico único para a área de intervenção, definição do desenho urbano dos setores e delimitação das áreas de ocupação dos equipamentos. Depois, cada equipe seguiria com a definição do partido arquitetônico de cada edificação, a exploração formal das mesmas para chegar ao detalhamento de um componente construtivo. Do todo para as partes.

Nesse experimento adotou-se como procedimento analisar a inserção de modelos tridimensionais no desenvolvimento dos trabalhos dos alunos em quatro momentos das atividades do projeto. Na fase de **Problematização** não foi executado o **Modelo Geométrico** (Figura 107).

Figura 107 – Modelagem e fases do projeto



Fonte: Elaborado pelo Autor.

(1) Na fase de **Problematização** observaram-se as ações iniciais de levantamento de dados e informações para a descrição resumida do problema, a identificação de restrições, a montagem de um programa básico e conceituação das ideias geradoras ou eixos estruturantes. Nessa fase utilizou-se como ferramenta o **Modelo Físico de Análise** com a execução de uma maquete do terreno produzida com o auxílio da máquina de corte a laser. A área selecionada por cada equipe para o projeto das edificações apresentava topografia relativamente plana o que não justificou a execução do **Modelo Geométrico de Análise** do terreno.

(2) Na fase de **Proposição** observou-se a elaboração da proposta e a adoção de soluções durante a evolução da proposta e o desenvolvimento do projeto. Nessa fase foram introduzidos o **Modelo Físico de Estudo**, o **Modelo Físico de Trabalho** e o **Modelo Geométrico 3D**. A necessidade de se aumentar o nível de detalhamento das edificações justificou a execução de uma maquete em escala maior que caracterizou a utilização do MFT.

(3) A fase de **Desenvolvimento** inserida nesse experimento caracterizou-se como uma fase de evolução da proposta com teste e aferição do desempenho das soluções adotadas através do **Modelo Geométrico 3D** e do **Modelo Físico de**

**Trabalho.** Para tanto foi inserida a Prototipagem Digital na produção do Modelo Físico de Trabalho.

(4) Na fase de **Documentação** os alunos produziram a **Modelagem Geométrica Tridimensional** da mesma forma que nos experimentos anteriores.

#### 4.5.1 Aplicação

##### 4.5.1.1 Fase **PROBLEMATIZAÇÃO**

Para a execução dessa fase do trabalho foi confeccionada uma maquete com a representação da topografia do terreno de toda a área de intervenção. O objetivo foi o de familiarizar os alunos com o relevo do terreno e identificar as restrições físicas e ambientais do entorno. Esse **Modelo Físico de Análise** (Figura 108) foi executado na escala de 1:1000 em cartão de um milímetro de espessura e para viabilizar o corte das curvas de nível na cortadora a laser foi preciso dividir a área em partes iguais. Para a configuração da máquina de corte foram utilizados o corte raso e o corte profundo. No corte raso a potência do laser e a velocidade do corte foram determinadas de forma a produzir uma marcação no material sem, no entanto cortá-lo. No corte profundo uma potência maior combinada com velocidade adequada produzem o corte no material. Todo o arruamento e parcelamento do solo existente foram gravados sobre a superfície das curvas usando-se o corte raso.

Figura 108 – **Modelo Físico de Análise** da área de intervenção



Fonte: Fotografado pelo autor.

O **Modelo Físico de Análise** foi levado para a atividade ateliê integrado de Projeto de Arquitetura e Estudos Urbanos juntamente com um mapa impresso na mesma escala do modelo com a proposta de se realizar a leitura urbana da área de abrangência e construir o enunciado do princípio estruturante do partido urbanístico (Figura 109).

O exercício coletivo inicial foi estudar: primeiro a permeabilidade da área, os possíveis eixos de circulação (pedestre, ciclista, automóveis e transporte coletivo) e a hierarquia do sistema de circulação; segundo, estudar o sistema de áreas livres respeitando os condicionantes legais do ponto de vista da ocupação e da preservação, e dos usos permitidos; terceiro, estudar uma proposta de programa de necessidades para a fração tendo como referência as deficiências registradas na análise morfológica da área realizada no semestre anterior. Foram definidos os equipamentos de uso comunitários que deveriam ser projetados para a fração urbana. Cada equipe ficou incumbida de levantar o programa de necessidade de seu equipamento.

Figura 109 – Atividade de ateliê Integrado de Projeto de Arquitetura e Estudos Urbanos



Fonte: Fotografado pelo autor.

A discussão levou em consideração as áreas de ocupação controlada (dunas e faixa de domínio da ponte) e o sistema de circulação do entorno, partindo daí para a definição de eixos principais. Como foi observado pelos docentes que conduziam o ateliê, "da leitura do urbano surge o enunciado do projeto".

A partir do conhecimento acumulado, da leitura do lugar feita na visita à área e tendo ainda como referência o **Modelo Físico de Análise** e o mapa da fração, a turma partiu para a construção do princípio estruturante do partido

urbanístico. A primeira decisão tomada pela turma foi relacionada à definição do sistema viário que resultasse na preservação de espaço apropriados a locação de equipamentos comunitários. Foram executados desenhos em papel fosco sobre o mapa plotado com as primeiras propostas (Figura 110).

Figura 110 – Primeiras análises em croqui a partir da análise no **Modelo Físico de Análise**



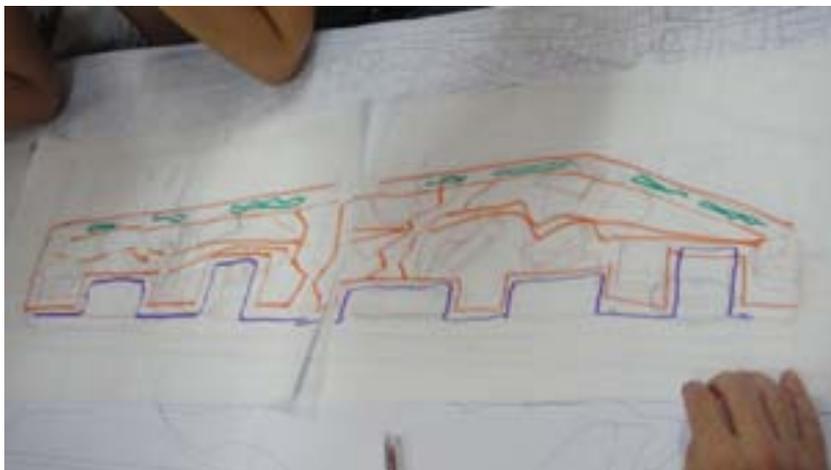
Fonte: Fotografado pelo autor.

As decisões do partido urbanístico foram: circulação periférica que resultasse na preservação de espaço central para ocupação por equipamentos comunitários; ficou definido que haveria uma via de trânsito mais intenso de forma periférica, uma vez que esse era o único uso permitido para a faixa de domínio da ponte; acompanhando todo o limite nordeste da área de estudo seria implantada uma via de circulação local integrada ao sistema viário já existente; criação de bolsões de estacionamento lindeiros à via de circulação de veículos a serem definidos em sintonia com a ocupação dos setores; tratada como área de preservação, a área remanescente de dunas iria incorporar parte dos terrenos vazios da circunvizinhança e sua ocupação seria prioritariamente por praças, vias de pedestre, ciclovias e trilhas para caminhada; a extremidade noroeste, próxima ao girador de chegada da ponte, deverá receber tratamento de desenho urbano de forma a se tornar uma área de convívio com praças e trilhas para caminhada.

A análise avançou na definição das primeiras ideias de ocupação com o registro em croqui de planos de massa. A cada croqui desenhado, os alunos faziam comentários com a observação do professor orientador. O processo de diálogo reflexivo foi rico e revelou que os estudantes já dominavam parte do repertório da linguagem arquitetônica usada pelo instrutor.

Após uma primeira rodada de registro de ideias, houve um rearranjo da das propostas baseado nos princípios estruturantes definidos coletivamente.

Figura 111 – Croqui do partido urbanístico em estudo



Fonte: Fotografado pelo autor.

As avaliações sobre as propostas apresentadas sempre foram seguidas de rearranjo da proposta, de forma a se reformular e redefinir o enunciado do princípio estruturante, fundamentando o partido urbanístico a ser adotado por toda a turma (Figura 111). Esse processo reafirma a negociação referida por Lawson (2011, p. 55) entre problema e solução mediada por um ciclo constante das atividades de análise, síntese e avaliação.

A confecção do **Modelo Físico de Análise** do terreno, utilizando o corte a laser iniciou-se com a manipulação do arquivo digital do levantamento topográfico da área. A preparação das curvas de nível para o corte exigiu do estudante o desenvolvimento do domínio do raciocínio tridimensional. A utilização do modelo nessa fase foi muito proveitosa porque facilitou o diálogo reflexivo nas orientações do professor com os estudantes, facilitou o domínio da tridimensionalidade do espaço de intervenção, principalmente quanto ao relevo do terreno, e auxiliou na leitura da permeabilidade da área e das possibilidades de circulação. Um grupo de compatibilização de setores foi formado com um representante de cada equipe. Esse grupo ficou encarregado de transferir para o modelo geométrico do terreno as definições de desenho urbano que já haviam sido acordadas, quanto à circulação e áreas de ocupação.

#### 4.5.1.2 Fase **PROPOSIÇÃO**

Essa fase se caracterizou pela exploração de soluções de projeto com a utilização de **Modelos Físicos de Estudo** produzidos manualmente com a intenção de se verificar o potencial desse modelo auxiliar a exploração de soluções formais na fase inicial de um projeto de Arquitetura, **Modelos Físicos de Trabalho** também feitos de forma manual como desenvolvimento da proposta de projeto, e a **Modelagem Geométrica** da proposta ainda em fase de desenvolvimento.

Nesse momento os estudantes buscaram soluções formais para as restrições projetuais impostas, segundo Lawson (2011, p. 106), por:

- legisladores, através da legislação municipal – Plano Diretor de Natal e Código de Obras e Edificações do Município de Natal – assim como por instrumentos regulatórios de âmbito estadual e nacional da área ambiental<sup>14</sup>;
- usuários e clientes, que no caso, foram simulados por alunos e professores para a construção do programa de necessidades do espaço urbano e de cada edificação isoladamente;
- projetista, o aluno, que define de início suas intenções e restrições de projeto de acordo com o seu repertório, suas crenças e preferências.

Foi proposto aos alunos recortar em cartolina a projeção da área destinada a suas edificações na escala de 1:500. Sobre duas pranchetas foram fixados os mapas da área de intervenção nas escalas de 1:100 e 1:500.

O projeto urbano da área foi desenvolvido nessa fase do processo através de desenho à mão livre sobre o mapa da área, plotado na escala de 1:1000. Houve um contínuo processo de negociação entre as equipes responsáveis por cada um dos cinco setores. Dessa forma o desenvolvimento do projeto em ateliê foi fundamental para a integração das partes. Cada grupo trouxe sua proposta de implantação do setor desenhada em papel transparente. As propostas foram fixadas sobre o mapa base da área e, após a montagem de toda a área, a turma passou à análise das propostas identificando os elementos que poderiam propiciar a unidade do conjunto.

Na montagem das propostas foram identificados conflitos nos limites entre setores. A turma verificou a necessidade de se trabalhar formas de integrar os

---

<sup>14</sup> Plano Diretor de Natal; Código de Obras e Edificações do Município de Natal; Código Florestal (Lei 4771/65 – Art. 2º e 3º); Resolução CONAMA nº 303/2002; Resolução CONAMA nº 341/2003; Resolução CONAMA nº 369/2006; Código de Meio Ambiente do Município (Lei 4100/1992 – Art. 55º).

setores com elementos que conduzissem à integração da área de intervenção como um todo, como uma unidade, como uma área comum a todos.

Durante algumas semanas o processo se repetiu, constituindo um ciclo que se iniciou com croquis dos eixos estruturantes sobre os mapas, daí para a definição de setores, desenho no mapa de áreas de ocupação e de circulação, definição das manchas de projeções das edificações ainda em planos, estudo de planos de massa com **Modelo Físico de Estudo** (Figura 112), desenvolvimento dos estudos das edificações em maquetes de conceito, maquetes volumétricas, avaliação de resultados, croqui de alterações, **Modelos Físicos de Trabalho** produzidos à mão, avaliação de resultados, novos croquis com novas alterações e **Modelagem Geométrica Tridimensional**.

Figura 112 – Estudo de planos de massa – volumetria das edificações



Fonte: Fotografado pelo autor.

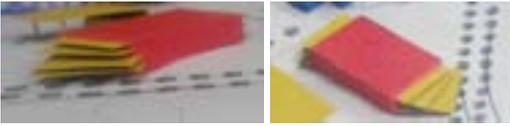
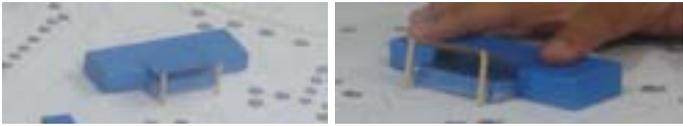
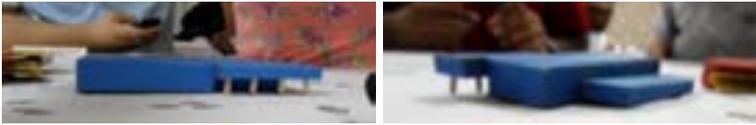
Para os estudos preliminares das edificações a orientação geral do instrutor foi voltar as atenções para: o conceito geral adotado e as referências utilizadas no partido arquitetônico; a questão funcional; os aspectos de conforto ambiental (ventilação natural e proteção solar); a definição dos materiais e sistemas construtivos; os estudos de evolução da volumetria.

Os conceitos utilizados no partido arquitetônico das edificações deveriam priorizar a continuidade visual interior/externo, a valorização da paisagem a modulação e a interação com o espaço urbano.

Foi observado nesse momento que, apesar de haver a disponibilidade da cortadora a laser, os estudantes optaram por construir os **Modelos Físicos de Estudo** de forma manual, por considerarem que seria mais rápido, pois para o corte

a laser seria necessário primeiro modelar geometricamente as propostas iniciais que ainda estavam em fase de elaboração e exploração formal (Figura 113).

Figura 113 – **Modelo Físico de Estudo** na fase de **Proposição**

Proposição: Modelo Físico	
Museu do Mangue	
Terminal Turístico	
Centro Gastronômico	
Museu da Cultura Nordestina	
Centro Comercial	
Mercado Público	
Central do Cidadão	
Sub-Prefeitura	
Clube 3ª Idade	
Escola Ambiental	

Fonte: Trabalhos dos estudantes do quinto período 2012.1

Para a execução desse estudo os estudantes deveriam confeccionar modelos físicos de planos dos massa que seriam discutidos conjuntamente na atividade de ateliê integrado de projeto, estudos urbanos, conforto ambiental e informática aplicada.

O modelo físico feito à mão (Figura 113) respondeu bem à necessidade de agilidade nas ações projetuais do ciclo *análise ► síntese ► avaliação* que, segundo Lawson (2011, p. 55) são próprias da negociação que se desenvolve no processo de projeto entre problema e solução.

O **Modelo Físico de Estudo** evoluiu e pôde ser modificado rapidamente. Nesse momento do processo de concepção os alunos ainda não haviam produzido o modelo geométrico de suas propostas e o projeto evoluiu com modelos físicos feitos à mão, sem auxílio de prototipagem para o registro em croqui.

Para o exercício seguinte foi proposto que fossem produzidos **Modelos Físicos de Trabalho** das edificações na escala de 1:250 que seriam superpostos ao desenho urbano de cada setor e agrupados, todos os setores, sobre o mapa da área impresso na mesma escala de 1:250, saindo da escala da fração urbana para o setor urbano de cada edificação. Esse exercício teve como finalidade a avaliação das alterações propostas para as edificações na fase anterior, a análise das possibilidades de acessos às edificações levando em consideração o estudo da relação público x semipúblico x privado. As propostas foram justapostas e as maquetes volumétricas posicionadas. Deu-se início ao processo de reflexão na ação no qual instrutor e estudantes realizaram análise crítica e buscaram soluções para os novos problemas detectados.

Nesse momento do processo de projeto foi possível identificar claramente as operações projetuais presentes na evolução da proposta (MITCHELL, 2008, p. 68). Um exemplo claro de “nó” dessa árvore de decisões foi quando o conjunto de estudantes se deparou com uma situação de ter optar entre uma via de pedestre ou via de circulação local de veículos que existiria entre os equipamentos propostos e as residências existentes. Várias opções foram tentadas durante o processo de orientação no ateliê, no diálogo reflexivo estabelecido entre professores e alunos. Cada uma das opções levaria a outros problemas de adequação e compatibilização dessa solução com as demais soluções já adotadas na proposta. A decisão foi pela via de pedestre que causaria menos impacto nas residências da vizinhança. Essa exploração do problema-projeto, evolução a cada decisão projetual, confirma que o

conhecimento e domínio do problema projetual evolui com a solução, como afirma Lawson (2011), ou como afirmam Maher, Poon e Boulanger (1996), houve uma “coevolução” de problemas e soluções (Figura 114).

Figura 114 – Evolução das propostas em **Modelo Físico de Trabalho**

<b>Proposição: Desenvolvimento com Modelo Físico de Trabalho</b>	
Museu do Mangue	
Terminal Turístico	
Centro Gastronômico	
Museu da Cultura Nordestina	
Centro Comercial	
Mercado Público	
Central do Cidadão	
Sub-Prefeitura	
Clube 3ª Idade	
Escola Ambiental	

Fonte: Trabalhos dos estudantes do quinto período 2012.1

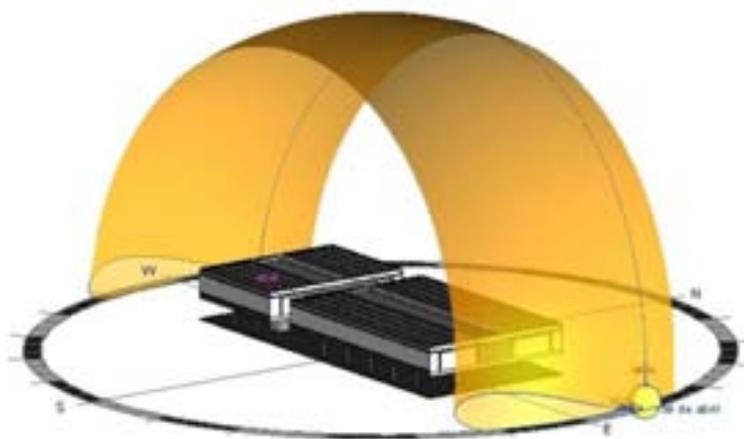
Após a conclusão da fase de **Proposição**, os alunos iniciaram a **Modelagem Geométrica Tridimensional** da proposta das edificações e do desenho urbano.

#### 4.5.1.3 Fase **DESENVOLVIMENTO**

Na fase de **Desenvolvimento** procurou-se aferir a potencialidade da prototipagem digital como ferramenta facilitadora do processo de ensino em curso. Foi solicitado aos estudantes que no **Modelo Geométrico 3D** das edificações fosse detalhado um componente construtivo da edificação que tivesse a função de proteção solar. Esse componente deveria ser dimensionado com a assessoria da disciplina Conforto Ambiental, avaliado através de simulações numéricas. Depois seria confeccionado o modelo físico com a utilização da cortadora a laser para avaliação de desempenho quanto à proteção solar no heliodon.

A simulação da eficiência da estratégia de conforto ambiental adotada para a proteção solar foi realizada no *software* Revit Architecture 2012, usado na modelagem geométrica. Esse procedimento pode ser realizado logo após a primeira modelagem geométrica nos momentos iniciais da concepção da forma e tem a finalidade de melhorar a qualidade das informações usadas nas tomadas de decisões (Figura 115).

Figura 115 – Simulação da trajetória solar sobre o **Modelo Geométrico 3D**



Fonte: Trabalho dos estudantes André Alves e Guilherme Carvalho.

No processo de prototipagem digital foi utilizada a cortadora a laser Universal do LABMAQ e foi definido que fosse utilizado preferencialmente o papelão de sapateiro com 2 milímetros de espessura, também conhecido como papel Paraná. Percebeu-se que nessa fase de produção do **Modelo Físico de Trabalho** os estudantes sentiram um estímulo adicional. Para a produção das maquetes a partir do modelo geométrico com a utilização da máquina de corte a laser, os estudantes preparam os arquivos com os planos de cortes.

Figura 116 – Corte das peças do **Modelo Físico de Trabalho** de uma das equipes



Fonte: Fotografado pelo autor.

Por se tratar do detalhamento de um componente construtivo e para facilitar o processo de análise no heliodon, a escala definida para o **Modelo Físico de Trabalho** foi 1:20. Devido à limitação das dimensões de corte, cada equipe selecionou parte da edificação projetada para preparar o modelo geométrico a ser trabalhado. O modelo foi exportado para o AutoCAD 2012 e planejado para corte e gravação na cortadora a laser (Figura 116).

Cada estudante ficou responsável pelo corte e montagem do seu próprio **Modelo Físico de Trabalho** com o assessoramento do pessoal do Laboratório de Maquetes e Protótipos (Figura 117).

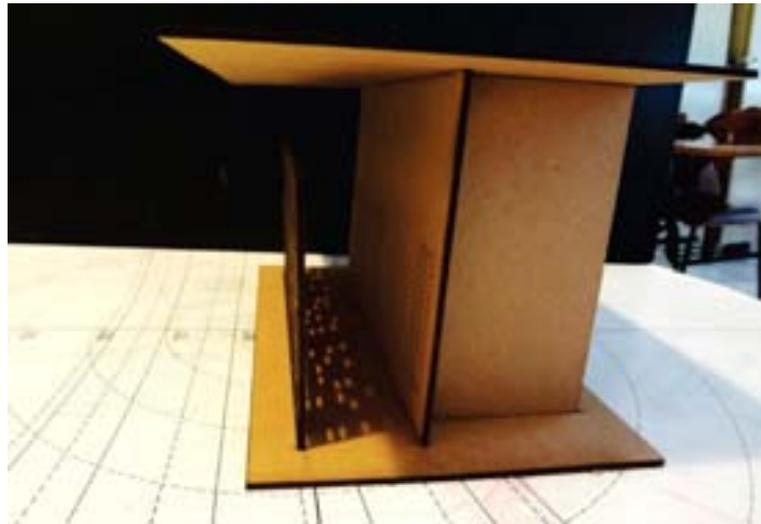
Figura 117 – **Modelo Físico de Trabalho** utilizado na avaliação de desempenho

Desenvolvimento – Prototipagem Digital	
Museu do Mangue	
Terminal Turístico	
Centro Gastronômico	
Museu da Cultura Nordestina	
Centro Comercial	
Mercado Público	
Central do Cidadão	
Sub-Prefeitura	
Clube 3ª Idade	
Escola Ambiental	

Fonte: Trabalhos dos estudantes do quinto período 2012.1

Os **Modelos Físicos de Trabalhos** montados a partir do corte a laser foram levados para o Laboratório de Conforto Ambiental e submetidos à simulação de insolação para avaliação no heliodon do desempenho dos dispositivos projetados (Figura 118). Os resultados obtidos foram comparados com os dados obtidos com a simulação feita a partir do **Modelo Geométrico 3D** no Revit.

