



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA**

ANA LUIZA MÜLLER

**INFORMAÇÕES PARA PLACAS CERÂMICAS DE
REVESTIMENTO SEGUNDO A ABORDAGEM BIM**

LONDRINA

2010

ANA LUIZA MÜLLER

**INFORMAÇÕES PARA PLACAS CERÂMICAS DE
REVESTIMENTO SEGUNDO A ABORDAGEM BIM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento.

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Aranha
Saffaro

LONDRINA

2010

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M958i Müller, Ana Luiza.

Informações para placas cerâmicas de revestimento segundo a abordagem
BIM / Ana Luiza Müller. – Londrina, 2010.

168 f. : il.

Orientador: Fernanda Aranha Saffaro.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) –
Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, 2010.

Inclui bibliografia.

1. Cerâmica (Tecnologia) – Teses. 2. Construção – Simulação por computador –
Teses. 3. Revestimento – Cerâmica – Teses. 4. Construção – Modelagem de processos
– Teses. I. Saffaro, Fernanda Aranha. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro
de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e
Saneamento. III. Título.

CDU 693.7

ATA DE DEFESA



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E URBANISMO
SECRETARIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM ENGENHARIA DE EDIFICAÇÕES E SANEAMENTO

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e um dias do mês de dezembro de dois mil e dez, na sala de multimeios 01 da Pós-Graduação do Centro de Tecnologia e Urbanismo, desta Universidade, com início às 13h30min, reuniram-se os membros componentes da Banca Examinadora indicada pela Comissão Coordenadora do Curso e aprovada pelo Colegiado dos Cursos de Pós-Graduação Stricto Sensu, nomeada pela Portaria nº 8679 de 13/12/2010 composta pelos professores doutores **Fernanda Aranha Saffaro (Orientadora/Presidente)**, **Sérgio Scheer** e **Sidnei Junior Guadanhim** e que teve por objetivo julgar o trabalho da mestranda **ANA LUIZA MÜLLER**, do Programa Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento, intitulado "INFORMAÇÃO PARA OBJETOS DE REVESTIMENTO CERÂMICO SEGUNDO A ABORDAGEM BIM". Os trabalhos foram abertos pela professora **Fernanda Aranha Saffaro**. A seguir, foi dada a palavra à candidata, para a apresentação do seu trabalho, no tempo de cinquenta minutos, com a subsequente arguição pelos professores doutores. Cada examinador dispôs de trinta minutos e a candidata de igual tempo para responder a cada um dos arguidores. Terminadas as arguições, procedeu-se ao julgamento do trabalho. Computadas as notas, a presidente da Banca Examinadora proclamou a candidata aprovada, completando-se assim as exigências regimentais para a obtenção de título de Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que vai assinada pelos membros da Banca Examinadora. Universidade Estadual de Londrina, em 21 de dezembro de 2010.

Prof.ª. Dra. Fernanda Aranha Saffaro

Prof. Dr. Sérgio Scheer

Prof. Dr. Sidnei Junior Guadanhim

A estudante deverá reformular seu trabalho conforme estabelecido no Artigo 55 do regulamento dos Programas de Pós-Graduação Stricto sensu, no prazo de 30(trinta dias): (X)Sim ()Não. Se houver alteração no título do trabalho, informar o novo título: _____

ANA LUIZA MÜLLER

**INFORMAÇÕES PARA PLACAS CERÂMICAS DE REVESTIMENTO
SEGUNDO A ABORDAGEM BIM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Fernanda Aranha Saffaro
Universidade Estadual de Londrina - UEL
Orientadora

Prof. Dr. Sérgio Scheer
Universidade Federal do Paraná - UFPB

Prof. Dr. Sidnei Junior Guadanhim
Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 21 de dezembro de 2010.

*"Imagination is more important than knowledge.
For knowledge is limited to all we now know and
understand, while imagination embraces the entire world,
and all there ever will be to know and understand. "*

Albert Einstein (1879 - 1955)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar à Professora Fernanda Aranha Saffaro, orientadora desse trabalho, pela disponibilidade, atenção e dedicação ao desenvolvimento dessa pesquisa e, principalmente, pela compreensão e contribuição na minha formação.

Agradeço o comprometimento e apoio em todas as etapas do mestrado. Acima de tudo, pela amizade e por ter compartilhado comigo este período de grande crescimento.

Aos professores e funcionários do programa de Mestrado em Engenharia de Edificações Saneamento da Universidade Estadual de Londrina, em especial aos Professores Ercília Hitomi Hirota e Fernando Fernandes pela atenção e empenho durante todo o mestrado.

Aos professores Rita Cristina Ferreira, Regina Coeli Ruschel e Sérgio Scheer, pela disponibilidade em compartilhar seus conhecimentos. À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior) pela concessão da bolsa de mestrado, que possibilitou a minha total dedicação aos estudos.

Aos profissionais, engenheiros e executores que colaboraram e participaram desta pesquisa, pela oportunidade de acompanhar de perto a prática do exercício profissional. Em especial ao Danilo Oliva, Germano José Salvato, Mario José Gomes e Omar Malouf Ibrahim.

Aos amigos da turma de 2009 do Mestrado, pelo apoio e contribuições durante esse período de desenvolvimento e aos amigos de longa data que sempre estiveram presentes me aconselhando e incentivando.

À minha família: Aos meus pais, João e Vanilde, pelo amor e, principalmente, por serem exemplos de esforço e dedicação e aos meus irmãos pelo companheirismo.

Ao Carlos Eduardo Rodrigues Moreira pelo apoio, incentivo e, principalmente, por fazer parte da minha vida.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução dessa pesquisa.

MÜLLER, A. L. **Informações para placas cerâmicas de revestimento segundo a abordagem BIM**. 2010. 167p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina - PR, 2010.

RESUMO

Apesar da importância da etapa de projetos no desenvolvimento de produtos, os mesmos vêm apresentando falhas com repercussão no processo de produção, em parte, decorrentes do emprego de apenas duas dimensões para representação do produto. Com o advento do conceito *BIM* - Modelagem de Informações na Construção, os modelos paramétricos em 3D têm se mostrado uma das alternativas para vencer este problema. A presente dissertação apresenta os resultados de estudos que tiveram como objetivo explorar as informações relevantes para a representação de placas cerâmicas de revestimento em *softwares BIM* ao longo do processo de desenvolvimento do produto edificação. A pesquisa foi conduzida a partir da modelagem virtual para detalhamento dos acabamentos de banheiros. Também foi acompanhada a prototipagem física com a intenção de verificar a execução das soluções adotadas na modelagem virtual e os requisitos para que este cumprimento ocorresse. A partir das informações coletadas nos estudos, somadas às informações contidas em normas nacionais, foi possível levantar o escopo das informações para as placas cerâmicas de revestimento. As informações levantadas foram subdivididas em tipos de atributos que devem estar contidos em objetos paramétricos que representarão as placas cerâmicas de revestimento em *softwares BIM*.

Palavras-chave: *BIM* - Modelagem de Informações na Construção. Atributos ou parâmetros para objetos. Placas Cerâmicas para revestimento.

MULLER, A. L. **Information on ceramic tile covering according to the BIM approach.** 2010. 167p. Dissertation (Masters Degree in Sanitation and Construction Engineering) - Universidade Estadual de Londrina - PR, 2010.

ABSTRACT

Despite the importance of the design stage in product development, it has posed problems with impacts on the production process, partly due to use of two dimensions only in product representation. With the advent of the BIM concept - Building Information Modeling, 3D parametric models have become one of the alternatives to overcome the problem. This dissertation presents the results of studies whose objective was to explore relevant information on ceramic tile covering representation on BIM software throughout the product development process. The research was carried out through virtual modeling for detailing bathroom finishing. The physical prototyping process was also followed to verify the implementation of the solutions adopted during the virtual prototyping and the requirements for such compliance. Based on the information collected in the studies, added to the information included in the national codes, it was possible to assess the scope of the information on ceramic tile coverings. Collected information was classified into attribute types which must be included in parametric objects in order to represent ceramic tiles covering in BIM software.

Key-words: BIM - Building Information Modeling. Attributes or parameters for objects. Ceramic tiles covering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais etapas do desenvolvimento de produtos	25
Figura 2 - Fases do PDP	29
Figura 3 - Níveis de especialização das informações sobre um objeto	51
Figura 4 - Representação do processo de pesquisa	76
Figura 5 - Sequência de elaboração dos protótipos	80
Figura 6 - Planta de vendas com a localização do banheiro do estudo.....	81
Figura 7 - Foto do <i>showroom</i> para a visualização dos tipos de acabamento	81
Figura 8 - Planta de vendas com a localização do banheiro do estudo.....	86
Figura 9 - Foto do <i>showroom</i> para a visualização dos tipos de acabamento	86
Figura 10 - Perspectivas do protótipo virtual 02	91
Figura 11 - Modelagem com o chanfro de 45° na placa cerâmica.....	92
Figura 12 - Detalhe executivo da veneziana da banheira e vista no protótipo virtual.....	93
Figura 13 - Perspectiva apresentando a seqüência de execução extraída do protótipo virtual.....	94
Figura 14 - Pranchas para execução, desenho bidimensional e perspectivas do protótipo	95
Figura 15 - Síntese do processo de prototipagem virtual	98
Figura 16 - Galga de pastilhas elaborada para o posicionamento da parede da banheira	102
Figura 17 - Galga para início do assentamento do piso cerâmico.....	103
Figura 18 - Diferença entre alinhamento das juntas e o bit no protótipo virtual e físico.....	104
Figura 19 - Início do assentamento das placas cerâmicas.....	105
Figura 20 - Parede sem filete e desalinhamento entre juntas de piso e parede	105
Figura 21 - Utilização de galga na vertical para a altura da placa cerâmica.....	106
Figura 22 - Galga utilizada para a medida da pingadeira de granito	106
Figura 23 - Chanfro interno e configuração final dos revestimentos da banheira	107
Figura 24 - Fixação dos montantes e cantoneiras e colocação da bancada	107
Figura 25 - Incompatibilidade da saída da paginação das placas cerâmicas entre a planta e a elevação	115
Figura 26 - Paredes e pisos com respectivos acabamentos	116
Figura 27 - Vista do Protótipo Virtual 2 mostrando as peças de granito.....	118
Figura 28 - Nicho do box no projeto da arquitetura de interiores e no protótipo	119

Figura 29 - Sobreposição entre as plantas do projeto de arquitetura de interiores (cinza claro), projeto de alvenarias (cinza pontilhado) e projeto de alvenarias corrigido (preto).....	119
Figura 30 - Áreas para absorção de variações dimensionais	120
Figura 31 - Vista com acabamentos (<i>render</i>) e em modo aramado (<i>wireframe</i>) do protótipo virtual 02.....	121
Figura 32 - Prancha para execução, desenho bidimensional e perspectivas do protótipo	123
Figura 33 - Síntese do processo de prototipagem virtual	125
Figura 34 - Informações sobre as camadas da parede	126
Figura 35 - Representação das camadas da parede.....	127
Figura 36 - Modo de aplicação de imagens de acabamento de materiais.....	128
Figura 37 - Vista com acabamentos (<i>render</i>) e em aramado (<i>wireframe</i>) do protótipo virtual 03.....	129
Figura 38 - Paredes do Protótipo Físico executadas sem a parede de apoio da banheira	130
Figura 39 - Parede sem o recorte do nicho	130
Figura 40 - Galga elaborada e assentamento das placas cerâmicas a partir da altura	131
Figura 41 - Acabamento interno do nicho no protótipo físico.....	132
Figura 42 - Alteração no acabamento do nicho	132
Figura 43 - Primeira execução da estrutura de apoio para a banheira e desenho apresentando o posicionamento correto.....	133
Figura 44 - Reposicionamento da estrutura de apoio para a banheira com a aplicação das placas em gesso acartonado.....	133
Figura 45 - Substituição da peça de granito da banheira	134
Figura 46 - Teste para verificar o acabamento da peça de granito	134
Figura 47 - Mobiliário executado para sustentação da bancada de granito e execução final da bancada com as cubas.....	135
Figura 48 - Representação de mármore e granitos em vista e em corte	149
Figura 49 - Projeto de revestimento cerâmico interno	149
Figura 50 - Camadas da geometria do objeto	150
Figura 51 - Parâmetros funcionais do objeto	151
Figura 52 - Padrões de representação do material	152
Figura 53 - Perspectiva do piso com diferentes níveis de detalhamento: médio ou refinado (<i>médium / fine</i>) e grosseiro (<i>coarse</i>).....	152
Figura 54 - Imagem do material de acabamento renderizado	153
Figura 55 - Perspectiva renderizada do piso	153

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Diferenças entre protótipos físicos e virtuais.....	34
Quadro 2	- Conceito LIM - Modelo de Informação do Ciclo de Vida	55
Quadro 3	- Sistema de ordenação de objetos-BIM	56
Quadro 4	- Grupos de atributos conforme a ISO TR 14177/1994	59
Quadro 5	- Facetas	62
Quadro 6	- Classificação de propriedades de entidades da construção	63
Quadro 7	- Critérios de classificação para as placas cerâmicas com base na NBR 13817.....	68
Quadro 8	- Informações para a as embalagens de placas cerâmicas com base na NBR 13818.....	68
Quadro 9	- Informações para catálogos, folhetos técnicos e informativos de placas cerâmicas para revestimento com base na NBR 13818	69
Quadro 10	- Requisitos e critérios gerais de desempenho com base na NBR 15575- 1	70
Quadro 11	- Requisitos e critérios de desempenho para os sistemas de pisos internos com base na NBR 15575-3	71
Quadro 12	- Requisitos e critérios para os sistemas de vedações verticais externas e internas com base na NBR 15575-4.....	73
Quadro 13	- Informações avaliadas e fontes de coleta de dados no EC1.....	84
Quadro 14	- Informações avaliadas e fontes de coleta de dados no EC2.....	88
Quadro 15	- Seqüência de execução do protótipo físico.....	94
Quadro 16	- Síntese das informações sobre revestimentos cerâmicos demandadas durante a prototipagem virtual	96
Quadro 17	- Síntese das informações sobre revestimentos cerâmicos dos projetos em 2D.....	97
Quadro 18	- Soluções ou informações adotadas na PV e a forma como foram utilizadas na PF.....	109
Quadro 19	- Informações demandadas pela PF e forma de representação das informações nas pranchas de execução.....	110
Quadro 20	- Síntese das informações sobre revestimentos cerâmicos demandadas durante a prototipagem virtual	124
Quadro 21	- Síntese das informações sobre revestimentos cerâmicos dos projetos em 2D.....	124
Quadro 22	- Soluções ou informações adotadas na PV e a forma como foram utilizadas na PF.....	135
Quadro 23	- Objetivo da pesquisa, questões específicas e informações sobre revestimento cerâmico	138
Quadro 24	- Escopo das informações para placas cerâmicas para revestimento normativas e dos estudos de caso	142
Quadro 25	- Atributos para placas cerâmicas de revestimentos	145
Quadro 26	- Graus de reflexão de cores e materiais.....	147

LISTA DE SIGLAS E ABRIVIATURAS

2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas <i>AEC - Architecture, Engineering and Construction</i> AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção
<i>AEC/FM</i>	<i>Architecture, Engineering and Construction / Facilities Management</i>
<i>BDS</i>	<i>Building Description System BIM - Building Information Modeling</i>
<i>CAD</i>	<i>Computer Aided Design</i>
CEE	Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção
IF	Interferências Físicas
<i>IFC</i>	<i>Industry Foundation Classes</i>
<i>ISO</i>	<i>International Organization for Standardization</i>
<i>LIM</i>	<i>Life cycle Information Model</i>
PDP	Processo de desenvolvimento do produto
PF	Prototipagem Física
PR	Prototipagem Rápida
PV	Prototipagem Virtual
RV	Realidade Virtual
<i>STEP</i>	<i>Standard for the Exchange of Product Model Data</i>
TI	Tecnologia da Informação
UEL	Universidade Estadual de Londrina

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 O CONTEXTO DA PESQUISA.....	16
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	18
1.3 QUESTÕES DE PESQUISA	21
1.4 OBJETIVOS	22
1.4.1 Objetivo Geral.....	22
1.4.2 Objetivos Específicos.....	22
1.5 RESUMO DO MÉTODO DE PESQUISA.....	22
1.6 DELIMITAÇÕES E CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS DA PESQUISA	23
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	23
2 O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO (PDP) E A PROTOTIPAGEM	25
2.1 DEFINIÇÕES E MODELOS DE PDP	25
2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PDP NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	26
2.2.1 Peculiaridades da Construção Civil	26
2.2.2 Modelo de PDP na construção civil	28
2.3 A PROTOTIPAGEM NO PDP	31
2.3.1 Conceito de prototipagem.....	31
2.3.2 Classificação de protótipos.....	33
2.4 PROTOTIPAGEM VIRTUAL (PV)	34
2.4.1 Conceito de PV.....	34
2.4.2 Classificação dos protótipos virtuais	36
2.4.3 Benefícios da PV	36
2.4.4 Limitações da PV.....	39
2.4.5 Considerações finais	40
3 BIM - BUILDING INFORMATION MODELING	41
3.1 CONCEITO DE <i>BIM</i>	41
3.2 CENÁRIO INTERNACIONAL DA <i>BIM</i>	44
3.3 ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DA <i>BIM</i>	45
3.4 CLASSIFICAÇÃO DA <i>BIM</i> POR NÍVEL DE ABSTRAÇÃO.....	46
3.5 BENEFÍCIOS DA <i>BIM</i>	48
3.6 DESAFIOS DA <i>BIM</i>	48
3.7 OBJETOS NA ABORDAGEM <i>BIM</i>	50
3.7.1 O conceito <i>L/M</i> e os "objetos-BIM".....	54
3.8 ESTRUTURAÇÃO DA INFORMAÇÃO PARA OBJETOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	56

3.8.1	ISO TR 14177/1994.....	58
3.8.2	ISO D/S 12006-2/1998	59
3.8.3	Considerações finais	64
4	PLACA CERÂMICA PARA REVESTIMENTO	65
4.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO.....	65
4.2	O REVESTIMENTO CERÂMICO COMO UM SISTEMA	66
4.3	INFORMAÇÕES NORMATIVAS PARA A PLACA CERÂMICA	67
4.3.1	NBR 13816 - Placas cerâmicas para revestimento - Terminologia	67
4.3.2	NBR 13817 - Placas cerâmicas para revestimento - Classificação	67
4.3.3	NBR 13818 - Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaio	68
4.3.4	NBR 15575 - Edifícios habitacionais até cinco pavimentos – Desempenho	69
4.3.4.1	<i>Parte 1: Requisitos gerais.....</i>	<i>69</i>
4.3.4.2	<i>Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos</i>	<i>70</i>
4.3.4.3	<i>Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas.....</i>	<i>72</i>
4.3.5	Considerações Finais	73
5	MÉTODO DE PESQUISA	74
5.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	74
5.2	ESTRATÉGIA GERAL DA PESQUISA	74
5.3	DELINEAMENTO DO PROCESSO DE PESQUISA	75
5.4	CARACTERIZAÇÃO GERAL DA CONSTRUTORA	78
5.5	ESTUDO DE CASO 1 (EC1).....	79
5.5.1	Contexto	79
5.5.2	Caracterização do projeto.....	80
5.5.3	Ferramentas de coleta de dados	82
5.5.3.1	<i>Etapa - 1 - Protótipo Virtual.....</i>	<i>82</i>
5.5.3.2	<i>Etapa - 2 - Protótipo Físico</i>	<i>83</i>
5.5.3.3	<i>Etapa - 3 - Resultados</i>	<i>83</i>
5.6	ESTUDO DE CASO 2 (EC2).....	84
5.6.1	Contexto	84
5.6.2	Caracterização do projeto.....	85
5.6.3	Ferramentas de coleta de dados	87
5.6.3.1	<i>Etapa - 1 - Protótipo Virtual.....</i>	<i>87</i>
5.6.3.2	<i>Etapa - 2 - Protótipo Físico</i>	<i>88</i>
5.6.3.3	<i>Etapa - 3 - Resultados</i>	<i>88</i>

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
6.1 ESTUDO DE CASO 1 (EC1)	89
6.1.1 Protótipo virtual 01	89
6.1.2 Protótipo virtual 02	90
6.1.3 Protótipo virtual 03	92
6.1.4 Protótipo virtual 04	93
6.1.5 Síntese das contribuições da PV - EC1	96
6.1.6 Discussão dos Resultados da PV - EC1	99
6.1.7 Execução do Protótipo Físico - EC1	101
6.1.8 Síntese dos resultados da PF - EC1	108
6.1.9 Discussão dos Resultados da PF - EC1	110
6.2 ESTUDO DE CASO 2 (EC2)	114
6.2.1 Protótipo virtual 01	115
6.2.2 Protótipo virtual 02	117
6.2.3 Protótipo virtual 03	121
6.2.4 Síntese das contribuições da PV - EC2	124
6.2.5 Discussão dos Resultados da PV - EC2	126
6.2.6 Execução do Protótipo Físico - EC2	129
6.2.7 Síntese dos resultados da PF - EC2	135
6.2.8 Discussão dos Resultados da PF - EC2	135
6.2.9 Compilação dos resultados dos estudos de caso EC1 e EC2	138
6.3 PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO PARA AS PLACAS CERÂMICAS PARA REVESTIMENTO	140
6.3.1 Informação geométrica ou parâmetros geométricos	140
6.3.2 Informações não-geométricas ou parâmetros funcionais	141
6.3.3 Formas ou parâmetros de representação	148
6.4 EXEMPLO DE OBJETO PARAMÉTRICO	150
6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OBJETOS PARAMÉTRICOS	154
7 CONCLUSÃO	156
7.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	158
REFERÊNCIAS	159

1 INTRODUÇÃO

1.1 O CONTEXTO DA PESQUISA

A necessidade de redução nos prazos e aumento da produtividade, a competitividade exacerbada e a cobrança quanto à maior qualidade tem contribuído para o aumento da complexidade dos produtos e exigido um número maior de profissionais e especialistas envolvidos em todo o processo de desenvolvimento (KOSKELA, 2000). Na construção civil, as peculiaridades do setor têm levado a questionamentos por mudanças nas formas de gestão e nas ferramentas empregadas para o desenvolvimento de seu produto.

Entre as peculiaridades do produto edificação, destacam-se o caráter temporário e único, localização distribuída no tecido urbano, alto custo e longo período de vida útil. No que diz respeito ao processo de desenvolvimento do produto, pode ser mencionado: o longo período de maturação desde a concepção até a entrega ao usuário, fragmentação das informações referentes a cada disciplina, descentralização das decisões dos diversos agentes envolvidos, caráter informal de coordenação e um bloqueio no aumento das competências organizacionais (KOSKELA, 2000).

No setor *AEC/FM – Architecture, Engineering and Construction / Facilities Management* (Arquitetura, Engenharia e Construção / Gerenciamento das *facilities*), estas características interferem no processo de desenvolvimento do produto, sobretudo, em relação à etapa de projeto (FERREIRA, 2007).

Assim, a busca pelo aperfeiçoamento no desenvolvimento de produtos do setor requer a integração de todos os agentes envolvidos e especial atenção na integração entre projeto e produção (PINHO et al., 2003). Em função disto, deve-se tratar o projeto como elemento fundamental na concepção de um empreendimento (MIKALDO JUNIOR; SCHEER, 2008).

Durante a fase de projeto, são definidas as principais diretrizes dos empreendimentos. Esta fase tem influência direta nos custos, prazos e métodos de produção (TZORTZOPOULOS, 1999). Porém, apesar da evidente importância, os projetos freqüentemente apresentam falhas. A baixa qualidade das informações fornecidas resulta em uma parcela significativa dos problemas enfrentados durante a construção e o uso do edifício.

Nesta fase, as informações permanecem, principalmente, sob a forma de dados em geometria 2D compilados por *softwares CAD – Computer Aided Design* (projeto auxiliado por computador). Assim, a representação é elaborada simplesmente por entidades gráficas primitivas (por exemplo, linhas e arcos), que não fornecem um adequado significado semântico a respeito do edifício (TSE et al., 2005). Essa forma de representação pode gerar problemas de análise no processo de projeto como a ambigüidade de informações, simbolismo, omissão, simplificação e fragmentação (FERREIRA, 2007).

A compatibilização de projetos através da superposição e análise de desenhos bidimensionais tem sido aplicada de forma corrente pela grande maioria dos escritórios de projetos. Porém, as limitações desse processo são inegáveis, e, por mais criteriosa que seja a análise, muitos problemas de incompatibilidade acabam sendo detectados e solucionados somente durante a execução das obras (PINHO et. al., 2003). Em decorrência da identificação tardia de deficiências, em geral, há grande incidência de pedidos de alterações nos projetos e comprometimento da qualidade, resultando em disputas contratuais, aumento de custos, frustrações e insatisfação do cliente (MOKHTAR; BEDARD; FAZIO¹, 1998 apud GIANDON; MENDES JUNIOR; SCHEER, 2002).

No entanto, os avanços tecnológicos dos últimos anos vêm possibilitando a incorporação gradativa de novas Tecnologias da Informação (TI) com o intuito de melhorar o processo (NASCIMENTO; SANTOS, 2002; YEOMANS; BOUCHLAGHEM; EL-HAMALAWI, 2006). Assim, a TI tem sido vista como um importante caminho para a redução dos problemas existentes (KOSKELA, 2000). Do mesmo modo, experiências de outras indústrias, como a automotiva e o *design* industrial, têm possibilitado o crescimento no uso de novas tecnologias no setor, colaborando, principalmente, com técnicas de modelagem 3D e com o processo de prototipagem (PUPO, 2009).