Figura 118 – **Modelo Físico de Trabalho** no heliodon



Fonte: Trabalho das alunas Karine Lucena e Luciana Alves.

A padronização da escala de prototipagem em 1:20, em alguns casos, resultou em Modelo Físico com dimensões acima da capacidade do heliodon (Figura 119), o que dificultou a análise do resultado alcançado com o dispositivo de proteção solar.

Figura 119 – **Modelo Físico de Trabalho** no heliodon



Fonte: Trabalho dos alunos Théo Varela e Heloisa Solino.

#### 4.5.1.4 Fase **DOCUMENTAÇÃO**

Nessa fase foi priorizada a **Modelagem Geométrica Tridimensional** com a finalidade de se verificar a capacidade dessa ferramenta auxiliar o processo de ensino e aprendizagem. As equipes desenvolveram o projeto das edificações no programa Revit da Autodesk. Nesse momento do desenvolvimento do trabalho os estudantes já estavam utilizando o programa na disciplina de Informática Aplicada à Arquitetura. Com a orientação do professor desse componente curricular os estudantes puderam iniciar a modelagem geométrica diretamente no Revit, com todas as dificuldades próprias da adaptação a um novo programa de computador que utiliza uma lógica bem diferente da que eles estavam acostumados no AutoCAD ou no SketchUp. O **Modelo Geométrico 3D** passou a ser o instrumento principal das orientações em ateliê. Os alunos traziam seus microcomputadores com os trabalhos para o ateliê e sobre perspectivas, projeções horizontais e verticais se desenvolviam os diálogos reflexivos. Alguns estudantes traziam suas propostas impressas em papel, sobre as quais era utilizada a linguagem do croqui e desenvolvida a orientação. O ciclo *modelo físico ► croqui ► modelagem geométrica ► croqui* foi constantemente utilizado.

Com o procedimento adotado foi observado que os estudantes conseguiam muito rapidamente dominar o repertório de soluções apresentadas pelo professor e ampliar o seu próprio repertório de soluções arquitetônicas.

Para a apresentação final do semestre cada equipe deveria entregar oito painéis. Os três primeiros seriam produzidos pelo grupo de quatro alunos, responsável por cada um dos cinco setores e traria os conteúdos relacionados às diretrizes da disciplina de estudos urbanos: a análise urbana da área de intervenção e a proposta de desenho urbano para as áreas comuns de proteção permanente (dunas) e circulação de pedestre. Cada dupla desse grupo apresentaria mais cinco painéis com a sua proposta de edificação e de agenciamento do entorno imediato. Esses cinco painéis deveriam conter: a representação gráfica da implantação da edificação no seu entorno imediato; as peças gráficas dos planos verticais e horizontais (plantas, cortes e fachadas); um painel com as diretrizes, simulações e detalhes das soluções de conforto ambiental; um painel com perspectivas texturizadas do modelo geométrico (Figura 120); e um painel com fotos do modelo físico produzido com prototipagem.

Figura 120 – **Modelo Geométrico 3D** apresentados ao final do semestre

Apresentação dos modelos geométricos	
Museu do Mangue	
Terminal Turístico	
Centro Gastronômico	
Museu da Cultura Nordestina	
Centro Comercial	
Mercado Público	
Central do Cidadão	
Sub-Prefeitura	
Clube 3ª Idade	
Escola Ambiental	

Fonte: Trabalhos dos estudantes do quinto período 2012.1

#### 4.5.2 Discussão dos resultados da Experiência

Ao final do experimento foi possível registrar alguns indicativos para a construção de uma proposta de experimentos futuros. A confecção do Modelo Físico de Análise com a topografia do terreno no início do semestre deve envolver a participação dos estudantes. Acredita-se que o treinamento necessário para a utilização da cortadora a laser nesse momento inicial, potencializa o comprometimento coletivo com a produção do modelo físico e revela as possibilidades que a técnica oferece para o corte de planos. Houve a intenção de se inserir nesse modelo os volumes das edificações do entorno do terreno, impressos em pó de gesso, porém não foi possível utilizar a impressora 3D ZCorp adquirida pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFRN. Apesar de já instalada, ainda não havia sido realizado o treinamento contratado junto ao fornecedor do equipamento para a operação da impressora.

No processo de análise próprio da primeira fase de projeto, a associação do Modelo Físico de Análise com o mapa da área impresso na mesma escala e com fotografias aéreas mostrou-se muito produtivo e facilitou a percepção e compreensão da tridimensionalidade do espaço a ser utilizado pelo projeto.

O processo de projeto partiu da escala urbana, estudando as possibilidades de utilização da área do ponto de vista ambiental e analisando as relações de mobilidade, permeabilidade e fluidez do ponto de vista da circulação do pedestre, do ciclista e do automóvel. Transitou pela escala dos setores analisando as relações de vizinhança, contiguidade, interrupção e continuidade. No nível da edificação trabalhou com conceitos antagônicos: aberto e fechado (relação de comunicação, acesso, permeabilidade); transparente e opaco (relação visual interior exterior); vertical e horizontal (volumetria); linear e compacto (volumetria); prismático e cônico (volumetria); reta e curva (volumetria). E chegou ao nível do detalhe trabalhando o elemento construtivo e de proteção solar.

O Modelo Físico de Estudo foi trabalhado sobre o mapa da área em escala diferente da maquete do terreno. Verificou-se que nos experimentos anteriores quando o Modelo Físico de Estudo foi executado na mesma escala do Modelo Físico de Análise, os estudantes perceberam com mais facilidade as relações entre a volumetria da proposta com o desnível do terreno, e com a

volumetria das edificações do entorno. Sempre que o tema e as dimensões da área de intervenção permitirem, essa uniformidade de escalas deverá ser mantida.

Um Modelo Físico de Trabalho foi construído ainda na fase de **Proposição** como parte do desenvolvimento do projeto. Os alunos optaram por construir esses modelos manualmente, embora houvesse a possibilidade de utilização da cortadora a laser. Avalia-se que a não participação efetiva de toda a turma na construção do Modelo Físico de Análise atrasou a sensibilização dos estudantes quanto aos recursos disponibilizados por essa tecnologia.

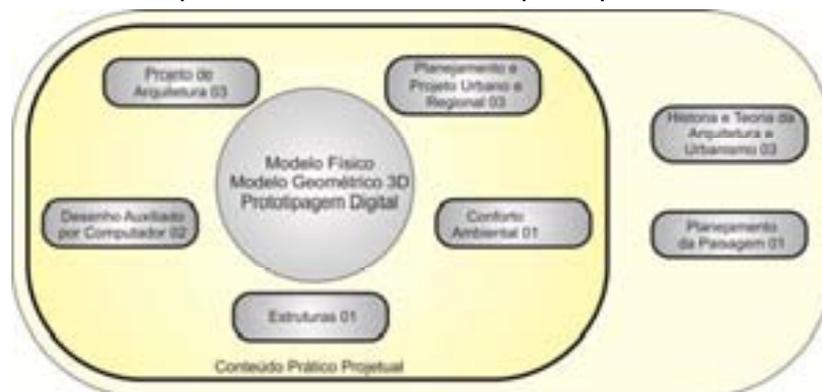
Os Modelos Físicos de Trabalho construídos na fase de **Desenvolvimento** foram todos cortados a laser e montados pelos próprios estudantes. Devido às dimensões dos projetos, apenas parte de um componente construtivo de cada edificação foi representada no modelo físico. Essa definição produziu resultados positivos e negativos. Alguns modelos tinham dimensões que não permitiram a análise através do heliodon, e outros foram simplificados demasiadamente o que dificultou a obtenção de dados para análise. O planejamento e definição da escala do modelo físico deve ser analisada caso a caso e considerar o objetivo que se pretende alcançar.

## 5 A INSERÇÃO DA MODELAGEM NO PROCESSO DE PROJETO: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

---

Como resultado das experiências realizadas foi elaborada uma proposta de procedimento metodológico para o quinto período do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN, incorporando o modelo físico e numérico como elemento central do desenvolvimento das atividades dos componentes curriculares do período. A proposta considera o paradigma do ensino prático reflexivo concebido por Schön (2000, p. 221), que está fundamentado no aprender fazendo, na instrução ao invés do ensino e no diálogo de reflexão-na-ação recíproca entre instrutor e estudante.

Figura 121 – Componentes curriculares do quinto período do CAU/UFRN



Fonte: produzido pelo autor.

Como já relatado, o quinto período do CAU/UFRN é composto por sete componentes curriculares obrigatórios (Figura 121). Nesse conjunto, dois componentes têm conteúdos mais teórico conceitual e os demais constituem um

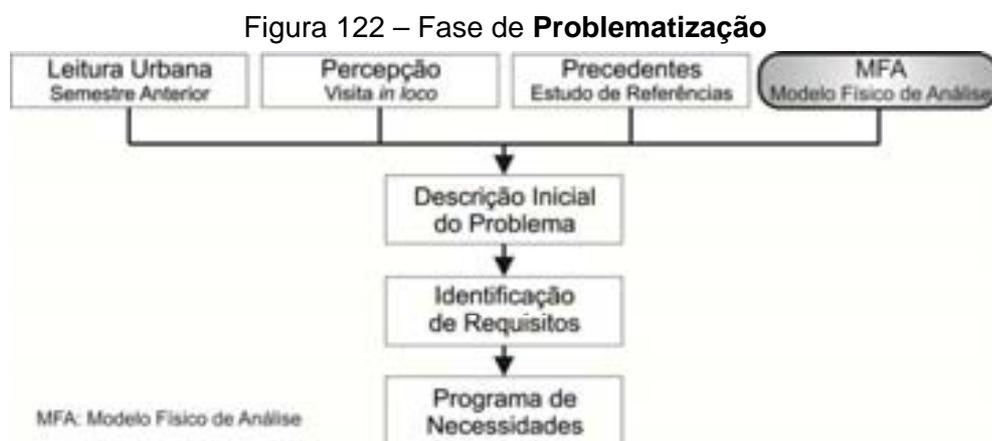
núcleo com conteúdo prático projetual, passível de trabalhar um produto final integrado. Propõe-se que a modelagem seja o elo de integração dos conteúdos específicos da cada componente. A modelagem aqui referida é o processo de produção do modelo físico ou do modelo geométrico incorporado ao processo de projeto integrando os diversos componentes curriculares.

A reunião de planejamento do período, a cada início de semestre deve ajustar a proposta metodológica às características da área de intervenção e à temática do projeto.

Propõe-se a divisão das atividades necessárias para o desenvolvimento dos trabalhos em quatro fases: **Problematização**; **Proposição**; **Desenvolvimento**; e **Documentação**.

### 1ª Fase **PROBLEMATIZAÇÃO**

O semestre letivo se inicia com a análise da área tendo como objetivo o conhecimento do problema a ser resolvido (Figura 122). O conhecimento do problema partirá da leitura urbana realizada no semestre anterior quando os alunos tiveram a oportunidade de fazer a leitura morfológica da área. Complementarmente serão realizadas visitas *in loco* e estudos de referências em exemplares de arquitetura precedentes. Além disso o processo envolverá a modelagem geométrica e a construção de um **Modelo Físico de Análise** da área de intervenção, tendo como base o mapa da área com informações do relevo, sistema viário, parcelamento do solo, projeção das edificações e massas de vegetação.

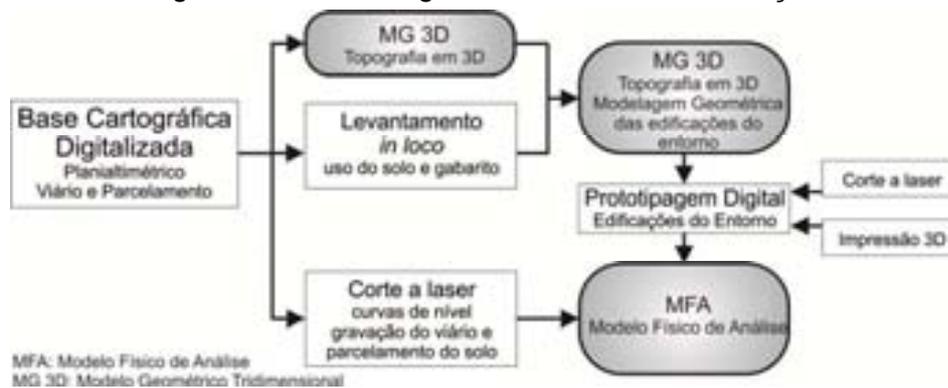


Fonte: produzido pelo autor.

O **Modelo Físico de Análise** será construído em escala compatível com as dimensões da área, e deverá conter a representação da topografia da fração

urbana com as curvas de nível, o sistema viário e o parcelamento do solo. Os planos das curvas de nível devem ser cortados a laser em material rígido com espessura equivalente à altura da curva de nível na escala definida conforme ilustrado na Figura 123.

Figura 123 – Modelagem na fase **Problematização**



Fonte: produzido pelo autor.

O componente Desenho Auxiliado por Computador 02 terá como conteúdo específico inicial o **Modelo Geométrico 3D** da área com a topografia. O levantamento de uso do solo e de gabarito realizado *in loco* como conteúdo específico do componente Planejamento e Projeto Urbano e Regional 03 fornecerá informações para a modelagem da volumetria simplificada das edificações do entorno. A partir do **Modelo Geométrico 3D** da área, as edificações do entorno devem ser prototipadas na impressora 3D, ou cortadas a laser e fixadas sobre as suas projeções já gravadas nas curvas de nível da maquete topográfica (plano de massa do entorno). Esse procedimento deve ser tratado como conteúdo de Projeto de Arquitetura 3. O modelo deve ser utilizado na análise da configuração urbana, na análise das condições físicas e de conforto necessários para a descrição do problema, identificação dos requisitos projetuais e definição de um programa de necessidades necessário para a elaboração do trabalho integrado, sob a ótica da escala urbana.

Após a inserção da **Modelagem Geométrica Tridimensional** no processo de análise e descrição do problema de projeto obtém-se o diagrama de procedimentos metodológicos ilustrados na Figura 122.

## 2ª Fase **PROPOSIÇÃO**

Essa fase se inicia pela definição de conceitos, estudos de composição volumétrica e estudos funcionais. Nesse momento devem ser utilizados **Modelos**

**Físicos de Estudo** feitos em material de fácil manuseio. São maquetes de conceito, feitas rapidamente no ateliê para estudos de composições de volumes com cubos de madeira, módulos funcionais, perfis estruturais os quais geram formas por repetição, rotação, translação ou outro movimento. É uma fase essencialmente exploratória. O **Modelo Físico de Estudo** evolui com o desenvolvimento do projeto e, em alguns casos poderá se apresentar com características de um **Modelo Físico de Trabalho**, mesmo que executado por processos manuais.

Nessa fase haverá a utilização do **Modelo Físico de Estudo** e **Modelo Geométrico 3D** conforme ilustrado na Figura 124.



Fonte: produzido pelo autor.

Os componentes curriculares devem fornecer subsídios para a adoção de soluções de projeto de forma integrada. Projeto de Arquitetura 03 conduz a atividade de ateliê integrado assessorando os estudantes através do diálogo reflexivo. Desenho Auxiliado por Computador 02 assessora a Modelagem Geométrica Tridimensional da proposta. Na disciplina de Planejamento e Projeto Urbano e Regional 03 os estudantes trabalham propostas de desenho urbano para intervenção no entorno, integrando o projeto da edificação ao contexto urbano.

Na escala do edifício, as orientações de Conforto Ambiental 1 e Estruturas 1 complementam as informações necessárias para as definições iniciais.

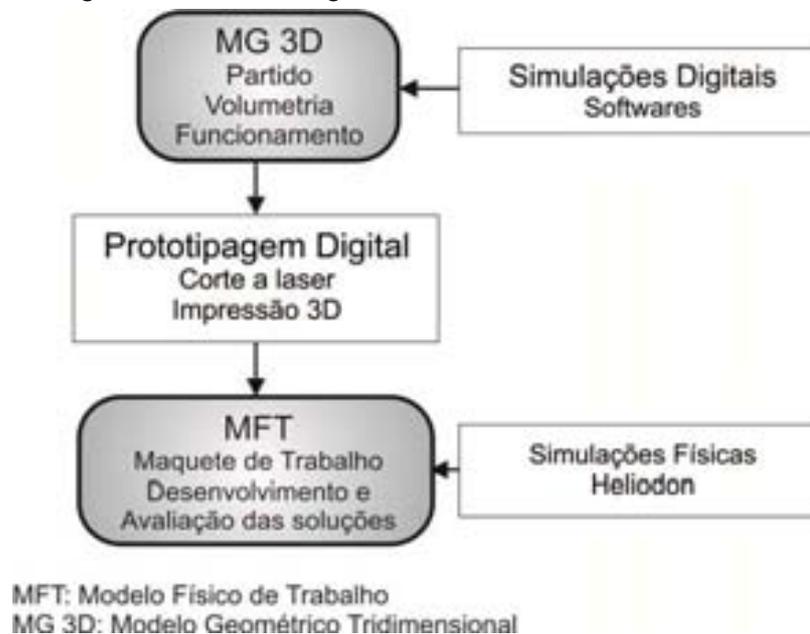
### 3ª Fase: **DESENVOLVIMENTO**

Uma vez concluída a fase exploratória com os **Modelos Físicos de Estudos**, apoiados por registros das alterações resultantes das orientações do ateliê, feitos em croquis sobre papel ou fotografia das simulações nos modelos físicos, a proposta tem continuidade com a utilização do **Modelo Geométrico 3D**,

refinando-se o nível de detalhamento de partido arquitetônico, volumetria e relações funcionais, conforme ilustrado na Figura 125.

O Modelo Geométrico será desenvolvido nessa fase e será utilizado como instrumento de mediação do ciclo constante das atividades de análise, síntese e avaliação (LAWSON, 2011). O ambiente de desenvolvimento deve ser prioritariamente a atividade de ateliê integrado da qual participam os professores responsáveis pelos componentes curriculares envolvidos. Nesse ambiente se desenvolverá o diálogo de reflexão na ação entre professores e estudantes (SCHÖN, 2000).

Figura 125 – Modelagem na fase de **Desenvolvimento**



Fonte: produzido pelo autor.

O desenvolvimento do **Modelo Geométrico** deverá alcançar o nível que seja possível partir para a preparação da Prototipagem Digital com a edição do arquivo digital de exportação para a impressão 3D ou para o corte a laser. A prototipagem associada a métodos tradicionais resultará na produção do **Modelo Físico de Trabalho**.

Nessa fase do processo a modelagem é posta a serviço do detalhamento do edifício e de seus componentes permitindo, dessa forma a realização de simulações, tanto a partir do **Modelo Geométrico** como do **Modelo Físico de Trabalho**, para a avaliação de desempenho apontando para eventuais correções e ajustes no projeto.

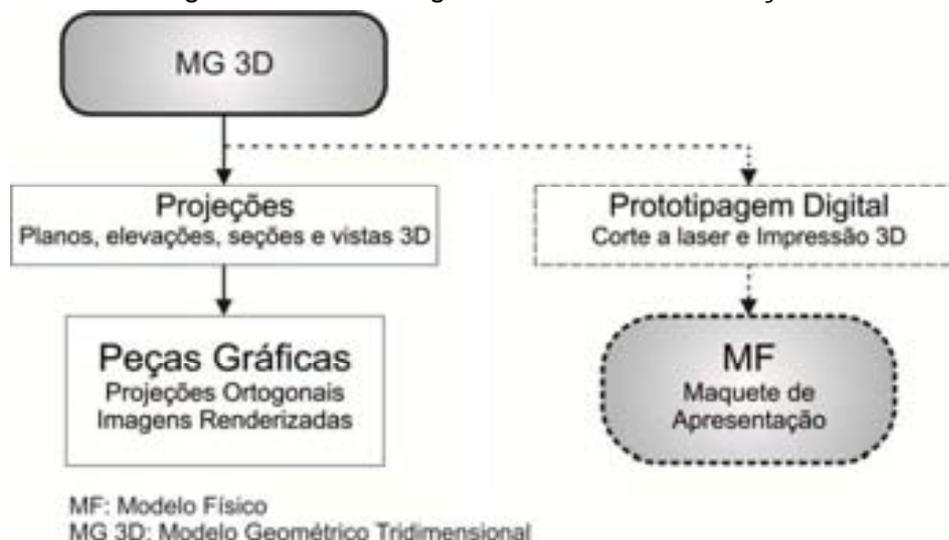
Como há uma coevolução de problemas e soluções ao longo do processo de projeto (MAHER; POON; BOULANGER, 1996), novas soluções revelarão novos problemas a serem resolvidos.

#### 4ª Fase: **DOCUMENTAÇÃO**

Na fase final, o modelo geométrico será a base para a elaboração dos documentos gráficos de comunicação da proposta. Desde o ano de 2010 na disciplina de Desenho Auxiliado por Computador 02 os alunos trabalham com o Revit da Autodesk no desenvolvimento das suas atividades. O Laboratório de Informática do Departamento de Arquitetura da UFRN disponibiliza versão educacional do programa Revit em todas as suas máquinas. Mesmo com as dificuldades próprias da alteração na forma de trabalhar em programas CAD tradicionais como o AutoCAD para a forma de trabalhar no Revit, a transição tem sido bem aceita pelos estudantes do quinto período nos quatro últimos semestres letivos.

Dessa forma, a apresentação da proposta ao final do período deverá ser produzida a partir das projeções ortogonais (plantas, cortes e fachadas) e perspectivas texturizadas produzidas no Revit. O conteúdo dos painéis de apresentação deverá ser determinado com antecedência pelos docentes das disciplinas participantes da integração, conforme ilustra a Figura 126.

Figura 126 – Modelagem na fase **Documentação**



Fonte: produzido pelo autor.

Dependendo da complexidade e das dimensões da edificação projetada poderá ser desenvolvido um modelo físico para a apresentação final da proposta. A escala de execução será determinada em função das características de cada projeto e da capacidade de operação das máquinas de corte e de impressão 3D. Os estudantes deverão planejar juntamente com o pessoal de apoio do Laboratório de Prototipagem a forma de utilização das máquinas.

Acredita-se que, com esse procedimento, os estudantes desenvolverão de maneira mais ampla seus repertórios e, assim estarão caminhando com mais segurança na construção da sua autonomia propositiva.

## 6 CONCLUSÕES E DESDOBRAMENTOS

---

Nesta pesquisa se procurou discutir a utilização de modelos (físicos e geométricos) na educação do arquiteto e urbanista como instrumento que desenvolve a capacidade de visualização e o raciocínio tridimensional potencializando o processo de ensino/aprendizagem de projeto de Arquitetura e Urbanismo.