¹ MOKHTAR, A.; BEDARD, C.; FAZIO, P. **Information Model for Managing Design Changes in a Collaborative Environment**. *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, 12 (2), 1998. p 82-92.

Os *softwares* que possibilitam a representação tridimensional do produto têm permitido contemplar atributos, normalmente não apresentados em um único desenho bidimensional. O processo de desenvolvimento do produto a partir das técnicas de modelagem 3D origina um protótipo ou modelo virtual do produto, que podem ser utilizados para aprovar alternativas de projeto, fazer análises de engenharia, planejamento da produção, dar suporte às decisões gerenciais e, freqüentemente, apresentar o produto aos consumidores (DAI et al., 1996).

Yeomans (2005) apresenta um novo paradigma na construção civil conhecido como “*ITC-enabled collaborative working*”, traduzido como trabalho colaborativo possibilitado pela TI. O autor denomina Prototipagem Colaborativa como a modelagem 3D desenvolvida mediante o trabalho colaborativo. Tendo em vista o perfil multidisciplinar da equipe envolvida no PDP na construção civil, Yeomans destaca a Prototipagem Colaborativa como um dos principais mecanismos para melhorias do setor.

Um dos desenvolvimentos mais promissores do setor AEC é denominado *Building Information Modeling (BIM)* (AZHAR et al., 2008). O termo *BIM* foi criado para divulgar *softwares CADs* de modelagem de edifícios (AYRES, 2009). Porém, seu conceito acabou se tornando mais amplo, abrangendo uma forma conceitual de gerenciar informações na construção civil (JARDIM-GONÇALVES; GRILO, 2010) de forma integrada, interoperável e reutilizável, empregando a modelagem paramétrica como sistema central em todo o ciclo de vida² do edifício (LEE et al., 2006).

Dentro deste contexto que busca melhorias para minimizar ou solucionar problemas referentes ao desenvolvimento do produto na construção civil, principalmente na etapa de projetos, observa-se a necessidade de apresentar um estudo mais consistente em relação ao gerenciamento das informações dentro da abordagem *BIM*. A seguir, é apresentado o delineamento do problema de pesquisa.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A melhoria dos processos no setor da construção civil depende da integração de projetos e da transferência da informação neles contida (JACOSKI;

² Na presente dissertação o ciclo de vida da edificação contempla as etapas básicas do PDP (concepção, projeto, produção) e as etapas pós-construção (operação, manutenção e demolição).

LAMBERTS, 2002). Segundo os mesmos autores (2002b), para resolver o problema da integração da informação, devem ser solucionados dois fatores importantes: (a) A especificação dos processos e produtos através da disponibilização das informações para a transferência eletrônica, possibilitando a armazenagem, distribuição e extração de novas informações e (b) A interoperabilidade entre os sistemas necessária para permitir a integração dos trabalhos dos diferentes agentes.

Atualmente, a troca de informações é fragmentada e manuseada por meio de diferentes sistemas, tais como desenhos, documentações técnicas e documentação legal. A abordagem *BIM* é apresentada como a solução para o fluxo de informações na construção civil e, para tanto, deve-se definir a informação relevante a ser manipulada a fim de facilitar e antecipar a tomada de decisões. No entanto, para essas definições, é difícil encontrar consenso (HJELSETH, 2009).

A centralização da informação permite que modificações em uma parte do projeto sejam propagadas e atualizadas automaticamente. O nível de informação apresentado pode ser controlado de acordo com a etapa do processo de projeto. No início do processo, o nível de informação é mais dirigido à composição e configuração dos espaços e, ao final, mais voltado a detalhamentos construtivos ou análises de desempenho (SCHEER et al., 2007). Deste modo, as responsabilidades dos atores e o conteúdo esperado de cada etapa do processo de projeto são alterados, com um provável aumento do volume de informações a serem disponibilizadas nas fases iniciais do processo (AMORIM et al., 2001).

Para que os diferentes agentes possam trabalhar com um conjunto único de informações é preciso padronizá-las. “Padronizar significa entrar em acordo, o que não é fácil de conseguir, já que cada usuário das informações pode avaliar de maneira diferente a importância delas” (FERREIRA; KAWANO, 2006, p.1).

Conforme Ferreira (2005), a padronização das informações sobre um produto pode ser analisada em dois sentidos:

1) Padronização estrito senso: refere-se a acordos entre os usuários sobre quais informações são relevantes e o formato que elas devem ter.

A criação de um sistema de classificação permite que as informações não-gráficas de projeto possam ser mais confiáveis, evitando terminologias conflitantes que provoquem erros de identificação nas especificações dos produtos e serviços da construção civil (ITO, 2007).

2) Modelagem de Produtos: baseia-se em uma proposta lógica e bem fundamentada de uma estrutura de dados que corresponde à natureza do objeto.

Conforme Ferreira (2005), o esforço que mais se destacou na Modelagem de Produtos foi a *ISO (International Organization for Standardization)*, por meio da *STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data)*. Essa norma descreve como representar e intercambiar informações sobre produtos ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Dentro deste contexto, o ponto mais importante na elaboração de um modelo de informações adequado e eficiente é que este apresente as relações e, conseqüentemente, os objetos e características necessários e suficientes (FERREIRA, 2005). Os objetos são unidades de informação que representam elementos da edificação incluindo as suas características e relacionamentos com outros objetos (AYRES, 2009).

Atualmente, existe uma grande quantidade de fabricantes e desenvolvedores de *software* que oferecem modelos de objetos, muitas vezes gratuitamente (HJELSETH, 2009). A situação ideal para a definição dos elementos de projeto, por exemplo, seria que os fornecedores disponibilizassem seus catálogos em um formato neutro, de forma que fosse possível baixar os objetos da *internet* com todas as especificações e, também, que fossem responsáveis pela consistência e atualização das informações fornecidas (SOUZA; AMORIM; LYRIO, 2009).

Assim sendo, para estabelecer quais as informações necessárias para a definição do objeto (ou produto) edificação em um momento do seu ciclo de vida, é necessário delimitar um conjunto mínimo de dados imprescindíveis relacionados ao objeto e ao contexto, procurando a interseção entre os dois (FERREIRA, 2005).

Ferreira (2007) sugere como campos de pesquisa: (a) o estudo da criação de novos produtos, que é sempre um desafio no que diz respeito às suas especificações; e (b) o estudo de ajustes no modelo para que haja maior proximidade do produto em relação ao processo de produção e maior adequação do processo às características do produto.

Entretanto, apesar da evolução nos estudos referentes à utilização da *BIM* e seus benefícios, ainda não estão suficientemente analisadas questões a respeito das informações que devem estar contidas nos objetos ao longo do processo de desenvolvimento de produtos da construção civil. Esse tópico constitui

uma extensa área a ser investigada, principalmente considerando a tendência de desenvolvimento da abordagem *BIM* para a modelagem de produtos.

1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

A modelagem de produto na construção civil pode proporcionar um melhor gerenciamento dos fluxos de informações e das suas transformações durante as atividades realizadas em todo o ciclo de vida do edifício, isto é, da concepção à construção, utilização e demolição. A principal ferramenta neste processo é o modelo do edifício, um repositório integrado de informações acessado por todos os envolvidos no processo de desenvolvimento (AYRES, 2009).

No modelo do edifício, os objetos têm grande importância no gerenciamento das informações. Tendo em vista a grande quantidade de objetos das edificações e as limitações de pesquisa, o foco voltou-se para a etapa de acabamentos, mais especificamente, para revestimentos cerâmicos. Além disso, Tristão (2005), na tese intitulada “Classificação da informação na indústria da construção civil: uma aplicação em placas cerâmicas para revestimento” sugere um estudo com a finalidade de identificar a necessidade de informações nas fases de especificação, projeto, aquisição, assentamento e manutenção da placa cerâmica.

Assim, o processo de pesquisa discutido neste trabalho partiu da seguinte questão:

- Dentro da abordagem *BIM*, quais as informações relevantes para a representação de placas cerâmicas de revestimento no processo de desenvolvimento do produto edificação?

Para responder a esta pergunta, foram levantadas questões mais específicas, apresentadas a seguir:

- Quais são as informações relevantes para a modelagem do sistema de revestimento cerâmico durante as etapas de projeto no PDP?

- A produção demanda outros tipos de informações, relativas ao projeto do sistema de revestimento cerâmico, não adicionadas ao modelo durante as etapas anteriores?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo principal do presente trabalho é determinar as informações relevantes para a representação de placas cerâmicas de revestimento em *softwares BIM* ao longo do processo de desenvolvimento do produto edificação.

1.4.2 Objetivos Específicos

A partir do objetivo geral, foram propostos os seguintes objetivos:

- Sugerir orientações para fabricantes de *softwares BIM* e para o modelo IFC, no sentido de aprimorar a representação dos revestimentos cerâmicos e permitir a inclusão das informações que devem estar contidas nos objetos.
- Estabelecer diretrizes para fabricantes de placas cerâmicas de revestimento quanto às informações que devem estar contidas nos objetos *BIM* que representarão seus produtos.

1.5 RESUMO DO MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa empregado no desenvolvimento desta dissertação envolveu dois estudos de caso realizados em uma empresa construtora que atua no mercado de empreendimentos residenciais e industriais na cidade de Londrina.

O estudo de caso 1 (EC1) se desenvolveu por meio do acompanhamento da prototipagem virtual e da execução do protótipo físico de um banheiro de alto padrão, no período de setembro de 2009 a fevereiro de 2010. Esse estudo possibilitou um ciclo de aprendizagem no que diz respeito à coleta de dados ao longo do processo de modelagem virtual e durante o acompanhamento da execução do protótipo físico, facilitando o desenvolvimento do estudo subsequente.

O estudo de caso 2 (EC2) envolveu o acompanhamento da prototipagem virtual e a execução do protótipo físico (*showroom*) de um banheiro de alto padrão, no período de janeiro a março de 2010.

Por intermédio dos resultados obtidos nos dois estudos de caso e com o apoio do referencial teórico, foi possível averiguar as informações relevantes para a modelagem 3D do revestimento cerâmico em *softwares* de modelagem tridimensional distintos. Posteriormente, por meio do acompanhamento da execução

dos protótipos físicos, foi possível analisar de que forma as decisões tomadas durante as etapas de projeto foram executadas, permitindo, assim, reavaliar as informações necessárias na fase de projeto para subsidiar adequadamente a etapa de produção.

Finalmente, com o estudo das informações demandadas pelas normas técnicas nacionais juntamente com as informações dos estudos de caso foi possível reunir e classificar as informações para as placas cerâmicas de revestimento.

1.6 DELIMITAÇÕES E CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS DA PESQUISA

Esta dissertação tem algumas delimitações relativas ao trabalho de campo que merecem ser consideradas. Os estudos de caso envolveram as etapas de projeto e produção do PDP, não contemplando etapas de uso, manutenção e demolição referentes a todo o ciclo de vida da edificação. Focou-se nestas etapas, pois a oportunidade de investigação dos estudos permitiu somente estas avaliações.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação tem sua estrutura dividida em sete capítulos. O presente capítulo analisa o contexto sobre o qual se originou a questão de pesquisa, identifica as principais lacunas de conhecimento que justificam o desenvolvimento do trabalho, bem como apresenta seus objetivos, resumo do método e delimitações.

O capítulo 2 trata do processo de desenvolvimento de produtos e como a prototipagem se insere neste contexto. Além disso, são feitas considerações sobre as particularidades do PDP na construção civil. Também é abordado conceito de prototipagem, apresentando os diferentes tipos de protótipos, com ênfase na prototipagem virtual e seus benefícios e limitações no processo de desenvolvimento de produtos.

O capítulo 3 aborda o conceito *BIM - Building Information Modeling* e sua classificação sob o ponto de vista de estágios de desenvolvimento e níveis de abstração, além dos benefícios e desafios já encontrados a respeito desta abordagem. A modelagem de objetos segundo a abordagem *BIM* ao longo do ciclo de vida da edificação é apresentada juntamente com um sistema de ordenação das informações contidas nos objetos. O capítulo é finalizado com a apresentação de diferentes propostas de estruturação da informação para objetos da construção civil.

No capítulo 4 são apresentados os conceitos referentes à placa cerâmica para revestimento e ao sistema de revestimento cerâmico, além de uma revisão referente às informações normativas para a placa cerâmica.

O capítulo 5 apresenta o método de pesquisa utilizado no desenvolvimento dos estudos de caso, sendo definida a estratégia da pesquisa e explicitado o delineamento da mesma.

No capítulo 6, são apresentados os resultados dos estudos de caso 1 e 2. O capítulo também apresenta a proposta de classificação para as placas cerâmicas para revestimento e é analisado um modelo de objeto paramétrico.

No capítulo 7, são apresentadas as principais conclusões da presente dissertação e são feitas sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros relacionados ao tema estudado.

2 O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO (PDP) E A PROTOTIPAGEM

O capítulo 2 trata do processo de desenvolvimento de produtos, suas definições, modelos e como a prototipagem se insere neste contexto. Além disso, são feitas considerações sobre as particularidades do PDP na construção civil e de que forma essas características interferem no processo. Também é apresentado o conceito de prototipagem e os diferentes tipos de protótipos, com ênfase nos modelos virtuais.

2.1 DEFINIÇÕES E MODELOS DE PDP

O processo de desenvolvimento do produto (PDP) tem sido descrito por diversos autores com significado e abrangência distintos (MIRON, 2002). A seguir, na figura 1, são ilustrados os diferentes modelos propostos pelos autores.

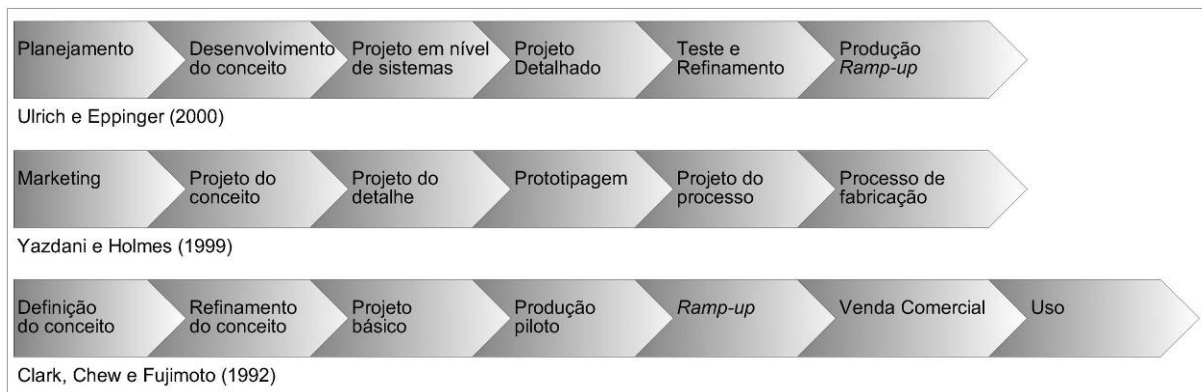


Figura 1 - Principais etapas do desenvolvimento de produtos

Para Ulrich e Eppinger (2000), PDP é um conjunto de atividades iniciadas com o planejamento do produto, isto é, com a percepção da oportunidade de mercado e termina na produção, venda e entrega do produto. No que diz respeito à etapa inicial do PDP, há uma convergência de idéias entre estes autores e Yazdani e Holmes (1999).

Na definição de Ulrich e Eppinger (2000), não é claramente especificado onde termina o desenvolvimento do produto, porém no modelo de PDP apresentado pelos autores, a última etapa é a produção *ramp-up* (tradução livre para produção de caráter experimental, buscando evolução ou crescimento da capacidade de

produção). A transição desta fase para a produção contínua é gradual e, em algum ponto desse percurso, o produto é lançado no mercado. Assim, de acordo com estes autores, o PDP não abrange a fase de uso do produto.

Já para Clark, Chew e Fujimoto (1992), PDP é um processo iterativo de sucessivos refinamentos, iniciando na etapa de concepção e sendo, a partir deste ponto, continuamente definido e refinado até que se defina um projeto básico. Uma vez estabelecido o projeto básico, evolui-se para a produção-piloto, produção *ramp-up*, vendas e uso pelo cliente. Na produção-piloto e produção *ramp-up*, ainda podem ser feitos pequenos ajustes no produto básico. No entanto, segundo a descrição destes autores, a idéia é que nestas fases o foco seja, essencialmente, no processo de produção. Assim, para estes autores, diferentemente do que propõem Ulrich e Eppinger (2000), o modelo de PDP abrange a fase de uso.

Por fim, para Codinhoto (2003), o PDP é um processo interfuncional que se inicia com a concepção do produto e termina com a retroalimentação elaborada por meio da análise de resultados obtidos após o produto ter sido entregue ao cliente. Destaca-se que para o referido autor, o PDP é interfuncional por considerar as diferentes funções do processo, citadas por Ulrich e Eppinger (2000) como, *marketing*, projeto, produção e custo.

Assim, embora existam variações nos modelos, especialmente, no que diz respeito às etapas abrangidas no PDP, há um consenso entre os autores no que se refere ao caráter interfuncional, iterativo e à necessidade de frequentes refinamentos conduzidos por meio da prototipagem.

2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PDP NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.2.1 Peculiaridades da Construção Civil

Segundo Ulrich e Eppinger (2000), os principais desafios do PDP das indústrias em geral estão associados aos seguintes fatores:

Avaliação de *Trade-offs*³: reconhecer, compreender e gerenciar os *trade-offs*;

³ Segundo Teixeira (2005) *trade-off* se refere à necessidade da organização em escolher critérios competitivos “incompatíveis” operacionalmente.

Dinamismo: tomar decisões em ambientes sujeitos à constante mudança;

Variedade de detalhes: tomar decisões relativas a muitos detalhes, que mesmo um produto com pouca complexidade pode ter;

Pressão de tempo: tomar decisões rapidamente e com informações incompletas;

Economia: obter retorno do investimento através de um produto que, ao mesmo tempo, seja atraente para o cliente final e econômico para a produção.

Cabe ressaltar que os desafios do PDP na construção civil, além dos supracitados, merecem considerações específicas em função das particularidades desse setor.

De fato, Codinhoto afirma que: “O PDP na construção civil é caracterizado por sua elevada complexidade, principalmente no que diz respeito às características próprias do setor, do produto e dos diferentes agentes envolvidos no processo” (CODINHOTO, 2003, p.39).

Assim, são apresentadas a seguir algumas peculiaridades do produto e do contexto da construção civil, que têm sido destacadas na literatura.

Carassus⁴ (1998, apud KOSKELA, 2000) afirma que uma especificidade fundamental na construção civil e que afeta a maioria das outras características é a localização dos produtos. Essa característica influencia diretamente na unicidade de cada edificação.

As construções em terrenos distintos tornam cada edificação única, exigindo, portanto, uma concepção artística singular. Além disso, o setor é caracterizado pelo pequeno grau de padronização dos produtos. Essas propriedades dificultam a prototipagem voltada a avaliar o produto, prática comumente adotada nas demais indústrias. A presença de elementos repetitivos, processos construtivos similares ou projetos parecidos não mudam a unicidade do produto decorrente da localização do edifício (MIRON, 2002).

Outras especificidades relacionadas às características do produto são: o caráter permanente, o alto custo e o longo tempo de produção que contribuem para a dificuldade na definição do preço do produto da construção civil e para avaliações

⁴ CARASSUS, J. **Produire et gérer la construction**: Une approche économique. Cahiers du CSTB, Livraison 395, Cahier 3085, 1998. Décembre. 12 p.

de viabilidade do investimento, caracterizando uma atividade produtiva de alto risco. Além disso, a instabilidade de ambientes em constante mudança e o longo período de vida útil do produto edifício dificultam a tomada de decisões.

A grande variedade de materiais empregados e o uso de técnicas construtivas diversificadas regidas por uma série de regras (normas técnicas, convenções e questões legais) contribuem para a complexidade do produto. Estes aspectos aliados ao caráter temporário dos agentes envolvidos (projetistas, fornecedores de materiais e componentes e construtores) acarretam dificuldades na troca de informações ao longo do processo de desenvolvimento. Assim, erros e omissões na documentação dos projetos, freqüentemente, causam aumento de custos, atrasos, e eventuais ações judiciais entre as várias partes das equipes de projeto (EASTMAN et al., 2008).

Além dessas características, existem problemas relacionados à formação da equipe de desenvolvimento, pois de acordo com Tzortzopoulos (1999), de modo geral, somente o arquiteto é mobilizado a participar da elaboração do programa funcional do produto, que é realizado de forma rápida e utilizando poucas informações.

Por fim, Koskela (2000) apresenta como características típicas ao setor, a descentralização das decisões e o caráter informal de coordenação, a fragmentação e complexidade técnica e a dificuldade para aumentar as competências organizacionais.

Estas peculiaridades do setor interferem no PDP, pois a empresa investe menos no desenvolvimento dos processos de gestão e em inovações, não priorizando o aumento das competências organizacionais e permitindo a continuidade dos problemas causados pela gestão informal. O bloqueio na busca de novos conhecimentos para a empresa minimiza a procura por processos diferenciados de concepção de novos produtos e por conhecimento de ferramentas como a prototipagem.

2.2.2 Modelo de PDP na construção civil

Apesar das particularidades do setor, o processo de desenvolvimento na construção civil envolve funções similares às encontradas na manufatura e pode ser dividido em fases de modo semelhante ao PDP dessas indústrias. Porém, não existe

consenso sobre a nomenclatura, o número e o escopo das fases do PDP (CODINHOTO, 2003).

De acordo com Tzortzopoulos (1999), essa inexistência de consenso se deve à complexidade do processo de projeto, das características dos intervenientes envolvidos e da própria natureza do produto, pois cada tipo de empreendimento envolve a condução de tarefas diferenciadas, principalmente no início do processo.

Apesar destes fatores, Tzortzopoulos (1999) afirma que a subdivisão criteriosa do processo é de extrema importância para possibilitar uma melhor compreensão do conteúdo das ações desenvolvidas ao longo do mesmo. A autora apresenta a divisão do PDP da construção civil em sete fases conforme a figura 2.



Figura 2 - Fases do PDP
Adaptado de: Tzortzopoulos (1999)

Fase 1. Planejamento e concepção do empreendimento

Esta etapa é destinada à concepção, definições, análise e avaliação do conjunto de informações técnicas e econômicas iniciais e estratégicas do empreendimento (TZORTZOPOULOS, 1999). Segundo Codinhoto (2003), os problemas que podem ocorrer nesta fase são relacionados à identificação e gerenciamento dos requisitos do cliente, ao inadequado registro das decisões de projeto e à limitada formação da equipe de desenvolvimento.

Fase 2. Estudo preliminar

Esta etapa é destinada à representação de um conjunto de informações técnicas iniciais e aproximadas, porém, necessárias à caracterização geral da edificação (TZORTZOPOULOS, 1999). Como particularidades desta fase, Codinhoto (2003) apresenta que a aprovação dos projetos é subordinada a órgãos públicos ou ao empreendedor e não ao cliente final e os projetos devem ser compatibilizados devido à inserção gradual de novos profissionais na equipe do projeto.

Fase 3. Anteprojeto

A etapa de anteprojeto é destinada à concepção e à representação das informações técnicas e legais da edificação e de seus elementos, sistemas e

componentes, necessários aos inter-relacionamentos das atividades técnicas de projeto e suficientes à elaboração de estimativas aproximadas de custos. Um dos problemas levantados nesta fase é que, na maioria das vezes, somente o arquiteto é mobilizado a desenvolver seus trabalhos (TZORTZOPOULOS, 1999).

Fase 4. Projeto legal

A etapa de projeto legal de arquitetura é destinada à representação das informações técnicas necessárias à análise e aprovação da concepção da edificação e seus elementos e sistemas pelas autoridades competentes com base nas exigências legais (TZORTZOPOULOS, 1999). De maneira geral, o projeto legal é um documento gerado à parte e utilizado apenas para a avaliação do produto frente às normas estabelecidas pelos órgãos competentes (CODINHOTO, 2003).

Fase 5. Projeto executivo

Esta etapa é destinada à concepção e representação final, completa e definitiva das informações técnicas da edificação e de seus elementos, sistemas e componentes, bem como de parte do processo de produção (TZORTZOPOULOS, 1999). O processo de projeto geralmente ocorre de forma fragmentada, seqüencial e com reduzida inter-relação entre os envolvidos, o que tende a causar retrabalhos nesta etapa e na produção (CODINHOTO, 2003).

Fase 6. Acompanhamento de obra

A etapa engloba o acompanhamento técnico por parte dos profissionais da área de projeto da execução da obra, a avaliação do projeto por parte do setor de produção, as atividades relacionadas à entrega física da obra, os registros de modificações de projeto e a elaboração do projeto “*as built*” (TZORTZOPOULOS, 1999). Segundo Codinhoto (2003), devido aos problemas apresentados nas etapas de projeto, algumas das necessidades em relação ao produto somente se tornam claras aos clientes à medida que a edificação é executada. Como consequência, é comum encontrar gerentes de produção e mestres de obra tomando decisões sobre o produto nesta fase.

Fase 7. Acompanhamento de uso

Nesta etapa realiza-se a avaliação do desempenho da edificação construída com relação à satisfação do cliente final e, também, a avaliação dos resultados financeiros do empreendimento, considerando os problemas de manutenção e reparos ocorridos. Quando ocorre esta etapa, a participação dos

projetistas limita-se ao recebimento das informações obtidas na avaliação (TZORTZOPOULOS, 1999).