Na Arquitetura os modelos têm sido utilizados para a representação do objeto concreto, seja ele existente, que já não existe mais ou que vai ser construído. Uma das formas de classificação de modelos pode ser de acordo com a mídia que se utiliza para sua elaboração.

Do ponto de vista da mídia digital, o termo modelo tridimensional é inadequado e insuficiente para descrever os modelos numéricos construídos e armazenados no computador, e nesta tese foram denominados como Modelos Geométricos ou como Modelos Geométricos Tridimensionais.

Adotou-se a expressão Modelo Físico para se fazer referência ao modelo-objeto tridimensional – maquete – construído em escala reduzida, em materiais diversos, por processos tradicionais (manuais e artesanais), por processos informatizados (prototipagem digital) ou por ambos.

Nesta tese os Modelos Físicos foram classificados de acordo com sua finalidade em (i) Modelo Físico de Análise quando se tratou de maquetes topográficas utilizadas como instrumento de análise de entorno urbano. As maquetes de conceito utilizadas geralmente nas fases iniciais com a finalidade de explorar características abstratas de um projeto, as maquetes de volumes e de cheios e vazios como modelos aplicáveis à fase iniciais de desenvolvimento da

proposta foram considerados (ii) Modelos Físicos de Estudo. Foram denominados (iii) Modelos Físicos de Trabalho os modelos utilizados principalmente na fase de desenvolvimento do projeto quando algumas características formais já estão definidas e já é possível fazer avaliações de desempenho e de funcionamento das soluções adotadas.

Nas referências utilizadas nesta pesquisa se buscou mapear o processo de projeto com o objetivo de se estabelecer um procedimento metodológico para a inserção da utilização de modelos no ensino de projeto. Nesse mapeamento o processo de projeto foi dividido em quatro fases desde a escala da fração urbana até o detalhe do componente construtivo do edifício. Essas fases foram denominadas de (1) Problematização, (2) Proposição, (3) Desenvolvimento e (4) Documentação. Lawson (2011) identificou que no processo do projeto existe uma negociação entre problema e solução mediada por um ciclo constante das atividades de análise, síntese e avaliação. O autor também identifica que na prática as fases de um mapeamento não são estanques e devem permitir o retorno a uma fase anterior. Maher, Poon e Boulanger (1996) afirmam que há uma “coevolução” de problemas e soluções ao longo do processo de projeto.

O paradigma do ensino prático reflexivo proposto por Schön (2000) no qual a aprendizagem se dá através da exposição e imersão tem como principais características o **aprender fazendo**, o **instrução ao invés do ensino** e o **diálogo de reflexão-na-ação** recíproca entre instrutor e estudante. O autor afirma que durante uma orientação em um ateliê de projeto de um curso de Arquitetura, no diálogo reflexivo estabelecido entre professor e aluno, desenhar e conversar são formas paralelas de construir um projeto, são **linguagens do processo de projeto**. Essa linguagem é essencialmente tridimensional e o desenvolvimento do pensamento tridimensional deve fazer parte da formação do arquiteto e urbanista (GROPIUS, 2001, p. 94), nesse sentido acredita-se que o modelo deve compor o conjunto de linguagens do processo de projeto juntamente.

Esses conceitos orientaram a execução dos experimentos que tiveram como objetivo estabelecer procedimentos metodológicos para a utilização de modelos no ensino de projeto de Arquitetura e Urbanismo.

Foram realizados três experimentos ao longo de três semestres letivos consecutivos, tendo como público alvo os estudantes do quinto período do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN. O procedimento metodológico para a inserção da

modelagem no ensino durante os experimentos foi sendo construído, avaliado e redesenhado a cada novo experimento. Ao final, após a discussão dos resultados foi formulada uma proposta que sintetiza a experiência acumulada nos três momentos da pesquisa.

Os experimentos realizados buscaram verificar como o modelo físico, o modelo geométrico facilitam o processo de ensino e aprendizagem do projeto de Arquitetura e Urbanismo e potencializam o desenvolvimento da habilidade de manipular, perceber, e representar o objeto tridimensional.

Muito embora não tenha sido adotada de forma integral, a metodologia empregada nos experimentos muito se aproxima da Pesquisa Ação na qual o alvo principal é a criação de conhecimento teórico com o aprimoramento da prática (TRIPP, 2005). Na área da Educação a Pesquisa Ação é uma estratégia para o desenvolvimento do aprendizado do estudante a partir da pesquisa desenvolvida por professores e pesquisadores sobre suas próprias práticas pedagógicas com o objetivo de aprimorá-las. “A pesquisa ação [...] é um processo corrente, repetitivo, no qual o que se alcança em cada ciclo fornece o ponto de partida para mais melhora no seguinte.” (TRIPP, 2005, p. 454). A partir da reflexão após a realização de cada experimento e da avaliação e dos seus resultados, o experimento seguinte foi planejado e implementado. Com isso houve um processo cíclico e repetitivo no qual a reflexão foi essencial para a elaboração de uma proposta metodológica.

O modelo pedagógico de integração curricular adotado pelo CAU/UFRN tem o potencial de facilitar a utilização de modelos 3D no desenvolvimento dos trabalhos dos estudantes por somar os esforços dos diversos componentes curriculares em torno de um objetivo comum, beneficiando a aplicação dos conhecimentos específicos em torno de um modelo único.

A inserção de modelos no ensino de projeto de Arquitetura e Urbanismo está intrinsecamente relacionada com os procedimentos metodológicos adotados nos componentes curriculares envolvidos. As experiências realizadas só foram viabilizadas com a concordância dos professores responsáveis pelas disciplinas do quinto período. Com a participação desses professores foi possível definir procedimentos e etapas a serem cumpridas nas fases de desenvolvimento do trabalho integrado. O processo de projeto partiu sempre compreensão do todo para o detalhamento das partes.

A partir da observação do desenvolvimento das três experiências e dos resultados alcançados com os projetos desenvolvidos pelos alunos nesses três momentos, foi possível concluir que o processo de construção de modelos físicos, a modelagem geométrica e a prototipagem digital facilitaram o processo de ensino e aprendizagem do projeto de Arquitetura e Urbanismo desenvolvido no quinto período. Os estudantes desenvolveram a habilidade de manipular, perceber, e representar o objeto tridimensional com mais facilidade que se percebe em turmas que não utilizam esses recursos. Mesmo com as limitações iniciais na utilização dos equipamentos, foi possível observar que a modelagem geométrica seguida da prototipagem digital, no caso o corte a laser, contribuíram para o desenvolvimento da capacidade do estudante de manipular, perceber e representar o espaço tridimensional, mas depende de condições operacionais e metodológicas favoráveis.

As condições metodológicas favoráveis dizem respeito a projetos pedagógicos que tenham como objetivo a construção do conhecimento de forma integrada buscando sempre a síntese de conteúdos. Que reconheçam a contribuição da utilização de modelos de arquitetura para o processo de ensino e aprendizagem. Que utilizem o modelo como elemento central no processo de integração de componentes curriculares, adotando procedimentos metodológicos específicos. Para isso faz-se necessário ajustar ementas, programas de ensino e projeto pedagógico.

Para que haja condições operacionais favoráveis é necessário que haja infraestrutura de espaço, equipamentos e pessoal treinado para operá-los. A configuração do laboratório de modelos e protótipos, além de espaço físico adequado e equipamentos tradicionais de produção de maquetes, deve incorporar os equipamentos para a produção digital de modelos através da prototipagem digital. Deve haver pessoal de apoio treinado para operar máquinas e equipamentos. O corpo docente do Curso deve ser sensibilizado para as novas formas de produção digital de modelos, de maneira que passem a conhecer as possibilidades que essas ferramentas oferecem para o desenvolvimento dos conteúdos específicos e integrados das disciplinas que lecionam.

Os experimentos foram direcionados para a definição de um procedimento metodológico que utilizasse modelos físicos e geométricos no desenvolvimento das atividades das disciplinas no ateliê integrado de projeto de arquitetura e urbanismo. No acompanhamento dos experimentos não foi prevista a aplicação de questionários para verificar o aproveitamento por partes dos

estudantes, porém o sistema de avaliação da docência implantado na UFRN fornece alguns dados que podem ser utilizados para análise dos resultados obtidos.

A avaliação da docência foi instituída na UFRN desde 2005, atualmente está regulamentada pela Resolução nº 107/2006–CONSEPE/UFRN (Anexo C), e é parte integrante do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES).

Ao final de cada semestre letivo os estudantes realizam a avaliação dos professores dos componentes curriculares que estão cursando, na qual registram suas opiniões dando notas em questões formuladas em quatro dimensões distintas: I - A atuação didática e a postura profissional do professor; II - A auto-avaliação do aluno; e III - A infra-estrutura da instituição.

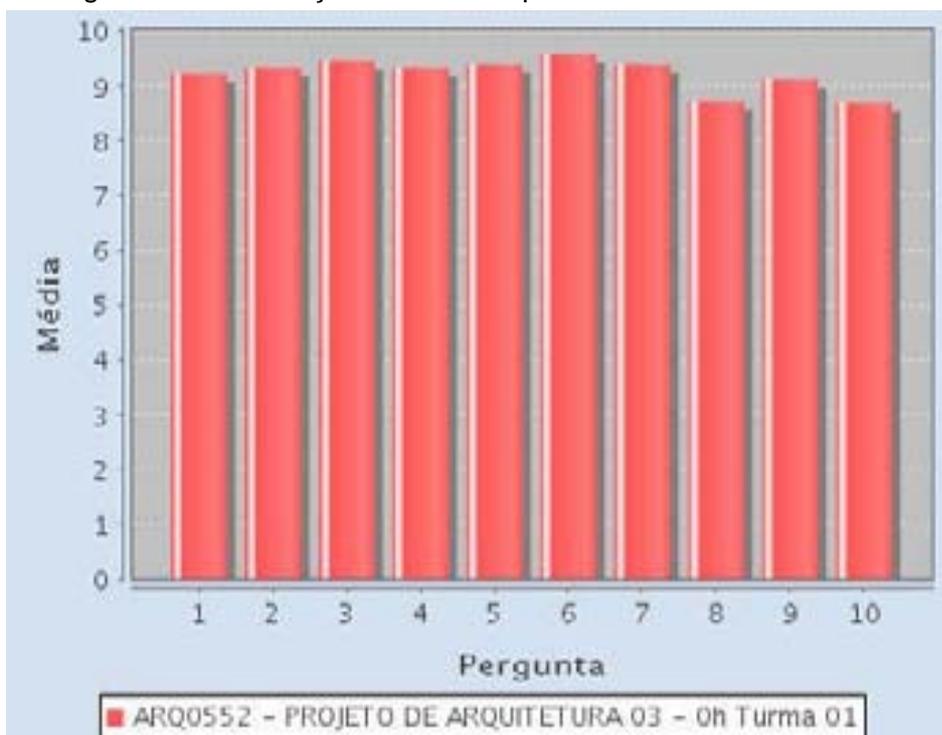
Na dimensão I os estudantes avaliam os docentes respondendo às seguintes questões: 1 Comparecimento às aulas; 2 Cumprimento do horário das aulas do início ao fim; 3 Cumprimento do programa da disciplina; 4 Clareza na apresentação do conteúdo; 5 Utilização de metodologias que favoreçam o aprendizado; 6 Incentivo à participação dos alunos nas aulas; 7 Disponibilidade para tirar dúvidas dos alunos durante as aulas; 8 Disponibilidade para atender aos alunos fora do horário de aulas; 9 Coerência entre o nível de exigência nas avaliações e o conteúdo dado; e 10 Atuação do Professor da Docência Assistida nessa turma.

A partir dos dados registrados pelos estudantes no sistema de avaliação institucional da UFRN para a disciplina Projeto de Arquitetura 3 e disponibilizado para o docente da disciplina, foi possível realizar uma análise comparativa sobre os resultados das avaliações dos três experimentos (semestres letivos 2011.1, 2011.2 e 2012.1), e compará-los com os resultados da avaliação do semestre 2012.2 quando a metodologia não foi aplicada.

Das questões formuladas na Dimensão I, foram comparados os resultados das avaliações referentes à Questão 5, ou seja, a opinião dos estudantes qua à utilização de metodologias que favoreçam o aprendizado. As demais questões foram desconsideradas.

No semestre 2011.1 a média das notas atribuídas pelos alunos na Questão 5 foi de 9,4 (Figura 127), ou seja, os alunos avaliaram muito bem a utilização de modelos no processo de projeto adotado na disciplina.

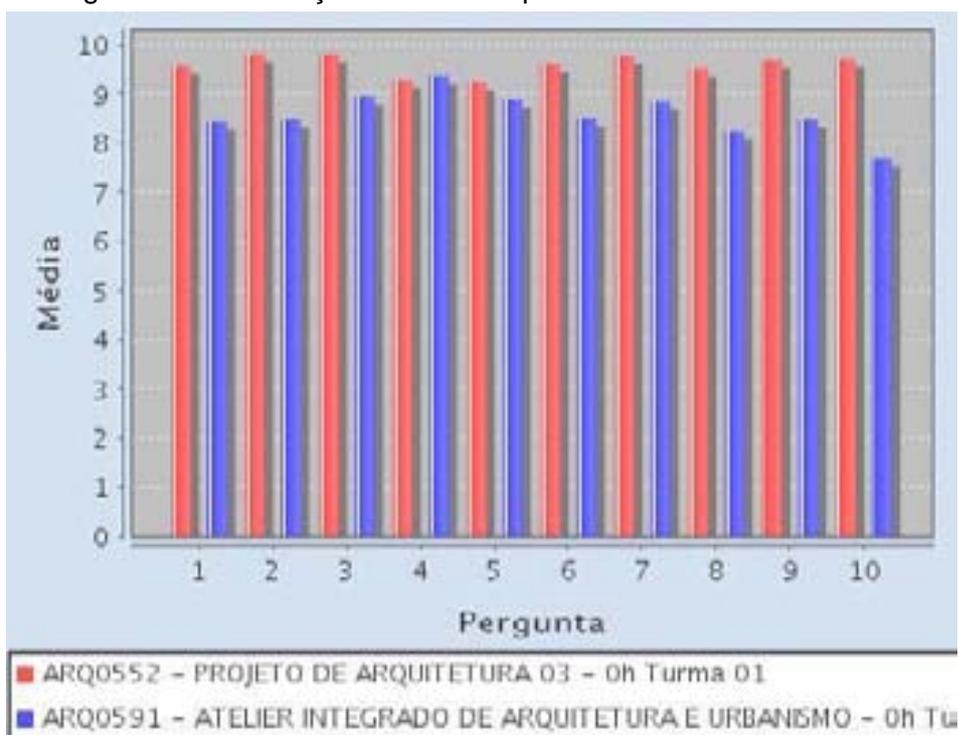
Figura 127 – Avaliação do docente pelo aluno - semestre 2011.1



Fonte: SIGAA/UFRN

No semestre 2011.2, na disciplina Projeto de Arquitetura 3 essa média se manteve acima de 9 (Figura 128).

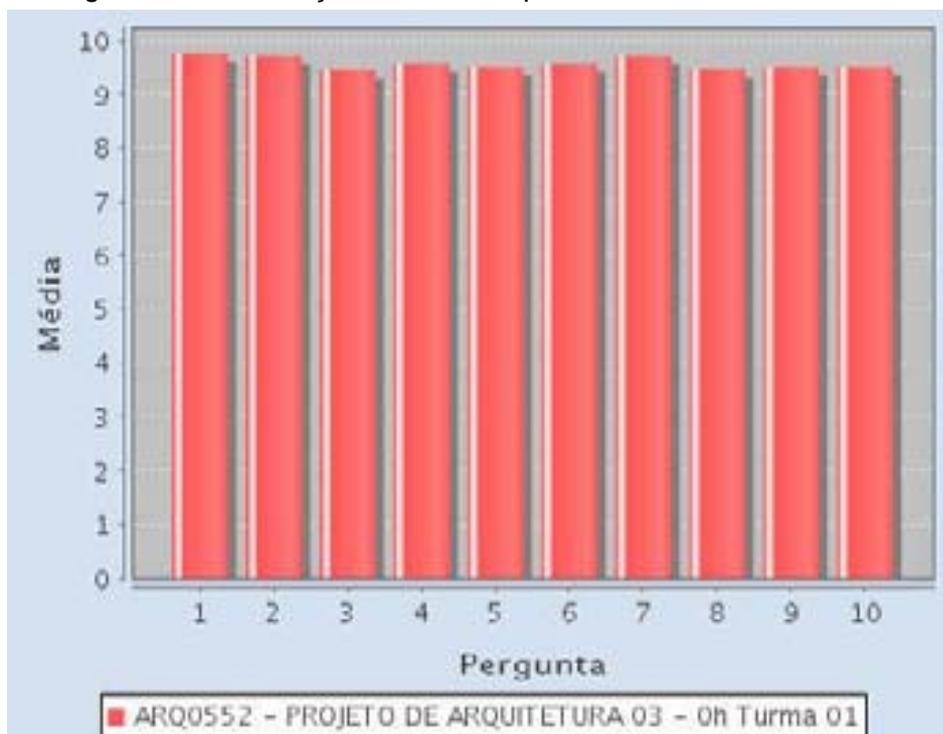
Figura 128 – Avaliação do docente pelo aluno - semestre 2011.2



Fonte: SIGAA/UFRN

No semestre 2012.2 a média das notas atribuídas pelos alunos na Questão 5 ultrapassou as médias anteriores chegando a 9,5 (Figura 129).

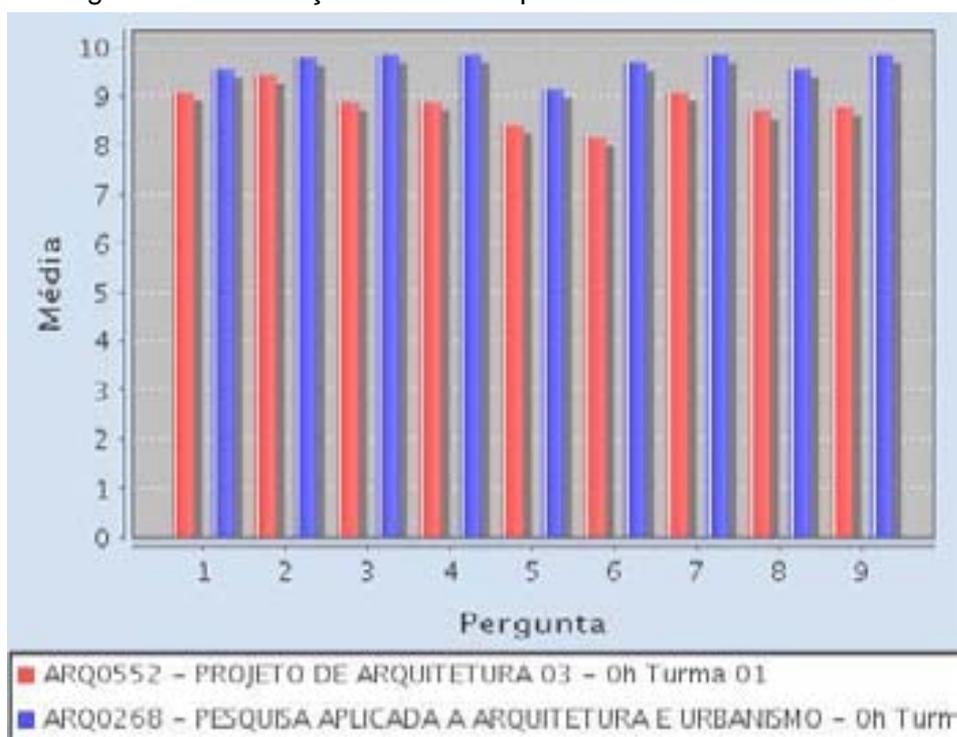
Figura 129 – Avaliação do docente pelo aluno - semestre 2012.1



Fonte: SIGAA/UFRN

No semestre 2012.2 a disciplina foi ministrada sem a aplicação da metodologia adotada nos três semestres anteriores. O Docente responsável pela disciplina construiu com os estudantes um Modelo Físico de Análise da topografia da área de intervenção, mas não desenvolveu os demais modelos nas diversas fases do projeto (Modelo de Estudo e Modelo de Trabalho). Na fase final da disciplina os alunos desenvolveram o Modelo Geométrico da proposta, da mesma forma que desenvolvem nas demais disciplinas de Projeto de Arquitetura. Considerando-se a média das notas dos estudantes para a questão 5 nesse semestre, percebe-se que foi mais baixa que nos três semestres das experiências anteriores, muito embora a média tenha sido satisfatória, ou seja, 8,4 (Figura 130).

Figura 130 - Avaliação do docente pelo aluno - semestre 2012.2



Fonte: SIGAA/UFRN

A análise dos resultados das avaliações docentes a partir da nota emitida pelos estudantes nos quatro semestres consecutivos na questão referente à adoção de metodologia que favoreça o aprendizado, permite concluir que os alunos que tiveram a oportunidade de participar das experiências reconheceram a validade da metodologia e avaliaram de forma positiva as estratégias adotadas.

Avaliando o cenário nacional do ensino de Arquitetura e Urbanismo percebe-se que o momento é propício para transformações e transição para uma nova etapa do ensino. A expansão do ensino superior no país trouxe como consequência um sentimento de descontrole do estado quanto à fiscalização da qualidade do ensino nas diversas áreas de formação profissional. A sociedade, assim como as entidades de classe das diversas áreas, inclusive as da área da Arquitetura e Urbanismo, têm clamado por melhoria na qualidade do ensino. A implantação das novas tecnologias digitais no ensino da graduação, além de contribuir para a melhoria da formação do novo arquiteto e urbanista, implica necessariamente em avaliação e transformação de princípios pedagógicos e de formas de ensinar. Projetos pedagógicos devem ser repensados para incorporar as possibilidades que as novas tecnologias oferecem, ao longo do ciclo de formação. As ementas dos componentes curriculares devem ser revistas e adaptadas.

## DESDOBRAMENTOS E TRABALHOS FUTUROS

Serra (2006) ressalta o caráter coletivo da ciência e afirma que o conhecimento está sempre em construção, nesse sentido a pesquisa não se esgota em si mesma. Novas fronteiras se abrem e novas possibilidades de investigação se apresentam.

Como forma de continuidade dos estudos iniciados com esta tese, pretende-se realizar novos projetos de pesquisa visando:

- Refinar e detalhar a proposta de procedimento pedagógico apresentada no Capítulo 5, com a realização de novos experimentos em diferentes períodos do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN.

- Contribuir com a revisão do projeto pedagógico do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN atualmente em andamento, buscando inserir princípios que contemplem os resultados obtidos nesta tese.

- Durante a revisão bibliográfica, foram identificadas tecnologias digitais emergentes que estão sendo desenvolvidas por pesquisadores como Vaz (2011), Oxman (2008), Rodrigues e Celani (2007), Celani *et al* (2006) e Knight e Stiny (2001). Esses pesquisadores trabalham com as técnicas digitais de projeto e suas relações com a pedagogia do projeto, dentre elas: a modelagem paramétrica; a fabricação digital; sistemas generativos de projeto; e gramáticas da forma. Pretende-se desenvolver investigações nessas áreas com o objetivo de inserir o curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN nessas áreas de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

---

AHN, Daekeon; KWEON, Jin-Hwe; CHOI, Jinho; LEE, Seokhee. **Quantification of surface roughness of parts processed by laminated object manufacturing.** *Journal of Materials Processing Technology*. V. 212, Issue 2, p. 339 – 346, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2011.08.013>. Acesso em: 21 jan. 2013.

AMORIM, A. L.; PEREIRA, G. C. **Ateliê Cooperativo de Simulação Digital em Arquitetura e Urbanismo.** In: SIGRADI 2001 - V Congresso Ibero-americano de Gráfica Digital, 2001, Concepción. Concepción: Ediciones Universidad del Bío-Bío, v. 1, p. 124-126. 2001.

BASSO, Ana Carolina Formigoni. **A idéia do Modelo Tridimensional em Arquitetura.** Dissertação (Mestrado) Arquitetura e Urbanismo – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2005.

BOUDON, Philippe et al. **Enseigner la Conception Architecturale.** Paris, Editions de la Villete, 2000.

BOUTINET, J.-P. **Antropologia do projeto.** 5. ed. Tradução de Patrícia Chittoni Ramos. Porto Alegre: Artmed, 2002

BREEN, J.; NOTTROT R.; STELLINGWERFF, Martijn. **Tangible virtuality - perceptions of computer-aided and physical modelling.** *Automation in Construction*, v.12, n.6, nov. Elsevier, p.649-653. 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580503000530>>. Acesso em: 05 abr. 2013.

CALCAGNI, B.;M. PARONCINI. **Daylight factor prediction in atria building designs.** *Solar Energy*, v.76, n.6, Elsevier, p.669-682. 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com.ez18.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0038092X04000155>>. Acesso em: 4 abr. 2013.

CARMEL-ARTHUR, Judith. **Bauhaus.** Tradução Luciano Machado. São Paulo: Cosac & Naify, 2001.

CELANI, G. **CAD criativo.** Rio de Janeiro: Campus. 2003.

CELANI, G.; BERTHO, B. C. **A prototipagem rápida no processo de produção de maquetes de Arquitetura**. In: VII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design. Curitiba: UFPR, 2007. Disponível em: <[http://www.degraf.ufpr.br/artigos\\_graphica/APROTOTIPAGEM.pdf](http://www.degraf.ufpr.br/artigos_graphica/APROTOTIPAGEM.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2012.

CELANI, G.; PUPO, R. **Prototipagem Rápida e Fabricação Digital para Arquitetura e Construção: Definições e estado da arte no Brasil**. In: Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo: publicação do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo FAU/Mackenzie. São Paulo: FAU/Mackenzie, 2008. v. 8, n. 1, p. 31-41.

CELANI, G. et al. **A gramática da forma como metodologia de análise e síntese em arquitetura**. In: Conexão – Comunicação e Cultura, UCS, Caxias do Sul, v. 5, n. 10, jul./dez. 2006.

DEL RIO, Vicente (Org). **ARQUITETURA: Pesquisa e Projeto**. São Paulo: ProEditores, 1998.

DORST, Kees; CROSS, Nigel. **Creativity the design process: co-evolution of problem–solution**. Design Studies, v. 22, nº 5, p. 425–437. 2001.

DUARTE, Fábio. **Arquitetura e Tecnologias de Informação: da revolução Industrial à Revolução Digital**. FAPESP. São Paulo: Editora da UNICAMP, 1999.

ELALI, Gleice Azambuja. Para projetar (nossos) elefantes: considerações sobre a conquista da autonomia projetual pelo estudante de Arquitetura e Urbanismo. In: DUARTE, Cristiane Rose et al (Orgs.) **O Lugar do Projeto: no ensino e na pesquisa em Arquitetura e Urbanismo**. Rio de Janeiro: Contra Capa Livraria, 2007.

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. 2<sup>nd</sup> ed. New Jersey: Hoboken, 2001

GORNI, Antonio Augusto. Introdução à prototipagem rápida e seus processos. Resumo estendido. Revista **Plástico Industrial**. São Paulo, mar. 2001, p. 230-239. Disponível em: <<http://www.gorni.eng.br/protrap.html>>. Acesso em: 28 set. 2011.

GROPIUS, Walter. **Bauhaus: novarquitectura**. Tradução J. Guinsburg e Ingrid Domien. São Paulo: Perspectiva, 2001. (Debates, 46).

KNOLL, Wolfgang; HECHINGER, Martin. **Maquetas de arquitectura : tecnicas y construccion**. 3. ed. México: Gustavo Gili, 1992.

KNIGHT, Terry; STINY, George. **Classical and non-classical computation**. Arq: architectural research quarterly, 2001, v. 5, p. 355-372.

KOWALTOWSKI, Doris Catharine Cornélie Knatz; CELANI, Maria Gabriela Caffarena; MOREIRA, Daniel de Carvalho; PINA, Silvia Aparecida Mikami G.; RUSCHEL, Regina Coeli; SILVA, Vanessa Gomes da; LABAKI, Lucila Chebel; PETRECHE, João Roberto. **Reflexão sobre metodologias de projeto**

**arquitetônico.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 07-19, abr./jun. 2006.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia científica.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

\_\_\_\_\_. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisa, amostragem e técnica de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

LAWSON, Bryan. **Como arquitetos e designers pensam.** Tradução Maria Beatriz Medina. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LIMA, Raoni Venâncio dos Santos. **Modos projetuais de simulação: uso de ferramentas de simulação térmica no processo projetual de Arquitetura.** Tese (Doutorado) Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

MAHER, M. L.; POON, J; BOULANGER, S. Formalising design exploration as co-evolution: a combined gene approach. In: **Advances Formal Design Methods for CAD.** GERO, J S; SUDWEEKS, F (Ed.). Londres: Chapman and Hall, 1996.

MALARD, Maria Lúcia. Alguns Problemas de Projeto ou de Ensino de Arquitetura. In: **Cinco Textos Sobre Arquitetura.** MALARD, Maria Lúcia (Org). Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. p. 79-114.

MARIA, Mônica Mendonça. **Tecnologia BIM na Arquitetura.** Dissertação (Mestrado) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008.

MARTÍNEZ, Afonso Corona. **Ensaio sobre o projeto.** Tradução de Ane Lise Spaltemberg; revisão técnica de Silvia Fisher. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2000.

McCULLOUGH, Malcolm; MITCHELL, William; PURCELL, John Patrick A. (Ed.). **The Electronic Design Studio.** Massachusetts: MIT Press, 1990.

MILLS, Cris B. **Projetando com maquetes.** Tradução de Alexandre Salvaterra. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MITCHELL, W.; McCULLOUGH, M. **Digital Design Media.** 2<sup>nd</sup> ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1994.

MITCHELL, W. J. **A lógica da Arquitetura: projeto, computação e cognição.** Tradução Gabriela Celani. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2008.

NARDELLI, Eduardo S. **O Uso do Computador como Ferramenta de Ensino de Projeto de Arquitetura.** In: SIGRADI 2000 – 4<sup>o</sup> Congresso Ibero-Americano de Gráfica Digital, Rio de Janeiro, 2000.

OLIVEIRA, José de. **A maquete de idealização como instrumento de ensino em Arquitetura.** Dissertação (Mestrado) – Universidade São Judas Tadeu, São Paulo,

2011.

OLIVEIRA, Rogério de Castro. A formação de repertório para o projeto arquitetônico: algumas implicações didáticas. In: COMAS, Carlos Eduardo (Org). **Projeto Arquitetônico: Disciplina em crise, disciplina em renovação**. São Paulo: Projeto, 1986. p. 69-83

OXMAN, Rivka. **Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium**. In: Design Studies. Elsevier, Volume 29, Issue 2, p 99–120, mar 2008. Disponível em <http://dx.doi.org.ez18.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.destud.2007.12.003>. Acesso em: 22 mar. 2012.

POLIÃO, Marco Vitruvius. **Da Arquitetura**. Tradução e notas Marco Aurélio Logonegro – São Paulo: Hucitec; Fundação para a Pesquisa Ambiental, 1999.

PUPO, Regiane Trevisan. **Inserção da PROTOTIPAGEM e FABRICAÇÃO DIGITAIS no processo de projeto: um novo desafio para o ensino de Arquitetura**. Tese (Doutorado) Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2009.

PUPO, Regiane; CELANI, M. G. C. **Técnicas de Prototipagem Digital para Arquitetura**. In: Graphica, 2009, Bauru. Anais do Graphica. Bauru, 2009.

RAYNAUD, Dominique. **Le schème, opérateur de la conception architecturale, II: Le cas de la conservation du modèle morphologique**. Arquitetura Revista - v. 4, nº 1:15-32, jan./jun. 2008. Disponível em: <http://www.arquiteturarevista.unisinos.br/index.php?e=7&s=9&a=40>. Acesso em: 22 nov. 2008.

RÊGO, Rejane de Moraes. **Educação gráfica para o processo criativo projetual arquitetônico: as relações entre a capacidade visigráfica-tridimensional e a utilização de instrumentos gráficos digitais para a modelagem geométrica**. Tese (Doutorado) Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura – PPGAU/UFBA. Salvador 2008.

ROCHA, Paulo Mendes da. **Maquetes de Papel: Paulo Mendes da Rocha**. São Paulo: Cosaf Naif, 2007.

RODRIGUES, L. I.; PUPO, R. T.; CELANI, G. **A digitalização 3D e a prototipagem rápida no processo de produção de maquetes de edifícios históricos: o uso de técnicas de curto alcance para a produção de ornamentos arquitetônicos para maquetes**. Arq.Doc 2010. Salvador, UFBA, 2010. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~lapac/papers/rodrigues-pupo-celani2010.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2011.

RODRIGUES, Gelly Mendes ; CELANI, M. G. C. **Modelagem cognitiva do processo criativo em arquitetura por meio da técnica de programação orientada a objetos**. In: XI SIGRADI, 2007, México. Proceedings of XI Sigradi, 2007.

ROZESTRATEN, Artur Simões. **Modelagem manual como instrumento de**

**projeto.** Portal Vitruvius Arqtextos 049, Texto Especial 236 – junho 2004. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/arqtextos/arq000/esp236.asp>>. Acesso em: 22 nov. 2008.

\_\_\_\_\_. **Estudo sobre a história dos modelos arquitetônicos na antiguidade: origens e características das primeiras maquetes de arquiteto.** Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP. São Paulo, 2003.

SANTOS, Eduardo Toledo. **BIM e a Gestão de Projetos.** In: VIII Workshop Brasileiro Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios (ISSN 1982-7296), São Paulo: USP, 2008. Mesa-redonda 1. Disponível em: <<http://www.arquitetura.eesc.usp.br/workshop08/>>. Acesso em: 27 abr. 2010.

SASS, Larry; OXMAN, Rivka. **Materializing design: the implications of rapid prototyping in digital design.** In: Design Studies, Vol. 27, Issue 3. Elsevier, p 325–355, 2006. Disponível em: <[http://tx.technion.ac.il/~rivkao/topics/publications/Sass\\_2006\\_Design-Studies.pdf](http://tx.technion.ac.il/~rivkao/topics/publications/Sass_2006_Design-Studies.pdf)>. Acesso em: 15 dez. 2013.

SASS, Larry. **Design for Self Assembly of Building Components using Rapid Prototyping,** Architecture in the Network Society - 22nd eCAADe Conference Proceedings / ISBN 0-9541183-2-4] Copenhagen (Denmark) 15-18 September 2004, p. 95-104, 2004. Disponível em: [http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?2004\\_09](http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?2004_09). Acesso em: 15 mar. 2013.

SAURA, C. **Aplicação da prototipagem rápida na melhoria do processo de desenvolvimento de produtos em pequenas e médias empresas.** Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.

SEGALL, Mario Lasar. **Modelagem tridimensional real e ensino de arquitetura: ferramenta de projeto e construção de repertório** Portal Vitruvius Arqtextos 091, Texto Especial 453 – dezembro 2007. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/arqtextos/arq000/esp453.asp>>. Acesso em: 8 nov. 2008.

SERRA, Geraldo G. **Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo: guia prático para trabalho de pesquisadores em pós-graduação.** São Paulo: EDUSP / Mandarim, 2006.

SCHÖN, Donald A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e aprendizagem.** Tradução Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SILVA, Elvan. **Uma introdução ao projeto arquitetônico.** 2. ed. rev. amp. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1998.

SILVA, Fábio Pinto da; FREESE, Samuel Henrique; KINDLEIN JÚNIOR, W. **A Digitalização Tridimensional a Laser como Ferramenta para o Desenvolvimento de Novos Produtos.** In: 7º Congresso de Pesquisa e Desenvolvimento em Design - P&D2006. Meio de divulgação: Digital; ISSN/ISBN: 856018600. Curitiba, 2006.

SILVA JR, Antônio Pedro da. **Desenho Manual e Modelagem Geométrica: o desenvolvimento da lógica do espaço na representação gráfica**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007

SOUZA, Livia L. A. **Diagnóstico do uso do BIM em empresas de projeto de arquitetura**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2009.

STRAUSS, Anselm; CORBIN, Juliet M. **Grounded Theory in Practice** / editors. 2<sup>nd</sup> ed. London: Thousand Oaks: Sage Publications, 1998.

TRIPP, David. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica**. Tradução de Lólio Lourenço de Oliveira. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005.

VAZ, Carlos Eduardo Verzola. **Um sistema de ensino de projeto baseado no conhecimento - sistemas generativos e ontologias aplicados no ensino de arquitetura paisagística**. Tese (Doutorado) Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2011.

VELOSO, Maísa Fernandes Dutra; TINOCO, Marcelo Bezerra de Melo; ELALI, Gleice Virgínia de Azambuja; BARRETO, Sonia Marques da Cunha; TRIGUEIRO; Edja Bezerra Faria de Melo. **RELATÓRIO TÉCNICO FINAL DE PESQUISA: Arquitetura, Projeto e Produção de Conhecimentos no Brasil** (Edital MCT/CNPq 02/2006 - Processo nº 472633/2006-6). UFRN, 2008.

VINCENT, Charles C; NARDELLI, Eduardo Sampaio. **Estado da arte em projeto digital: quanto tempo até logo ali?** III Fórum de Pesquisa FAU/Mackenzie. São Paulo, 2007. Disponível em: <[http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/FAU/Publicacoes/PDF\\_IIIForum\\_a/MACK\\_III\\_FORUM\\_CHARLES\\_VINCENT\\_2.pdf](http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/FAU/Publicacoes/PDF_IIIForum_a/MACK_III_FORUM_CHARLES_VINCENT_2.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2012.

VIEIRA, Érica Pinheiro. **Produção digital de maquetes arquitetônicas: um estudo exploratório**. Dissertação (Mestrado) em Engenharia Civil, na área de concentração em Arquitetura e Construção – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

## **NORMAS E REGULAMENTOS**

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 19 dez. 2012.

CEAU/MEC, Comissão de Especialistas de Ensino do MEC. **PERFIS DA ÁREA & PADRÕES DE QUALIDADE: Expansão, Reconhecimento e Verificação Periódica dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo**. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/ar\\_geral.pdf](http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/ar_geral.pdf)>. Acesso em: 5 jun. 2009.

MEC/CNE/CES- Conselho Nacional de Educação, Câmara de Educação Superior. **Resolução CNE/CES nº 2** de 17 de junho de 2010 – Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília: Ministério de Educação, CNE/CES, 2010.

MEC/CNE/CES. Conselho Nacional de Educação, Câmara de Educação Superior. **Resolução CNE/CES nº 6** de 2 de fevereiro de 2006 – Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo e dá outras providências. Brasília, Ministério de Educação, CNE/CES, 2006.

MEC. **Portaria Nº 1.770** - MEC , de 21 de Dezembro de 1994 – Diretriz Curricular do Curso de Arquitetura e Urbanismo. Brasília: Ministério de Educação e do Desporto, 1994.

MEC/CFE. **Resolução nº 3**, de 25 de junho de 1969, Conselho Federal de Educação – Currículo Mínimo de Arquitetura e Urbanismo de 1969. Brasília: MEC/CFE, 1969.

MEC. **Currículo Mínimo de Arquitetura**. Portaria Ministerial de 4 de dezembro de 1962

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ARTIGAS, Vilanova. **Contribuição para relatório sobre ensino de arquitetura UIA-Unesco**, 1974. In: Associação Brasileira de Escolas de Arquitetura. Sobre a história do ensino de arquitetura no Brasil. São Paulo: ABEA, 1977.

BAMFORD, G. **From analysis/synthesis to conjecture/analysis: a review of Karl Popper's influence on design methodology in architecture**. Design Studies, v.23, no. 3, p. 245-261. 2002.

BENÉVOLO, Leonardo. **História da arquitetura moderna**. São Paulo: Perspectiva, 1976.

BREEN, J.;R. NOTTROT, et al. **Tangible virtuality - perceptions of computer-aided and physical modelling**. Automation in Construction, v.12, no. 6, Nov, p. 649-653, 2003.

BRUAND, Yves. **Arquitetura contemporânea no Brasil**. São Paulo: Perspectiva, 1981.

BUCHMAN, Armando José. **Lúcio Costa o inventor da cidade de Brasília: centenário de nascimento**. Brasília: Thesaurus, 2002.

CALCAGNI, B.; M. PARONCINI. **Daylight factor prediction in atria building designs**. Solar Energy, v. 76, no. 6, p. 669-682, 2004.

CAVALCANTI, Nereu. **Arquitetos e engenheiros: sonho de entidade desde 1798**.

Rio de Janeiro: Crea-RJ, 2007.

COSTA, Fernando J. M. **Ventilação e prescrições urbanísticas: uma aplicação simulada no bairro de Petrópolis em Natal/RN**. Dissertação (Mestrado) Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2001.

FRIEDMAN, M. S.; M. SORKIN, et al. **Gehry talks: Architecture + Process**. New York: Rizzoli. 1999.

LOMBARDO, M. A.; CASTRO, J. F. M. **O uso de maquete como recurso didático**. In: Anais do II Colóquio de Cartografia para Crianças, Belo Horizonte, 1996. Revista Geografia e Ensino, UFMG/IGC/Departamento de Geografia, 6(1):81-83, 1997.

MAHFUZ, Edson da Cunha. **Ensaio sobre a razão compositiva: uma investigação sobre a natureza das relações entre as partes e o todo na composição arquitetônica**. Viçosa: UFV; Belo Horizonte: AP Cultural, 1995.

MITCHEL. E-bodies, e-building, e-cities'. In: N. Leach (Ed.). **Designing for a digital world**. London: Wiley-Academic, 2002.

ROZESTRATEN, Artur. **O desenho, a modelagem e o diálogo**. Portal Vitruvius Arqtextos 078 Texto Especial 392 – novembro 2006. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/arqtextos/arq000/esp392.asp>>. Acesso em: 8 out. 2008.

SILVA, Elvan. **Uma Introdução ao Projeto Arquitetônico**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1991.

SNYDER, James (Ed.); CATANESE, Anthony (Ed.). **Introdução à Arquitetura**. Tradução de Heloisa Frederico. Rio de Janeiro: Campus. 1984.

STEELE, J. **Architecture and computers: action and reaction in the digital design revolution**. London: Laurence King. 2001. 240 p.