Embora Tzortzopoulos (1999) não explicita a presença da prototipagem ao descrever as etapas do PDP na construção civil, as peculiaridades descritas no tópico 2.2.1 evidenciam o potencial da contribuição desta abordagem, especialmente da prototipagem virtual.

2.3 A PROTOTIPAGEM NO PDP

No PDP, o emprego de protótipos melhora a veiculação de informações entre agentes envolvidos no desenvolvimento do produto, entre os quais clientes, investidores, diretores, projetistas, fornecedores e pessoal de produção (GRIMM, 2004). Pahl e Beitz (1996) compartilham do mesmo entendimento de Ulrich e Eppinger no que se refere ao emprego da prototipagem ao longo do PDP. Para aqueles autores, a prototipagem se sobrepõe às demais fases no PDP, pois as informações fornecidas durante a realização dos protótipos são necessárias em todos os pontos do processo e, por isso, não é possível fixá-los em um momento particular.

Dessa forma, Ulrich e Eppinger (2000) afirmam que a definição de um plano para a prototipagem atrelado ao cronograma do desenvolvimento do produto é de fundamental importância, uma vez que os resultados da avaliação dos protótipos fornecem as respostas necessárias para dar continuidade à definição do produto ou de seu processo de produção.

Para reduzir o tempo de desenvolvimento do produto, as avaliações permitidas pelo uso da prototipagem, devem ser feitas rapidamente e os resultados devem ser diretamente incorporados ao processo de projeto (DAI et al., 1996). Clark, Chew e Fujimoto (1992) e Ulrich e Eppinger (2000) destacam a importância em adotar o nível de aproximação do produto adequado para as respostas que se procura, sem buscar um refinamento excessivo dos protótipos nas fases iniciais do PDP. Para estes autores, a ênfase está na representatividade necessária dos atributos do produto e não na perfeição, permitindo, assim, a construção rápida de vários protótipos e intensificando as oportunidades de antecipar problemas.

2.3.1 Conceito de prototipagem

O termo protótipo significa um original, primeiro exemplar ou modelo. A palavra é derivada do grego *prototypon* que significa a primeira forma (GRIMM,

2004). Segundo Saffaro (2007), estas definições sugerem a pré-produção completa do produto.

Ulrich e Eppinger (2000) ampliam este conceito na medida em que definem o protótipo como “uma aproximação do produto segundo uma ou mais dimensões de interesse”. Através dessa definição qualquer entidade que exiba pelo menos um aspecto do produto pode ser vista como um protótipo, incluindo diversas formas de representação do produto como esboços, modelos matemáticos e versões funcionais para pré-produção.

O conceito de protótipo pode ser ainda mais ampliado ao se assumir que *ramp-up* é uma atividade de prototipagem, na medida em que faz uso do processo de construção do produto para testar, principalmente, alternativas de produção e para treinar operários. Neste caso em que o foco da análise é a produção, Saffaro (2007) destaca que o objeto de aproximação constitui-se no próprio processo de produção.

Neste sentido, para Ulrich e Eppinger (2000), prototipagem é um processo de aproximação do produto visando a um determinado propósito. Floyd (1984) complementa que é necessário definir claramente o propósito para o qual o protótipo está sendo construído e planejá-lo para que os resultados permitam avaliar os objetivos propostos.

O processo de prototipagem pode ser constituído por quatro etapas: (a) seleção funcional, que se refere à escolha das funções que o protótipo deve exibir; (b) construção, que se refere ao esforço requerido para executar o protótipo visto que deve ser muito menor que o esforço para construir o produto final; (c) avaliação, através da qual se deve obter respostas a respeito das características investigadas; e (d) utilização, podendo empregar o protótipo como um veículo para aprendizagem (FLOYD, 1984).

Ulrich e Eppinger (2000) também apresentam passos para o planejamento de protótipos: (a) definição do propósito do protótipo, devendo-se atentar para os principais propósitos de aprendizagem, comunicação, integração e estabelecimentos de marcos no processo de desenvolvimento do produto; (b) estabelecer o nível de aproximação do protótipo; (c) Delinear o plano de experimentação, a fim de extrair o maior valor da atividade de prototipagem; (d) Criar um cronograma para todas as atividades que envolvem a prototipagem, tais como, aquisição de recursos, construção do protótipo e elaboração de testes. Além disso,

Floyd (1984) e Ulrich e Eppinger (2000) ressaltam a necessidade de se estabelecer um nível adequado de aproximação do protótipo.

2.3.2 Classificação de protótipos

Os protótipos podem ser classificados em duas dimensões. Quanto à forma de representação, são classificados em físicos e analíticos. Protótipos físicos são tangíveis, enquanto que os analíticos representam o produto de maneira intangível, por exemplo, modelos computacionais em três dimensões (ULRICH; EPPINGER, 2000).

A segunda dimensão de classificação refere-se ao grau de abrangência dos atributos representados. Neste caso, os protótipos são classificados, como compreensivos ou focados. Os protótipos focados abrangem um ou poucos atributos do produto, já os protótipos compreensivos incluem muitos, senão todos os atributos e, normalmente, possuem tamanho natural e constituem-se em uma versão operacional completa do produto (ULRICH; EPPINGER, 2000).

Os sistemas de Prototipagem Virtual foram, inicialmente, desenvolvidos e usados nas indústrias automobilística e aeronáutica (CHOI; CHAN, 2004). A Prototipagem Virtual e a Prototipagem Rápida⁵ têm sido as mais utilizadas pela indústria manufatureira (ULRICH; EPPINGER, 2000; GRIMM, 2004; NETO; VOLPATO, 2004).

Os protótipos virtuais em três dimensões passaram a ser empregados no desenvolvimento de produtos, pois a representação bidimensional de uma realidade tridimensional, por mais elaborada que seja não pode representar de forma consistente alguns aspectos importantes do produto, exigindo do observador um esforço de compreensão que, muitas vezes, depende de uma formação técnica específica (PINHO; FREITAS; TRAMONTANO, 2003).

Os protótipos virtuais são geralmente mais flexíveis do que protótipos físicos, pois permitem alterações com maior facilidade e, em muitos casos, alterações maiores do que aquelas que seriam viáveis em termos de exequibilidade, prazo e custo se fossem efetuadas em protótipos físicos (ULRICH; EPPINGER,

⁵ A prototipagem rápida (PR) pode ser definida como um termo genérico para designar todo processo rápido de geração de protótipos físicos, incluindo processos por adição, por subtração e por formação (GRIMM, 2004).

2000). Por essa razão, a prototipagem virtual, geralmente, precede a prototipagem física (ULRICH; EPPINGER, 2000; FAITHFULL; BALL; JONES, 2001).

Forti (2005) e Grimm (2005) afirmam que os protótipos virtuais podem diminuir o número de protótipos físicos construídos durante o desenvolvimento do projeto, porém não eliminam totalmente a necessidade das avaliações do produto no mundo real. Os autores acrescentam que existe uma complementação entre a prototipagem virtual e a física e que nem todos os problemas podem ser resolvidos somente com o modelo 3D. Deste modo, torna-se necessário recorrer a modelos tangíveis (NETO; VOLPATO, 2004). No quadro 1 são apresentadas as diferenças entre protótipos físicos e virtuais.

	Protótipos Físicos	Protótipos Virtuais
Quanto à facilidade de alterações:	Normalmente, as alterações demandam a execução de um novo protótipo (PINHO; FREITAS; TRAMONTANO, 2003).	Mais flexíveis no que tange à facilidade em executar alterações (FAITHFULL; BALL; JONES, 2001).
Quanto ao tempo e custo de elaboração:	A experimentação física, em geral, é mais demorada e cara. (ULRICH; EPPINGER, 2000; CHOI; CHAN, 2004; FORTI, 2005)	
Quanto aos aspectos de análise:	Possibilidade de avaliar aspectos tangíveis, tais como, ergonomia e estabilidade (GRIMM, 2005).	Aplicações em situações nas quais a prototipagem física é impraticável, impossível ou ineficiente (GRIMM, 2005).

Quadro 1 - Diferenças entre protótipos físicos e virtuais

2.4 PROTOTIPAGEM VIRTUAL (PV)

2.4.1 Conceito de PV

A PV faz uso de técnicas de realidade virtual baseadas em um modelo digital para executar avaliações e apresentações de projeto (DAÍ, *et.al.*, 1996). Os autores complementam que a idéia básica da PV é integrar técnicas de projeto e engenharia auxiliados por computador (*Computer Aided Design - CAD e Computer Aided Engineering- CAE*) com realidade virtual, construindo o objeto virtual com funcionalidades do produto projetado, de forma a permitir simulações integradas e módulos de visualização.

Para Mcleod (2001), a prototipagem virtual, prototipagem digital ou modelagem virtual são termos similares e podem ser definidos como a fusão de realidade virtual e tecnologias CAD. Para este autor, a PV não é restrita somente ao uso de um *software* para simular o comportamento de um produto, mas também

engloba uma abordagem para o desenvolvimento do produto e a adoção bem sucedida da tecnologia de informação para uma maior colaboração entre *designers*, engenheiros, comerciantes e clientes.

Corroborando com Daí et al. (1996) e Mcleod (2001), na presente dissertação, prototipagem virtual é entendida como um processo de aproximação do produto que ocorre ao longo das etapas de desenvolvimento, por meio da utilização de tecnologias *CAD* (desenho bidimensional ou modelagem tridimensional no computador) com Realidade Virtual, visando a elucidar um propósito específico.

Conforme Ayres (2009, p.6), “Modelagem é a criação de representações – chamadas modelos – de fenômenos ou sistemas, com o intuito de melhor compreender a sua natureza e prever o seu comportamento”. Conforme Mahdavi (2003), modelos são entidades que representam outras entidades. Enquanto as entidades representadas podem ser muito complexas, os modelos podem ser bastante “reduzidos”, ou seja, podem focar apenas em um limitado subconjunto dos recursos da entidade representada e abstraírem outros recursos. Ou seja, os modelos podem representar a informação em diferentes níveis de resolução (abstração). Assim, os modelos traduzem de forma simplificada um conjunto de entidades complexo demais para ser apreendido em sua totalidade, transmitindo apenas as características essenciais do sistema representado.

Em geral, o termo Realidade Virtual (RV) refere-se a uma experiência imersiva e interativa baseada em imagens gráficas 3D geradas em tempo real por computador. Os fatores importantes em sistemas de RV são a imersão, que pode ser explicada como o sentimento de estar dentro do ambiente virtual e a interatividade que é a capacidade do computador detectar os comandos do usuário e modificar instantaneamente o mundo virtual conforme as ações realizadas (NETO; VOLPATO, 2004).

No entanto, a RV pode ter diferentes níveis de imersão. Mcleod (2001) aponta a existência de três formas essenciais de tecnologia: a RV *desktop* (tecnologia computacional padrão - *mouse*, teclado e monitor), a imersiva e a de projeção. Essa última envolve a exibição dos modelos em telas planas ou em múltiplas telas posicionadas de forma circular com o intuito de proporcionar sensação de escala e de imersão. Esse recurso avançado de projeção em telas múltiplas pode ser chamado de *cave* (FORTI, 2005).

Assim, a prototipagem virtual está inserida no contexto do processo de desenvolvimento de produto como um processo através do qual são elaborados protótipos virtuais com a finalidade de gerar análises específicas do produto.

Quando se projeta em 3D, por meio de *softwares CAD*, a modelagem virtual do produto ocorre a todo o momento dentro do processo de desenvolvimento. Neste caso, todo o processo de projeto é um exercício de aproximação e refinamento do produto conduzido mediante testes, análises e tomadas de decisões intermediárias, isto é, seguindo uma abordagem da prototipagem.

No caso da construção civil, as análises ao longo da modelagem virtual podem estar atreladas às decisões pertinentes (marcos) de cada fase de desenvolvimento do projeto ou a decisões específicas que, por exemplo, demandam modelos com informações exclusivas ou mais focadas para a criação de imagens finais do projeto, para testes de iluminação, acústica, conforto térmico, entre outros.

2.4.2 Classificação dos protótipos virtuais

Existem, basicamente, dois tipos de protótipos virtuais, o protótipo virtual imersivo e o analítico (TSENG; JIAO; SU, 1998). Essas definições são relativas ao grau de interação humana com o modelo virtual. O protótipo virtual analítico, normalmente usa tecnologia computacional padrão (*mouse*, teclado e monitor). Já, o imersivo apresenta novas interfaces homem-computador, como luvas, óculos e fones de ouvido.

2.4.3 Benefícios da PV

Ulrich e Eppinger (2000) mencionam que os protótipos, de maneira geral, são utilizados para melhorar a aprendizagem, comunicação e integração, além de estabelecerem marcos dentro do processo de desenvolvimento do produto. A seguir são relacionados e justificados os benefícios da prototipagem apresentados na literatura:

(a) Inovação: Thomke (2001) menciona que a PV favorece a inovação, uma vez que os experimentos realizados com recursos da mesma, normalmente, reduzem custo e tempo de resposta.

(b) Aprendizagem: Para Ulrich e Eppinger (2000), os protótipos constituem-se em ferramentas de aprendizagem na medida em que são utilizados para responder questões como: “o produto irá funcionar?” ou “o produto atende as necessidades dos consumidores?”. Além disso, conforme destacam Oliveira (2001)

e Otosson (2002), a PV é um suporte didático eficaz para o treinamento da mão-de-obra.

(c) Comunicação e Colaboração: A PV favorece troca de informações e colaboração entre os envolvidos (FLOYD, 1984; ULRICH; EPPINGER, 2000; MCLEOD, 2001; OLIVEIRA, 2001; NETO; VOLPATO, 2004). Assim, pessoas com diferentes conhecimentos técnicos, como clientes, usuários e projetistas, podem influenciar de forma interativa as características do produto (DAÍ et al., 1996; OTOSSON, 2002).

(d) Visualização e Compreensão: A PV facilita visualização do produto ou processo (ULRICH; EPPINGER, 2000; OLIVEIRA, 2001; OTOSSON, 2002; CHOI; CHAN, 2004; NETO; VOLPATO, 2004; BOUCHLAGEM *et.al.*, 2005; GRIMM, 2005). A capacidade de visualização dos protótipos virtuais pode ser usada para analisar a estética do produto, a forma, folgas e requisitos de montagem com maior clareza (MCLEOD, 2001). Além disso, a visualização pode facilitar a interpretação dos projetos pelos trabalhadores (BOUCHLAGHEM et al., 2005).

A facilidade de visualização colabora para a minimização das alterações de projeto uma vez que permite a compreensão do produto pelos clientes de maneira mais simples, amplia a capacidade de demonstrar soluções diferentes e facilita a compreensão dos efeitos de cada escolha (YEOMANS; BOUCHLAGHEM; EL-HAMALAWI, 2006).

(e) Integração: A prototipagem permite encontrar falhas e detectar interferências geométricas ou conflitos entre partes do produto, evitando que esses erros sejam vislumbrados somente no momento da fabricação (ULRICH; EPPINGER, 2000; NETO; VOLPATO, 2004; YEOMANS; BOUCHLAGHEM; EL-HAMALAWI, 2006).

Norton⁶ (2001 apud MCLEOD, 2001) argumenta que o processo de elaboração conjunta de um modelo tridimensional do produto define padrões e linguagens de representação comuns entre os agentes envolvidos, reduzindo o emprego de simbologias próprias de cada agente.

(f) Gerenciamento da Informação: Os protótipos virtuais devem ser usados como meio de extração (FAITHFULL; BALL; JONES, 2001), registro (FORTI,

⁶ NORTON, A. **Utilising Rapid Product Development and Late Customisation Methodologies within Manufacturing SMEs**. Prime Faraday Partnership, Loughborough. 2001.

2005), intercâmbio (BOUHLAGEM *et.al.*, 2005), controle (OLIVEIRA 2001), retroalimentação (FLOYD, 1984) e reutilização (MCLEOD, 2001) de informações ao longo do PDP.

(g) Testes, Simulações, Análises e Avaliações: Os protótipos virtuais permitem analisar possíveis soluções para o produto (OLIVEIRA, 2001), envolvendo análises de propriedades físicas (massa e volume) (ULRICH; EPPINGER, 2000; OTOSSON, 2002; NETO; VOLPATO, 2004), mecânicas, térmicas e elétricas (GRIMM, 2005). Além disso, podem ser efetuados testes funcionais, de forma e encaixe, ergonômicos, de montagem e desmontagem (CHOI; CHAN, 2004), e análises de operação e manutenção (OLIVEIRA, 2001). Os protótipos virtuais também possibilitam a execução de testes impossíveis ou inviáveis devido ao custo elevado ou ao risco à vida (FORTI, 2005).

(h) Flexibilidade, redução do tempo e custos do PDP: O protótipo virtual pode ser mais prático e eficiente em casos nos quais as mudanças são rápidas e freqüentes (GRIMM, 2005), possibilitando maior liberdade de criação (PINHO; FREITAS; TRAMONTANO, 2003), permitindo a repetição e exploração de possibilidades, praticamente sem custo adicional (CHOI E CHAN, 2004) e reduzindo a necessidade de protótipos físicos (MCLEOD, 2001).

(i) Melhoria da Qualidade: A PV possibilita prever erros nas etapas iniciais do projeto, investigar diferentes soluções e facilitar a personalização do produto segundo o desejo do cliente propiciando uma melhora da qualidade final e uma maior satisfação do consumidor em relação ao produto adquirido (NETTO; OLIVEIRA, 2001; OTOSSON, 2002).

No processo de desenvolvimento de produtos da construção civil, a complexidade dos projetos gerada pela evolução da tecnologia e hábitos modernos, segmentou as etapas de desenvolvimento dos projetos e prejudicou, ao longo do tempo, a comunicação e a integração das equipes (MIKALDO; SCHEER, 2008).

O atual processo de projeto em 2D apresenta limitações que são caracterizadas pela necessidade de recorrente recomposição mental do espaço 3D e são agravadas quando esse recurso é utilizado para a comunicação entre os envolvidos no PDP (FERREIRA, 2007). Segundo a mesma autora, as deficiências que a representação 2D pode acarretar nas análises são:

(a) Ambigüidade: o mesmo desenho pode ser interpretado de mais de uma forma, por exemplo, forma de representação igual para vigas em diferentes planos (invertida ou não);

(b) Simbolismo: o objeto é representado por símbolos e não em suas dimensões e formas reais;

(c) Omissão: informações consideradas óbvias são excluídas, por exemplo, a não representação de peças de fixação;

(d) Simplificação: a representação do objeto é simplificada, alterando suas características reais;

(e) Fragmentação: a informação é separada em diferentes vistas ortográficas, o que dificulta análises e correlações.

Os estudos desenvolvidos por Ferreira (2007) apresentam os benefícios do uso do 3D na compatibilização de projetos. Nestes estudos, os modelos virtuais mostraram potencial para minimizar deficiências na medida em que melhoram a visualização de interferências espaciais e reduziram as abstrações nas representações do produto, economizando o tempo de utilização de serviços profissionais para coordenação e gestão, e assim, diminuindo os custos associados a estes serviços.

Conforme Yeomans (2005), a prototipagem tem sido identificada por muitos na indústria da construção como uma ferramenta de trabalho que pode ajudar as organizações a se tornarem mais lucrativas e produtivas por intermédio da erradicação de perdas e retrabalho. Neste sentido, o autor argumenta que a Prototipagem Virtual é vista como uma das mais importantes áreas para o desenvolvimento e para a melhoria da indústria da construção civil.

Muitos dos benefícios da PV para a construção civil coincidem com os apresentados anteriormente. No entanto, a maioria dos autores aponta para os benefícios atingidos na etapa de projetos: (a) aumento de soluções e revisões, favorecendo a maior exploração de opções de *design* (BOUCHLAGEM *et.al.*, 2005; OLIVEIRA; FABRÍCIO, 2009); e (b) a compreensão das interferências físicas com maior facilidade (MIKALDO; SCHEER, 2006).

2.4.4 Limitações da PV

Apesar da grande quantidade de benefícios apresentados, as razões para o uso ainda limitado da Prototipagem virtual são:

(a) Questões Culturais e Econômicas: Relutância das empresas do setor em buscar inovações representadas pelo emprego do 3D em detrimento ao 2D, devido a crença de que produzir um modelo em 3D é mais caro e demorado (YEOMANS; BOUCHLAGHEM; EL-HAMALAWI, 2006). Quanto aos custos totais para aquisição de equipamentos e *softwares* (MCLEOD, 2001; OTOSSON, 2002), a prototipagem virtual aumenta o esforço e o investimento nos estágios preliminares do processo de desenvolvimento do produto para melhorar a qualidade, produtividade e redução de perdas, ocasionando, posteriormente, uma redução nos custos de construção e manutenção da edificação (SARCHAR; CHRISTIANSSON; WINTER, 2004).

(b) Questões Educacionais: Falta de compreensão quanto aos benefícios advindos do emprego da PV (YEOMANS; BOUCHLAGHEM; EL-HAMALAWI, 2006) e escassez de profissionais capacitados para o emprego eficaz dos *softwares* em 3D (MCLEOD, 2001).

(c) Questões Técnicas: Falta de investimento no desenvolvimento de *softwares* adequados, especialmente quando comparado às indústrias aeronáutica e automotiva e deficiências na interoperabilidade entre os *softwares*, prejudicando o trabalho colaborativo entre os projetistas (YEOMANS; BOUCHLAGHEM; EL-HAMALAWI, 2006).

2.4.5 Considerações finais

Este capítulo apresentou o processo de desenvolvimento de produtos na Construção Civil e como a prototipagem se insere neste processo. Foi enfatizada a prototipagem virtual, apresentando seus benefícios e limitações.

Esta revisão foi utilizada como apoio para o desenvolvimento dos estudos de caso e para a compreensão mais aprofundada do processo no qual está inserida a prototipagem virtual. Assim, pôde-se compreender como as informações devem ser manipuladas ao longo do PDP.

3 BIM – BUILDING INFORMATION MODELING

3.1 CONCEITO DE BIM

De acordo com Kale e Arditi⁷ (2005, apud SCHEER et al., 2007), a tecnologia CAD é considerada a inovação mais importante de TI das últimas quatro décadas. Conforme os mesmos autores, podem ser observadas três gerações distintas durante a evolução dessas tecnologias para a arquitetura. A primeira é o desenho auxiliado por computador (bidimensional), seguida da modelagem geométrica (tridimensional) e, por fim, a modelagem do produto, iniciada por volta do final da década de 1980. A principal característica da modelagem do produto é a integração de informações geométricas (formas, dimensões em 3D) e não geométricas (custo, resistência, peso) através de relacionamentos associativos e paramétricos.

Recentes publicações sugerem que os CADs de modelagem evoluíram a partir dos CADs de desenho, no entanto dados históricos atestam que não existiu relação de evolução entre os dois tipos de *softwares*. O lançamento da primeira versão do *Autocad* (*software CAD* de desenho) data de 1983, mesma época do surgimento dos CADs comerciais para modelagem de edifícios (AYRES, 2009).

Na época de disponibilização dos dois tipos de *softwares*, a tecnologia baseada na modelagem do produto não foi adotada como padrão na indústria da construção porque havia uma distância entre a capacidade de *hardware* e *software* disponível e a capacidade que era necessária para a modelagem (AYRES, 2009). Porém, desde o início da década de 1990, com os avanços tecnológicos e a redução nos custos dos sistemas, o desenvolvimento da modelagem de produtos vem se expandindo (TSE et al., 2005).

O conceito mais antigo de modelagem do produto aplicada à construção, denominado de *Building Description System (BDS)*, foi apresentado por Charles M. “Chuck” Eastman em 1975, no *AIA Journal* (EASTMAN et al., 2008).

⁷KALE, S; ARDITI, D. **Diffusion of Computer Aided Design Technology in Architectural Design Practice**. *Journal of Construction Engineering and Management* (ASCE), v. 131, p. 1135-1141, 2005.

Os *softwares* de modelagem do produto e o conceito *BIM* já existem há aproximadamente 30 anos. Apesar disto, o primeiro uso documentado do termo *BIM*, que pode ser traduzido como modelagem de informação da construção, ocorreu em dezembro de 1992, no *journal* denominado *Automation in Construction* (EASTMAN, et al., 2008).

O termo *BIM* foi criado pela empresa americana *Autodesk* em meados dos anos 1990 para o lançamento do *software Revit*. A nomenclatura *BIM* acabou sendo assimilada pelos demais fabricantes de *softwares* como estratégia de mercado para divulgar os seus próprios *CADs* de modelagem de edifícios (AYRES, 2009).

A mudança de paradigma que vem ocorrendo pela adoção do conceito *BIM* no setor da *AEC*, pode ser definida por Sacks et al. (2010) como:

...uma abordagem conceitual para projeto e construção de edifícios que engloba modelagem paramétrica tridimensional (3D) para projeto de edificações e detalhamentos e trocas inteligíveis de informações digitais entre projeto, construção e outras disciplinas.

Conforme os mesmos autores, os produtos e desenvolvimentos que suportam a modelagem paramétrica já estão suprindo as necessidades atuais, portanto, o aspecto mais relevante para o desenvolvimento da informação na construção é o progresso da interoperabilidade. O processo de interoperabilidade se baseia na utilização de dados do modelo para apoiar melhorias ao longo de todo o ciclo de vida do edifício.