## APÊNDICES

---

## APÊNDICE A - TESES E DISSERTAÇÕES NO BRASIL 2000 A 2011: QUADRO RESUMO

TESES DE DOUTORADO  Título do Trabalho	Autor	Instituição	ano da defesa	Tecnologia BIM	Modelagem Geométrica 3D	Prototipagem Rápida Fabricação Digital	Simulação computacional	Gramática da Forma e Formas complexas	CAD como auxílio à projeção – Projeto Digital	Metodologia do Projeto e Processo de Criação	Teoria do projeto de arquitetura	Ensino de Projeto	Ensino de CAD	Modelagem tridimensional Física	Eficiência Energética Conforto ambiental	Acessibilidade Mobilidade	Tecnologia da Informação - TI
Um sistema de ensino de projeto baseado no conhecimento - sistemas generativos e ontologias aplicados no ensino de arquitetura paisagística	Carlos Eduardo Verzola Vaz	UNICAMP	2011														
A computabilidade da arquitetura inca e o uso da gramática da forma na reconstrução virtual de sítios arqueológicos	William Iain Mackay	UNB	2010														
Programa e Projeto na Era Digital - O Ensino de Projeto de Arquitetura em Ambientes Virtuais Interativos	Isabel Amália Medero Rocha	UFRGS	2009														
Inserção da PROTOTIPAGEM e FABRICAÇÃO DIGITAIS no processo de projeto: um novo desafio para o ensino de arquitetura	Regiane Trevisan Pupo	UNICAMP	2009														
EDUCAÇÃO GRÁFICA PARA O PROCESSO CRIATIVO PROJETUAL ARQUITETÔNICO: as relações entre a capacidade visiográfica-tridimensional e a utilização de instrumentos gráficos digitais para a modelagem geométrica	Rejane de Moraes Rêgo	UFBA	2008														
A utilização de modelos tridimensionais físicos em projetos de habitação social: o projeto casa fácil	César Imai	USP	2007														
A construção do significado em uma trajetória projetual	José Luiz Tabith Junior	USP	2007														
A cor incorporada ao ensino de projeto	Monica De Queiroz Fernandes Araujo	UFRJ	2007														

<b>TESES DE DOUTORADO</b>																	
<b>Título do Trabalho</b>	<b>Autor</b>	<b>Instituição</b>	<b>ano da defesa</b>	<b>Tecnologia BIM</b>	<b>Modelagem Geométrica 3D</b>	<b>Prototipagem Rápida Fabricação Digital</b>	<b>Simulação computacional</b>	<b>Gramática da Forma e Formas complexas</b>	<b>CAD como auxílio à projeção – Projeto Digital</b>	<b>Metodologia do Projeto e Processo de Criação</b>	<b>Teoria do projeto de arquitetura</b>	<b>Ensino de Projeto</b>	<b>Ensino de CAD</b>	<b>Modelagem tridimensional Física</b>	<b>Eficiência Energética Conforto ambiental</b>	<b>Acessibilidade Mobilidade</b>	<b>Tecnologia da Informação - TI</b>
A aplicação do conceito do desenho universal no ensino de arquitetura: o uso de mapa tátil como leitura de projeto	Núbia Bernardi	UNICAMP	2007														
Integração de conceitos bioclimáticos ao projeto arquitetônico	Alexandra Albuquerque Maciel	UFSC	2006														
Repensar a formação do arquiteto	Minoru Naruto	USP	2006														
O uso de ferramentas de modelagem vetorial na concepção de uma arquitetura de formas complexas	Wilson Flório	USP	2005														
Formas Arquitetônicas: possibilidades em ambiente computacional	Christina Araújo Paim Cardoso	UFBA	2005														
Ensino de projeto na FAUUSP	Antonio Carlos Barossi	USP	2005														
Ensino de projeto: integração de conteúdos	Katia Azevedo Teixeira	USP	2005														
Projeto de arquitetura: caminhos	Valter Luis Caldana Junior	USP	2005														
AMBIENTES COGNITIVOS PARA PROJETAÇÃO: Um Estudo Relacional entre as Mídias Tradicional e Digital na Concepção do Projeto Arquitetônico	Gisele Lopes de Carvalho	UFPE	2004														
Ética e estética no ensino de projeto. Práticas atuais nos ateliês da FAUFBA	Susana Acosta Olmos	UFBA	2004														
Construindo relações na interface do projeto em arquitetura	Vania Hemb Andrade	UFBA	2004														

<b>TESES DE DOUTORADO</b>																	
<b>Título do Trabalho</b>	<b>Autor</b>	<b>Instituição</b>	<b>ano da defesa</b>	<b>Tecnologia BIM</b>	<b>Modelagem Geométrica 3D</b>	<b>Prototipagem Rápida Fabricação Digital</b>	<b>Simulação computacional</b>	<b>Gramática da Forma e Formas complexas</b>	<b>CAD como auxílio à projeção – Projeto Digital</b>	<b>Metodologia do Projeto e Processo de Criação</b>	<b>Teoria do projeto de arquitetura</b>	<b>Ensino de Projeto</b>	<b>Ensino de CAD</b>	<b>Modelagem tridimensional Física</b>	<b>Eficiência Energética Conforto ambiental</b>	<b>Acessibilidade Mobilidade</b>	<b>Tecnologia da Informação - TI</b>
Habitação adaptável ao idoso: um método para projetos residenciais	Sandra Maria Marcondes Perito Carli	USP	2004														
Processos de projeto e computação gráfica: uma abordagem didática	Charles de Castro Vincent	USP	2003														
O ensino do projeto de arquitetura	Paula Katakura	USP	2003														
Arquitetura partindo dos volumes. Metodologia de projeto	Roberto Gomide Collet e Silva Filho	USP	2003														
Uma aplicação para o ensino de integração de projetos de arquitetura e estrutura de edifícios	Roberto Machado Correa	UFRJ	2003														
O risco e a invenção: um estudo sobre as notações gráficas de concepção no projeto	Jose Barki	UFRJ	2003														
Alocação de Espaços em Arquitetura: Uma Nova Metodologia Utilizando Lógica Nebulosa e Algoritmos Genéticos	Mario Masagão Andreoli	USP	2000														
Contextura da Criação Arquitetônica: esboços e projetos	Ivana Franco Peters	PUC/SP	2000														

<b>DISSERTAÇÕES DE MESTRADO</b> Título do Trabalho	Autor	Instituição	ano da defesa	Tecnologia BIM	Modelagem Geométrica 3D	Prototipagem Rápida Fabricação Digital	Simulação computacional	Gramática da Forma e Formas complexas	CAD como auxílio à projeção – Projeto Digital	Metodologia do Projeto e Processo de Criação	Teoria do projeto de arquitetura	Ensino de Projeto	Ensino de CAD	Modelagem tridimensional Física	Eficiência Energética Conforto ambiental	Acessibilidade Mobilidade	Tecnologia da Informação - TI
Analógico & digital: do desenho ao modelo, do modelo ao desenho	Victor Longo Cesar da Paixão	USJT	2011														
Modelando o futuro: a evolução do uso de tecnologias digitais no desenvolvimento de projetos de arquitetura	Silvio Sguizzardi	USP	2011														
A maquete manual como estímulo à criatividade na formação de arquitetos e urbanistas	Renata França Marangoni	UNICAMP	2011														
Modelagem virtual e prototipagem rápida aplicadas em projeto de arquitetura	Marina Rodrigues de Oliveira	USP/SC	2011														
Características e Particularidades das Ferramentas BIM - Reflexos do modo de Implantação na Arquitetura	Ludmila Cabizuca Carvalho Ferreira de Oliveira	UFSC	2011														
A maquete de idealização como instrumento do ensino de projeto em arquitetura	José de Oliveira	USJT	2011														
O uso de algoritmos e de sistemas paramétricos na concepção arquitetônica de pequenas residências	Félix Alves da Silva Júnior	UNB	2011														
BIM aplicado ao processo de projeto sustentável: um estudo do segmento de projetos unifamiliares residenciais em Niterói-RJ	Laura Dominguez Martinez	UFF	2010														
Construção do Vocabulário e Repertório Geométrico para o Projeto de Arquitetura	Janice de Freitas Pires	UFPEL	2010														
Displays interativos como ferramentas de comunicação no processo de projeto de arquitetura	Thales Augusto Filipini Righi	UNICAMP	2009														

<b>DISSERTAÇÕES DE MESTRADO</b> Título do Trabalho	Autor	Instituição	ano da defesa	Tecnologia BIM	Modelagem Geométrica 3D	Prototipagem Rápida Fabricação Digital	Simulação computacional	Gramática da Forma e Formas complexas	CAD como auxílio à projeção – Projeto Digital	Metodologia do Projeto e Processo de Criação	Teoria do projeto de arquitetura	Ensino de Projeto	Ensino de CAD	Modelagem tridimensional Física	Eficiência Energética Conforto ambiental	Acessibilidade Mobilidade	Tecnologia da Informação - TI
Formas naturais e estruturação de superfícies mínimas em arquitetura	Rodrigo Allgayer	UFRGS	2009														
Tecnologia BIM na arquitetura.	Mônica Mendonça Maria	MACKENZIE	2009														
Forma Fractal no Ensino de Projeto Arquitetônico Assistido por Computador	Maycon Ricardo Sedrez	UFSC	2009														
Impactos e usos derivados do BIM em projetos de arquitetura e engenharia	Marcelo Ciaravolo de Moraes	UFF	2009														
Diagnóstico do uso do BIM em empresas de projeto de arquitetura	Livia Laubmeyer Alves de Souza	UFF	2009														
O desenho analógico e o desenho digital: a representação do projeto arquitetônico influenciado pelo uso do computador e as possíveis mudanças no processo projetivo em arquitetura	Gilfranco Medeiros Alves	UFMS	2009														
Os recursos da computação gráfica na elaboração de projetos	Beatriz Gonçalves Boskovitz Royzen	USP	2009														
O uso do computador no ensino de projeto de arquitetura: análise crítica da produção dos seminários sigradi e projetar.	André Luis Tiani Nogueira	UFRJ	2008														
Espaços de ensino-aprendizagem com qualidade ambiental: o processo metodológico para elaboração de um anteprojecto	Cecília Mattos Mueller	USP	2007														
Produção digital de maquetes: um estudo exploratório	Erica Pinheiro	UNICAMP	2007														

<b>DISSERTAÇÕES DE MESTRADO</b> Título do Trabalho	Autor	Instituição	ano da defesa	Tecnologia BIM	Modelagem Geométrica 3D	Prototipagem Rápida Fabricação Digital	Simulação computacional	Gramática da Forma e Formas complexas	CAD como auxílio à projeção – Projeto Digital	Metodologia do Projeto e Processo de Criação	Teoria do projeto de arquitetura	Ensino de Projeto	Ensino de CAD	Modelagem tridimensional Física	Eficiência Energética Conforto ambiental	Acessibilidade Mobilidade	Tecnologia da Informação - TI
Projeto auxiliado pelo paradigma de orientação a objetos: um exercício	Gelly Mendes Rodrigues	UNICAMP	2007														
Construindo com bits: análise do processo de projeto assistido por computador	Juliano Carlos Cecílio Batista Oliveira	USP/SC	2007														
O computador como ferramenta de auxílio ao processo projetual da arquitetura: o processo de aprendizagem e o atual uso das ferramentas digitais pelos arquitetos	Luciano Mendes Caixeta	UNB	2007														
Inserção de Ambientes Virtuais de Aprendizagem com a Utilização da Computação Gráfica no Ensino de Projeto Arquitetônico	Luisa Rodrigues Félix	UFSC	2007														
Inserção da informática nos cursos de arquitetura e urbanismo do Brasil (1994 - 2006): diagnósticos, rebatimentos e perspectivas nas Instituições Federais de Ensino Superior do Nordeste: UFRN, UFPB e UFPE	Patrícia de Oliveira Dias Porto Carreiro	UFRN	2007														
A importância das ferramentas de representação gráfica no processo de concepção do projeto arquitetônico	Ramon Ribeiro Fontes	UFF	2007														
A influência de decisões arquitetônicas na eficiência energética do Campus/UFRN	Raoni Venâncio dos Santos Lima	UFRN	2007														
Simulação computacional para projeto de iluminação em arquitetura	Silvia Garcia Tavares	UFRGS	2007														
Estratégias Pedagógicas de Uso de Técnicas de Computação Gráfica como Instrumento de Apoio ao Processo Criativo de Projeto de Arquitetura	Bruno Ribeiro Fernandes	UFSC	2006														

<b>DISSERTAÇÕES DE MESTRADO</b> Título do Trabalho	Autor	Instituição	ano da defesa	Tecnologia BIM	Modelagem Geométrica 3D	Prototipagem Rápida Fabricação Digital	Simulação computacional	Gramática da Forma e Formas complexas	CAD como auxílio à projeção – Projeto Digital	Metodologia do Projeto e Processo de Criação	Teoria do projeto de arquitetura	Ensino de Projeto	Ensino de CAD	Modelagem tridimensional Física	Eficiência Energética Conforto ambiental	Acessibilidade Mobilidade	Tecnologia da Informação - TI
Inserção de simulação computacional de comportamento térmico de edifícios em ensino de arquitetura e urbanismo: proposta de metodologia	Simone Delbin	UNICAMP	2006														
A idéia do Modelo Tridimensional em Arquitetura	Ana Carolina Formigoni Basso	USP/SC	2005														
O ato criador do arquiteto mediado por computador : um estudo sobre o uso de ferramentas computacionais na fase conceitual do projeto arquitetônico	Allan Kardec José Araújo Prado	USP	2005														
Metodologias de Projeto da Arquitetura Contemporânea: Paulo Mendes da Rocha, Alvaro Siza e Steven Holl	André Armando Del Guerra	MACKENZIE	2005														
Ambientes totais para ensino de projeto arquitetônico: novos paradigmas de utilização da informática	Gastão Santos Sales	USP	2005														
Um processo de ensino de projeto arquitetônico: a linguagem e expressão da forma	Márcia Urbano Troncoso	UNB	2005														
O Momento da Computação Gráfica no meio acadêmico - 1990 a 2005. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Mackenzie	Nieri Soares de Araújo	MACKENZIE	2005														
Modelo de Suporte ao Projeto Criativo em Arquitetura: Uma Aplicação da Triz ? Teoria da Solução Inventiva de Problemas	Marly Kiatake	USP/POLI	2004														
Colaboração em CAD no projeto de arquitetura, engenharia e construção: estudo de caso	Alexandre de Castro Panizza	UNICAMP	2004														
Um estudo sobre o ensino de projeto de arquitetura em Curitiba	Emerson José Vidigal	USP	2004														

<b>DISSERTAÇÕES DE MESTRADO</b> Título do Trabalho	Autor	Instituição	ano da defesa	Tecnologia BIM	Modelagem Geométrica 3D	Prototipagem Rápida Fabricação Digital	Simulação computacional	Gramática da Forma e Formas complexas	CAD como auxílio à projeção – Projeto Digital	Metodologia do Projeto e Processo de Criação	Teoria do projeto de arquitetura	Ensino de Projeto	Ensino de CAD	Modelagem tridimensional Física	Eficiência Energética Conforto ambiental	Acessibilidade Mobilidade	Tecnologia da Informação - TI
A simulação computacional da luz natural aplicada ao projeto de arquitetura	Evangelos Dimitrios Christakou	UNB	2004														
O Uso do Ciberespaço na Visualização da Forma Arquitetônica de Espaços Internos em Fase de Projeto	Felipe Etchegaray Heidrich	UFSC	2004														
Por uma etapa de preparação à participação no processo de projeto arquitetônico em habitação de interesse social	Letícia Maria Andrião	UFMA	2004														
Arquitetura simultânea: a tecnologia da informação em um processo de projeto integrado	Vanessa Berbercik Machado	UFRJ	2004														
Projeto Axiomático de Arquitetura: Estudo para Implantação em Sistemas CAD	Simone Monice	USP/POLI	2003														
A Arte como Premissa Projetual de Frank Gehry para concepção arquitetônica: O Museu Guggenheim de Bilbao	Alessandra Márcia de Freitas Stefani	MACKENZIE	2003														
Análise do processo de projeto : estudo de caso em escritórios de arquitetura do grande Rio	Alexandre de Andrade Cardoso de Menezes	UFF	2003														
Presença e uso de tecnologia da informação no ensino de projeto arquitetônico: estudo exploratório nas faculdades de arquitetura e urbanismo de porto alegre/rs	Cristiana Brodt Bersano	UFRGS	2003														
Informática e ensino de projeto: as novas tecnologia digitais no currículo do curso de arquitetura e urbanismo da UCPel	Eduardo Rocha	UFPEL	2003														

<b>DISSERTAÇÕES DE MESTRADO</b> Título do Trabalho	Autor	Instituição	ano da defesa	Tecnologia BIM	Modelagem Geométrica 3D	Prototipagem Rápida Fabricação Digital	Simulação computacional	Gramática da Forma e Formas complexas	CAD como auxílio à projeção – Projeto Digital	Metodologia do Projeto e Processo de Criação	Teoria do projeto de arquitetura	Ensino de Projeto	Ensino de CAD	Modelagem tridimensional Física	Eficiência Energética Conforto ambiental	Acessibilidade Mobilidade	Tecnologia da Informação - TI
Ensino do projeto de arquitetura: identificação de paradigmas	Luciana Sofia França Caldas Pimentel	UNB	2003														
O Uso da Metodologia de Projeto Axiomático para Projetos Arquitetônicos: Estudo de Caso das Escolas Municipais de Educação Infantil de São Paulo	Valéria Azzi Collet da Graça	USP/POLI	2002														
A Prática Pedagógica do Projeto de Arquitetura: reflexões a partir dos processos de avaliação da aprendizagem	CLÁUDIA MARIA ARCIPRESTE	UFMG	2002														
Desenvolvimento de um programa computacional para a prototipagem rápida por retirada de material	Daniel Martins Costa Santos	UFMG	2002														
O uso da computação gráfica como ferramenta de representação e manifestação visual na arquitetura	Gilberto Varela Mendonça	UFMG	2002														
História, Crítica e Teoria no Ensino de Arquitetura: O racionalismo como metodologia de projeto	Miguel César Costa	MACKENZIE	2002														
Estudo de Casos do Uso de Maquetes, Mock-ups e Modelos no Ensino do Projeto de Arquitetura e Desenho Industrial	Paulo Celso Krusche Monteiro	MACKENZIE	2002														
Procedimentos de projeto na era digital: um estudo sobre os impactos das novas tecnologias de computação gráfica aplicadas aos projetos de arquitetura e engenharia	Felipe Etchegaray Heidrich	UFRJ	2002														
Ateliê Virtual de Projeto: a tecnologia da informação no ensino de projeto de arquitetura	Eduardo Mascarenhas Santos	UFMG	2001														
Ventilação e prescrições urbanísticas: uma aplicação simulada no bairro de Petrópolis	Fernando José De	UFRN	2001														

<b>DISSERTAÇÕES DE MESTRADO</b> Título do Trabalho	Autor	Instituição	ano da defesa	Tecnologia BIM	Modelagem Geométrica 3D	Prototipagem Rápida Fabricação Digital	Simulação computacional	Gramática da Forma e Formas complexas	CAD como auxílio à projeção – Projeto Digital	Metodologia do Projeto e Processo de Criação	Teoria do projeto de arquitetura	Ensino de Projeto	Ensino de CAD	Modelagem tridimensional Física	Eficiência Energética Conforto ambiental	Acessibilidade Mobilidade	Tecnologia da Informação - TI
em Natal/RN	Medeiros Costa																
Esboço e croqui. A participação do desenho no processo criativo arquitetônico	Geraldo Benício da Fonseca	UFMG	2001														
Otimização, na era digital, da comunicação de um sistema complexo de conceitos. Estudo especial de caso: Projeto de Arquitetura	Gisele Pinna Braga	USP	2001														
A Introdução do Computador no Processo Ensino/Aprendizado do Projeto Arquitetônico: Estudo de Casos	Rovenir Bertola Duarte	USP	2001														
As aparências de arquitetura e seus desdobramentos no ensino de projeto	Clécio Magalhães do Vale	UFMG	2000														
Virtular: um sistema digital de apoio á concepção de projetos habitacionais auxiliado por usuários participativos	Gabriela Tissiani	UFSC	2000														
Comunicação no Processo de Projeto Arquitetônico e Relação CAD-Rendering- Animação-Multimídia	Marcia Regina de Freitas	UNICAMP	2000														
Arquitetura e Tecnologias Computacionais - Novos Instrumentos Mediadores e as Possibilidades de Mudança no Processo Projetual	Rejane de Moraes Rego	UFBA	2000														

## APÊNDICE B – A EXPERIÊNCIA DE CURSOS DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL

Cursos de Arquitetura e Urbanismo no Brasil com mais de 10 anos de funcionamento em abril de 2009 e identificação da existência de Pós-Graduação.

	INSTITUIÇÃO	CRIAÇÃO	Pós-Graduação
<b>1</b>	<b>Universidade Federal do Rio de Janeiro</b>	<b>23/nov/1820</b>	<b>M/D</b>
<b>2</b>	<b>Universidade Federal de Minas Gerais</b>	<b>1/mar/31</b>	<b>M/D</b>
<b>3</b>	<b>Universidade Federal do Rio Grande do Sul</b>	<b>1/mar/46</b>	<b>M/D</b>
<b>4</b>	<b>Universidade Federal de Pernambuco</b>	<b>20/jun/46</b>	<b>M/D</b>
<b>5</b>	<b>Universidade Presbiteriana Mackenzie</b>	<b>7/jul/47</b>	<b>M/D</b>
<b>6</b>	<b>Universidade de São Paulo – FAU/USP</b>	<b>1948</b>	<b>M/D</b>
<b>7</b>	<b>Universidade Federal da Bahia</b>	<b>4/dez/50</b>	<b>M/D</b>
8	Universidade Federal do Paraná	1/jan/61	
<b>9</b>	<b>Universidade de Brasília</b>	<b>1/mar/62</b>	<b>M/D</b>
10	Universidade Federal do Pará	1/mar/64	
11	Universidade Federal do Ceará	1/jan/65	
12	Universidade Santa Úrsula	20/mar/69	
13	Universidade Braz Cubas	13/mar/70	
<b>14</b>	<b>Universidade Federal Fluminense</b>	<b>8/abr/70</b>	<b>M</b>
15	Universidade Católica de Santos	14/mai/70	
<b>16</b>	<b>Universidade Federal de Pelotas</b>	<b>8/jan/72</b>	<b>M</b>
17	Universidade do Vale do Rio dos Sinos	6/mar/72	
18	Universidade Gama Filho	18/jan/73	
19	Universidade Guarulhos	1/mar/73	
<b>20</b>	<b>Universidade Federal do Rio Grande do Norte</b>	<b>13/ago/73</b>	<b>M/D/P</b>
<b>21</b>	<b>Pontifícia Universidade Católica de Campinas</b>	<b>1/mar/74</b>	<b>M</b>
22	Universidade de Mogi das Cruzes	1/mar/74	
23	Universidade Católica de Goiás	4/mar/74	
<b>24</b>	<b>Universidade Federal de Alagoas</b>	<b>4/mar/74</b>	<b>M</b>
<b>25</b>	<b>Universidade Federal da Paraíba</b>	<b>5/mar/75</b>	<b>M</b>
26	Pontifícia Universidade Católica do Paraná	8/mar/76	
<b>27</b>	<b>Universidade Federal de Santa Catarina</b>	<b>1/mar/77</b>	<b>M</b>
<b>28</b>	<b>Universidade Federal do Espírito Santo</b>	<b>13/ago/79</b>	<b>M</b>
29	Universidade da Amazônia	1/ago/80	
30	Univ. p/ o Des. do Estado e da Reg. do Pantanal	17/fev/81	
31	Universidade de Marília	1/mar/81	
32	Universidade de Franca	2/mar/81	
33	Universidade do Vale do Paraíba	4/fev/83	
<b>34</b>	<b>Universidade de São Paulo – USP/São Carlos</b>	<b>1/jan/85</b>	<b>M/D</b>
35	Universidade de Uberaba	1/fev/90	
<b>36</b>	<b>Universidade São Judas Tadeu</b>	<b>19/fev/90</b>	<b>M</b>
37	Universidade da Região da Campanha	1/mar/90	
38	Universidade Católica de Pelotas	1/ago/91	

39	Fundação Universidade Federal de Viçosa	1/mar/92	
40	Universidade Federal de Santa Maria	27/abr/92	
41	Universidade Federal de Juiz de Fora	31/ago/92	
42	Universidade Federal do Piauí	15/mar/93	
43	Universidade do Grande ABC	1/fev/94	
44	Fundação Universidade Federal do Tocantins	21/fev/94	
45	Universidade Metodista de Piracicaba	21/fev/94	
46	Universidade Federal de Mato Grosso	20/dez/94	
47	Universidade Tiradentes	1/fev/95	
48	Universidade de Passo Fundo	7/ago/95	
49	Universidade Nove de Julho	7/ago/95	
50	Universidade São Marcos	7/ago/95	
51	Universidade Paulista	14/ago/95	
52	Universidade Ibirapuera	12/fev/96	
53	Universidade Federal de Uberlândia	16/fev/96	
54	Universidade de Caxias do Sul	4/mar/96	
55	Universidade Estácio de Sá	4/mar/96	
56	Pontifícia Univ. Católica do Rio Grande do Sul	1/ago/96	
57	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais	1/fev/97	
58	Universidade Santa Cecília	3/fev/97	
59	Universidade de Cuiabá	13/fev/97	
60	Universidade Bandeirante de São Paulo	24/fev/97	
61	Universidade Potiguar	3/mar/97	
62	Universidade de Cruz Alta	4/mar/97	
63	Universidade Tuiuti do Paraná	1/set/97	
64	Universidade Norte do Paraná	9/fev/98	
65	Universidade Luterana do Brasil	1/ago/98	
<b>66</b>	<b>Universidade Estadual de Campinas</b>	<b>01/mar/99</b>	<b>M</b>
67	Universidade de Fortaleza	3/ago/98	
68	Universidade de Santa Cruz do Sul	1/mar/99	
69	Universidade Salvador	1/mar/99	

Fonte: INEPE/MEC e CAPES

**M:** Mestrado Acadêmico

**P:** Mestrado Profissional

**D:** Doutorado

## APÊNDICE C – MÉDIA DAS AVALIAÇÕES DOS 19 CURSOS COM MAIS DE 10 ANOS DE FUNCIONAMENTO

Média dos Exames Nacionais aplicados aos estudantes de arquitetura e urbanismo no Provão de 2002 e 2003 e ENADE 2005 dos 19 cursos selecionados pelos critérios de antiguidade e Existência de Pós-Graduação acima nos Conceitos.

	INSTITUIÇÃO	CRIAÇÃO	Pós	2002	2003	2005	Média
<b>1</b>	<b>Universidade Federal do Rio de Janeiro</b>	<b>23/nov/1820</b>	<b>M/D</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>3</b>	<b>4,33</b>
<b>2</b>	<b>Universidade Federal de Minas Gerais</b>	<b>1/mar/31</b>	<b>M/D</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Universidade Federal do Rio Grande do Sul</b>	<b>1/mar/46</b>	<b>M/D</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Universidade Federal de Pernambuco</b>	<b>20/jun/46</b>	<b>M/D</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>4</b>	<b>4,33</b>
5	Universidade Presbiteriana Mackenzie	7/jul/47	M/D	C	B	3	3,33
6	Universidade de São Paulo – FAU/USP	1948	M/D	-	-	-	S/C
<b>7</b>	<b>Universidade Federal da Bahia</b>	<b>4/dez/50</b>	<b>M/D</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>4</b>	<b>4,33</b>
<b>8</b>	<b>Universidade de Brasília</b>	<b>1/mar/62</b>	<b>M/D</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>4</b>	<b>4,33</b>
9	Universidade Federal Fluminense	8/abr/70	M	E	E	1	1
10	Universidade Federal de Pelotas	8/jan/72	M	C	C	4	3,33
<b>11</b>	<b>Universidade Federal do Rio Grande do Norte</b>	<b>13/ago/73</b>	<b>M/D/ P</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
12	Pontifícia Universidade Católica de Campinas	1/mar/74	M	B	C	3	3,33
13	Universidade Federal de Alagoas	4/mar/74	M	C	C	3	3
14	Universidade Federal da Paraíba	5/mar/75	M	A	C	4	3
<b>15</b>	<b>Universidade Federal de Santa Catarina</b>	<b>1/mar/77</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>5</b>	<b>4,66</b>
16	Universidade Federal do Espírito Santo	13/ago/79	M	E	A	1	2,33
17	Universidade de São Paulo – USP/São Carlos	1/jan/85	M/D	-	-	-	S/C
18	Universidade São Judas Tadeu	19/fev/90	M	C	C	4	3,33
19	Universidade Estadual de Campinas	01/mar/99	M	-	-	-	S/C

Fonte: INEPE/MEC

- Obs.: 1) Para o cálculo da média os conceitos de **A** a **E** foram considerados equivalentes a notas de **5** a **1** respectivamente.  
2) S/C: Sem Conceito nas avaliações

## APÊNDICE D - AVALIAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO PELA CAPES

### GRANDE ÁREA: CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS ÁREA: ARQUITETURA E URBANISMO

PROGRAMA	IES	UF	CONCEITO		
			M	D	F
Dinâmica do espaço habitado	UFAL	AL	3	-	-
Arquitetura e urbanismo	UFBA	BA	6	6	-
Arquitetura e urbanismo	UNB	DF	3	3	-
Arquitetura e urbanismo	UFES	ES	3	-	-
Arquitetura	UFMG	MG	4	4	-
Arquitetura e urbanismo	UFPB/J.P.	PB	3	-	-
Arquitetura	UFRJ	RJ	4	4	-
Arquitetura e urbanismo	UFF	RJ	4	-	-
Urbanismo	UFRJ	RJ	6	6	-
Arquitetura e urbanismo	UFRN	RN	4	4	3
Arquitetura	UFRGS	RS	5	5	-
Arquitetura e urbanismo	UFPEL	RS	3	-	-
Arquitetura e urbanismo	UFSC	SC	4	-	-
Urbanismo, história e arquitetura da cidade	UFSC	SC	3	-	-
Arquitetura e urbanismo	USP	SP	6	6	-
Arquitetura e urbanismo	USP/SC	SP	5	5	-
Arquitetura e urbanismo	UPM	SP	4	4	-
Arquitetura e urbanismo	USJT	SP	3	-	-
Urbanismo	PUCCAMP	SP	4	-	-

Cursos:

M - Mestrado Acadêmico, D - Doutorado, F - Mestrado Profissional

GRANDE ÁREA: CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS									
ÁREA (ÁREA DE AVALIAÇÃO)	Programas e Cursos de pós-graduação					Totais de Cursos de pós-graduação			
	Total	M	D	F	M/D	Total	M	D	F
ARQUITETURA E URBANISMO (ARQUITETURA E URBANISMO)	20	9	0	1	10	30	19	10	1

Fonte: <http://www.capes.gov.br/avaliacao/avaliacao-da-pos-graduacao>  
Acesso dez. 2012.

APÊNDICE E – QUADRO RESUMO DOS PROJETOS PEDAGÓGICOS DE CURSOS DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL

Categorias de análise	Existência de Projeto Pedagógico com definição de Perfil e Princípios Pedagógicos	Diretrizes Pedagógicas no PP sobre a utilização da modelagem tridimensional no ensino*		Componentes curriculares referidos no PP		Laboratório ou oficina de Maquetes	
		Específicas	Indiretas	Específico sobre MG 3D ou modelagem física	Que utilizam a MG na sua metodologia (ementa)	Na graduação	Na Pós
IES							
01 - Universidade Federal do Rio de Janeiro	Não há um documento com o projeto pedagógico disponibilizado na Internet, porém existem informações no site citando que a concepção do curso tem como referência a Portaria 1770/94. Segundo informações coletadas, está em andamento um processo de revisão para adequação à diretriz curricular vigente. O curso se define por um perfil profissional generalista atendendo à legislação profissional. Para tanto, cria eixos de	Nas informações no site não há definição de diretrizes específicas para a utilização de meios de modelagem tridimensional no ensino de projeto.	No eixo Representação que compreende tanto o estudo da representação geométrica dos espaços quanto os meios de sua expressão criativa, estão alocadas disciplinas e atividades que têm como objetivo o desenvolvimento de habilidades de análise, representação e expressão da forma e do espaço, e suas relações com a criação projetual.	Maquete: Disciplina eletiva. Os alunos são estimulados a cursar essa disciplina conjuntamente com as disciplinas de concepção da forma. Não utiliza meios de fabricação digital.	Durante visita realizada em agosto/2009 tomamos conhecimento da experiência realizada em duas disciplinas do 1º e 2º períodos: Concepção da Forma Arquitetônica I Concepção da Forma Arquitetônica II <a href="http://www.forma.fau.ufrj.br/">http://www.forma.fau.ufrj.br/</a>	Existe uma oficina de Maquetes instalada em espaço físico amplo, equipada com máquinas de corte convencionais (serras circulares, de fita e tico-tico de bancada), máquinas de acabamento (lixadeiras de disco e de bancada), compressor e bancadas para montagens e acabamento.	

Categorias de análise	Existência de Projeto Pedagógico com definição de Perfil e Princípios Pedagógicos	Diretrizes Pedagógicas no PP sobre a utilização da modelagem tridimensional no ensino*		Componentes curriculares referidos no PP		Laboratório ou oficina de Maquetes	
		Específicas	Indiretas	Específico sobre MG 3D ou modelagem física	Que utilizam a MG na sua metodologia (ementa)	Na graduação	Na Pós
<b>IES</b>							
	conhecimento capazes de aglutinar conteúdos programáticos afins e três ciclos de estudos.						
02 - Universidade Federal de Minas Gerais Escola de Arquitetura e Urbanismo	Curso Diurno implantado em 1931 Tem PP atualizado em 2008, atendendo às DCN e LDB	Não há diretriz específica	Não há diretrizes indiretas	Não foram localizados componentes curriculares que tratem do assunto	Não há detalhamento dos componentes que permitam a análise	De acordo com informações constantes no site da EA-UFMG, existe uma oficina para execução de modelos tridimensionais, experimentações de técnicas de visualização do espaço à partir de múltiplos meios.	
	Curso Noturno em implantação Tem PP de 2008, atendendo às DCN e LDB	Não há definição de diretrizes específicas da utilização de modelagem	O curso está em implantação não havendo detalhamento dos componentes curriculares				

Categorias de análise	Existência de Projeto Pedagógico com definição de Perfil e Princípios Pedagógicos	Diretrizes Pedagógicas no PP sobre a utilização da modelagem tridimensional no ensino*		Componentes curriculares referidos no PP		Laboratório ou oficina de Maquetes	
		Específicas	Indiretas	Específico sobre MG 3D ou modelagem física	Que utilizam a MG na sua metodologia (ementa)	Na graduação	Na Pós
<b>IES</b>							
04 - Universidade Federal de Pernambuco	Não há um Projeto Pedagógico formalizado. Uma comissão está elaborando proposta.			No perfil curricular do curso não consta nenhum componente específico sobre maquetes. Existem duas disciplinas eletivas de Projeto Auxiliado por computador que tratam da modelagem geométrica da forma.	A disciplina Planejamento Arquitetônico 2, no seu ementário, faz referência à utilização de modelos tridimensionais com materiais diversos.	Não há laboratório nem oficina de maquetes para apoio às disciplinas	Idem
06 - Universidade de São Paulo – FAU/USP	Curso em Período integral com aulas pela manhã e à tarde. Não há um PP formalizado			Segundo o documento “Estrutura Curricular 2009”, não há componente específico que aborde o tema Maquete	Os componentes curriculares que compõem o grupo de disciplinas de projeto de edificações exigem estudos volumétricos em modelos físicos.	Há na FAU/USP uma oficina de Maquetes bem estruturada com máquinas de porte diversos. Segundo informações colhidas em visita, alguns equipamentos estão sendo adquiridos para a montagem de um	

Categorias de análise	Existência de Projeto Pedagógico com definição de Perfil e Princípios Pedagógicos	Diretrizes Pedagógicas no PP sobre a utilização da modelagem tridimensional no ensino*		Componentes curriculares referidos no PP		Laboratório ou oficina de Maquetes	
		Específicas	Indiretas	Específico sobre MG 3D ou modelagem física	Que utilizam a MG na sua metodologia (ementa)	Na graduação	Na Pós
IES						laboratório de prototipagem rápida	
08 - Universidade de Brasília	Curso diurno implantado desde 1962. Não há projeto pedagógico			Existe uma disciplina obrigatória seletiva chamada Oficina de Maquete que faz parte da cadeia de Expressão e Representação	Várias disciplinas de Projeto de Arquitetura exigem a apresentação de maquetes físicas nas apresentações das fases iniciais de concepção. Não foi identificada uma metodologia específica para o uso desse instrumento. Há experiência na utilização de disciplinas de projeto integrada a Técnicas Retrospectivas.	Há um Laboratório de Modelos Reduzidos com ampla área de bancadas para montagens, área de uso controlado com máquinas de corte e lixadeiras, e área para estoque e armazenamento de modelos. O laboratório tem uma atuação voltada para a área de estruturas. A Faculdade está adquirindo máquinas de corte a laser e impressora 3D com a finalidade	

Categorias de análise	Existência de Projeto Pedagógico com definição de Perfil e Princípios Pedagógicos	Diretrizes Pedagógicas no PP sobre a utilização da modelagem tridimensional no ensino*		Componentes curriculares referidos no PP		Laboratório ou oficina de Maquetes	
		Específicas	Indiretas	Específico sobre MG 3D ou modelagem física	Que utilizam a MG na sua metodologia (ementa)	Na graduação	Na Pós
IES						de implantar setor de prototipagem rápida.	
09 - Universidade Federal do Rio Grande do Norte	Curso diurno implantado em 1973. Tem PP atualizado em 2007 atendendo às DCN e LDB	No PP não são formuladas diretrizes específicas para a utilização da modelagem 3D no ensino	Para a apresentação do TFG foi especificado a utilização de "maquetes eventualmente necessárias"	ARQ 0204 - Maquetes e Protótipos ARQ 0551 - Desenho auxiliado por computador 02	ARQ 0537 Fundamentos das Estruturas 01	A oficina de maquetes existente desde 1970 foi desmontada. Laboratório em reestruturação. Encontra-se em andamento um projeto para aquisição de máquina de corte a laser.	Não existe equipamento o específico para a pós

Categorias de análise	Existência de Projeto Pedagógico com definição de Perfil e Princípios Pedagógicos	Diretrizes Pedagógicas no PP sobre a utilização da modelagem tridimensional no ensino*		Componentes curriculares referidos no PP		Laboratório ou oficina de Maquetes	
		Específicas	Indiretas	Específico sobre MG 3D ou modelagem física	Que utilizam a MG na sua metodologia (ementa)	Na graduação	Na Pós
<b>IES</b>							
12 - Universidade Estadual de Campinas	Curso noturno, implantado em 1999. Teve o PP atualizado em 2006 atendendo às DCN e LDB	No PP consta uma diretriz geral para utilização da informática na fase de criação de projetos. Estimula exercícios de volumetria, com aplicação de modelagem de sólidos visando melhor escolha da proposta que adequadamente atenda aos interesses do projeto	Na disciplina de Geometria Aplicada à Arquitetura também aparece: Modelagem: Projeto e construção de sólidos	AP 115 Modelos e Maquetes AU 302 – Informática Aplicada II	AU 001 Projeto de Graduação I AU 020 Projeto de Graduação II	Laboratório de modelos e maquetes	Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção (Lab ligado à pós, mas aberto aos alunos do 10º período - TFG)
03 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Foi tentado contato com a coordenação do curso por email, mas não houve retorno						
07 - Universidade Federal da Bahia	Não houve retorno da coordenação. Localizado na internet um documento chamado: RLCRR099 - Grade Curricular				Informática aplicada a arq e urb; Computação gráfica aplicada; Atelier cooperativo de simulação digital		

Categorias de análise	Existência de Projeto Pedagógico com definição de Perfil e Princípios Pedagógicos	Diretrizes Pedagógicas no PP sobre a utilização da modelagem tridimensional no ensino*		Componentes curriculares referidos no PP		Laboratório ou oficina de Maquetes	
		Específicas	Indiretas	Específico sobre MG 3D ou modelagem física	Que utilizam a MG na sua metodologia (ementa)	Na graduação	Na Pós
IES							
10 - Universidade Federal de Santa Catarina	Tentou-se contato com a coordenação do curso por email, mas não houve retorno						
11 - Universidade de São Paulo – USP/São Carlos	Tentou-se contato com a coordenação do curso por email, mas não houve retorno						

\* Palavras-chave de busca: Maquete, Modelo, Três Dimensões.

**CONCLUSÕES:**

Falta de integração entre setores de informática e laboratórios de maquetes

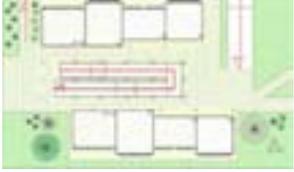
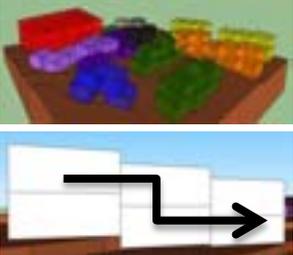
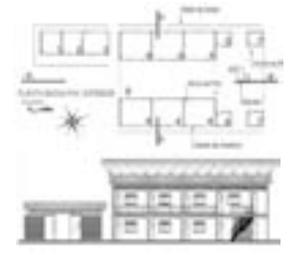
Forte ligação da prototipagem com a pós-graduação: pesquisas, recursos, questões políticas internas das instituições.

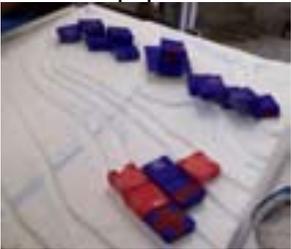
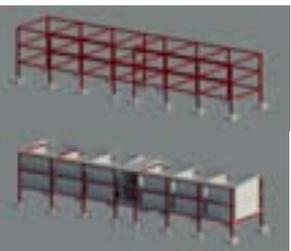
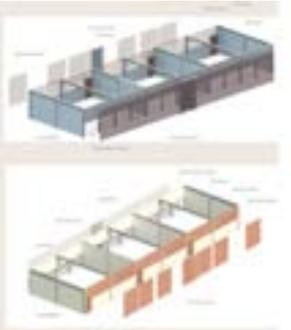
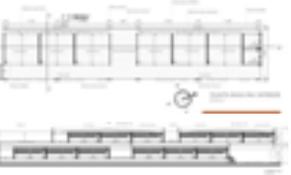
Muitas disciplinas de Projeto de arquitetura ainda têm restrições ao uso do computador e trabalham com maquetes físicas em suas fases iniciais de concepção.

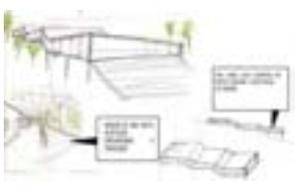
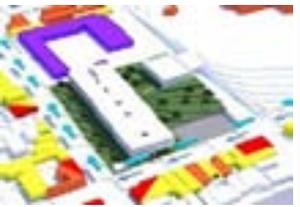
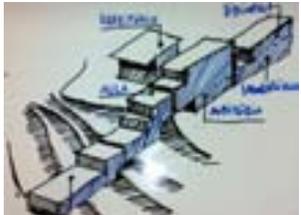
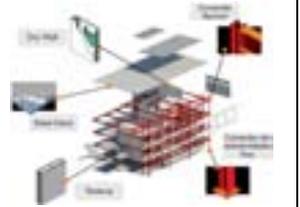
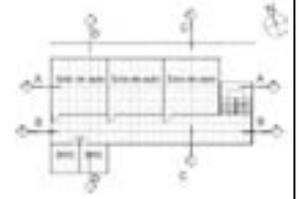
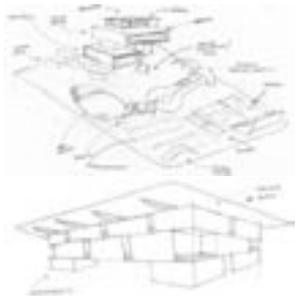
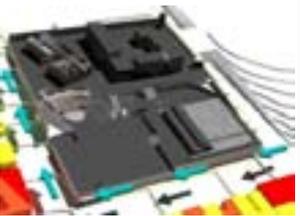
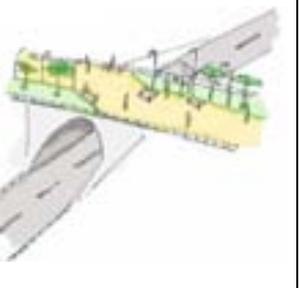
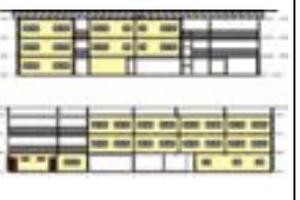
## APÊNDICE F – QUADRO SÍNTESE DOS MODELOS EXPERIMENTO 2011.2

EXPERIMENTO 2011.2

Quadro síntese dos modelos utilizados nos exercícios de projeto.

Fase de Proposição				Fase de Documentação	
Composição volumétrica	Estudo em croquis	Modelo geométrico	Desenvolvimento	Desenhos	Modelo geométrico
<p>Equipe 1</p> 					
<p>Equipe 2</p> 					

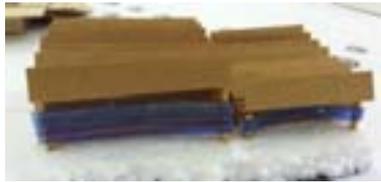
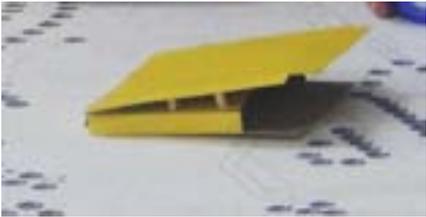
Fase de Proposição				Fase de Documentação	
Composição volumétrica	Estudo em croquis	Modelo geométrico	Desenvolvimento	Desenhos	Modelo geométrico
<p>Equipe 3</p> 					
<p>Equipe 4</p> 					
<p>Equipe 5</p> 					

Composição volumétrica	Fase de Proposição			Fase de Documentação	
	Estudo em croquis	Modelo geométrico	Desenvolvimento	Desenhos	Modelo geométrico
<p>Equipe 6</p> 					
<p>Equipe 7</p> 					
<p>Equipe 8</p> 					

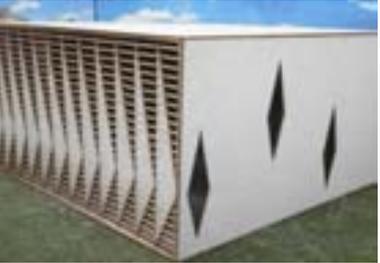
## APÊNDICE G – QUADRO SÍNTESE DOS MODELOS - EXPERIMENTO 2012.1

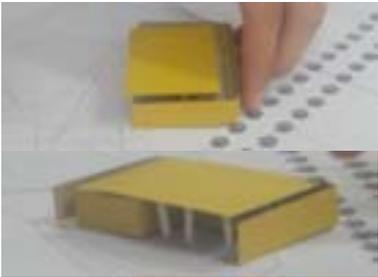
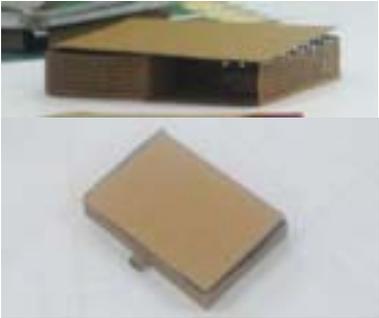
### EXPERIMENTO 2011.2

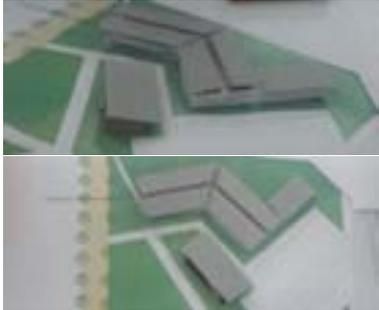
Quadro síntese dos modelos utilizados nos exercícios de projeto.