A modelagem paramétrica pode ser compreendida como um processo de inserção dos diferentes objetos que representam elementos construtivos em um modelo do edifício. Nos objetos paramétricos, a representação geométrica é associada a regras e restrições (LEE et al., 2006). De maneira simplificada, o modelo de uma esquadria, além da volumetria, possui a restrição de poder ser aplicada somente em uma parede e onde não existam elementos estruturais, como pilares.

O conceito de interoperabilidade envolve a troca de informações entre os diferentes *softwares*, garantindo que o significado dessas informações não seja prejudicado (AYRES, 2009).

Para Lee et al. (2006), *BIM* é um "processo" para gerar e gerenciar informações relacionadas à construção de forma interoperável e reutilizável, ao longo de todo o ciclo de vida do edifício, utilizando a modelagem paramétrica como sistema central. O autor não deixa claro de que forma a informação pode ser reutilizada, porém pode-se entender que a reutilização da informação está diretamente ligada a interoperabilidade. Por exemplo, quando a informação é adicionada a um modelo por uma disciplina de projeto, através da interoperabilidade, outra disciplina ou *software* pode reutilizar esta informação sem perda nos significados.

De acordo com a *Autodesk* (2009), a modelagem de informações da construção é a criação e o uso de informações consistentes, coordenadas e calculáveis de uma edificação em projeto. Estas informações são utilizadas em decisões de *design*, produção de documentos de construção de alta qualidade, previsão de desempenho, estimativa de custos, planejamento de obras, e, finalmente, na administração e operação do edifício.

Assim como a *Autodesk*, muitos fabricantes de *softwares* divulgam *BIM* a partir de uma idéia geral de um modelo tridimensional paramétrico como o veículo central para a geração de desenhos bidimensionais (por exemplo, plantas, cortes, elevações), listas de materiais, outros relatórios como quantitativos de materiais e vários tipos de análises. Segundo Schodek⁸ et al. (2005, apud RIBEIRO; SILVA; LIMA, 2009), o modelo serve como base primária para interações e intercâmbio de informação entre todos os participantes do projeto e do processo de construção.

Uma forma mais simplificada do conceito *BIM* é apresentada por Jardim-Gonçalves e Grilo (2010). Para esses autores, *BIM* é, essencialmente, uma forma conceitual de gerenciar informações de projeto. Contudo, *BIM* compreende um amplo espectro de conceitos, atividades, técnicas, ferramentas e atores, reunidos em relacionamentos complexos e distribuídos por todas as atividades inerentes à indústria da construção (AYRES, 2009).

⁸ SCHODEK, D., BECHTHOLD, M., GRIGGS, K., KAO, K. M., STEINBERG, M. **Digital Design and Manufacturing – CAD/CAM Applications in Architecture and Design**. John Wiley & Sons, New Jersey, 2005.

3.2 CENÁRIO INTERNACIONAL DA *BIM*

Estudos de caso com aplicações da *BIM* estão sendo apresentados em conferências e *workshops* em todo o mundo. Olofsson, Lee e Eastman (2008) apresentam iniciativas da *IAI* - Aliança Internacional de Interoperabilidade com o fórum "*Building Smart*" que visa a explorar maneiras inteligentes de produzir edifícios e serviços de qualidade usando a *BIM* e do Instituto Americano de Arquitetos que vem premiando anualmente projetos desenvolvidos com o conceito. Além disso, Becerik-Gerber e Rice (2010) citam estudos de caso ocorridos entre 2003 e 2008 que fornecem evidências de que a utilização da *BIM* torna a construção civil mais eficiente e eficaz.

De acordo com Andrade e Ruschel (2009), instituições internacionais e governos têm investido nos últimos anos em pesquisas em *BIM*. Podem ser citados: *IAI* - *International Alliance of Interoperability*, *NIBS* - *National Institute of Building Sciences*, *AGC* - *Associated General Contractors of America*, *COBIE* - *Construction to Operations Building Information Exchange*, *GSA* - *General Service Administration*, *CIB* - *International Council for Research and Innovation in Building and Construction*, dentre outros. Em alguns países, órgãos governamentais, como o *GSA* nos Estados Unidos, a *Senate Properties* na Finlândia e a *INNOVA* na Europa têm incentivado o uso maciço da *BIM*.

No Brasil, as pesquisas sobre *BIM* são muito recentes. Somente a partir de 2007 é que a terminologia passou a aparecer em publicações nacionais. Os objetivos gerais destes trabalhos foram ligados, principalmente, a conceitos básicos, ao uso da *BIM* no processo de projeto, à sua relação com a colaboração e interoperabilidade e à customização de ferramentas. Dessa forma, ainda não existem publicações consistentes sobre estudos de casos relatando o emprego da *BIM* no país e as pesquisas publicadas são ainda escassas e iniciais (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

3.3 ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DA *BIM*

Tobin (2008) apresenta três gerações de adoção da *BIM*, nomeando-as de *BIM* 1.0, 2.0 e 3.0. Estas gerações se assemelham aos conceitos de “*little bim*” X “*BIG BIM*” apontados por Jernigan⁹ (2007, apud ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

BIM 1.0 é caracterizada pela substituição do desenvolvimento de projetos em *CADs* bidimensionais por modelos 3D parametrizados. Nesta fase, entretanto, o desenvolvimento do modelo é um processo individualizado, restrito aos projetistas, principalmente de arquitetura, sem o envolvimento e a colaboração de profissionais das demais áreas (COELHO; NOVAES, 2008).

A geração *BIM* 1.0 representa a prática atual de projeto na maioria dos escritórios que utilizam a *BIM*. Este estágio de consolidação caracteriza-se pela capacidade dos arquitetos em manipular as informações relativas ao projeto dentro dos *softwares BIM*, passando assim a serem coordenadores da informação. Esta característica da geração *BIM* 1.0 corresponde ao conceito de “*little bim*” proposto por Jernigan¹⁰ (2007, apud ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

A era *BIM* 2.0 é denominada por Tobin (2008) como “*The Big Bang in Reverse*”, pois expande o modelo a outros profissionais. Essa característica faz com que os interesses dos profissionais das diferentes disciplinas que compõem os processos da construção civil sejam convergidos em um ponto comum. Essa convergência entre as diferentes disciplinas possibilita aos profissionais desfrutar o potencial da tecnologia. A interoperabilidade torna-se um requisito importante para a cooperação entre os projetistas, consultores, empreendedores e construtores. Embora seja nesta geração que se começa a usufruir maiores benefícios da *BIM*, a mesma ainda não está consolidada no cenário internacional e, menos ainda no nacional (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

A era *BIM* 3.0 compreende a pós-interoperabilidade (TOBIN, 2008). Essa era assemelha-se com o conceito de “*BIG BIM*” e representa a geração da prática integrada. O processo de projeto nesta era se caracterizará por trabalhos em equipes multidisciplinares que utilizarão modelos integrados e cujos fluxos de

⁹ JERNIGAN, F. **Big BIM little bim**: the practical approach to Building Information Modeling integrated practice done the right way! Salisbury, 2nd ed. 2008.

¹⁰ Ibid (anotação 9)

informação acontecerão de forma contínua, sem perdas ou sobreposições (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

O intercâmbio das informações entre os profissionais envolvidos no desenvolvimento de um projeto será realizado por intermédio de protocolos abertos, tais como o *IFC*, que permitirão aos profissionais o desenvolvimento colaborativo de um modelo de dados que será considerado um protótipo completo da construção do edifício (COELHO; NOVAES, 2008).

Com a era *BIM* 3.0, o processo de projeto tenderá a mudar significativamente. As transformações não ocorrerão apenas na forma com que os projetistas das diferentes disciplinas se relacionam com os demais profissionais da AEC (por exemplo, contratantes, investidores, fornecedores), mas, também, na maneira de tratar os dados, relacionar-se com os clientes e incorporar as informações de projeto como instrumento efetivo de geração da forma (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

3.4 CLASSIFICAÇÃO DA *BIM* POR NÍVEL DE ABSTRAÇÃO

BIM pode ser mais facilmente compreendida se for abordada em diferentes níveis de abstração, sendo os níveis mais altos relacionados ao contexto da tecnologia para a construção civil e os mais baixos, associados aos aspectos mais técnicos das ferramentas (AYRES, 2009).

Para Scheer e Ayres (2009), outra forma de interpretar essa classificação em níveis é entender a *BIM* como um conjunto de diferentes camadas de estruturação de informação, ou seja, diferentes níveis de modelagem divididos em quatro grupos distintos. São eles: supermodelagem, metamodelagem, modelagem e micromodelagem.

A Supermodelagem se ocupa em estudar a natureza dos processos envolvidos no ciclo de vida da edificação, bem como a característica da informação que é requerida em cada etapa do processo. A supermodelagem dá origem a modelos de alto nível de abstração que orientam o encaminhamento das atividades e a criação dos modelos dos níveis mais baixos (SCHEER; AYRES, 2009).

A Metamodelagem produz padrões ou modelos para a troca de informações garantindo que os significados das informações não sejam prejudicados. O termo que define esse requisito é “interoperabilidade”, que pode ser entendida como um mapeamento das estruturas internas de dados das aplicações

envolvidas em relação a um modelo neutro ou universal, ou seja, independente de fabricantes.

A implementação de um bom protocolo internacional de troca de dados é fundamental para a interoperabilidade e, atualmente, o principal protocolo é o *IFC – Industry Foundation Classes* (ANDRADE; RUSHEL, 2009b). O *IFC* é um padrão para arquivos descritivos do edifício baseado na norma *STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data)* e, como tal, baseia-se em texto. “O objetivo da norma *STEP* é definir um formato neutro e interpretável para os dados do produto, durante todo o seu ciclo de vida, independente de sistemas específicos” (AYRES, 2009, p.24). O *IFC* busca uma linguagem comum visando à integração das informações do projeto. Neste padrão, “cada coisa ou objeto é chamado de classe, que descreve uma variedade de coisas com características comuns” (TRISTÃO, 2005).

Para seu pleno funcionamento, o *IFC* necessita de uma terminologia de referência, com o relacionamento entre termos bem estabelecido. Como ainda não há um consenso sobre o conteúdo do “processo da construção”, entre outros motivos pela grande variedade de soluções construtivas adotadas, uma grande dificuldade está sendo encontrada para a plena aceitação destes padrões (AMORIM, et al., 2001).

Modelagem é “o processo de inserção dos diferentes objetos que representam elementos construtivos em um modelo do edifício” (SCHEER; AYRES, 2009, p.596). O fator que garante a transmissão eficiente de informações entre diferentes fases do processo de desenvolvimento do produto é a semântica.

A semântica é a propriedade que mantém o significado da informação durante as transmissões de dados entre diferentes disciplinas ao longo do PDP. Outra funcionalidade decorrente do relacionamento semântico entre os objetos é a possibilidade de se estabelecer regras ou condições a serem atendidas para que os objetos permaneçam coerentes (AYRES, 2009).

Micromodelagem refere-se ao processo de criação de objetos que passarão a constituir os modelos de edifícios. No subitem 3.7, serão expostos os conceitos sobre objetos dentro da modelagem de produtos na construção civil.

3.5 BENEFÍCIOS DA *BIM*

Para Birx (2005), existem muitos benefícios imediatos da utilização da *BIM*. São eles:

- Melhor coordenação: O *software BIM* pode destacar interferências, imediatamente, facilitando coordenação.
- Menor quantidade de homens/hora e menor custo de elaboração do projeto.
- Maior produtividade.
- Melhor qualidade de projeto e detalhamento: Mais tempo gasto em atividades projetuais e menos tempo gasto na elaboração de desenhos.
- Melhor controle das informações do projeto: O banco de dados do modelo quando utilizado em sua plenitude, passará a ser a fonte central para todas as informações do projeto.
- Abertura de novos mercados: O banco de dados do modelo possibilita a criação de novos serviços para os arquitetos, tais como, estimativa de custos, elaboração de cronogramas e produção de imagens.
- Possibilidade de utilização como instrumento educacional: A entrada adequada de dados exige que o usuário entenda os parâmetros das partes do edifício. Essa quantidade de informações demandadas auxilia no aprendizado de jovens arquitetos.

No Brasil, a pesquisa de Souza, Amorim e Lyrio (2009) aponta que as principais vantagens identificadas foram a diminuição de erros de desenho, a facilidade nas modificações de projeto, a visualização 3D facilitada, a melhora no entendimento do projeto pelos envolvidos e, ainda, a maior facilidade nas soluções de projeto. Além disso, os autores relatam que ocorreu um aumento da quantidade de informações disponíveis nos projetos realizados e a geração de novos produtos antes não oferecidos ao cliente, tais como levantamentos de quantitativos.

3.6 DESAFIOS DA *BIM*

Algumas vantagens já puderam ser mensuradas com a utilização do conceito *BIM* na *AEC*, porém, segundo Birx (2005), na transição para a utilização da modelagem foram encontradas algumas dificuldades significativas, como:

- Tempo inicial requerido para o domínio de uma nova tecnologia. Segundo o autor, existe uma curva de aprendizagem que representa a evolução neste processo de mudança.

- Quantidade de profissionais com experiência. A maioria dos engenheiros, empreiteiros e proprietários ainda não está usando *softwares BIM*. Souza, Amorim e Lyrio (2009) corroboram a afirmação de Birx, destacando que o uso destes está sendo iniciado pelos escritórios de arquitetura.

- *Softwares* ainda incompletos. Souza, Amorim e Lyrio (2009) também afirmam que os *softwares* precisam evoluir no que diz respeito à interoperabilidade.

- Difícil contratação de profissionais treinados em *softwares BIM*. Souza, Amorim e Lyrio (2009) complementam que essa dificuldade faz com que as empresas tenham que proporcionar treinamento a seus funcionários demandando tempo e alto investimento financeiro.

- Instrutores de *softwares* novatos. Devido a essa característica, os usuários podem rapidamente exceder as competências dos seus formadores profissionais, não tendo apoio para dificuldades que exigem maior domínio ou experiência com os *softwares*.

- Longo período de transição dentro da indústria da construção. Tempo demandado até que sejam vistas as completas vantagens da *BIM* na construção civil.

Além destas dificuldades apontadas por Birx (2005), a bibliografia aponta outros diferentes desafios para implementar *BIM*, tais como:

- Mudanças culturais - Em quase todos os aspectos da prática irão ocorrer mudanças, desde a concepção, estrutura organizacional das empresas, (BIRX, 2006) e integração das equipes de projeto (SOUZA; AMORIM; LYRIO, 2009).

- Disponibilidade de catálogos de objetos - Os principais atores da indústria deveriam criar catálogos de produtos, a partir dos quais o conhecimento do fabricante seja transferido para um objeto paramétrico (IBRAHIM; KRAWCZYK; SCHIPPOREIT, 2004). Há uma escassez de produtos ofertados em bibliotecas *BIM*, o que obriga os projetistas a consumir muito tempo modelando componentes (SOUZA; AMORIM; LYRIO, 2009).

- Aspectos legais - É preciso que se busquem soluções legais com o intuito de saber a quem pertencerão as informações contidas no modelo e de quem é a responsabilidade na exatidão do conteúdo de informações. Além disso, devem

ser elaborados contratos que garantam os direitos autorais dos projetistas, mas que permitam a inserção de novas informações e o acesso ao modelo por todos outros participantes do processo (KYMMEL¹¹, 2008, apud SOUZA; AMORIM; LYRIO, 2009).

No Brasil, foram identificados alguns desafios, muitas vezes condizentes com as particularidades sociais locais, tais como, o custo elevado dos *softwares*. Este aspecto pode ser um obstáculo, uma vez que as despesas e riscos na implantação da tecnologia estão sendo arcadas pelos escritórios de projeto que costumam apresentar escassez de recursos financeiros decorrente da desvalorização destes serviços (FARIA, 2007). Além disso, a maioria dos escritórios não apontou redução de prazo na elaboração dos projetos a partir da utilização de ferramentas *BIM* (SOUZA; AMORIM; LYRIO, 2009).

Por fim, um grande fator de relutância para a utilização da abordagem *BIM* na construção civil é a cultura arraigada de utilização do *software Autocad*. Apesar de serem tecnologias diferentes, os *softwares* de desenho auxiliado por computador continuam como fortes concorrentes aos *softwares* de modelagem do produto. Este fato deve-se à tendência em não mudar rotinas de trabalho, visto que para a utilização de um *software* com uma abordagem completamente nova, os usuários deverão despende um tempo para estudar, entender a lógica, configurar e personalizar este *software* (JUSTI, 2008).

3.7 OBJETOS NA ABORDAGEM *BIM*

Conforme Hannus¹² (1991, apud AYRES, 2009, p.43) “Objetos são unidades de informação criadas para representar os diferentes elementos que constituem um projeto de edificação, incluindo as suas características e relacionamentos com outros objetos”. Os objetos devem conter as informações necessárias para permitir representações e análises.

Ferreira (2005) aponta que os objetos devem conter as informações necessárias para a definição da edificação em um momento do seu ciclo de vida.

¹¹ KYMMEL, W. **Building Information Modeling**. Planning and managing construction project with 4D and simulations. McGraw-Hill 2008.

¹² HANNUS, M. **Implementation of object oriented product model applications**. In: CIB W78 Workshop: The Computer Integrated Future, 1991, Eindhoven. Disponível em <http://itc.scix.net/cgi-bin/works/Show?w78-1991-10>. Acessado em: 12.2008.

Para tanto, torna-se necessário delimitar um conjunto mínimo de dados imprescindíveis relacionados ao objeto e ao contexto. Porém, apesar de um objeto ser constituído de muitas características, só algumas delas são relevantes em um determinado campo de ação.

Para Ferreira e Kawano (2006), um modo de garantir que as informações sejam relevantes é vinculá-las ao máximo à natureza do objeto e à sua finalidade e permitir que as especificações sejam feitas conforme as necessidades do momento. Não é necessário ter todas as informações sobre o objeto desde o início, ainda que isso seja possível. Essas informações devem estar contidas nos objetos de modo a prever modificações na medida em que se necessite o emprego ou até mesmo o descarte de alguns dados. Essa característica de conter níveis de especialização permite agilidade e flexibilidade à tarefa de um projeto (FERREIRA, 2005). A figura 3 apresenta alguns níveis de especialização das informações de um objeto.

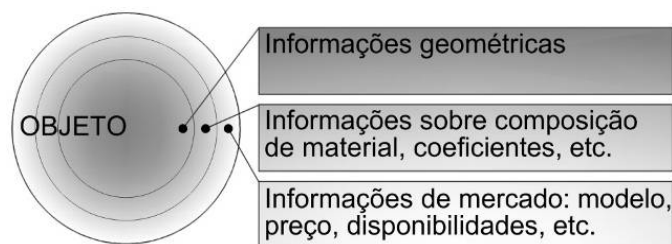


Figura 3 - Níveis de especialização das informações sobre um objeto
Fonte: Ferreira (2005)

As informações devem estar de acordo com as diferentes fases do ciclo de vida da edificação. Assim, as mesmas devem apresentar-se mais dirigidas à configuração dos espaços no início do processo de projeto, e mais relacionadas a detalhes construtivos e análises no final (AYRES; SCHEER, 2007).

Algumas bibliotecas de objetos já estão disponíveis via *internet*, porém, a informação contida ainda é limitada, não padronizada e disponibilizada em formatos proprietários de cada *software* (AYRES, 2009). Além disso, Andrade e Ruschel (2009), comparando o conjunto das informações (ou propriedades) associadas aos componentes dos aplicativos *BIM*, *Revit* e *Archicad*, observaram que não existe um padrão para classificação dessas informações nos objetos. Assim, diferentes aplicativos apresentam grupos de propriedades e unidades de medidas

diferentes para mesmos objetos, resultando na dificuldade em gerenciar as propriedades dos objetos entre diferentes aplicativos.

Souza, Amorim e Lyrio (2009) afirmam que a situação ideal seria que os fornecedores disponibilizassem seus catálogos num formato neutro, independente de *software*, de forma que fosse possível baixar os objetos agregados com suas informações por meio da *internet* e incluí-los diretamente no projeto. Assim, os fabricantes seriam responsáveis pela consistência das informações disponibilizadas.

A partir da definição das informações relevantes ao longo do ciclo de vida e dentro dos níveis de especialização exigidos, os objetos devem conter parâmetros e comportamentos (AYRES, 2009).

O *design* paramétrico baseia-se na capacidade de alterar as propriedades de um objeto numericamente sem a necessidade de redesenhá-lo (IBRAHIM; KRAWCZYK, 2003). Através da modelagem paramétrica, os modelos são constituídos por objetos que armazenam as informações dos elementos construtivos em parâmetros (AYRES; SCHEER, 2007).

Segundo Ibrahim e Krawczyk (2003), existem dois tipos básicos de parâmetros:

1) Informação geométrica ou parâmetros geométricos, que devem ser suficientemente flexíveis para acomodar qualquer tipo de forma e de modificação enquanto mantém a integridade do objeto como unidade e conserva suas relações com outros objetos.

2) Informações não-geométricas ou parâmetros funcionais, que descrevem materiais, códigos, preço, fabricante, fornecedor, procedimentos de montagem e quaisquer outros dados associados com a forma como o objeto é realmente utilizado e devem realimentar a geometria da forma, definindo os limites das possibilidades do objeto.

Estes tipos de parâmetros apresentados por Ibrahim e Krawczyk (2003) estão em consenso com níveis de especialização das informações sobre um objeto apresentadas por Ferreira (2005). No entanto, parâmetros geométricos e funcionais podem armazenar todas as informações disponíveis sobre um elemento construtivo, mas não podem determinar a representação padronizada na construção civil

(AYRES, 2009). Assim, Eastman¹³ (1991, apud AYRES, 2009) apresenta que, para modelagem de edifício, os *softwares CAD* precisam de um conjunto adicional de parâmetros:

3) Formas ou parâmetros de representação. Estes compõem maneiras possíveis de representar graficamente projetos, visando à compreensão dos elementos construtivos conforme as convenções de desenho técnico da construção civil. Essas representações complementam os desenhos resultantes de cortes no modelo 3D, indicando cores, linhas, espessuras, hachuras, e simbologias padronizadas.

A riqueza de informações proporcionada pelo uso de objetos paramétricos possibilita a extração automática de diversos tipos de representações de determinado elemento construtivo. Como existem parâmetros que determinam a representação em cada situação (planta, corte, elevação e perspectiva, etc.), a visualização passa a ser função de uma escolha do usuário e não da geração manual de um desenho adicional. A representação é, portanto, automática (AYRES; SCHEER, 2007).

Outra característica dos objetos é o comportamento, que é a capacidade de um objeto responder a estímulos internos ou externos (LEE et al., 2006). Essa característica, também conhecida por “sensibilidade ao contexto” (ou *context aware*), é o que permite ao *CAD BIM* extrair diferentes informações dos objetos, combinando os seus parâmetros de acordo com situações específicas, por exemplo, o ajuste automático do nível de detalhe da representação de um objeto de acordo com a fase do desenvolvimento do edifício (AYRES, 2009).

Conforme Lee et al. (2006), os estímulos externos são gerados por uma situação comum a todos os objetos através de mudanças em variáveis globais, como por exemplo, a redefinição da escala de representação da planta ou a natureza da vista selecionada pelo usuário (planta, corte, elevação, perspectiva). Já, os estímulos internos são causados pela modificação de atributos do próprio objeto, por exemplo, a alteração da largura de uma porta que é atualizada automaticamente na planta.

¹³ EASTMAN, C. M.; KUTAY, A. **Transaction management in design databases**. In: MIT-JSME Workshop, 1989, Cambridge. Berlin: 1991 334-351. Disponível em <http://www.springerlink.com/content/750075841378r29v/fulltext.pdf>. Acessado em: 12.2008.

Apesar da grande quantidade de parâmetros que podem ser inseridos em um objeto a fim de simular adequadamente um elemento construtivo, o comportamento dos objetos é que viabiliza a extração de dados e facilita o processo de projeto. O comportamento permite codificar o conhecimento técnico a respeito dos elementos construtivos e a geração de diferentes representações é o aspecto mais evidente desse conhecimento (AYRES, 2009).

3.7.1 O conceito *LIM* e os “objetos-*BIM*”

Hjelseth (2009) enfoca a importância do intercâmbio de informações relevantes e confiáveis entre *softwares* baseados na abordagem *BIM*. O autor sugere que os objetos que contêm parâmetros e comportamentos sejam chamados “objetos-*BIM*” (*BIM-objects*) e apresenta o conceito do Modelo de Informação do Ciclo de Vida (*Life cycle Information Model - LIM*). Este modelo é representado através de um quadro de informações relevantes em cada fase específica do ciclo de vida do edifício e que deve ser utilizado para desenvolvimento de “objetos-*BIM*”.

As quatro fases do LIM, apresentadas no quadro 2, correspondem àquelas definidas na norma ISO (International Organization for Standardization) 22263:2008 - Organization of information about construction works - Framework for management of project information (Organização de informações na construção civil - Sistema para gestão de informações sobre o projeto).