	Solução/Síntese Modelo Físico 1:500	Desenvolvimento da Solução/Síntese Modelo Físico 1:250	Documentação Apresentação Modelo Geométrico	Avaliação Modelo Físico 1:20
Equipe 1A – Museu do Mangue				
Equipe 1B – Terminal Turístico				

	Solução/Síntese Modelo Físico 1:500	Desenvolvimento da Solução/Síntese Modelo Físico 1:250	Documentação Apresentação Modelo Geométrico	Avaliação Modelo Físico 1:20
Equipe 2A – Centro Gastronômico				
Equipe 2B - Museu da Cultura Nordestina				

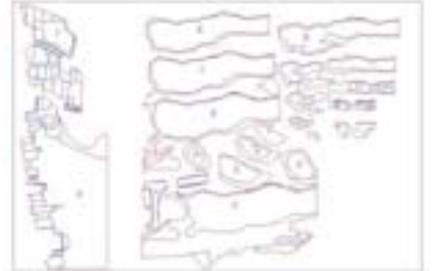
	Solução/Síntese Modelo Físico 1:500	Desenvolvimento da Solução/Síntese Modelo Físico 1:250	Documentação Apresentação Modelo Geométrico	Avaliação Modelo Físico 1:20
Equipe 3A – Centro Comercial				
Equipe 3B – Mercado Público				

	Solução/Síntese Modelo Físico 1:500	Desenvolvimento da Solução/Síntese Modelo Físico 1:250	Documentação Apresentação Modelo Geométrico	Avaliação Modelo Físico 1:20
Equipe 4A – Central do Cidadão				
Equipe 4B – Sub-Prefeitura				

	Solução/Síntese Modelo Físico 1:500	Desenvolvimento da Solução/Síntese Modelo Físico 1:250	Documentação Apresentação Modelo Geométrico	Avaliação Modelo Físico 1:20
Equipe 5A – Clube 3ª Idade				
Equipe 5B – Escola Ambiental				

## EXPERIMENTO 2012.1

Ficha de análise dos modelos utilizados nos exercícios de projeto.

Atores	Modelo	Descrição do modelo	Função do modelo	Análise	
Fase de Análise – Todas as equipes		<p>Modelo Físico do terreno.. Escala 1:1000. Prototipagem: Processo de corte a laser. Superposição de camadas. Curvas para corte desenhadas em programa CAD A área foi dividida em 5 setores de forma a viabilizar o corte das curvas de níveis.</p>	<p>Percepção e compreensão do espaço tridimensional da área de estudo. Estudo da topografia do terreno, das possibilidades de permeabilidade e fluxo de usuários, das condições ambientais e definição de setorização.</p>	<p>O modelo foi utilizado inicialmente na fase de análise quando os estudantes tomavam conhecimento de detalhes da área de estudo. No atelier os professores de projeto de arquitetura e de estudos urbanos fizeram leituras juntamente com os estudantes ressaltando características do relevo, da vegetação e dos acessos à área. Ficou evidenciada a necessidade de considerar a preservação da área de dunas. O partido urbanístico deve priorizar a circulação dos usuários no local. Nesse estudo foram utilizados além da maquete, mapa e fotos aéreas da área.</p>	
			<p>Material: cartão dupla face 1mm.</p>		
					

Atores	Modelo	Descrição do modelo	Função do modelo	Análise
Fase de Síntese – Equipe 1		<p>Modelo físico. Feito manualmente Papelão craft cortado com estilete, produzido durante aula no ateliê de projeto. Modelo em escala 1:1000.</p>	<p>Estudar a compatibilização do programa da edificação na forma de zoneamento de funções com o sistema de circulação do partido urbanístico já entrando na definição de conceitos da forma. Estudo volumétrico da proposta arquitetônica. Estudo das relações de contiguidade e continuidade entre as demais edificações da área de estudo. Estudo da proposta de desenho urbano da fração que, nesse estudo, foi utilizada como base para superposição das maquetes das edificações.</p>	<p>As maquetes feitas no ateliê foram sendo modificadas e testadas. Estudos de possibilidades de cobertura foram desenvolvidos. Nesse caso a utilização da maquete nesse momento propiciou a evolução da forma. A equipe testou possibilidades e refez várias vezes a maquete.  Não foi utilizada a prototipagem digital.</p>
				
				
				
				

## Modelo

## Descrição do modelo

## Função do modelo

## Análise



A Equipe 1 teve como tema de projeto de arquitetura uma Escola Ambiental.

Maquete volumétrica da edificação proposta na escala de 1:250.

Feita à mão em papelão craft cortada com estilete.

Sobre o mapa base na escala de 1:250 analisar resultados da volumetria proposta, conferir incompatibilidades com o entorno, avaliar as relações público x semi-público x privado. Avaliar e desenvolver o desenho urbano do entorno imediato.

Foi observado que no ateliê os estudantes trabalharam em um ciclo que envolvia os elementos do desenho (síntese) daí para a maquete física (análise) voltando para o desenho novamente (nova síntese) Cada grupo trouxe a proposta de desenho urbano para o seu trecho de intervenção. As propostas foram justapostas e as maquetes volumétricas posicionadas. Os estudantes trouxeram seus modelos de casa: poderia ter sido produzido no laboratório de prototipagem, mas todos trabalharam com materiais convencionais. A utilização do processo manual no ateliê para as alterações das maquetes produziu respostas mais rápidas. O deslocamento dos estudantes até o laboratório de prototipagem dispersaria o trabalho.

Atores	Modelo	Descrição do modelo	Função do modelo	Análise
Fase de Apresentação – Equipe 1		<p>Modelo Geométrico 3D Produzido no software Revit</p>	<p>Apresentar a proposta final</p>	<p>A modelagem geométrica tridimensional realizada no programa Revit introduziu os estudantes nessa nova ferramenta, porém apresentou dificuldades de adaptação à metodologia de modelagem própria das tecnologias BIM. O processo de modelagem foi iniciado já no começo da fase de análise com a modelagem geométrica do terreno e acompanhou todo o processo de projeto.</p>
Fase de Avaliação – Equipe 1		<p>Modelo físico escala 1:20 Trecho do projeto arquitetônico com protetores solares. Material: cartão de sapateiro 2,5mm. Prototipagem rápida: corte a laser.</p>	<p>Testar e avaliar a eficiência dos dispositivos de proteção solar no sombreamento das fachadas.</p>	<p>Optou-se por representar apenas um trecho da fachada dos projetos que possibilitasse a observação dos resultados no heliodon</p>

## **ANEXOS**

---

## ANEXO A – PROGRAMA DE DISCIPLINA DO 5º PERÍODO

	<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE</b> <b>CENTRO DE TECNOLOGIA</b> <b>DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA</b> <b>CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO</b>		<b>PLANO DE CURSO</b>	<b>5º PERÍODO</b> <b>2012.1</b>
	Disciplina: <b>Projeto de Arquitetura III</b>		Horário: <b>6M23456</b>	
Código: <b>ARQ 0552</b>	Créditos: <b>05</b>	Carga Horária: <b>75 horas</b>		
Docente: <b>MARCELO BEZERRA DE MELO TINOCO</b>				

### I. OBJETIVO(S)

Partindo das noções adquiridas nos períodos anteriores, forma/função/estrutura/ambiente, elaborar proposta arquitetônica (nível de anteprojeto), com ênfase para a racionalização da proposta em termos de coordenação modular e metodologia de projeção.

### II. EMENTA

Consolidação do uso de metodologia projetual. Estudo de sistemas racionalizados aplicados à construção e a arquitetura. Busca de soluções que reflitam um processo projetual voltado para a economia, a modulação e a aplicação da tecnologia.

### III. CONTEÚDO

- . Princípios evolutivos e influências do processo de racionalização dos elementos construtivos no projeto arquitetônico.
- . Metodologia de projeto.
- . Condicionantes do projeto arquitetônico.
- . Coordenação modular.
- . Desenvolvimento de proposta para equipamento de médio porte articulado a um projeto de fração urbana.
- . Proposta a ser desenvolvida nos níveis de estudo preliminar e anteprojeto, com a utilização de desenho assistido por computador e maquetes volumétricas.

### IV. METODOLOGIA

Dentro do princípio pedagógico da integração interdisciplinar, o conteúdo da disciplina estará integrado ao conteúdo das demais disciplinas do período, através da utilização dos seguintes recursos:

- Aulas expositivas
- Exercícios Programados para o desenvolvimento do projeto nas suas diversas escalas.
- Atividade Integradora - Ateliê de Projeto

### V. RECURSOS DIDÁTICO-PEDAGÓGICOS

- Data-Show
- Croquis
- Desenhos
- Maquetes Volumétricas (física e digital)

**VI. TEMA DA DISCIPLINA**

Projeto Urbano-Ambiental / Recuperação de Áreas Degradadas

**VII. OBJETO DE ESTUDO**

Equipamentos de médio porte (Escolares / Esportivos / Administrativos / Turísticos)

**VIII. ÁREA/LOCAL**

Redinha - Área Lindeira da Ponte Newton Navarro

**XIX. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO**

<b>ARQ 0552 - PROJETO DE ARQUITETURA 03</b>			
<b>1a UNIDADE</b>			
<b>O SÍTIO - ESCALA URBANA</b>			
01	17/02	Apresentação Trabalho Integrado – Programa Estudos de Referência (Rio, Lisboa, Barcelona, Paris, Natal)	Area Lindeira Redinha Projeto Urbano
02	24/02	O Sítio – Contexto Urbano-Ambiental E1* - Maquete Escala Urbana – Área de Estudo	Metodologia Projeto Sistemas Arquitetônicos
03	02/03	Atividade Integradora – Apropriação do território E2 - Maquetes Setoriais - Áreas de Intervenção	Macrozoneamento Partido Urbanístico
04	09/03	O Setor - Planos Setoriais E3 – Desenho e Conceito - Enunciado do Projeto	Desenho Urbano Partido Arquitetônico
05	16/03	Conexões – Arquitetura na (da) Escala Urbana E4 - Maquetes Setoriais - Proposta Intervenção Setorial	Implantação Planos de Massa
06	23/03	Apresentação - Maquete Implantação Volumétrica	
<b>2a UNIDADE</b>			
<b>O EDIFÍCIO - ESCALA DO LOTE</b>			
07	30/03	O Edifício - Programa no (do) Edifício E5 - Princípios de organização espacial – Estudos de Referência (H)	Desenho Universal Configuração do Edifício
	06/04	Feriado - Semana Santa	
08	13/04	O Edifício – Princípios de Composição E6 - Sistema Construtivo – Princípio Estruturante	Racionalização Modulação
09	20/04	Atividade Integradora – Do Lote ao Setor E7 – Arquitetura Bioclimática – Estratégias Projetuais	Desenho Urbano Edifícios Eficientes
10	27/04	O Edifício – Arquitetura do Edifício E8 – Maquete de Estudo do Edifício - Partido Arquitetônico	Volumetria / Legibilidade Plano de Massa
11	04/05	O Edifício – Elementos Arquitetônicos E9 – Maquete de Estudo do Edifício - Sistemas e sub-sistemas	Envoltória Elementos de Proteção

12	11/05	Apresentação - Maquete de Estudo do Edifício	
<b>3a UNIDADE</b>			
<b>O ELEMENTO CONSTRUTIVO - ESCALA DO COMPONENTE</b>			
13	18/05	O Edifício - Avaliação de Desempenho E - 10 – Maquete de Componente Construtivo	Estrutura / Cobertura Aberturas / Proteção
14	25/05	Atividade Integradora – Representação do Projeto Painéis Síntese - Textos, Croquis, Plano, Projetos e Imagens.	Conteúdo Interdisciplinar Diagramação
15	01/06	Desenvolvimento Painéis Síntese	Conteúdo Interdisciplinar
16	08/06	Desenvolvimento Painéis Síntese	Conteúdo Interdisciplinar
17	11/06	Desenvolvimento Painéis Síntese	Conteúdo Interdisciplinar
18	15/06	Apresentação da 3a unidade - Painéis Síntese	
<b>DEMAIS DATAS</b>			
	18/06	Divulgação dos resultados	
	22/06	4a Prova	
	29/06	Feriado - Dia de São Pedro	
	30/06	Término do período letivo 2012.1	
	07/07	Ultimo dia para consolidação	

\*E - exercícios

### **AVALIAÇÃO**

A avaliação da disciplina se dará de forma continuada, levando em conta a presença e a participação do aluno nos ateliês de projeto. Os trabalhos serão desenvolvidos em duplas a, sendo facultado a sua elaboração individual.

### **BIBLIOGRAFIA:**

ALBANO, Maria Tereza Fortini. "**Aspectos Urbanísticos das Operações Urbanas. In Operações Urbana: anais do seminário Brasil-França**". Ministério das Cidades – Brasília: Ministério das Cidades, 2009

BAKER, Geoffrey H. "**Le Corbusier. Uma análise da forma**". São Paulo. Martins Fontes. 1998

CAMBIAGHI, Silvana. "**Desenho Universal: métodos e técnicas para arquitetos e urbanistas**". São Paulo. Editora SENAC, 2007.

CELANI, Gabriela; BERTHO, Beatriz Carra. "**A Prototipagem Rápida no Processo de Produção de Maquetes de Arquitetura**". Graphica. Curitiba, 2007.

GREVEN, Helio Adão; BALDAUF, Alexandra Staudt Follman. "**Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil: uma abordagem atualizada**". Porto Alegre. Coleção Habitare. ANTAC 2007.

HOLANDA, Armando, "**Roteiro para construir no Nordeste**"

LELÉ, JOÃO FILGUEIRAS LIMA. "**Série Arquitetos Brasileiros**". Brazilian Architects Series. Lisboa: Editora Blau. 2000.

MAFUHZ, Edson da Cunha. "**O Clássico, o poético, e o erótico e outros ensaios**". Porto Alegre. Editora Ritter dos Reis, 2001.

- MARTINEZ, Alfonso Corona. **“Ensaio Sobre o Projeto”**. Editora Universidade de Brasília. 2000.
- MATSUBARA, Juliana; VAZ, Carlos E. V; CELANI, Gabriela; FÁVERO, Edison. **“A Cidade em Miniatura: O Uso de Técnicas de Prototipagem Digital para a Confecção de Maquetes Urbanas”**. Graphica’09. Mackenzie. São Paulo, 2009.
- MILLS, Criss B. **“Projetando com Maquetes”**. Porto Alegre. Bookman, 2007.
- MONTANDON, Daniel Toodman. **“Land Readjustment e Operações Urbanas Consorciadas”**. São Paulo. Romano Guerra Editora, 2007
- NEVES, Laert Pedreira (1998). **“Adoção do Partido na Arquitetura”**. Salvador: Editora da Universidade Federal da Bahia.
- PORTO, Marcio. **“O Processo de Projeto e a Sustentabilidade na Produção da Arquitetura”**. São Paulo. C4. 2009
- PROUNK, Eile (1985). **“Dimensionamento em Arquitetura”**. João Pessoa: Ed. UFPB.
- PUPO, Regiani; CELANI, Gabriela. **“A fabricação digital no ensino de projeto: um estudo de caso”**. XVIII Workshop Brasileiro Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. São Paulo, 2008.
- ROCHA, Paulo Mendes da. **“Maquetes de Papel”**. São Paulo. Cosac Naify, 2007.
- SILVA, Elvan (1991). **“Uma Introdução ao Projeto Arquitetônico”**. Porto Alegre: Editora da Universidade UFRGS.
- TINOCO, Marcelo Bezerra de Melo. **“Arquitetura em Disputa. O Lugar do Projeto Urbano na Cidade: ocupação turística e ocupação de interesse social”**. Tese de Doutorado. 279 pg. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo/FAUUSP, 2001.

#### **MANUAIS TÉCNICOS E REVISTAS**

- ABCEM – Associação Brasileira da Construção Metálica, **“Manual Técnico Telhas de Aço”**, RJ, 2010
- ABCI – Associação da Construção Industrializada. **“Manual de Alvenaria Estrutural”**. São Paulo, 2005.
- ABCI – Associação da Construção Industrializada. **“Elementos Pré-Fabricados de Concreto”**. São Paulo, 2005.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **“NBR 15873. Coordenação modular para edificações”** 2010.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **“NBR 9062. Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado”**.1985.
- CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço, **“Revista Arquitetura & Aço”**. Rio de Janeiro, 2010
- CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço, **“Série Manual da Construção em Aço”** Rio de Janeiro, 2010

**ANEXO B - EMENTA DAS DISCIPLINAS DO QUINTO PERÍODO****EMENTÁRIO DETALHADO DAS DISCIPLINAS - CURRÍCULO A5****I. IDENTIFICAÇÃO**

<b>DISCIPLINA</b>									
código	Denominação	Créditos				Carga horária			
		tot.	Aula	Lab.	Est.	Tot.	Aula	Lab.	Est.
<b>ARQ 0551</b>	<b>Desenho auxiliado por computador 02</b>	<b>04</b>	<b>-</b>	<b>04</b>	<b>-</b>	<b>60</b>	<b>-</b>	<b>60</b>	<b>-</b>

**II. PRÉ-REQUISITO(S)**

ARQ 0541 – Desenho Auxiliado por Computador 01

**III. CO-REQUISITO(S)**

ARQ 0552 – Projeto de Arquitetura 03

**IV. OBJETIVO(S)**

Aprofundar os conhecimentos do aluno na área de Computação Gráfica, especificamente na aplicação de Sistemas de Desenho Assistido por Computador. Complementar o conteúdo abordado na disciplina Desenho Auxiliado por Computador 01 com técnicas avançadas para a modelagem, aplicadas ao desenvolvimento e representação do Projeto.

**V. EMENTA**

Revisão dos princípios para a construção da volumetria do objeto arquitetônico: maquete volumétrica. Aplicação de materiais de acabamento, sombra, luz e reflexão - Renderização. Multimídia aplicada à Arquitetura e Urbanismo. Animações.

**VI. CONTEÚDO**

Revisão conceitual sobre Computação Gráfica e Sistemas de Desenho Assistido por Computador.

- . Revisão das ferramentas de construção, manipulação, edição e visualização de objetos em 2D e 3D.
- . A apresentação do projeto.
- . A construção de modelos virtuais.
- . A modelagem por superfícies.
- . Primitivos sólidos.
- . Métodos e técnicas de aplicações de cores, texturas e iluminação.
- . Conceituação.
- . Princípios de animação.

**VII. REFERÊNCIAS BÁSICAS**

LIMA, C. C. **Estudo dirigido de Autocad 2005: Enfoque para Arquitetura**. São Paulo: Editora Érika, 312p, 2004.

MATSUMOTO, E. Y. **Autocad 2004: Fundamentos 2D&3D**. São Paulo: Editora Érika, 432p, 2003.

RENI, R. **Maquete Eletrônica com AutoCad 2004 e 3DS MAX 5.1**. São Paulo: Editora Érika, 2003.

BALDAM, R. **Utilizando totalmente o AutoCAD 2000 – 2D, 3D e Avançado**. São Paulo: Érika, 1999.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

**EMENTÁRIO DETALHADO DAS DISCIPLINAS - CURRÍCULO A5**

**I. IDENTIFICAÇÃO**

		DISCIPLINA							
código	Denominação	Créditos				Carga horária			
		tot	Aula	Lab	Est	Tot	Aula	Lab	Est
<b>ARQ 0552</b>	<b>Projeto de Arquitetura 03</b>	05	02	03	-	75	30	45	-

**II. PRÉ-REQUISITO(S)**

ARQ 0542 – Projeto de Arquitetura 02

**III. CO-REQUISITO(S)**

ARQ 0551 – Desenho auxiliado por Computador 02  
ARQ 0553 – Planejamento da Paisagem 01  
ARQ 0554 – Planejamento e Projeto Urbano e Regional 03  
ARQ 0556 – Conforto Ambiental 01  
ARQ 0557 – Estruturas 01

**IV. OBJETIVO(S)**

Partindo das noções adquiridas nos períodos anteriores, forma/função/estrutura/ambiente, elaborar proposta arquitetônica (nível de anteprojeto), com ênfase para a racionalização da proposta em termos de coordenação modular e metodologia de projeção.

**V. EMENTA**

Consolidação do uso de metodologia projetual. Estudo de sistemas racionalizados aplicados à construção e a arquitetura. Busca de soluções que reflitam um processo projetual voltado para a economia, a modulação e a aplicação da tecnologia. Avaliação pós-ocupação (APO) como parte do processo de projeção.

**VI. CONTEÚDO**

- . Princípios evolutivos e influências do processo de racionalização dos elementos construtivos no projeto arquitetônico.
- . Metodologia de projeto.
- . Condicionantes do projeto arquitetônico.
- . Coordenação modular.
- . Noções de racionalização em projetos complementares, com ênfase para o estrutural.
- . Avaliação pós-ocupação em edificações semelhantes às da proposta a ser desenvolvida.
- . Desenvolvimento de proposta para equipamento de médio porte no setor educacional/cultural (escola, creche, galeria de arte, museu) ou industrial.
- . Proposta a ser desenvolvida nos níveis de estudo preliminar e anteprojeto, com a utilização de desenho assistido por computador.

**VII. REFERÊNCIAS BÁSICAS**

- . ORNSTEIN, S.W. & ROMÉRO, M. (col.). **Avaliação pós-ocupação do ambiente construído**. São Paulo: STUDIO NOBEL, 1992.
- . ROSSO, T. **Racionalização da construção**. São Paulo: FAU-USP, 1999.
- . AZEREDO, H. **O edifício até sua cobertura**. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.
- . Normas técnicas relacionadas ao tema em estudo.
- . NEVES, L.P. **Adoção do partido na Arquitetura**. Salvador: EDUFBA, 1998.
- . REIS, A T. **Repertório, análise e síntese: uma introdução ao projeto arquitetônico**. Porot Alegre: Editora da UFRGS, 2003.



## EMENTÁRIO DETALHADO DAS DISCIPLINAS - CURRÍCULO A5

### I. IDENTIFICAÇÃO

		DISCIPLINA							
código	Denominação	Créditos				Carga horária			
		tot.	Aula	Lab.	Est.	Tot.	Aula	Lab.	Est.
<b>ARQ 0553</b>	<b>Planejamento da Paisagem 01</b>	03	03	-	-	45	45	-	-

### II. PRÉ-REQUISITO(S)

ARQ 0543 – Psicologia Ambiental 01

### III. CO-REQUISITO(S)

ARQ 0552 – Projeto de Arquitetura 03  
ARQ 0554 – Planejamento e Projeto Urbano e Regional 03  
ARQ 0556 – Conforto Ambiental 01

### IV. OBJETIVO(S)

Fornecer informações e subsídios para a compreensão do planejamento da paisagem e sua adequação à arquitetura e urbanismo, visando à formação humanística do Arquiteto e a integração homem-natureza.

### V. EMENTA

Estudo da paisagem e do seu planejamento, considerando o entorno construído e refletindo aspectos da humanização do espaço urbano, o seu manejo ecológico e a amenização climática

### VI. CONTEÚDO

- Introdução ao Desenho Ambiental. Meio Ambiente, Ecologia e conceitos afins.
  - Definição de arquitetura paisagística, da paisagem e do seu planejamento como arte e ciência.
  - Evolução e valorização da arquitetura paisagística.
  - História dos Jardins: da Antiguidade à Idade Média (Oriente e Europa). Os Grandes Estilos de Jardins (Italiano, Francês e Inglês).
  - A Evolução dos Jardins Brasileiros: da Colônia ao Eclétismo, Roberto Burle Marx e o Jardim Modernista. O Jardim Contemporâneo.
  - As linhas projetuais da arquitetura paisagística brasileira.
  - Panorama internacional, nacional e local da arquitetura paisagística contemporânea.
- Condicionantes e Variáveis do projeto paisagístico (características climáticas e fisiográficas).

### VII. REFERÊNCIAS BÁSICAS

- . BARBOSA, A C.S. **Paisagismo, jardinagem & plantas ornamentais**. São Paulo: Editora Iglu, 1989.
- . BROWN, J. **El jardim moderno**. Barcelona: Gustavo Gilli, 2000.
- . CABRAL, Francisco Caldeira. **Fundamentos da Arquitectura Paisagista**. Lisboa: Instituto da Conservação da Natureza, 1993.
- . DIEGUES, A C. **O mito moderno da natureza intocada**. São Paulo: Hucitec, 2000.
- . LEENHARDT, J. (org.). **Nos Jardins de Burle Marx**. São Paulo: Perspectiva, 1996.
- . MACEDO, S. **Quadro do paisagismo no Brasil**. São Paulo: Projeto Editores, 1999.
- . MARX, R. B. **Arte e paisagem: conferências escolhidas**. São Paulo: Nobel, 1987.
- . PONTING, C. **Uma história verde do mundo**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1995.
- . SEGAWA, H. **Ao amor do público: jardins no Brasil**. São Paulo: Terceiro Nome, 2000.



## EMENTÁRIO DETALHADO DAS DISCIPLINAS - CURRÍCULO A5

### I. IDENTIFICAÇÃO

DISCIPLINA									
código	Denominação	Créditos				Carga horária			
		tot	Aula	Lab	Est	Tot	Aula	Lab	Est
<b>ARQ 0554</b>	<b>Planejamento e Projeto Urbano e Regional 03</b>	05	03	02	-	75	45	30	-

### II. PRÉ-REQUISITO(S)

ARQ 0544 – Planejamento e Projeto Urbano e Regional 02

### III. CO-REQUISITO(S)

ARQ 0553 – Planejamento da Paisagem 01  
ARQ 0555 - História e Teoria da Arquitetura 03  
ARQ 0556 – Conforto Ambiental 01

### IV. OBJETIVO(S)

Compreender o Desenho Urbano como campo específico de análise e intervenção sobre o espaço, seu contexto no planejamento urbano, numa abordagem interdisciplinar, a partir de conceitos relacionados com o processo histórico de formação das cidades.

### V. EMENTA

Delimitação do espaço urbano como objeto de análise a partir das origens e evolução da forma da cidade e do pensamento urbanístico. Fundamentos do desenho urbano (histórico, conceitos, categorias de análise, metodologia). Introdução à prática de projeto para intervenção físico-ambiental sobre o espaço urbano (prática do desenho urbano).

### VI. CONTEÚDO

- . Evolução do Desenho Urbano.
- A Morfologia Urbana como campo de apreensão do processo de formação das cidades.
- . A forma Urbana: conceito e categoria de análise.
- . As dimensões Espaciais da Morfologia Urbana (as escalas da rua, do bairro e da cidade).
- . O bairro e a delimitação de territórios.
- . Elementos Morfológicos estruturadores do espaço da cidade.
- .Atelier:
- . Exercícios de intervenção no espaço da cidade a partir da associação dos elementos morfológicos estruturadores desse espaço.

### VII. REFERÊNCIAS BÁSICAS

KOHLDORF, M. E. **A apreensão da forma da cidade**. Brasília: UnB, 1996.  
LAMAS, J. M. R. G.. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian / Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, 1982.  
MASCARÓ, J. Desenho Urbano e custos de Urbanização. Porto Alegre:  
PRINZ, D. **Urbanismo I e Urbanismo II**: Projeto urbano. Lisboa: Preseça, 1984. (Coleção Dimensões).  
RODRIGUES, F. M. **Desenho urbano, cabeça, campo e prancheta**. São Paulo: Projeto, 1986.  
SANTOS, C. N. F. **A cidade como um jogo de cartas**. Niterói/São Paulo: UDUFF/Projeto, 1988.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

**EMENTÁRIO DETALHADO DAS DISCIPLINAS - CURRÍCULO A5**

**I. IDENTIFICAÇÃO**

DISCIPLINA									
código	Denominação	Créditos				Carga horária			
		tot.	Aula	Lab.	Est.	Tot.	Aula	Lab.	Est.
<b>ARQ 0555</b>	<b>História e Teoria da Arquitetura e Urbanismo 03</b>	04	04	-	-	60	60	-	-

**II. PRÉ-REQUISITO(S)**

ARQ 0545 – História e Teoria da Arquitetura e Urbanismo 02

**III. CO-REQUISITO(S)**

ARQ 0554 – Planejamento e Projeto Urbano e Regional 03

**IV. OBJETIVO(S)**

Abordar questões inerentes à investigação e à prática de arquitetura através do exame e discussão de temas que acompanharam a trajetória do modernismo. Desenvolver uma visão crítica em relação ao pensamento modernista e a propostas de revisão de seus paradigmas.

**V. EMENTA**

Consolidação e revisão inicial do modernismo na arquitetura: propostas teóricas e projetuais que, de 1920 a 1960, demarcaram etapas da produção do espaço edificado, da adoção de formas-padrão às primeiras atitudes ditas pós-modernas.

**VI. CONTEÚDO**

Consolidação do Movimento Moderno:  
. L'esprit nouveau e Le Corbusier. Pieter Oud e Mies Van der Rohe. Walter Gropius e a Bauhaus.  
. A segunda fase de F.L. Wright. O C.I.A.M. e a carta de Atenas. O estilo internacional  
. Introdução e Consolidação do Movimento Moderno no Brasil: A semana de 22 e a obra pioneira de Warchavchik.  
. Primeira geração de arquitetos modernistas: Lucio Costa; Luis Nunes.  
A Escola Carioca; . F. de Carvalho, R. Levy e a escola paulista; Delfim Amorim e A. Gil Borsói.  
. Pampulha, Brasília e a crítica internacional.  
Revisão do Movimento Moderno:  
. A obra tardia dos mestres: Le Corbusier e Mies Van der Rohe, W. Gropius e F.L. Wright.  
. A segunda geração: A. Aalto, H. Scharoun, R. Neutra, G. Terragni, K. Tange e O. Niemeyer.  
. A corrente brutalista: Smithsons, Rudolph, Stirling, Khan.  
. As tendências formalistas: B. Fuller, P. Johnson, M. Yamasaki e E. Saarinen.  
Novas propostas urbanísticas: team 10, archigram, metabolistas.

**VII. REFERÊNCIAS BÁSICAS**

BANHAM, R. **Teoria e Projeto na Primeira era da Máquina**, Perspectiva, 1975.  
BENEVOLO, L. **História da Arquitetura Moderna**, Perspectiva, 1976.  
BRUAND, Y. **Arquitetura Contemporânea do Brasil**, Perspectiva, 1981.  
FRAMPTON, K. **Historia Crítica de la Arquitectura Moderna**, Gustavo Gilli, Barcelona, 1993.



## EMENTÁRIO DETALHADO DAS DISCIPLINAS - CURRÍCULO A5

### I. IDENTIFICAÇÃO

		DISCIPLINA							
código	Denominação	Créditos				Carga horária			
		tot.	Aula	Lab.	Est.	Tot.	Aula	Lab.	Est.
<b>ARQ 0556</b>	<b>Conforto Ambiental 01</b>	03	02	01	-	45	30	15	-

### II. PRÉ-REQUISITO(S)

ARQ 0546 – Fundamentos Ambientais

### III. CO-REQUISITO(S)

ARQ 0552 – Projeto de Arquitetura 03

ARQ 0554 – Planejamento e Projeto Urbano e Regional 03

### IV. OBJETIVO(S)

Investigar o impacto das cargas térmicas decorrentes da radiação solar em fechamentos e aberturas, e a importância da iluminação natural como estratégia de conforto ambiental e eficiência energética.

### V. EMENTA

Fundamentos de controle de carga térmica solar e de iluminação natural.

### VI. CONTEÚDO

Ganhos térmicos por fechamentos e aberturas

- Radiação solar
- Fator Solar
- Normas e regulamentos

Geometria da insolação

- Determinação de sombra projetada no entorno
- Determinação de máscara de sombra

Dispositivos de proteção solar

Introdução à iluminação natural

- Uso da iluminação natural na arquitetura
- Métodos de avaliação

Iluminação vertical

Iluminação zenital

### VII. REFERÊNCIAS BÁSICAS

BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares- diretrizes para arquitetos**. 2ªed. Maceió: EDUFAL, 1995.

LAMBERTS, R at ali. **Eficiência energética na arquitetura**, São Paulo: Pw,1997.

VIANNA,N.S. & GONÇALVES,J.C.S. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Virtus s/c Ltda,2001.



## EMENTÁRIO DETALHADO DAS DISCIPLINAS - CURRÍCULO A5

### I. IDENTIFICAÇÃO

		DISCIPLINA							
código	Denominação	Créditos				Carga horária			
		tot.	Aula	Lab.	Est.	Tot.	Aula	Lab.	Est.
<b>ARQ 0557</b>	<b>Estruturas 01</b>	04	04	-	-	60	60	-	-

### II. PRÉ-REQUISITO(S)

ARQ 0548 – Fundamentos das Estruturas 02

### III. CO-REQUISITO(S)

ARQ 0552 – Projeto de Arquitetura 03

### IV. OBJETIVO(S)

Explicar os modelos de funcionamento dos elementos estruturais de concreto, abrangendo aspectos relacionados à sua execução e durabilidade. Desenvolver a intuição para a concepção e lançamento de estruturas em concreto armado para edifícios de pequeno porte. Discutir as propriedades dos materiais e o seu comportamento conjunto. Apresentar as diversas ações solicitantes das estruturas e os procedimentos de cálculo de dimensionamento e de verificação para estas solicitações. Discutir o detalhamento das lajes, vigas e pilares.

### V. EMENTA

Estudo dos elementos que integram os sistemas estruturais em concreto. Discussão dos seus funcionamentos estruturais, aspectos construtivos, implicações de custo, necessidade de mão-de-obra e material. Lançamento de estruturas de concreto armado de pequeno porte e integração com o projeto arquitetônico. Dimensionamento das lajes, vigas e pilares. Detalhamento das armaduras. Interfaces do projeto com a construção, utilização e manutenção.

### VI. CONTEÚDO

- . A estrutura. . Os sistemas estruturais em concreto.
- . Os elementos estruturais: fundações, lajes, vigas, pilares, escadas e reservatórios. Tipologia, comportamento e aspectos construtivos
- . O projeto estrutural
- . Princípios de concepção e lançamento de estruturas de concreto armado
- . O concreto. O aço
- . Propriedades materiais
- . Durabilidade das estruturas de concreto. Critérios de projeto que visam a durabilidade.
- . Segurança estrutural. Estados limites. Ações. Resistências
- . Limites para dimensões
- . Dimensionamento, verificação e detalhamento de lajes
- . Dimensionamento, verificação e detalhamento de vigas
- . Dimensionamento, verificação e detalhamento de pilares
- . Interfaces do projeto com a construção, utilização e manutenção

### VII. REFERÊNCIAS BÁSICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto – procedimento – NBR 6118**. Rio de Janeiro, 2003.  
CARVALHO, R.C.. FIGUEIREDO FILHO, J.R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado segundo a NBR6118:2003**. 2 ed. São Carlos, EdUFSCar, 2004.  
CHING, F. D. K. **Técnicas de construção ilustradas**. Porto Alegre, Bookman, 2001.

## ANEXO C – NORMAS PARA A AVALIAÇÃO DA DOCÊNCIA

### **RESOLUÇÃO Nº 107/2006–CONSEPE, de 26 de setembro de 2006.**

Estabelece diretrizes para a avaliação da docência.

O REITOR DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE faz saber que o Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão, no uso das atribuições que lhe confere o Art 17, inciso IV, do Estatuto,

CONSIDERANDO que a avaliação da docência é parte integrante do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior;

CONSIDERANDO que a avaliação das condições de ensino na graduação é uma ação que visa a melhoria da qualidade das ações acadêmicas;

CONSIDERANDO que a avaliação deve assumir o caráter de política acadêmica, permanente e prospectiva, reeditando-se anualmente e subsidiando as decisões a serem tomadas a partir das informações produzidas;

CONSIDERANDO que a avaliação fundamenta-se no princípio formativo e na busca da qualidade acadêmica dos cursos de graduação, levando-se em conta as peculiaridades das várias áreas do conhecimento e as particularidades institucionais;

CONSIDERANDO que o processo de avaliação deve propiciar a incorporação de contribuições que reorientem as ações e os procedimentos adotados no seu decorrer, assim como os encaminhamentos administrativos tomados com base nas informações produzidas;

CONSIDERANDO o que consta do processo nº 23077.031564/2006,

#### **RESOLVE:**

Art. 1º Instituir as normas que disciplinam o processo de avaliação da docência, cujo texto encontra-se anexo a esta Resolução e dela é parte integrante.

Art. 2º Esta Resolução entra em vigor a partir da data de sua publicação, revogada a Resolução nº 028/2005-CONSEPE, de 14 de junho de 2005 e demais disposições em contrário.

Reitoria, em Natal, 26 de setembro de 2006

Nilsen Carvalho Fernandes de Oliveira Filho  
VICE-REITOR

**Anexo da RESOLUÇÃO Nº 107/2006–CONSEPE, de 26 de setembro de 2006.****NORMAS PARA A AVALIAÇÃO DA DOCÊNCIA****CAPÍTULO I  
DA INSTITUIÇÃO DA AVALIAÇÃO DA DOCÊNCIA**

Art. 1º A avaliação da docência, instituída por esta Resolução, é parte integrante do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior, constituindo item da dimensão interna da avaliação institucional.

Art. 2º Deverão ser avaliados todos os professores que se encontrarem ministrando disciplinas nos cursos de graduação no período letivo da aplicação da avaliação da docência.

§ 1º A avaliação será realizada em todas as turmas, exceto nas turmas de estágio supervisionado, o qual será avaliado por meio de instrumento específico.

§ 2º A avaliação será realizada anualmente, alternando-se o período letivo de sua realização.

§ 3º A avaliação será realizada depois de transcorridos 75% do período letivo.

Art. 3º A avaliação da docência compreenderá quatro mecanismos distintos, a saber:

I - Avaliação do professor pelo aluno.

II - Auto-avaliação do aluno.

III - Auto-avaliação do professor.

IV - Avaliação da turma pelo professor.

Art. 4º Constituem-se instrumentos de avaliação:

I - O questionário do aluno.

II - O questionário do professor.

§ 1º O questionário do aluno é composto das seguintes dimensões de avaliação:

I - A atuação didática e a postura profissional do professor.

II - A auto-avaliação do aluno.

III - A infra-estrutura da instituição.

§ 2º O questionário do professor é composto das seguintes dimensões de avaliação:

I - A atuação didática e a postura profissional do professor (auto-avaliação).

II - A turma sob a ótica do professor.

III - A infra-estrutura da instituição.

**CAPÍTULO II  
DA OPERACIONALIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO DA DOCÊNCIA**

Art. 5º A operacionalização da avaliação da docência estará articulada ao trabalho da Comissão Própria de Avaliação, responsável pela implementação do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior na Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Art. 6º A operacionalização da avaliação se dará por intermédio de uma Comissão de Avaliação da Docência, a qual comporá equipes para desenvolver as atividades integrantes do processo de avaliação.

§ 1º A Comissão de Avaliação da Docência será composta por professores e coordenada por um entre seus membros.

§ 2º Cabe ao Reitor a indicação dos membros da Comissão de Avaliação da Docência, ouvida a Comissão Própria de Avaliação (CPA).

§ 3º São incumbências da Comissão de Avaliação da Docência:

I - Coordenar o processo de operacionalização da avaliação da docência.

II - Elaborar os instrumentos de avaliação, fundamentados nas propostas de aperfeiçoamento oriundas das unidades acadêmicas.

III - Compor equipes para:

- a) aplicar os questionários;
- b) alimentar o banco de dados com as respostas dadas aos questionários;
- c) alimentar o banco de dados com as observações complementares registradas nos questionários;
- d) organizar o banco de dados e processar as informações das questões fechadas e das observações complementares, que darão origem aos relatórios.

IV - Gerar relatórios parciais e geral.

V - Encaminhar os relatórios às instâncias devidas, de acordo com o Capítulo IV desta Resolução.

VI - Propor e acompanhar os encaminhamentos posteriores à divulgação dos resultados da avaliação da docência.

VII - Requisitar os serviços necessários e suficientes para a operacionalização prevista nos Artigos 5º e 6º desta Resolução.

Art. 7º O cronograma de aplicação dos questionários a ser elaborado pela Comissão de Avaliação da Docência será comunicado antecipadamente a cada Departamento ou Unidade Acadêmica Especializada.

### **CAPÍTULO III DOS RESULTADOS DA AVALIAÇÃO**

Art. 8º As respostas aos questionários deverão ser expressas por meio de uma nota, um conceito ou outra alternativa, considerando-se a especificidade de cada dimensão da avaliação nos respectivos questionários.

§ 1º As respostas expressas por notas serão trabalhadas por meio das médias aritméticas simples com desvio padrão e as respostas expressas por meio de conceitos ou outras alternativas serão trabalhadas em percentuais, indicando o resultado da avaliação em cada item de uma dimensão da avaliação.

§ 2º A média das notas por dimensão da avaliação expressará a situação do sujeito avaliado, na respectiva dimensão.

§ 3º A média geral das notas obtidas pelo professor na Dimensão I expressará a sua avaliação pelos alunos.

§ 4º A média geral das notas obtidas pela turma expressará a sua avaliação pelo professor.

### **CAPÍTULO IV DA DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS**

Art. 9º Os resultados do processo de avaliação da docência serão apresentados aos diretores de Centros, chefes de Departamentos, diretor de Unidade Acadêmica Especializada e coordenadores de cursos, em reunião específica convocada para este fim.

Parágrafo único. Nos resultados, serão destacados o professor, a disciplina, a turma, o Departamento ou Unidade Acadêmica Especializada e o Centro.

Art. 10. Os relatórios parciais, por Departamento, Unidade Acadêmica Especializada e por Centro, serão encaminhados aos dirigentes em CD ou por meio eletrônico.

§ 1º Nos relatórios deverão constar: os resultados das avaliações do professor, da turma e da infra-estrutura da instituição, expressos em médias e desvio padrão das notas, além dos percentuais quando couber.

§ 2º Os relatórios parciais por Departamento ou Unidade Acadêmica Especializada devem ser publicados em quadros de avisos das unidades e nos setores de aula.

Art. 11. Os relatórios parciais dos Centros Acadêmicos e de seus respectivos departamentos serão apresentados e discutidos em sessão do Conselho de Centro (CONSEC) específica para esse fim, com a presença da Comissão de Avaliação da Docência.

Art. 12. O relatório individual do professor será a ele enviado pelo chefe do Departamento ou pelo diretor da Unidade Acadêmica Especializada por meio eletrônico ou impresso.

Art. 13. Ao relatório do professor, em uma ou mais disciplina/turma, caberá recurso à Comissão Própria de Avaliação, no prazo de 15 dias corridos após o envio dos relatórios aos Departamentos ou Unidade Acadêmica Especializada.

Art. 14. Será elaborado um Relatório-Síntese para a Comissão Própria de Avaliação, com os dados constantes dos relatórios parciais de cada Centro Acadêmico, Departamento e Unidade Acadêmica Especializada.

Art. 15. O Relatório Geral da avaliação da docência será composto pela síntese das informações e dos resultados obtidos com o processamento de todos os dados enviados a Departamentos, Unidades Acadêmicas Especializadas, Centros Acadêmicos e à Comissão Própria de Avaliação.

## **CAPÍTULO V DOS ENCAMINHAMENTOS POSTERIORES**

Art. 16 Os encaminhamentos posteriores ao processo de divulgação dos resultados da avaliação da docência serão feitos pela Comissão de Avaliação da Docência, pelos Departamentos, pelas Unidades Acadêmicas Especializadas e pelos Centros Acadêmicos.

§ 1º São incumbências da Comissão de Avaliação da Docência:

I - Encaminhar os relatórios do Centro, dos Departamentos e das Unidades Acadêmicas Especializadas para divulgação nos espaços designados para essa finalidade.

II - Analisar os resultados contidos nos relatórios, com vistas a compor um panorama da docência na Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

III - Analisar os resultados contidos nos relatórios parciais, junto com cada unidade acadêmica, com vistas a compor um quadro da docência naquela unidade.

IV - Analisar os comentários adicionais feitos pelos alunos e pelos professores.

V - Encaminhar medidas de aperfeiçoamento da docência na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, junto com cada unidade acadêmica.

VI - Propor políticas institucionais com vistas à melhoria da qualidade do ensino de graduação.

§ 2º Cabe ao Departamento ou Unidade Acadêmica Especializada realizar a discussão dos resultados da avaliação da docência e propor as medidas necessárias à melhoria da qualidade do ensino de graduação, em relação a seus respectivos professores.

I - A discussão e as propostas de medidas serão feitas pela plenária dos Departamentos ou das Unidades Acadêmicas Especializadas, no prazo de até 45 dias após o envio do Relatório pela CPA.

II - As medidas de melhoria da qualidade do ensino de graduação, aprovadas em plenária das unidades acadêmicas e pelos respectivos Conselhos de Centro (CONSEC), deverão ser enviadas à Pró-reitoria de Planejamento e Coordenação (PROPLAN) na forma de Anexo ao Plano Trienal da unidade.

III - As medidas relativas ao não cumprimento de normas gerais e específicas vigentes na UFRN e ao não cumprimento de diretrizes contidas nos Projetos Político-Pedagógicos dos

Cursos serão propostas pelos Departamentos ou Unidades Acadêmicas Especializadas, ouvidos os colegiados de curso de graduação, quando couber.

§ 3º Cabe a cada Centro Acadêmico realizar a discussão dos resultados gerais da avaliação da docência no contexto do Centro, acompanhar a divulgação e a discussão dos resultados da avaliação pelos Departamentos a ele vinculados, aprovar os adendos aos Planos Trienais dos Departamentos acadêmicos, encaminhar a CPA/PROPLAN os adendos e outras decisões aprovados pelo CONSEC.

Art. 17. Os instrumentos de avaliação deverão ser enviados para reciclagem, transcorridos 30 dias da publicação do Relatório Geral da Avaliação da Docência.

## **CAPÍTULO VI DAS DISPOSIÇÕES GERAIS E TRANSITÓRIAS**

Art. 18. Estas normas serão acompanhadas, anualmente, de um cronograma físico-financeiro da implementação da avaliação da docência.

Art. 19. Os casos omissos nesta Resolução serão resolvidos pelo Conselho Superior de Ensino, Pesquisa e Extensão.