FASE	ETAPA	DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS DE INFORMAÇÃO	EXEMPLO/ CASO (Parede)
Fase de Pré-projeto			
Início	0 – Levantamento de necessidades	Estabelecer as necessidades de um projeto para satisfazer às exigências dos clientes	- Informações gerais. - Geometria da parede. - Espessura sem acabamentos.
Sumário	1 – Definição das necessidades	Identificar possíveis soluções para as necessidades e um plano de viabilidade	- Tipo de porta: folha simples ou dupla.
	2 – Estudo de viabilidade	Examinar a viabilidade das opções apresentadas na fase 1 e decidir quais devem ser consideradas para a viabilidade efetiva	- Localização da parede em relação à edificação: Interna / externa. - Indicadores de desempenho (informação opcional): transmitância térmica, avaliação acústica e de resistência a chamas.
	3 – Viabilidade efetiva	Obter a aprovação financeira	
Fase de pré-construção			
Projeto	4 – Esboço da concepção	Identificar os principais elementos de projeto com base nas opções apresentadas	- Identificadas todas as camadas da parede. (Pode interagir com IFD)
	5 – Projeto integral	Projeto e informações relevantes, prontas para a aprovação do planejamento detalhado	- Indicadores de desempenho obrigatórios: transmitância térmica, avaliação acústica e de resistência a chamas.
	6 – Projeto coordenado (atividades do departamento de compras)	Corrigir os principais elementos do projeto para permitir que este prossiga para aprovação financeira	- Situação da parede (informação opcional): a demolir/ a construir / a substituir.
Fase de Construção			
Produção	7 – Informação de produção	Finalizar todas as principais informações e proceder a construção.	- Situação da parede (informação obrigatória): a demolir/ a construir / a substituir.
	8 – Construção	Produzir e entregar o produto conforme o planejado, satisfazendo todas as exigências do cliente.	- Referência aos desenhos de detalhamento e descrições de montagem.
Fase pós-construção			
Manutenção	9 – Operação e manutenção	Operar e manter o produto de modo eficaz e eficiente.	- Modelo "as-built". - Demanda e intervalo de manutenção: última e próxima manutenção.
Demolição	10 – Disposição	Desmanche, demolição e descarte dos componentes do projeto de acordo com as normas ambientais e de higiene e segurança.	-Necessidade de ações especiais: por exemplo, componentes tóxicos.

Quadro 2 - Conceito LIM - Modelo de Informação do Ciclo de Vida
Adaptado de: Hjelseth (2009)

Segundo Hjelseth, (2009), atualmente, não existe uma definição de informações comuns para objetos-*BIM*, sendo a representação geométrica do objeto e a visualização, os focos principais. O autor propõe no quadro 3 uma maneira mais

simples de apresentar que tipo de informação relativa a cada fase do *LIM* pode estar contida nos objetos-*BIM*.

Índice	Propósito	Descrição
A	Demanda <i>BIM</i>	Informação para a fase 0 da Tabela <i>LIM</i> . Todas as informações pré-definidas. Nenhum valor é pré-definido, mas podem ser inseridos ou "enriquecidos" em fases tardias. Os valores serão dependentes de cada projeto (quadro 2).
B	Modelo rascunho	Informações da fase 1 à fase 3 da Tabela <i>LIM</i> (quadro 2).
C	Modelo detalhado	Informações da fase 4 à fase 6 da Tabela <i>LIM</i> (quadro 2).
D	Modelo "as built" conforme construído	Informações da fase 7 à fase 8 da Tabela <i>LIM</i> (quadro 2).
E	Gerenciamento das atividades de infra-estrutura	Informações da fase 9 à fase 10 da Tabela <i>LIM</i> (quadro 2).

Quadro 3 - Sistema de ordenação de objetos-*BIM*
Adaptado de: Hjelseth (2009)

A respeito de uma padronização, Hjelseth (2009) afirma que os objetos deveriam ser normatizados e definidos por especialistas da construção civil, com menor intervenção dos fabricantes de *software*. Este modelo pode ser uma forma de vislumbrar as informações relevantes para os objetos ao longo do ciclo de vida da edificação, de modo a usufruir dos benefícios da gestão da informação.

A seguir serão apresentados conceitos sobre a estruturação da informação para objetos da construção civil com a descrição das principais normas internacionais de classificação da informação no setor.

3.8 ESTRUTURAÇÃO DA INFORMAÇÃO PARA OBJETOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Conforme Hippert e Naveiro (2010), estruturar o conhecimento é organizá-lo segundo um critério de classificação, o que subentende um conjunto de propósitos. Em síntese, classificar é ordenar entidades em grupos ou classes com base em suas similaridades. Nesse sentido, a construção civil apresenta dificuldades para estruturar o conhecimento, pois não existe um sistema de classificação consensual nem uma norma nacional para a classificação e organização da informação.

Várias organizações têm tentado criar sistemas para classificação da informação na Construção Civil. Dentre os sistemas podem ser apontados: as Normas Internacionais *ISO TR 14177/1994 - Classification of Information in the construction industry* que foi resumida na *ISO DIS 12006-2/1998 - Organization of*

information about construction works - Part 2: Framework for classification of information; o *UNICLASS - United Classification for the Construction*; o *Masterformat*; o *Unifomat*; o *OCCS - Overall Construction Classification System*; o *EPIC - European Product Information Co-Operation*; e o Projeto CIC-NET – Classificação de Produtos para a Construção em Portugal (TRISTÃO, 2005).

Conforme ABNT/CEE-134 (2009), alguns trabalhos relevantes que abordaram de forma específica a troca informatizada de dados são: (a) *ISO/TC 184* com a criação do padrão *STEP*; (b) *UN/EDIFACT*; (c) *ISO/TC59/SC13* com a criação da norma *ISO 12006-3* para de troca de informações orientadas a objetos no setor da construção; (d) *ISO/TC10/SC8* por meio da elaboração da *ISO 13567-1*, *ISO 13567-2* e *ISO TR 13567* sobre a organização e nomenclatura de camadas para *CAD*; e (e) *buildingSMART International / IAI (International Alliance for Interoperability)* com o desenvolvimento do padrão *IFC (ISO/PAS 16739) – Industry Foundation Classes* para armazenamento e troca de dados da construção em forma digital.

No Brasil, ainda não existe um sistema de codificação e classificação para os insumos e serviços da construção civil normalizado ou mesmo formalizado. Conforme MARCHIORI (2009), o projeto CDCON que iniciou o esforço de pesquisa acadêmica no sentido da classificação encontra-se paralisado e sua estrutura não conseguiu atingir o mercado da construção como um todo ou tornar-se uma norma para codificação e classificação.

A principal referência nacional, em vigor desde abril de 2010, é a norma da Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT/CEE-134 (2009) intitulada de “Construção de edificação – Organização de informação da construção – Parte 2: Estrutura para classificação de informação” equivalente à norma *ISO 12006-2*. Esta norma tem o intuito de definir “uma estrutura e um conjunto de títulos recomendados de tabelas apoiados em definições, mas não o conteúdo detalhado destas tabelas. [...] identifica classes para a organização da informação e indica como essas classes estão relacionadas” (ABNT/CEE-134, 2009, p.21). A norma não fornece um sistema para classificação operacional e completo.

A seguir são apresentadas as principais normas internacionais de classificação da informação na Construção Civil:

3.8.1 ISO TR 14177/1994

Segundo Tristão (2005), o objetivo principal do relatório técnico *ISO TR 14177/1994 - Classification of Information in the construction industry* (Classificação da Informação na Indústria da Construção Civil) é fornecer diretrizes para a melhoria do fluxo de informações, tendo por base um modelo de representação de todo o processo da construção, adotando linhas orientadoras para a organização da informação.

O documento apresenta uma análise das partes intervenientes do processo construtivo e do seu relacionamento, propondo uma definição de classes e tabelas. Também é apresentada uma análise sumária do processo de padronização internacional e estabelecida uma ligação entre o modelo apresentado e os modelos de representação da realidade orientada por objetos e, por fim, são definidas as características e a forma de uso da classificação e das tabelas propostas (MARCHIORI, 2009).

A *ISO TR 14177/94* apresenta definições e usos das diversas classes ou tabelas de classificação. São elas: (a) Instalações, (b) Espaços, (c) Elementos, (d) Atividades da construção, (e) Produtos para a construção, (f) Recursos complementares, (g) Direção e gestão, e (h) Atributos.

A tabela Atributos possibilita estruturar as propriedades e características dos objetos físicos de todos os tipos, sejam elas para os produtos, atividades, elementos de construção ou instalações. São aplicáveis a todas as fases do ciclo do processo construtivo e, no que tange aos resultados, assumem a forma de *performances* ou exigências (TRISTÃO, 2005). Em sistemas de informações, todos os dados sobre os objetos são armazenados como atributos (ISO TR 14177, 1994).

Os atributos são utilizados para fornecer informações sobre objetos e apresentam dados com valores. Os dados podem ser de valor absoluto (por exemplo: 10°C), de intervalo de valores (por exemplo: 10-15°C) e de valor não mensurável (por exemplo: quente) (TRISTÃO, 2005). A *ISO TR 14177/1994* propõe os grupos de atributos de interesse para a indústria de construção conforme o quadro 4.

a) Atributos de desempenho	Descrevem o comportamento dos objetos sob a influência de agentes. Podem ser classificados em subgrupos como: estabilidade, segurança contra incêndio, segurança no uso, acústica, durabilidade, entre outros.
b) Atributos de função	Estão associados ao uso ou atividade final do objeto. Podem ser classificados em subgrupos como: transporte, indústria, recreação, entre outros.
c) Atributos de forma	Descrevem a forma e o tamanho de um objeto. Podem ser classificados em subgrupos como: superfície, volume, área, entre outros.
d) Atributos de localização	Descrevem onde o objeto está situado. Incluem informação geográfica e topográfica.
e) Atributos de materiais	Descrevem tanto o material constituinte dos objetos como a respectiva estrutura molecular. A <i>CIB Master List</i> ¹⁴ inclui atributos como peso, densidade e características sensoriais.
(f) Atributos de preço	Devem indicar os custos de produção, armazenagem, montagem, transporte, taxas.
g) Atributos de produção	Devem indicar os tempos de produção, armazenagem, transporte, ou montagem dos objetos.

Quadro 4 - Grupos de atributos conforme a ISO TR 14177/1994

3.8.2 ISO DIS 12006-2/1998

Os trabalhos para a preparação da norma *ISO DIS 12006-2/1998 - Organization of information about construction works - Part 2: Framework for classification of information* (Organização de informação da construção – Parte 2: Estrutura para classificação de informação) têm por base o relatório ISO TR 14177. Acrescenta-se que, na proposta da *ISO DIS 12006-2/1998*, existe uma influência nítida das linguagens de modelagem da informação. A nova metodologia apresentada está, especialmente, adaptada aos meios informáticos atuais e às linguagens orientadas por objetos (TRISTÃO, 2005).

A norma identifica três classes gerais ou partes essenciais do modelo de classificação, que são: os Recursos, os Processos e os Resultados. A estrutura proposta é baseada no modelo de processo simples: recursos de construção são necessários ao processo de produção, tendo como saídas os resultados da construção.

O modelo é aplicável às diversas fases do ciclo de vida das construções, que são: planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes fora do canteiro, execução e uso, englobando a operação e manutenção das obras civis e

¹⁴ A *CIB Master list: Headings for the arrangement and presentation of information in technical documents for design and construction* é a mais conhecida, ampla, e aplicada lista de propriedades. No entanto, não deve ser considerada como uma classificação, mas como uma recomendação para a disposição de informações na documentação técnica de objetos de construção (EKHOLM, 2002).

demolição. Em cada fase intervêm diferentes recursos e processos, produzindo diferentes resultados (TRISTÃO, 2005).

Durante a etapa de projeto, o processo é o projeto de uma unidade de construção, os recursos incluem suportes ao projeto (tais como os projetistas e as ferramentas de desenho) e o resultado geral é a unidade de construção projetada (ABNT/CEE-134, 2009).

Conforme Hippert e Naveiro (2010), experiências de classificação na construção civil têm mostrado que a classificação por facetas – ou facetada - é a mais indicada quando se trata do tipo de informação com a qual se trabalha nesta área do conhecimento. “Facetas são uma lista de termos que mantêm entre si as mesmas amplas relações com a classe que lhes deu origem”, ou então, “um conjunto de termos produzidos pela aplicação de um amplo princípio de divisão. Faceta não é uma única subclasse, mas um conjunto delas” (BARBOSA, 1972). A utilização de facetas está mais próxima dos modelos de classificação da informação da construção presentes na norma *ISO DIS 12006-2* (HIPPERT; NAVEIRO, 2010).

A Classificação facetada foi desenvolvida por Ranganathan em 1930 e vem sendo discutida como uma solução para a organização do conhecimento, principalmente por suas potencialidades em acompanhar as mudanças e a evolução do conhecimento (TRISTÃO, 2005).

Segundo Barbosa (1972), a análise em facetas coordena conceitos, significando que um assunto, por mais complexo que seja, pode ser representado pela síntese de mais de uma faceta, cada uma indicando conceitos diferentes. Nesse sentido, a quantidade de facetas varia de assunto para assunto, e dependerá das necessidades do grupo para o qual o sistema estiver sendo elaborado.

Amorim e Peixoto (2003) afirmam que a opção por um conjunto facetado mais flexível de classificação só se tornou viável por meio do advento dos sistemas informatizados. Uma classificação facetada permite combinar livremente um conjunto de propriedades que caracterize um termo e é capaz de aceitar novos termos para serem classificados. O grande diferencial da classificação facetada é a qualidade na capacidade de criação de novas estratégias de busca e suas aplicações em sistemas inteligentes (AMORIM; PEIXOTO, 2003).

A seguir são apresentados alguns estudos que abordam o tema da Classificação da Informação na Indústria da Construção Civil.

Tristão (2005) apresenta em sua tese intitulada “Classificação da Informação na Indústria da Construção Civil: uma aplicação em placas cerâmicas para revestimento” uma estrutura de classificação em categorias, classes e subclasses. São enfatizadas duas categorias de informação, as placas cerâmicas e os locais de aplicação definidos como uso. Além disso, a autora apresenta um exemplo de codificação por meio de símbolos de notação, um índice e um glossário para facilitar a codificação e recuperação da informação.

São previstas as categorias ou facetas principais relativas às placas cerâmicas para revestimento: (a) placa cerâmica e suas tipologias; (b) propriedades e atributos qualitativos das placas cerâmicas; (c) elemento ou parte da edificação em que a placa é incorporada; (d) espaços ou ambientes; e (e) edificações e seus diversos tipos.

Amorim e Peixoto (2003) apresentam no artigo intitulado “classificação de produtos e serviços com uso de facetas” uma estrutura de classificação que articula facetas contidas na *ISO TR 14177*, concentrando-se nas facetas “processo” (processos da construção); “matéria” (materiais de construção); “componente” (produtos para construção); e “espaço” (espaços na construção). Os autores mencionam que a faceta “uso” (tipologia da construção) não é importante para os propósitos da Codificação e Classificação de Produtos e Serviços, pois poucos produtos para a construção são exclusivos de um tipo edifício e quando eles ocorrem, podem ser diferenciados em função de outros aspectos ou atributos. O quadro 5 agrupa as facetas voltadas aos objetos.

OBJETOS DA PRODUÇÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (Terminologia Específica)
A Produtos da Construção
A1 Edificações (tipologia por função)
A2 Espaços da Edificação (tipologia por função)
A3 Elementos da Edificação (tipologia por função)
B Processos Construtivos
B1 Processos de Concepção
B2 Processos Gerenciais
B3 Processos de Execução (inclusive Lote de Serviços)
C Agentes e Meios
C1 Intervinentes: Pessoas físicas (arquiteto, pedreiro) e Pessoas Jurídicas (agente financeiro, incorporador, construtora)
C2 Equipamentos e Ferramentas (Ferramentas Manuais, Equipamentos e <i>Softwares</i>)
D Documentos
D1 Documentos Legais ou regulatórios,
D2 Documentos de concepção
D3 Documentos Gerenciais
D4 Documentos Contratuais
ATRIBUTOS (Terminologia Correlata)
E Propriedades (ou Atributos Mensuráveis)
E1 Grandezas físico-químicas (largura, altura, espessura, diâmetro, profundidade, peso etc)
E2 Grandezas gerenciais (custo, produtividade, valor presente etc)
E3 Grandezas comerciais (preço, prazo, peso bruto, quantidade por embalagem etc)
E4 Dimensões construtivas (afastamento, pé direito, entrepiso, vão livre...)
E5 Desempenho
F Atributos Qualitativos
FA Material Básico (metal, madeira, vidro, gesso...)
FB Forma (quadrado, plano, longilíneo, amorfo, autonivelante...)
FC Cor
FD Características Superficiais Aparentes (rugoso, liso, em alto relevo, cromado, pintado, espelhado, texturizado...)
FE Produção
FF Operação (quanto ao modo de abertura, quanto ao fluxo, quanto ao ciclo etc)
FG Comerciais (tipo de embalagem, tipo de mídia...)
FH Qualificação (certificado, sênior, junior, oficial, ½ oficial...)
FI Posição (nivelado, apurado, isolado, suspenso...)
FJ Quantidade (total, parcial, mínimo, máximo...)
G Unidades
G1 Geométricas e mecânicas
G2 Elétricas e Magnéticas
G3 Térmicas
G4 Monetárias

Quadro 5 - Facetas
 Fonte: Amorim e Peixoto (2003)

Eklhom (2002) apresenta o artigo intitulado “*Principles for classification of properties of construction objects*” que pode ser traduzido como “Princípios para a classificação de propriedades de objetos da construção”. Neste estudo, são apresentadas e descritas as propriedades dos objetos. Além disso, o autor apresenta resumidamente alguns sistemas de classificação das propriedades para

os objetos construídos existentes. São eles: a *CIB Master List*, a *ISO TR 14177*, o *EPIC II* e o *IFC PropertySets*.

O autor apresenta uma proposta de classificação das propriedades genéricas de sistemas e uma aplicação para objetos de construção, pois as classificações existentes não incluem categorias de propriedades fenomenais e simbólicas. Esta proposta tem por objetivo esclarecer os critérios de classificação e não tem a pretensão de desenvolver as tabelas de atributos ou listas de diferentes objetos de construção. O quadro 6 apresenta o exemplo de classificação de propriedades de entidades da construção.

CLASSES PRINCIPAIS	SUBCLASSES	ATRIBUTOS
1 Funcional	Resistência mecânica e estabilidade:	Deformação
	Segurança em caso de incêndio:	Resistência ao fogo
	Proteção em relação à higiene, saúde e meio ambiente:	Susceptibilidade para o crescimento de fungos
	Segurança na utilização:	Proteção contra acidentes, por exemplo, exposição de corrente elétrica
	Proteção contra ruídos:	Isolamento acústico
	Economia de energia e retenção de calor:	Transmitância térmica
	Aptidão para utilização:	Eficiência do <i>layout</i> dos espaços
	Acessibilidade para deficientes físicos:	Acesso para cadeiras de rodas
	Conservação de recursos hídricos, responsabilidade ambiental no tratamento de resíduos:	Eficácia da limpeza de esgotos
2 Comparativa	Geometria, forma:	Comprimento, volume, cilíndricos, esféricos
	Posição:	Direita, esquerda, acima, abaixo
	Propriedades temporais:	Data de conclusão, o período de construção
3 Composicional	Propriedades intrínsecas:	Composição, material, massa, peso, densidade, elasticidade
	Propriedades intrínsecas ao processo:	Movimento, radiação, emissão, bio-degradação
	Propriedades de produção:	Pré-fabricados, produzido <i>in loco</i>
	Propriedades de manutenção:	Limpeza, acessibilidade, manutenção
4 Fenomenal	Percepções objetivas:	Volume, cor, brilho
	Percepções subjetivas:	Beleza, conforto, segurança
5 Simbólica	Lingüística:	Textos
	Não-lingüística:	Sinais
6 Administrativa	Identificação:	Nome, identificação
	Classificação:	Estilo arquitetônico
	Descrição:	Trabalho de especificação, garantia, certificado
	Econômico:	Preço, impostos

Quadro 6 - Classificação de propriedades de entidades da construção
Fonte: Ekhloim (2002)

3.8.3 Considerações finais

No atual cenário nacional, pode-se considerar que não existe um sistema de classificação consensual e a principal referência para a classificação da informação na construção civil é a norma NBR /ISO 12006-2.

Dentre os trabalhos embasados na temática da classificação da informação no setor, Tristão (2005) apresenta somente uma estrutura de classificação da informação para placas cerâmicas para revestimento, na qual são enfatizadas duas categorias de informação, as placas cerâmicas de acordo com os critérios de classificação da NBR 13818 e os locais de aplicação definidos como uso. Já, Ekhlom (2002) apresenta princípios para a classificação de propriedades de objetos da construção e afirma que seu estudo visa a esclarecer os critérios de classificação e não desenvolver as tabelas de atributos ou listas de diferentes objetos de construção.

Diante desse contexto, o estudo de Amorim e Peixoto (2003) que aborda o tema da organização da informação na indústria da construção civil e apresenta uma estrutura de classificação facetada voltada aos objetos, compreende as facetas necessárias para a categorização dos objetos e pode ser usado como base para a classificação completa dos objetos e componentes do setor.

4 PLACA CERÂMICA PARA REVESTIMENTO

4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO

A cerâmica é considerada o material artificial mais antigo produzido pelo homem. O termo deriva do grego "*kéramos*", que significa terra ou argila queimada (ANFACER, 2010). As placas cerâmicas são um dos materiais tradicionais mais importantes e amplamente usados para revestir pisos e paredes (TRISTÃO, 2005).

A Indústria Cerâmica na atualidade pode ser subdividida em setores que possuem características bastante individualizadas e com níveis de avanço tecnológico distintos (ANFACER, 2010):

Cerâmica Vermelha;

Cerâmica Branca;

Materiais Refratários;

Isolantes Térmicos;

Fritas e Corantes;

Abrasivos;

Vidro, Cimento e Cal;

Cerâmica de Alta Tecnologia/Cerâmica Avançada;

Revestimentos Cerâmicos.

A cerâmica para revestimento constitui um segmento da indústria de transformação, de capital intensivo, inserido no ramo de minerais não-metálicos, e tem como atividade a produção de placas para revestimentos de pisos e paredes (TRISTÃO, 2005).

Segundo a Associação Nacional de Fabricantes de Cerâmica para Revestimento - ANFACER (2010), as principais vantagens do uso da cerâmica estão ligadas à alta resistência, durabilidade, beleza e diversidade de tipos e preços, disponibilidade e ampla rede de fabricantes brasileiros do produto. Além disso, podem ser citados outros aspectos positivos, tais como o fato de ser um produto antialérgico, de fácil limpeza, fácil colocação e que não propaga chamas.

Em 2009, conforme dados da mesma associação, o Brasil situava-se como o segundo principal produtor e consumidor de cerâmica para revestimento, atrás somente da China, produzindo aproximadamente 714,9 milhões de metros quadrados de revestimento e projetando para 2010, a produção de 775,7 milhões.

Na cultura técnica da construção civil, o termo revestimento cerâmico é aplicado indistintamente como sinônimo de placa cerâmica. No entanto, revestimento cerâmico possui um conceito mais amplo, podendo ser analisado como um sistema.

4.2 O REVESTIMENTO CERÂMICO COMO UM SISTEMA

Cecrisa¹⁵ (2003 apud TRISTÃO, 2005) descreve que “o revestimento cerâmico é composto por um conjunto de elementos distintos que funcionam como uma estrutura organizada”. O sistema é constituído por:

- (a) substrato (base);
- (b) argamassa de regularização (emboço) e argamassa de assentamento;
- (c) placa cerâmica;
- (d) diferentes tipos de juntas;
- (e) argamassa de rejuntamento.

A NBR 13816 (1997) descreve o revestimento cerâmico como um conjunto formado pelas placas cerâmicas, pela argamassa de assentamento e pelo rejunte.

As placas cerâmicas são constituídas, em geral, por três camadas: a) o suporte ou biscoito, b) o engobe, que tem função impermeabilizante e, ao mesmo tempo deve garantir aderência da terceira camada, e c) o esmalte, camada vítrea que também impermeabiliza, além de decorar uma das faces da placa (ANFACER, 2010).

A seguir serão apresentadas as especificações relativas à placa cerâmica e ao sistema revestimento cerâmico com base nas normas: (a) NBR 13816 que define os termos relativos às placas cerâmicas para revestimento, esmaltadas e não esmaltadas; (b) NBR 13817 que classifica as placas cerâmicas para revestimento, visando a promover a especificação correta para o uso; (c) NBR 13818 que fixa as características exigíveis para fabricação, marcação, declarações em catálogos, recebimento, inspeção, amostragens, ensaios opcionais complementares, métodos de ensaios e aceitação de placas cerâmicas para revestimento; e (d) NBR

¹⁵ CECRISA S. A. **Sistema de revestimento cerâmico**. 2003. Disponível em: <http://www.cecrisa.com.br/principa/dados/sistema_revestimento.PDF>. Acesso em: 08 mar. 2003.

15575 que estabelece requisitos e critérios de desempenho que se aplicam ao edifício habitacional até cinco pavimentos e que podem ser avaliados de forma isolada para um ou mais sistemas específicos.

4.3 INFORMAÇÕES NORMATIVAS PARA A PLACA CERÂMICA

4.3.1 NBR 13816 – Placas cerâmicas para revestimento – Terminologia

As informações relevantes para o presente trabalho e apresentadas por esta norma, compõem-se nas seguintes definições:

Dimensão Nominal (N): dimensão utilizada para descrever o formato de um produto. O formato é representado pela dimensão nominal da placa cerâmica em centímetros (por exemplo: 10x10; 20x20; 30x30).

Dimensão de Fabricação (W): Dimensão especificada para a fabricação. De acordo com a NBR 13818, para formatos modulares, W está determinada pelo módulo M (igual ao nominal N) menos a junta de projeto (J).

Módulo (M): Dimensão de fabricação (W) acrescida da largura da junta (J).

4.3.2 NBR 13817 – Placas cerâmicas para revestimento – Classificação

As placas cerâmicas para revestimento podem ser classificadas segundo os seguintes critérios apresentados no quadro 7.

A	Esmaltadas e não esmaltadas	Esmaltadas (<i>glazed</i>) ou GL
		Não esmaltadas (<i>unglazed</i>) ou UGL
B	Métodos de fabricação	Placas cerâmicas extrudadas (A): tipo precisão e tipo artesanal.
		Placas cerâmicas prensadas (B)
		Placas cerâmicas produzidas por outros processos (C)
C	Grupos de absorção de água (Abs) (%)	Ia (0<Abs≤0,5)
		Ib (0,5<Abs≤3,0)
		IIa (3,0<Abs≤6,0)
		IIb (6,0<Abs≤10,0)
		III (Abs acima de 10,0)
D	Classes de resistência à abrasão superficial	PEI 0 a PEI 5
E	Classes de resistência ao manchamento	a) Classe 5: máxima facilidade de remoção de mancha.
		b) Classe 4: mancha removível com produto de limpeza fraco.
		c) Classe 3: mancha removível com produto de limpeza forte.
		d) Classe 2: mancha removível com ácido clorídrico, hidróxido de potássio e tricloroetileno.
		e) Classe 1: impossibilidade de remoção da mancha.
F	Classes de resistência ao ataque de agentes químicos, segundo diferentes níveis de concentração	(A) alta, (B) média ou (C) baixa conforme concentração de ácidos e álcalis (H) alta ou (L) baixa.
G	Aspecto superficial ou análise visual	Produto de primeira qualidade quando 95% das peças examinadas, ou mais, não apresentarem defeitos visíveis na distância padrão de observação (conforme NBR 13818)

Quadro 7 - Critérios de classificação para as placas cerâmicas com base na NBR 13817

4.3.3 NBR 13818 – Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaio

As placas cerâmicas para revestimento ou as correspondentes embalagens devem ter as seguintes identificações (QUADRO 8):

a) marca do fabricante ou marca comercial, e o país de origem (nome, telefone e endereço);
b) identificação de primeira qualidade;
c) tipo de placa cerâmica (grupo de classificação) e citação de referência a Norma 13818 e à ISO 13006;
d) tamanho nominal (N), dimensão de fabricação (W) e formato modular (M) ou não modular;
e) natureza da superfície, com os seguintes códigos: GL – esmaltado (<i>glazed</i>), ou UGL – não esmaltado (<i>unglazed</i>);
f) informação sobre a classe de abrasão (PEI), para placas cerâmicas esmaltadas a serem utilizadas como pavimentos;
g) nome ou código de fabricação do produto;
h) referência de tonalidade do produto;
i) código de rastreamento do produto (por exemplo: data de fabricação, turno, lote de fabricação, responsável, etc.);
j) número de peças por caixa (massa líquida/bruta);
k) metros quadrados que cobrem, sem juntas (caixas com placas individuais) ou metros quadrados que cobrem, com juntas (caixas com conjuntos de placas com junta predefinida);
l) especificação (dimensão) de junta de assentamento pelo fabricante.

Quadro 8 - Informações para as embalagens de placas cerâmicas com base na NBR 13818

Nos catálogos, folhetos técnicos e informativos das empresas devem constar obrigatoriamente as seguintes informações (QUADRO 9):

a) grupo de classificação, conforme a NBR 13817;
b) classe de abrasão (PEI) de 0 a 5;
c) classe de resistência química, A, B ou C, conforme anexo H;
d) classe de resistência ao manchamento de 0 a 5, conforme anexo G; e
e) coeficiente de atrito para pisos.

Quadro 9 - Informações para catálogos, folhetos técnicos e informativos de placas cerâmicas para revestimento com base na NBR 13818

4.3.4 NBR 15575 – Edifícios habitacionais até cinco pavimentos – Desempenho

4.3.4.1 Parte 1: Requisitos gerais

Essa norma traduz as exigências dos usuários em requisitos e critérios de desempenho relacionados aos diversos sistemas que compõem os edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. O quadro 10 apresenta os requisitos e critérios gerais de desempenho.

Exigências dos usuários	Requisitos	Critérios
Desempenho estrutural	Estabilidade e resistência estrutural	Estado-limite último
	Deformações, fissurações, ocorrência de outras falhas	Estados-limites de serviço
Segurança contra incêndio	Dificultar o princípio do incêndio	Proteção contra descargas atmosféricas
		Proteção contra risco de ignição nas instalações elétricas
		Proteção contra risco de vazamentos nas instalações de gás
	Facilitar a fuga em situação de incêndio	Rotas de fuga
	Dificultar a inflamação generalizada	Propagação superficial de chamas
	Dificultar a propagação do incêndio	Isolamento de risco à distância
		Isolamento de risco por proteção
	Segurança estrutural	Assegurar estanqueidade e isolamento
Sistema de extinção e sinalização de incêndio	Minimizar o risco de colapso estrutural	
Segurança no uso e na operação	Segurança na utilização do imóvel	Equipamentos de extinção, sinalização e iluminação de emergência
	Segurança das instalações	Segurança na utilização dos sistemas
Estanqueidade	Segurança na utilização das instalações	Segurança na utilização dos sistemas
	Estanqueidade a fontes de umidade externas à edificações	Estanqueidade a água de chuva e à umidade do solo e do lençol freático
	Estanqueidade a fontes de umidade internas à edificações	Estanqueidade a água utilizada na operação e manutenção do imóvel

Exigências dos usuários	Requisitos	Crítérios
Desempenho térmico	Avaliação de desempenho térmico e propriedades térmicas dos materiais	
Desempenho acústico	Isolação acústica de vedações externas	Nível tolerado de ruído no interior da habitação
	Isolação acústica entre ambientes	Isolação ao som aéreo entre pisos e paredes internas
		Isolação ao som aéreo da envoltória da habitação
	Ruídos por impactos e ruídos de equipamentos	Ruídos gerados por impactos ou vibrações
Desempenho lumínico	Iluminação natural	Níveis mínimos de iluminação natural
	Iluminação artificial	Níveis mínimos de iluminação artificial
Durabilidade e manutenibilidade	Durabilidade do edifício e sistemas que o compõe	Vida útil
		Durabilidade
	Manutenibilidade do edifício e de seus sistemas	Facilidade ou meios de acesso
Saúde, higiene e qualidade do ar	Proliferação de microorganismos	Cita a resolução RE 176 – VISA (Vigilância Sanitária)
	Poluentes na atmosfera interna à habitação	Cita a resolução RE 176 – VISA (Vigilância Sanitária)
Funcionalidade e acessibilidade	Dimensões mínimas e organização funcional do espaço	Disponibilidade mínima dos espaços para uso e operação da habitação
	Adequação para portadores de deficiências físicas ou pessoas com mobilidade reduzida	Adaptação de áreas comuns e privativas
	Possibilidade de ampliação da unidade habitacional	Ampliação das unidades habitacionais evolutivas
Conforto tátil, visual e antropodinâmico	Conforto tátil e adaptação ergonômica	Adequação ergonômica de dispositivos de manobra
	Adequação antropodinâmica de dispositivos de manobra	Força necessária para o acionamento de dispositivos de manobra
Adequação ambiental	Projeto e implantação de empreendimentos; Seleção e consumo de materiais; Consumo de água e deposição de esgotos no uso e ocupação da habitação; Consumo de energia no uso e ocupação da habitação	

Quadro 10 - Requisitos e critérios gerais de desempenho com base na NBR 15575-1

4.3.4.2 Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos

O quadro 11 apresenta os requisitos e critérios de desempenho para os sistemas de pisos internos.

Exigências dos usuários	Requisitos	Crítérios
Desempenho estrutural	Estabilidade e resistência estrutural	NBR 15575-2
	Limitação das deformações verticais	NBR 15575-2
	Resistência a impactos de corpo-mole e de corpo-duro	NBR 15575-2
	Cargas verticais concentradas	(ensaio com protótipo)
Segurança contra incêndio	Propagação superficial de chamas	Índice de propagação superficial
	Resistência ao fogo	Resistência ao fogo
	Facilidade de fuga	Limitação da densidade óptica de fumaça
	Resistência ao fogo	Compartimentação

Exigências dos usuários	Requisitos	Critérios
Segurança	Resistência ao escorregamento	Resistência ao escorregamento
	Segurança na circulação	Desníveis abruptos
		Frestas
Estanqueidade	Segurança no contato direto	Rugosidade
	Estanqueidade de pisos internos em contato com a umidade do solo	Estanqueidade de pisos internos em contato com a umidade do solo
	Estanqueidade de pisos de áreas molháveis da habitação	Estanqueidade de pisos de áreas molháveis da habitação (ensaio com protótipo)
	Estanqueidade de pisos e lajes de áreas molhadas	Estanqueidade de pisos e lajes de áreas molhadas (ensaio com protótipo)
Desempenho térmico	Avaliação de desempenho térmico e propriedades térmicas dos materiais NBR 151575-2 4 e 5	
Desempenho acústico	Ruído de impacto em piso	Ruído de impacto aéreo para ensaio de campo
	Isolamento de ruído aéreo dos pisos entre unidades habitacionais	
Desempenho iluminético	NBR 15757-1, 4 e 5	
Durabilidade e manutenibilidade	Vida útil de projeto	Manutenibilidade ¹⁶
	Resistência à umidade em pisos de áreas molháveis	Ausência de danos em pisos de áreas molhadas e molháveis pela presença de água (ensaio com protótipo)
	Resistência ao ataque químico dos pisos de áreas molhadas e molháveis	Ausência de danos em pisos de áreas molhadas e molháveis pela presença de agentes químicos (ensaio com protótipo)
	Resistência ao desgaste em uso	Desgaste por abrasão, risco ou indentação (associada à dureza superficial)
Saúde, higiene e qualidade do ar	Referência à NBR 15575-1	
Funcionalidade e acessibilidade	Pisos para pessoas portadoras de deficiências físicas ou pessoas com mobilidade reduzida (pmr)	Piso para área privativa (adaptado para pmr)
		Piso para área comum (atendendo à NBR 9050)
Conforto tátil, visual e antropodinâmico	Homogeneidade quanto à planeza do piso	Fator de planeza (FP) e de nivelamento (FN) (ensaio com protótipo)
Adequação ambiental	Referência à NBR 15575-1	

Quadro 11 - Requisitos e critérios de desempenho para os sistemas de pisos internos com base na NBR 15575-3

¹⁶ a) recomendações gerais para prevenção de falhas e acidentes decorrentes de utilização inadequada (limpeza com produtos ácidos ou abrasivos, arraste de objetos pesados sobre os pisos, contato de materiais gordurosos com o piso e outros);
b) periodicidade, forma de realização e forma de registro de inspeções;
c) periodicidade, forma de realização e forma de registro de manutenções;
d) técnicas, processos, equipamentos, especificação e previsão quantitativa de todos os materiais necessários para as diferentes modalidades de manutenção.

4.3.4.3 Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas

O quadro 12 apresenta os requisitos e critérios de desempenho para os sistemas de vedações verticais externas e internas.

Exigências dos usuários	Requisitos	Critérios
Segurança estrutural	Estabilidade e resistência estrutural dos sistemas de vedação interno e externo	Estado-limite último
	Deslocamento, fissuração e resistência estrutural nos sistemas de vedações verticais internas e externas	Limitação de deslocamentos, fissuração e descolamentos
	Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedações externas e internas	Capacidade de suporte para as peças suspensas
	Impacto de corpo-mole nos sistemas de vedações verticais internas e externas, com ou sem função estrutural	Resistência a impacto de corpo-mole
	Impacto de corpo-mole nos sistemas de vedações verticais internas e externas – para casas térreas – com ou sem função estrutural	Resistência a impacto de corpo-mole
	Ações transmitidas por impactos na portas	Ações transmitidas por portas internas ou externas
	Impacto de corpo-duro incidente nos SVVIE, com ou sem função estrutural	Resistência a impactos de corpo-duro
	Cargas de ocupação incidentes em guarda-corpos e parapeitos de janelas	Ações estáticas horizontais, estáticas verticais e de impactos de corpo-mole incidentes em guarda-corpos e parapeitos
Segurança contra incêndio	NBR 15575-1	
Uso e operação	NBR 15575-1	
Estanqueidade	Infiltração de água dos sistemas de vedações verticais externas (fachadas)	Estanqueidade à água de chuva, considerando-se a ação dos ventos, em sistemas de vedações verticais externas (fachadas) (ensaio em protótipo)
	Umidade nas vedações verticais externas e internas decorrente da ocupação do imóvel	Estanqueidade de vedações verticais externas e internas com incidência direta de água – Áreas molhadas (ensaio em protótipo)
		Estanqueidade de vedações verticais externas e internas áreas molháveis
Desempenho térmico	Adequação de paredes externas	Transmitância térmica de paredes externas
		Capacidade térmica de paredes externas
	Aberturas para ventilação	Áreas mínimas de aberturas para ventilação
	Sombreamento das aberturas localizadas dos dormitórios em paredes externas	Sombreamento das aberturas

Exigências dos usuários	Requisitos	Critérios
Desempenho acústico	Níveis de ruído admitidos na habitação	Diferença padronizada de nível ponderada, promovida pela vedação externa (fachada e cobertura, no caso de casa térreas e somente a fachada, nos edifícios multipiso) em ensaio de campo
		Índice de redução sonora ponderado dos elementos construtivos da fachada pelo ensaio de laboratório
		Diferença padronizada de nível, ponderada entre ambientes em ensaio de campo (vedações verticais internas)
		Índice de redução sonora ponderado, R_w , entre ambientes pelo ensaio de laboratório
Desempenho iluminífico	NBR 15575-1	
Durabilidade e manutenibilidade	Vida útil de projeto dos sistemas de vedações verticais internas e externas	Vida útil de projeto
	Manutenibilidade dos sistemas de vedações verticais internas e externas	Manual de operação, uso e manutenção dos sistemas de vedação vertical
Saúde	NBR 15575-1	
Funcionalidade	Interação com portas dos sistemas de vedações verticais externas e internas	Ações transmitidas por portas externas ou internas
Conforto antropodinâmico	NBR 15575-1	
Adequação ambiental	NBR 15575-1	

Quadro 12 - Requisitos e critérios para os sistemas de vedações verticais externas e internas com base na NBR 15575-4

4.3.5 Considerações Finais

A compilação das informações referentes às normas sobre placas cerâmicas para revestimento e desempenho das edificações devem ser subsídios para a definição das informações relevantes a serem inseridas em objetos virtuais que representarão as placas cerâmicas de revestimento nas etapas de projeto.

5 MÉTODO DE PESQUISA

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo é apresentado o método utilizado para conduzir o trabalho e a estratégia geral da pesquisa, assim como o delineamento do seu processo. Ao final, são descritos os procedimentos de pesquisa dos estudos de caso, abrangendo as etapas de cada estudo, os dados utilizados para as análises e as fontes de evidência utilizadas na coleta de dados.

5.2 ESTRATÉGIA GERAL DA PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso com intervenção precedido de um estudo exploratório.

O estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente, quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. Em outras palavras, o estudo de caso deve ser utilizado quando: (a) se procura compreender, explorar ou descrever acontecimentos e contextos complexos; (b) o pesquisador tem pouco ou nenhum controle sobre os eventos; e (c) o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real (YIN, 2001).

Destaca-se que nos dois estudos, houve a participação ativa da pesquisadora na elaboração dos protótipos virtuais, bem como na condução das reuniões do processo de prototipagem. Este processo caracterizou-se como um estudo de caso com intervenção, no qual o papel da pesquisadora abrangeu a elaboração do protótipo, a participação nas tomadas de decisão e discussões e a coleta de dados. Com relação à análise e à coleta de dados, tomou-se o cuidado de utilizar múltiplas fontes de evidências em cada estudo.

Yin (2001) menciona que o estudo exploratório procura aumentar o entendimento do pesquisador acerca do fenômeno que deseja investigar e do contexto da pesquisa, assim como, aprimorar o aprendizado para a coleta de dados. Em função, do nível de entendimento do fenômeno, o estudo exploratório pode ser empregado para que o pesquisador estabeleça as proposições e variáveis a serem analisadas nos estudos empíricos posteriores.

Assim, o estudo de caso inicial teve um caráter exploratório, uma vez que buscou aumentar o entendimento da pesquisadora acerca do fenômeno que a mesma desejava investigar e do contexto da pesquisa, assim como, aprimorar o aprendizado para a coleta de dados.

5.3 DELINEAMENTO DO PROCESSO DE PESQUISA

A presente pesquisa tem por objetivo levantar quais as informações relevantes para a representação de placas cerâmicas de revestimento no processo de desenvolvimento do produto edificação, dentro da abordagem *BIM*. De modo mais específico, os estudos tiveram por objetivo: apontar quais são as informações relevantes para a modelagem do sistema de revestimento cerâmico durante as etapas de projeto no PDP, e se a produção demanda outros tipos informações, relativas ao projeto do sistema de revestimento cerâmico, não adicionadas ao modelo durante as etapas anteriores.

O trabalho envolveu dois estudos de caso consecutivos realizados em uma empresa construtora que atua no mercado de empreendimentos residenciais e industriais na cidade de Londrina. Os estudos de caso, EC1 e EC2, foram constituídos de três etapas básicas: a) Prototipagem Virtual, b) Prototipagem Física (execução) e c) Análise dos resultados. O primeiro estudo de caso resultou no protótipo físico de um banheiro no primeiro pavimento de um edifício, já o segundo estudo resultou no protótipo físico de um banheiro no *showroom* de lançamento de um empreendimento. A figura 4 representa esquematicamente o processo de pesquisa.

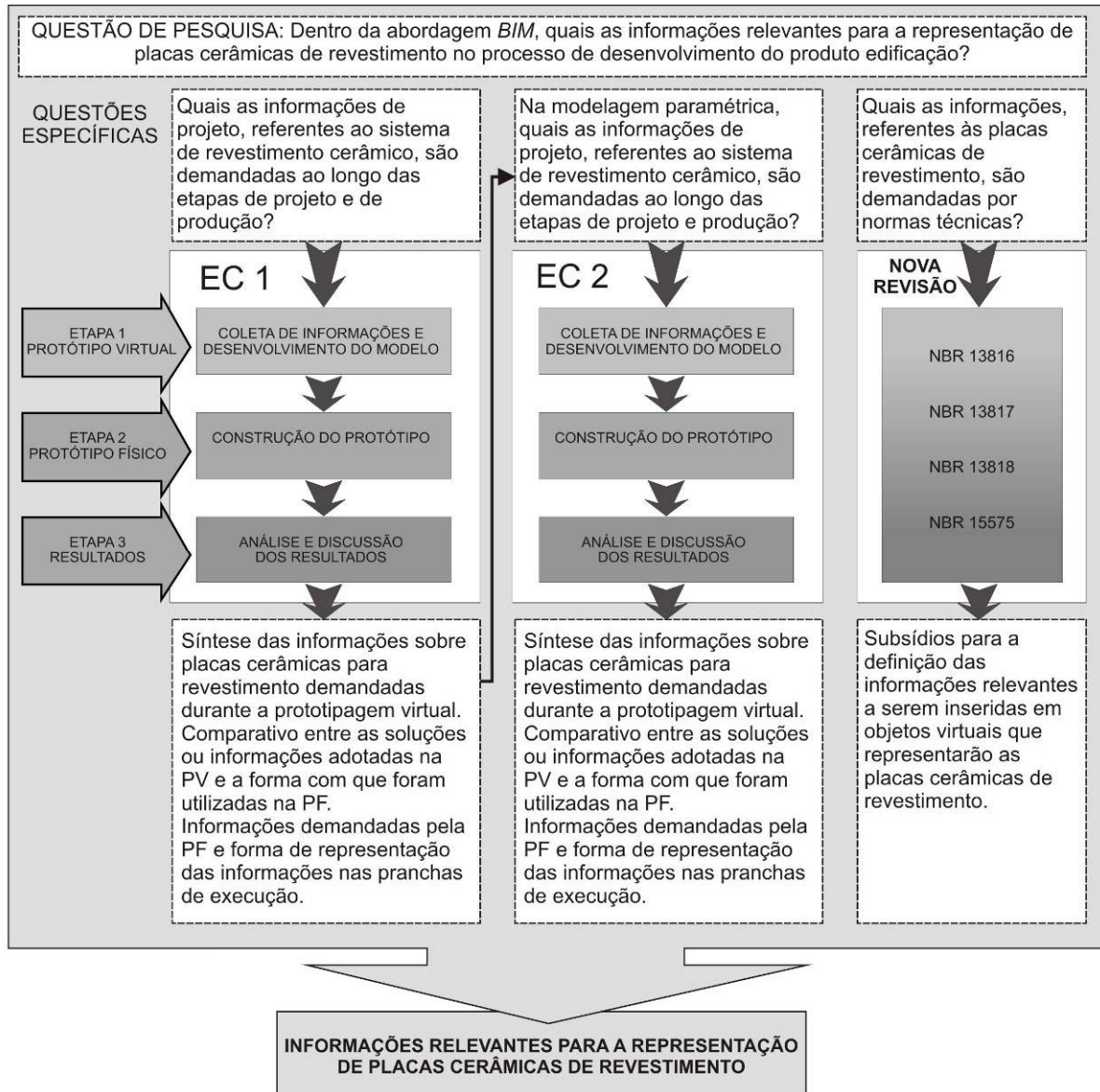


Figura 4 - Representação do processo de pesquisa

Nos dois estudos realizados, houve a oportunidade de efetuar a modelagem virtual dentro da etapa de projeto, mais especificamente, no detalhamento do produto. Considerando que esta etapa visa a definir detalhes que orientem a produção de tal forma que o produto executado tenha as características desejadas, ambos os estudos abrangeram a modelagem virtual do produto e o acompanhamento do protótipo físico no canteiro.

O acompanhamento do protótipo físico teve a intenção de detectar informações ou critérios não considerados na etapa de projeto do produto, porém, necessários na produção. A prototipagem física também buscou analisar se as decisões tomadas com base no modelo virtual construído a partir das informações

referentes ao revestimento cerâmico eram de fato cumpridas na produção. Considerou-se que analisar este aspecto era um fator relevante uma vez que, especialmente as informações relativas às dimensões das peças e às espessuras de juntas e da argamassa de assentamento impunham a necessidade de grande precisão na execução sob pena de inviabilizar as decisões tomadas no modelo virtual.

Outro aspecto a ser destacado referente aos dois estudos consiste nas partes do produto abrangidas no protótipo virtual e físico. Embora o foco desta pesquisa envolva apenas a etapa de revestimento cerâmico, ao construir os modelos, abrangeu-se a etapa de acabamento. A necessidade de compreender toda a etapa de acabamento decorreu da interface existente entre os serviços de revestimento cerâmico e os demais, tais como, faixas de granito, pingadeiras, instalação de loucas, esquadrias e mobiliário.

Destaca-se que os dois estudos buscaram responder as mesmas perguntas, isto é, o foco era nas informações relativas ao revestimento cerâmico demandadas ao se efetuar a modelagem do detalhamento do produto. No entanto, no segundo estudo, a questão voltou-se para as informações demandadas quando se efetua a modelagem paramétrica. Isto é, nesta oportunidade, houve um encaminhamento para esta abordagem de modelagem, tendo em vista a questão geral da pesquisa. Observa-se que, embora o primeiro estudo não tenha adotado a abordagem paramétrica, este teve um papel importante na aprendizagem da pesquisadora no que diz respeito à coleta de dados. Também puderam ser observados benefícios em relação às informações referentes à interface de projeto e produção para o processo de detalhamento do produto.

Além dos dois estudos de caso, foram levantadas as informações, referentes às placas cerâmicas de revestimento demandadas por normas técnicas. Essa nova revisão ocorreu após o término do segundo estudo e teve por objetivo adquirir subsídios, existentes em normas nacionais relativas a placas cerâmicas para revestimento e desempenho de edificações, para a definição das informações relevantes a serem inseridas em objetos virtuais que representarão as placas cerâmicas de revestimento.

Após a apresentação da proposta de classificação para as placas cerâmicas para revestimento, foi elaborada uma análise referente a um objeto paramétrico disponibilizado para *download* na *internet*. O objeto em estudo, que

representa um piso do tipo *paver*, foi utilizado, pois não existiam placas cerâmicas disponíveis. Dessa forma, as características desse material foram as mais aproximadas com as características das placas cerâmicas.

5.4 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA CONSTRUTORA

Os estudos de caso foram realizados em uma empresa construtora de grande porte, que atua há quatro décadas na cidade de Londrina nos segmentos de incorporação residencial, projetos e montagens industriais. No segmento de edifícios residenciais, a empresa mantém regionais em nove cidades, entre elas, Curitiba, Maringá, Campo Grande, Cuiabá e Joinville. A organização recentemente iniciou suas atividades no mercado internacional.

Em grande parte da produção, a empresa utiliza mão de obra de empreiteiros, ou seja, terceirizada. No entanto, as empresas empreiteiras prestam serviço, em média, há quatro anos para a empresa e, com apoio gerencial desta, caracterizado por programas de treinamento e medidas efetivas de segurança, o nível de rotatividade vem se mantendo bastante baixo. Este aspecto contribui para que a empresa apresente procedimentos consolidados de execução que estão registrados no seu Sistema de Gestão da Qualidade e que, em grande parte, são praticados pelos operários terceirizados.

Desde o ano de 2004, a empresa faz uso do processo de prototipagem física (PF) em seus empreendimentos residenciais. Este processo se desenvolve com a construção de um apartamento no primeiro pavimento e abrange desde a etapa de alvenaria até a etapa de aplicação da massa corrida e primeira demão de pintura em paredes e tetos, excluindo a instalação das esquadrias e metais. Estes protótipos físicos têm a finalidade de estabelecer soluções para resolver conflitos entre etapas executivas e analisar a interface de diferentes materiais de acabamento. As soluções devem privilegiar a simplificação do processo de execução, a redução de perdas devido a recortes de placas e os aspectos estéticos do produto. Estas soluções devem ser replicadas nos demais pavimentos, ou seja, a partir do protótipo físico, fica definido um padrão executivo para atender às peculiaridades do empreendimento.

Embora a empresa também execute um apartamento modelo em um *showroom* antes do início da obra, o fato de a empresa empregar uma tecnologia diferente¹⁷ daquela adotada em canteiro e não incluir determinados elementos construtivos, tais como, ralos, alguns pontos elétricos e portinhola de manutenção da banheira de hidromassagem, algumas análises permitidas pela prototipagem física ficam prejudicadas. O propósito do *showroom* é limitado à comunicação do produto ao cliente para, assim, alavancar vendas. Essas características ou limitações fazem com que seja necessária a posterior construção do protótipo físico na obra.

Os projetos arquitetônicos e complementares dos empreendimentos da empresa são elaborados por escritórios de destaque na cidade e que prestam serviços há vários anos para a mesma. Este fato favorece a integração entre os projetistas e o processo de compatibilização dos projetos. Muitos destes escritórios utilizam o *AutoCAD* para o desenvolvimento de seus projetos, porém, apenas na versão 2D.

5.5 ESTUDO DE CASO 1 (EC1)

5.5.1 Contexto

No EC1, o interesse da empresa estava em explorar o modelo 3D como recurso para desenvolver a PV. Neste caso, o banheiro, objeto do estudo apresentava maior grau de complexidade em relação aos banheiros de empreendimentos anteriores. Este grau de complexidade decorria da maior variedade de revestimentos empregados (cerâmica piso e parede, granito e pastilha), do alto custo dos mesmos e de exigências em termos estéticos, uma vez que se tratava de um apartamento de alto padrão.

A expectativa da empresa era de que as soluções relativas à interface de diferentes materiais de acabamento e as definições de paginação dos revestimentos cerâmicos pudessem ser antecipadas para a PV e que à prototipagem física coubesse a confirmação destas decisões e a identificação da melhor sequência de execução.

¹⁷ No *showroom* a empresa utiliza gesso acartonado nas paredes de vedação ao passo que na obra é empregada alvenaria com blocos cerâmicos.

Quando este estudo aconteceu, a execução do protótipo físico do banheiro já havia iniciado, de modo que os serviços de obra bruta (alvenaria, tubulações embutidas de elétrica e hidráulica e o revestimento argamassado) já se encontravam executados. O protótipo virtual foi planejado para apoiar as decisões específicas dos acabamentos do banheiro, abrangendo as seguintes etapas: revestimentos de pisos e paredes, forro de gesso, louças e bancada. Assim, após a elaboração do protótipo virtual e mediante as diretrizes deste, seriam executados no protótipo físico os serviços de acabamento (FIGURA 5).

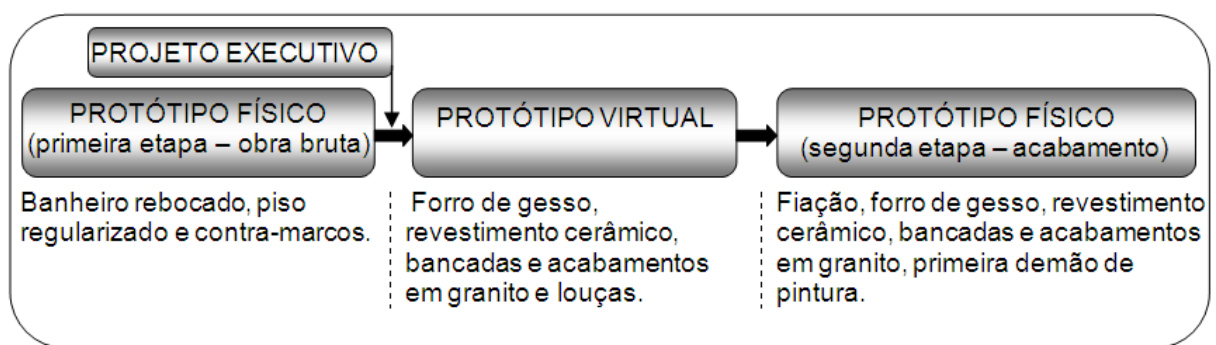


Figura 5 - Sequência de elaboração dos protótipos

O protótipo virtual foi elaborado pela pesquisadora e autora da dissertação. No entanto, as decisões tomadas ao longo de todo o processo envolveram o engenheiro de produção da obra, o escritório de arquitetura e o operário da empreiteira que executou o serviço de revestimento no banheiro do *showroom* e que, posteriormente, realizou o mesmo serviço no protótipo físico.

Para a construção do modelo virtual foi empregado o *software* de modelagem geométrica *Google Sketchup*, que é disponibilizado gratuitamente (*freeware*), sendo descrito como um *software*, intuitivo, flexível, fácil de utilizar e aplicado para criar, modificar e compartilhar modelos em 3D.

5.5.2 Caracterização do projeto

O banheiro, objeto do estudo, está inserido em um edifício residencial de alto padrão com dois apartamentos por andar que está localizado em uma área nobre e de grande expansão da cidade de Londrina. Cada apartamento possui área total 358,53 m² e área privativa 234 m². Na planta de vendas do apartamento pode-se observar que o banheiro encontra-se nas extremidades do edifício (FIGURA 6) e conforme o projeto estrutural, em uma área de protensão das vigas da laje.



Figura 6 - Planta de vendas com a localização do banheiro do estudo

Os revestimentos empregados para o acabamento do banheiro foram placas cerâmicas no piso e parede; faixas, soleiras, pingadeiras e bancadas de granito; e pastilhas de vidro aplicadas no piso e parede (FIGURA 7). Todos os materiais caracterizam-se pelo alto custo e grau de exigências em termos estéticos.



Figura 7 - Foto do *showroom* para a visualização dos tipos de acabamento

5.5.3 Ferramentas de coleta de dados

O interesse neste estudo foi vislumbrar as informações requeridas pela prototipagem virtual voltada à modelagem do detalhamento dos acabamentos do banheiro e, posteriormente, para a construção do modelo físico no canteiro (prototipagem física). Assim, esse estudo baseou-se na questão: Quais as informações de projeto, referentes ao sistema de revestimento cerâmico, são demandadas ao longo das etapas de projeto e de produção?

Desta forma, a coleta de informações ocorreu em duas etapas: na fase de modelagem do produto banheiro (prototipagem virtual) e, posteriormente, na fase de produção (prototipagem física).

5.5.3.1 Etapa – 1 – Protótipo Virtual

Nesta etapa, foram coletadas as informações referentes aos projetos pré-existentes. O processo de prototipagem ocorreu por intermédio de sucessivos refinamentos do modelo virtual. Os aprimoramentos se deram com base em discussões realizadas nas reuniões com os diferentes agentes envolvidos no processo de desenvolvimento do produto (engenheiro de produção, escritório de arquitetura e operário).

A primeira reunião, relativa ao EC1, foi realizada em 01 de outubro de 2009, com a participação do engenheiro de produção e da pesquisadora. Nesta ocasião, foi discutido o propósito da prototipagem virtual para a empresa, além de esclarecidos os interesses da pesquisadora e obtidos os projetos para a elaboração do Protótipo Virtual 01.

A segunda reunião ocorreu em 08 de outubro de 2009, com a participação do engenheiro de produção e da pesquisadora. Neste encontro ocorreu a primeira avaliação do protótipo, que gerou o Protótipo Virtual 02.

Na terceira reunião, realizada dia 29 de outubro de 2009, foram efetuadas as avaliações que geraram o protótipo virtual 03. Nesta reunião estavam presentes o engenheiro de produção, a representante do escritório de arquitetura e a pesquisadora.

A quarta reunião, que resultou na versão final do protótipo virtual, ocorreu no dia 03 de novembro de 2009 com a participação do engenheiro de produção, do operário que executaria os serviços no protótipo físico e da pesquisadora.

Durante as reuniões, a última versão do protótipo virtual era utilizada para intermediar as discussões, e as decisões tomadas eram incorporadas à nova versão.

Ao longo de todo o processo de modelagem que gerou as quatro versões de protótipos virtuais, foram observadas as informações referentes aos acabamentos demandadas. A coleta de dados deu-se através de múltiplas ferramentas, tais como, a documentação existente, observação participante e o registro do processo de elaboração do modelo em caderno de campo, conforme o quadro 5.

5.5.3.2 Etapa – 2 – Protótipo Físico

Após a elaboração do protótipo virtual, no dia 07 de dezembro de 2009, foi iniciada a execução do protótipo físico que, foi paralisada após dez dias devido à indisponibilidade das peças de granito e recomeçou dia 18 de janeiro de 2010 para ser finalizada no dia 02 de fevereiro.

Durante a execução, as decisões e as respectivas justificativas eram registradas. Além das discussões que ocorreram durante todo o processo, ao final, foi realizada uma entrevista com o engenheiro e com o operário. O objetivo desta entrevista foi explicitar os dados coletados, por meio da observação participativa da pesquisadora, durante a prototipagem virtual e física e, assim, verificar se coincidiam com as respostas dos entrevistados. A coleta de dados deu-se através de múltiplas ferramentas, tais como, a documentação (elaborada através do protótipo virtual), observação participante, observação direta e o registro descritivo do processo de produção por meio de anotações em caderno de campo e de fotografias, além da entrevista mencionada, conforme o quadro 13.

5.5.3.3 Etapa – 3 – Resultados

Após a execução, os resultados compilados nas duas etapas anteriores foram analisados gerando a síntese das informações sobre revestimentos cerâmicos demandadas durante a prototipagem virtual; o comparativo entre as soluções ou informações adotadas na PV e como as mesmas foram utilizadas na PF; e as informações demandadas pela PF e forma de representação das informações nas pranchas de execução.

O intuito nessa fase foi desvendar quais as informações de projeto do produto, relativas aos revestimentos cerâmicos, foram demandadas ao longo das

etapas de projeto e produção. No quadro 13 são apresentadas as informações avaliadas e as fontes de coleta de dados empregadas nas etapas 1 e 2 do EC1.

EC1	Informações avaliadas	Ferramentas de coleta de dados
Projeto	Informações, referentes aos revestimentos, adquiridas nos projetos.	Documentação: Projetos executivos e de detalhamento em 2D.
	Informações inseridas no PV.	Observação participante: Reuniões, elaboração do modelo. Caderno de campo: Registros descritivos ao longo do processo de PV. Documentação: Elaboração dos projetos em 2D e perspectivas a partir do protótipo virtual.
Produção	Informações replicadas na execução.	Observação participante: Análise dos projetos durante a produção e questionamentos dirigidos ao executor. Observação direta: Registro fotográfico. Caderno de Campo: Registros descritivos do processo de produção.
	Informações não replicadas na execução.	Observação participante: Análise dos projetos durante a produção e questionamentos dirigidos ao executor. Observação direta: Registro fotográfico. Caderno de Campo: Registros descritivos do processo de produção.
	Informações demandadas por outras áreas da empresa (informações para compra e cálculo de quantitativos).	Observação participante: Reuniões, elaboração do modelo. Entrevista com o engenheiro de produção.

Quadro 13 - Informações avaliadas e fontes de coleta de dados no EC1

5.6 ESTUDO DE CASO 2 (EC2)

5.6.1 Contexto

O EC2 consistiu na prototipagem de um banheiro de alto padrão de outro edifício da mesma organização. O interesse da empresa era explorar a contribuição da prototipagem virtual para identificar interferências antes da execução. Da mesma forma que no estudo anterior e, agora, com base nos resultados nele obtidos, a expectativa da empresa era de que interferências físicas ou erros pudessem ser antecipados pela PV e que à prototipagem física, no caso o *showroom*, coubesse a confirmação destas decisões. Para a pesquisadora, o interesse, como no EC1, continuou baseado em investigar as informações de projeto referentes aos acabamentos, demandadas ao longo das etapas de projeto e de produção. No entanto, neste estudo o protótipo foi elaborado em um *software* de modelagem paramétrica.

O *showroom*, em sua tradução, caracteriza-se como um local para exposições e tem sido bastante explorado como ferramenta de *marketing* na construção civil, principalmente no segmento de edificações residenciais. Como o tempo para o lançamento do *showroom* no mercado é um fator muito relevante, a execução do mesmo deve ser rápida e levar em consideração, principalmente, o aspecto estético.

Neste estudo, o protótipo virtual foi planejado para apoiar as decisões específicas dos acabamentos do banheiro, abrangendo as seguintes etapas: posicionamento das paredes de gesso acartonado, revestimentos de pisos e paredes, forro de gesso, louças, bancada de granito e mobiliário fixo. Assim, após a elaboração do protótipo virtual e mediante as diretrizes deste, foram executados os acabamentos do *showroom*.

O protótipo virtual foi elaborado pela pesquisadora e autora da dissertação e as decisões tomadas ao longo de todo o processo envolveram a pesquisadora e o engenheiro de produção da obra. Neste estudo, o executor não participou da PV.

Para a construção do modelo virtual, foi empregado o *software BIM Autodesk Revit Architecture 2010*. Este *software* é disponibilizado para estudantes por um período de teste e é apontado como o mais utilizado e atual líder de mercado para o uso de *BIM* em projeto arquitetônico (EASTMAN, et al., 2008).

5.6.2 Caracterização do projeto

O banheiro, objeto do estudo, está inserido em um edifício residencial de alto padrão com quatro apartamentos por andar que está localizado no centro da cidade de Londrina. Cada apartamento possui área total 214 m² e área privativa 128 m². Na planta de vendas do apartamento pode-se observar que o banheiro localiza-se na porção central do apartamento (FIGURA 8).



Figura 8 - Planta de vendas com a localização do banheiro do estudo

Conforme a figura 9, os revestimentos empregados para o acabamento do banheiro foram placas cerâmicas na parede, pisos, soleiras, pingadeiras e bancada de granito.



Figura 9 - Foto do *showroom* para a visualização dos tipos de acabamento

5.6.3 Ferramentas de coleta de dados

Conforme mencionado anteriormente, neste estudo o objetivo manteve-se o mesmo em relação ao anterior, no entanto, empregou-se um *software* para modelagem paramétrica. Assim, havia a possibilidade de vislumbrar se a modelagem paramétrica requeria outros tipos de informações. Desse modo, o estudo baseou-se na questão: Na modelagem paramétrica, quais as informações de projeto, referentes ao sistema de revestimento cerâmico, são demandadas ao longo das etapas de projeto e produção?

Após a elaboração do protótipo virtual, e com as informações de todo o processo, foram executados os acabamentos do protótipo físico. A finalidade do estudo, nesta etapa foi comprovar se as informações inseridas durante a prototipagem virtual permitiam a replicação das soluções no protótipo físico e se existiram outras informações, referentes a acabamentos, demandadas durante a execução.

5.6.3.1 Etapa – 1 – Protótipo Virtual

Nesta etapa foram coletadas as informações referentes aos projetos pré-existentes. O processo de prototipagem ocorreu por intermédio de sucessivos refinamentos do modelo virtual. Os aprimoramentos se deram com base em discussões realizadas entre o engenheiro de produção e a pesquisadora. Ao término desta etapa, foi gerada uma prancha contendo perspectivas e desenhos em 2D.

A primeira reunião, relativa ao EC2, foi realizada em 04 de fevereiro de 2010. Nesta ocasião, foi discutido o propósito da prototipagem virtual e obtidos os projetos para a elaboração do Protótipo Virtual 01. A segunda reunião aconteceu em 11 de fevereiro. Neste encontro, ocorreu a primeira avaliação do protótipo, que gerou o Protótipo Virtual 02. Na terceira reunião, realizada dia 23 de fevereiro, foram efetuadas as avaliações finais que geraram o protótipo virtual 03.

Durante as reuniões, a última versão do protótipo virtual era utilizada para intermediar as discussões, e as decisões tomadas eram incorporadas à nova versão.

Nesta etapa do EC2, foram observadas as informações referentes aos acabamentos demandadas ao longo do processo de prototipagem no *software* de modelagem paramétrica. A coleta de dados deu-se através de múltiplas ferramentas,

tais como, a documentação existente, observação participante e o registro do processo de elaboração do modelo em caderno de campo, conforme o quadro 14.

5.6.3.2 Etapa – 2 – Protótipo Físico

Após a elaboração do protótipo virtual iniciou-se a execução do protótipo físico no dia 24 de fevereiro de 2010. Por ser um *showroom* o processo de prototipagem foi acelerado e a execução foi iniciada de imediato. Este fator minimizou a possibilidade de análises e alterações no modelo. Os revestimentos cerâmicos e de granito foram executados até o dia 16 de março e o empreendimento foi lançado no dia 20 de abril de 2010.

Durante a execução, as decisões e as respectivas justificativas eram registradas. A coleta de dados deu-se mediante múltiplas ferramentas, tais, como, a documentação (elaborada através do protótipo virtual), observação participante, observação direta e o registro do processo de produção por meio de anotações em caderno de campo e fotografias, conforme o quadro 14.

5.6.3.3 Etapa – 3 – Resultados

Após a execução, os resultados compilados nas duas etapas anteriores foram analisados com o intuito de desvendar quais as informações relativas aos revestimentos foram demandadas. No quadro 14 são apresentadas as informações avaliadas e as fontes de coleta de dados empregadas nas etapas 1 e 2 do EC2.

EC2	Informações avaliadas	Ferramentas de coleta de dados
Projeto	Informações, referentes aos revestimentos, adquiridas nos projetos.	Documentação: Projetos executivos e de detalhamento em 2D.
	Informações inseridas no PV.	Observação participante: Reuniões, elaboração do modelo. Caderno de Campo: Registros descritivos ao longo do processo de PV. Documentação: Elaboração dos projetos em 2D e perspectivas a partir do protótipo virtual.
Produção	Informações replicadas na execução	Observação participante: Análise dos projetos durante a produção e questionamentos dirigidos ao executor. Observação direta: Registro fotográfico. Caderno de Campo: Registros descritivos do processo de produção.
	Informações não replicadas na execução	Observação participante: Análise dos projetos durante a produção e questionamentos dirigidos ao executor. Observação direta: Registro fotográfico. Caderno de Campo: Registros descritivos do processo de produção.

Quadro 14 - Informações avaliadas e fontes de coleta de dados no EC2

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ESTUDO DE CASO 1 (EC1)

No EC1, foram elaborados quatro protótipos virtuais de um banheiro de alto padrão. A elaboração dos mesmos ocorreu de forma consecutiva e evolutiva e, mediante discussões com a arquiteta responsável pelo projeto, o engenheiro de produção e o operário que executaria os serviços de revestimento. A intenção ao elaborar os protótipos virtuais foi definir todos os detalhes necessários para orientar a execução de forma a não comprometer aspectos estéticos do produto final. Ao definir estes detalhes, houve a preocupação em registrar as informações requeridas para efetuar a modelagem. Posteriormente, foi executado o protótipo físico e, nesta oportunidade, o intuito foi analisar o cumprimento das decisões tomadas na fase de prototipagem virtual, identificando a necessidade de definir novos detalhes ou reavaliar critérios relativos aos anteriores. A seguir são apresentados e discutidos os resultados de cada protótipo.

6.1.1 Protótipo virtual 01

A primeira versão do modelo virtual foi elaborada com base nas seguintes informações: (a) Dimensões do banheiro rebocado e posições dos pontos de elétrica e de hidráulica. Estas informações foram retiradas do protótipo físico (*as built*); e (b) Posição da mureta de apoio da banheira. Esta última informação foi definida a partir do projeto nomeado pela empresa de arquitetura como “executivo / alvenaria (cotas em osso)”, o que corresponde à planta de locação das fiadas de tijolos, pelo projeto de detalhamento e, ainda, com base em considerações relativas às espessuras do reboco, da argamassa de assentamento da cerâmica e da própria cerâmica.

A intenção deste primeiro modelo foi definir os espaços disponíveis para, posteriormente, discutir a respeito da aplicação dos acabamentos, isto é, nesta etapa construiu-se virtualmente o produto bruto, definindo as posições das paredes rebocadas.

Neste momento, detectou-se que havia uma incompatibilidade entre as representações da posição da mureta de apoio da banheira. A posição da mureta no projeto executivo que orienta a marcação de alvenaria não considerava os

descontos de espessuras do revestimento (reboco, argamassa de assentamento e cerâmica). Este fato ocasionou a necessidade de demolição da mureta no protótipo físico e nos pavimentos nos quais a mesma já havia sido executada, uma vez que não seria possível encaixar a banheira especificada no projeto.

Destaca-se que uma análise mais detalhada dos projetos em 2D poderia ter apontado esta incompatibilidade entre o projeto executivo e o de detalhamento. No entanto, a elaboração de projetos em 2D implica a utilização de diferentes desenhos para representar um mesmo produto ou parte deste, gerando fragmentação das informações. O protótipo virtual foi concebido a partir de informações dos projetos em 2D. Porém, o desenvolvimento desde o início em 3D evitaria esta incompatibilidade, uma vez que a concepção projetual ocorreria por meio de um modelo único de representação.

A partir deste primeiro protótipo, houve a necessidade de averiguar quais medidas de espessura da placa cerâmica e da argamassa de assentamento eram utilizadas pela construtora, uma vez que as medidas do projeto arquitetônico apenas apresentavam a espessura do tijolo com 9 cm mais 2,5 cm de reboco de cada lado. Foi adotada, por indicação do engenheiro de produção a espessura de 1,2 cm, sendo 3 mm para a argamassa de assentamento e 9 mm para a placa cerâmica.

6.1.2 Protótipo virtual 02

As alterações que resultaram no protótipo virtual 02 foram efetuadas com base em discussões entre o engenheiro de produção e a pesquisadora que elaborou o modelo virtual. Para a construção deste modelo, foram incorporadas informações referentes ao acabamento, tais como: (a) espessuras de revestimentos; (b) dimensões reais das pastilhas e placas cerâmicas (medição das peças disponíveis na obra); (c) restrições referentes a arremates, como, por exemplo, não recortar as pastilhas de vidro ou, não deixar pequenos recortes de placas cerâmicas (filetes); (d) sobreposição de placas cerâmicas e pastilhas que se encontrariam em planos ortogonais; (e) largura e alinhamento de juntas de pisos e paredes; e (f) Informações referentes à produção, tais como, espessuras de argamassa, normalmente, adotadas na execução.

Neste modelo, buscou-se, principalmente, a incorporação dos materiais (cerâmica, pastilha) e elementos de acabamento (banheira, bancada) ao modelo

bruto do produto (protótipo virtual 1), gerando uma primeira versão do modelo acabado.

O projeto arquitetônico previa uma bancada de granito cujo tamanho era de 180 cm, equivalente a quatro placas cerâmicas de 45 cm. No entanto, ao efetuar a modelagem com a medida real da placa¹⁸ (43,7 cm), constatou-se que haveria um filete de placa cerâmica no canto da parede. Assim, ficou acordado o assentamento de mais uma fileira de pastilhas e a redução do tamanho da bancada para evitar o filete (FIGURA 10).

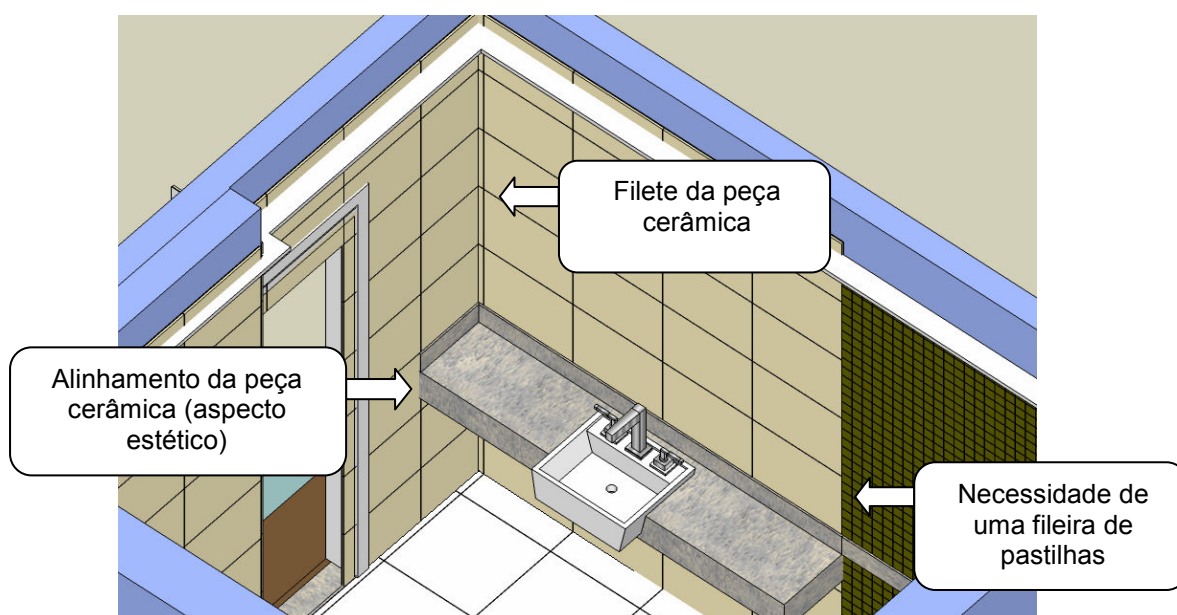


Figura 10 - Perspectivas do protótipo virtual 02

O uso de medidas reais das placas ao elaborar o projeto arquitetônico em 2D poderia, eventualmente, evitar a necessidade de modificar o tamanho da bancada e o emprego de outra fileira de pastilha.

Outra análise para melhorar o acabamento, consistiu em desalinhar as juntas das placas cerâmicas de piso e parede referentes à parede onde está a porta de entrada do banheiro, privilegiando o alinhamento das juntas das placas cerâmicas com a largura da bancada, conforme ilustra a figura 10. Essa decisão quanto ao alinhamento das juntas das placas cerâmicas com a largura da bancada

¹⁸ Foi adotado o termo “medida real” para a placa, pois neste caso, a medida de 43,7 cm obtida pela medição com trena da placa que seria aplicada para o acabamento, não correspondeu à dimensão de fabricação (W) de 44,5 cm, disponibilizada no site do fabricante.

poderia ser tomada com base no projeto em 2D (elevação da parede), no entanto, essa decisão foi facilmente analisada com o auxílio do protótipo virtual.

Para a modelagem de quinas com as placas cerâmicas foi utilizada como solução a aplicação de um chanfro em 45° como recorte da placa. Este acabamento é um padrão adotado pela empresa e pôde ser representado no modelo virtual (FIGURA 11).

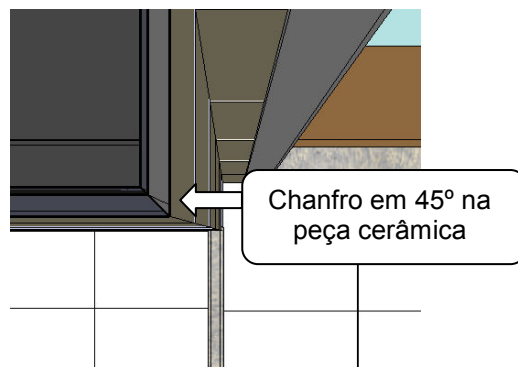


Figura 11 - Modelagem com o chanfro de 45° na placa cerâmica

As decisões tomadas com base neste modelo foram a readequação de quantitativos dos materiais de revestimento e a proposta de alteração da paginação dos revestimentos. Os quantitativos foram alterados, pois nas planilhas não constavam pastilhas na parte superior ao filete de granito. Por meio da visualização do protótipo, o engenheiro de produção detectou esse erro na quantificação dos materiais.

6.1.3 Protótipo virtual 03

A terceira versão do protótipo virtual foi estabelecida em uma reunião com o engenheiro de produção e o responsável pelo escritório de arquitetura na qual se definiu que as decisões deveriam manter a estética do projeto de detalhamento feito pela arquiteta e discutiu-se a respeito de implicações e informações de execução.

Nesta reunião, foram analisadas e confirmadas as decisões tomadas no protótipo virtual anterior e discutiu-se a dimensão e posição da esquadria de acesso à manutenção do motor da banheira. Também se verificou um erro entre o projeto de detalhamento em 2D e o detalhe executivo na representação do acabamento na

região da esquadria da banheira, uma vez que este apresentava pastilha ao invés de placas cerâmicas (FIGURA 12).

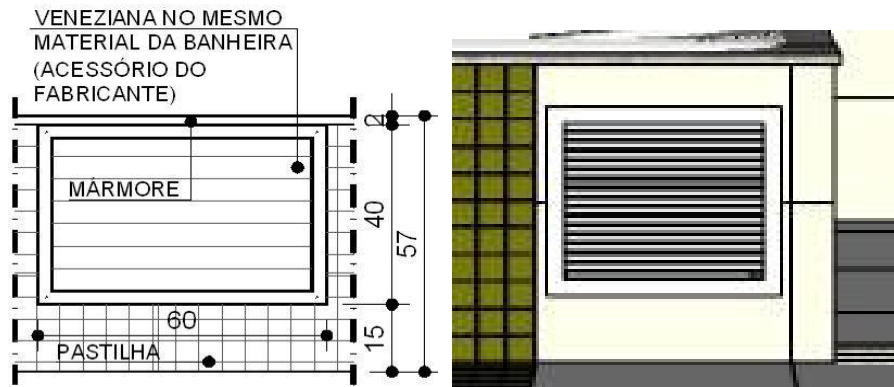


Figura 12 - Detalhe executivo da veneziana da banheira e vista no protótipo virtual

O acréscimo de uma fileira de pastilha e a necessidade de execução de uma verga não considerada no projeto executivo resultou na redução do espaço disponível para a instalação da esquadria que, por uma questão de estética, deveria ser instalada na região com acabamento cerâmico. Assim, as seguintes decisões foram tomadas: a criação de um chanfro de 2,5 cm na parte interna da alvenaria da banheira (“boneca”) para a colocação da esquadria, a redução das dimensões da esquadria para o mínimo exigido e a inserção da verga.

Em relação aos revestimentos, foi adicionada uma restrição no arremate da esquadria de manutenção com a finalidade de manter o padrão estético. Neste caso, era necessário um filete de cerâmica entre o vão da esquadria e a pastilha de vidro para que o acabamento da esquadria ficasse sobre o revestimento cerâmico.

6.1.4 Protótipo virtual 04

Uma vez incorporadas as decisões tomadas na etapa anterior, a quarta versão do protótipo virtual foi elaborada levando em consideração as alterações propostas pelo engenheiro de produção e pelo operário. Nesta etapa, as decisões estiveram relacionadas a detalhes executivos, à seqüência de execução adotada e às alternativas para absorver imprecisões dimensionais.

O processo de execução interferia de forma significativa na qualidade de acabamento do produto, assim constatou-se a necessidade de discutir e acordar uma seqüência de execução dos revestimentos. Nesse processo, a participação do

engenheiro de produção e, principalmente, do operário foi importante, tendo em vista a oportunidade incorporação do conhecimento técnico às discussões.

Inicialmente, foi definido que o granito da faixa seria aplicado diretamente sobre o reboco, ao passo que a bancada de granito seria colada sobre as placas cerâmicas. Como a rodapia é uma continuidade da faixa de granito, este também seria aplicado sobre o reboco, sendo necessário deixar um recorte durante o assentamento da cerâmica. A definição da forma de aplicação do granito visou à estética e à economia de materiais, visto que não haveria placa cerâmica sob a faixa de granito, no entanto, repercutiu na seqüência de execução (FIGURA 13). Além da imagem, os passos também foram delineados de modo descritivo (QUADRO 15).

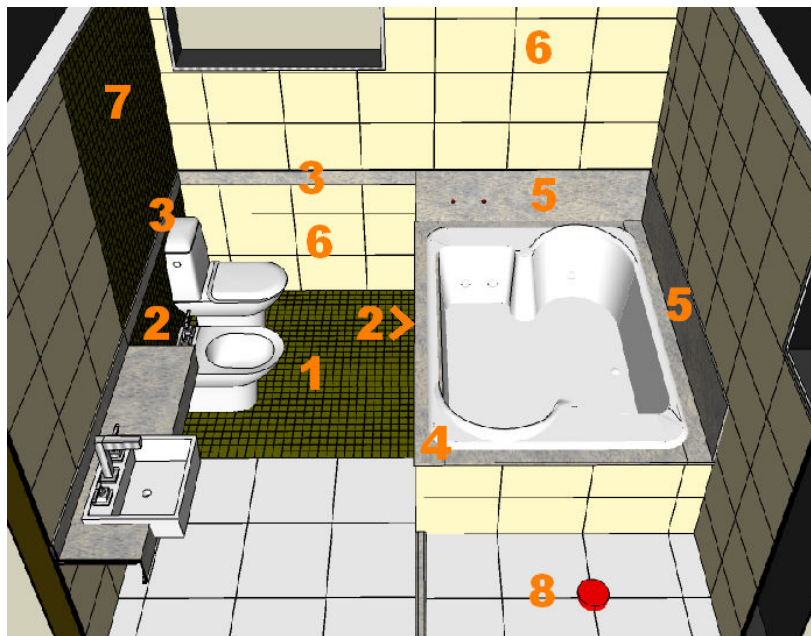


Figura 13 - Perspectiva apresentando a seqüência de execução extraída do protótipo virtual

1.	Assentar pastilha de vidro no piso deixando a galga (com a espessura da placa cerâmica) na parede (1,2cm);
2.	Assentar pastilhas nas paredes abaixo da faixa de granito deixando a galga (com a espessura da placa cerâmica) na parede (1,2cm);
3.	Colocar faixa de granito ao lado da pia e na parede dos fundos para encontrar o nível da faixa larga da banheira;
4.	Assentar pingadeiras da banheira;
5.	Assentar faixas largas de granito da banheira (se necessário ajustar a altura para coincidir com as faixas já executadas na parede ortogonal);
6.	Assentar as placas cerâmicas da parede dos fundos;
7.	Assentar pastilhas na parede lateral acima da faixa de granito;
8.	Assentar o piso do box. A partir deste ponto existe maior flexibilidade na seqüência.

Quadro 15 - Seqüência de execução do protótipo físico

Enquanto discutiu-se a respeito das interfaces entre revestimentos com diferentes espessuras, constatou-se a necessidade de executar um enchimento na região onde seria aplicada a pastilha, uma vez que esta possui espessura menor do que a placa cerâmica. Essa decisão implicou na revisão do serviço de reboco.

A definição de alternativas para absorver imprecisões dimensionais era necessária, uma vez que nas diversas unidades de banheiros a serem construídas poderia haver pequenas variações nas espessuras de reboco, nas dimensões das placas cerâmicas e nas espessuras das juntas das pastilhas em placas. Em função da exigência quanto à qualidade no acabamento, estas eventuais diferenças dimensionais não poderiam resultar em recorte nas pastilhas e em alguns pontos do revestimento cerâmico. Assim, como solução encontrada na ocasião, a faixa de granito foi adotada como área para eventuais ajustes. No entanto, o protótipo virtual poderia ser mais criteriosamente explorado para encontrar diferentes soluções.

Nesta etapa, foram discutidas formas de representação do modelo para orientar a execução que resultaram em uma prancha contendo os projetos em 2D e uma contendo perspectivas extraídas do protótipo virtual (FIGURA 14). A prancha com os projetos em 2D foi elaborada no *software Autocad* seguindo o mesmo padrão de desenho do escritório de arquitetura responsável pelos projetos do empreendimento. Todas as vistas foram extraídas diretamente do protótipo virtual através de seções em 2D.



Figura 14 - Pranchas para execução, desenho bidimensional e perspectivas do protótipo

Os desenhos em 2D foram elaborados no *software Autocad*, pois o *software* de modelagem geométrica utilizado no EC1 não apresenta recursos relativos à representação da informação. Os desenhos em 2D extraídos do modelo eram simplesmente linhas resultantes do corte dos objetos 3D.

Também, foi revisado o desenho do processo de execução (seqüência das atividades: em série ou em paralelo), antecipando a atividade de granito para ocorrer logo após a atividade de revestimento cerâmico.

Quanto às informações relativas às placas cerâmicas, foram discutidas as formas de alinhar revestimentos com diferentes espessuras. Neste caso optou-se por um enchimento em argamassa. Também se discutiu sobre as áreas para absorver as imprecisões dimensionais, já que um modelo com medidas precisas não reflete as dificuldades enfrentadas pela variabilidade dos materiais na produção.

6.1.5 Síntese das contribuições da PV – EC1

O quadro 16 apresenta uma síntese de informações relacionadas aos revestimentos cerâmicos e demandadas durante a elaboração dos protótipos virtuais.

Protótipo Virtual	Informações sobre revestimentos cerâmicos
01	Espessura média da argamassa de assentamento; Espessura da placa cerâmica.
02	Dimensões das placas cerâmicas e pastilhas; Ponto de partida da paginação das placas cerâmicas; Sobreposições e restrições de arremates (recortes e filetes); Chanfro em 45° na placa cerâmica; Alinhamento e espessura das juntas.
03	Restrição do filete da placa cerâmica em relação à esquadria da banheira.
04	Interface entre revestimentos com diferentes espessuras (enchimentos); Áreas para absorver imprecisões dimensionais.

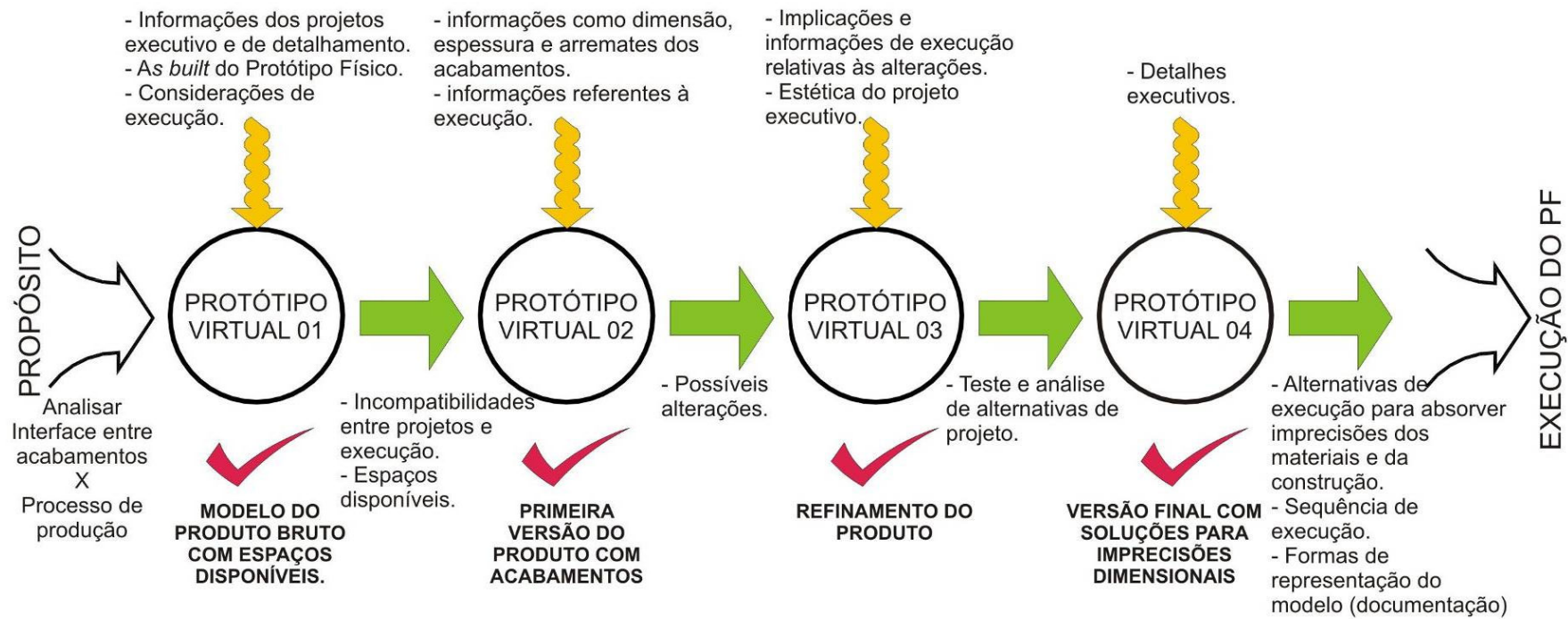
Quadro 16 - Síntese das informações sobre revestimentos cerâmicos demandadas durante a prototipagem virtual

Além das informações demandadas pelo processo de prototipagem virtual, o quadro 17 apresenta as informações, referente às especificações dos revestimentos, que constavam nos projetos em 2D elaborados pela empresa de arquitetura e a forma com que essas informações estavam representadas nas pranchas.

Dados fornecidos nos projetos em 2D	Forma de representação das informações
Cotas dos locais de aplicação (medidas nominais).	Gráfica - Plantas e elevações com cotas.
Local de saída da paginação.	Gráfica - Plantas e elevações com setas indicando o local de saída da paginação.
Tipo do acabamento (material).	Textual - Texto contido na prancha referenciado por meio de símbolos nos locais de aplicação (plantas e elevações).
Dimensões (largura e altura) nominais das placas cerâmicas.	Gráfica e textual - Texto contido na prancha referenciado com símbolos nos locais de aplicação (plantas e elevações).
Referências do fabricante (nome ou código, linha, marca).	Textual - Texto contido na prancha referenciado através de símbolos nos locais de aplicação (plantas e elevações).
Tipo de rejunte para a parede e piso (cor, marca).	Textual - Texto contido na prancha referenciado através de símbolos nos locais de aplicação (plantas e elevações).
Tipo de rejunte para pastilha (cor, marca).	Textual - Texto contido na prancha referenciado através de símbolos nos locais de aplicação (plantas e elevações).

Quadro 17 - Síntese das informações sobre revestimentos cerâmicos dos projetos em 2D

A figura 15 apresenta uma síntese do processo de prototipagem virtual com as informações de entrada, análises efetuadas, decisões tomadas e marcos na definição do produto ou processo.



LEGENDA

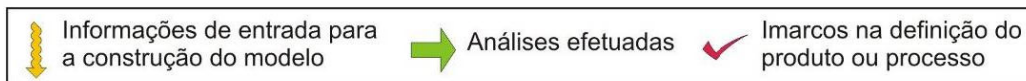


Figura 15 - Síntese do processo de prototipagem virtual

6.1.6 Discussão dos Resultados da PV – EC1

O emprego de um modelo único para aproximação do produto em desenvolvimento favoreceu análises estéticas e de execução, além da visualização de incompatibilidades, uma vez que as informações foram extraídas de uma fonte única de representação e havia facilidade na correlação entre planos diferentes. Estes aspectos são considerados importantes para o detalhamento de projetos na construção civil em virtude do tamanho do seu produto e em função dos espaços construídos serem, comumente, formados por planos. Este fato evidencia o benefício do desenvolvimento de produtos em 3D e fornece respaldo ao uso das novas tecnologias disponíveis.

Algumas das decisões tomadas ao longo do processo de desenvolvimento do produto não foram propiciadas pelo emprego do protótipo virtual propriamente, mas sim pelo processo de construção do modelo virtual cuja síntese foi apresentada na figura 15.

O processo exigiu a compilação e incorporação de uma série de informações relacionadas aos materiais, às técnicas de execução e seqüência de execução durante toda a composição do modelo virtual. Tendo em vista o propósito do modelo virtual voltado ao detalhamento do acabamento e a exigência quanto à qualidade deste acabamento, o nível de aproximação do protótipo em relação ao produto ao longo da modelagem exigiu preocupação com a precisão da informação.

Muitas das informações apresentadas no quadro 16 são ignoradas quando se projeta em 2D, no entanto, durante a modelagem tridimensional, foram consideradas importantes, pois elas estão relacionadas à adição de uma terceira dimensão de análise. Por exemplo, ao projetar em 2D, no caso de placas cerâmicas, são analisadas informações tridimensionais, porém, com um recurso limitado a duas dimensões, sendo necessário lançar mão de outro desenho para representação da terceira dimensão. Já, na modelagem, as análises das três dimensões (altura, largura e espessura) são efetuadas com base em um único modelo, o que facilita a avaliação dos reflexos decorrentes de variações em quaisquer das três dimensões.

Informações, tais como, espessuras, sobreposições, alinhamentos e interfaces com outros materiais foram demandadas durante a prototipagem virtual porque o propósito era detalhar o produto para orientar a produção de tal forma que o mesmo ficasse com as características desejadas. A prototipagem virtual possibilitou a inserção dessas informações e favoreceu avaliações difíceis de serem

feitas apenas em duas dimensões em virtude da limitação da capacidade do ser humano de recriar mentalmente modelos tridimensionais a partir de informações em 2D.

Assim, quando elaborados modelos tridimensionais, foram demandadas outras informações além das daquelas consideradas nos projetos em 2D. As informações em 2D, normalmente, apresentam características gráficas referentes aos desenhos, tais como, tamanhos, cotas nominais das placas e posição de saída da paginação e informações textuais, referentes a especificação do acabamento, cor, dimensão nominal e algumas referências do fabricante.

Também se deve observar que o rigor na elaboração do modelo propiciou um melhor resultado nas avaliações. No caso, devido ao propósito da PV, o uso dos tamanhos reais das placas cerâmicas evidenciou um filete de placa cerâmica que não era representado no projeto de detalhamento executivo elaborado com o tamanho nominal da peça. Se o projeto em 2D tivesse utilizado as dimensões reais das placas cerâmicas, provavelmente este filete seria percebido e os projetos poderiam ser alterados na época adequada.

A inserção dessas informações aliada à precisão de medidas permite que o modelo crie virtualmente o que será executado na prática. Destaca-se que muitos dos benefícios da prototipagem virtual estão relacionados a essa capacidade de prever situações que serão enfrentadas pela produção.

O uso do tamanho nominal das placas cerâmicas é corriqueiro no projeto de arquitetura, no entanto, durante todo o processo de prototipagem, as placas cerâmicas foram representadas com suas medidas reais, extraídas diretamente da peça por meio de medições com trena. A utilização de medidas reais possibilitou a antecipação de problemas, por isso, deve-se considerar o uso da medida real como um dado importante para os profissionais que trabalham tanto com 2D quanto para os que desejam trabalhar com a modelagem 3D.

Assim, o fornecedor deve disponibilizar o tamanho real da placa, que deve corresponder à dimensão de fabricação, e essa medida deve ser utilizada nas etapas de projeto. No entanto, o emprego de medidas precisas durante o projeto somente trazem benefícios se forem consideradas também as espessuras, tamanhos de juntas e as informações indispensáveis para orientar a execução. Contudo, no contexto da construção civil, muitas vezes o processo artesanal de produção não é capaz de reproduzir produtos com este nível de precisão. Por esta

razão, na etapa seguinte da pesquisa, que consistiu na prototipagem física, buscou-se analisar o cumprimento das diretrizes estabelecidas na modelagem virtual, comprovando, assim, a viabilidade de considerar aquelas informações ao construir o modelo virtual.

6.1.7 Execução do Protótipo Físico – EC1

Na fase de acompanhamento da execução, o protótipo físico encontrava-se com os serviços de obra bruta (alvenaria, tubulações embutidas de elétrica e hidráulica e o revestimento argamassado) já executados. Portanto, neste estudo, a prototipagem física compreendeu a etapa de acabamentos.

O profissional responsável pela execução participou de algumas etapas do processo de prototipagem virtual e, portanto, já havia entrado em contato com as decisões e restrições analisadas durante as reuniões. O profissional também apresentava ampla experiência em execução de revestimentos.

Como pré-requisito para o início dos acabamentos, a parede de apoio da banheira deveria ser executada conforme as informações protótipo virtual. Durante o processo de PV, foi verificada uma incompatibilidade entre os projetos, assim a parede da banheira teve de ser demolida e reconstruída. Porém, após a reconstrução, constatou-se que a parede estava 1,5 cm fora da medida correta. Este erro ocorreu porque, ao invés de serem utilizadas as medidas extraídas do protótipo virtual, os executores fizeram uma galga posicionando as pastilhas de vidro (FIGURA 16) de forma que não houvesse recortes. A parede foi executada no local onde a galga de pastilhas foi finalizada. Essa dimensão encontrada através da disposição das pastilhas, apesar de não apresentar recortes, não atendia as exigências do projeto e prejudicava a qualidade do acabamento. Com esta solução, as pastilhas aplicadas na vertical ficariam sobre as pastilhas aplicadas na horizontal, e essa sobreposição não permitiria o acabamento conforme estipulado em projeto. Assim, a parede foi refeita pela segunda vez conforme as medidas extraídas do protótipo virtual.



Figura 16 - Galga de pastilhas elaborada para o posicionamento da parede da banheira

Pode-se observar que, neste caso, a utilização da galga com os materiais reais a serem assentados trouxe segurança aos executores quanto a não ocorrência de recortes, ou pelo menos uma segurança maior que a utilização das medidas de projeto. Porém, a utilização da galga prejudicou outras soluções de acabamento já discutidas durante o PV, no caso, a forma como que deveria ser executada a sobreposição de placas no encontro dos planos de assentamento na vertical e horizontal.

Algumas decisões e informações sobre a execução foram somente discutidas durante as reuniões do processo de prototipagem virtual e não foram documentadas nas pranchas de execução. Assim, a decisão quanto a não existirem recortes nas pastilhas de vidro não estava documentada e sim já era uma premissa que o executor absorveu das reuniões. Da mesma maneira, a decisão de assentar o filete de granito logo acima do reboco e não sobre a placa cerâmica como era padrão da empresa, foi adotada pelo executor através de informações discutidas durante as reuniões. Desta forma, ainda que a informação a respeito de restrições executivas não estivesse registrada nas pranchas, o executor possuía a compreensão desta.

Estas informações não são informações genéricas sobre placas cerâmicas que devam ser fornecidas em qualquer projeto, no entanto, são decisões projetuais importantes que devem ser, de alguma forma, documentadas para que a produção esteja ciente das exigências quanto ao acabamento projetadas.

No início da execução dos acabamentos, a primeira decisão tomada pelo executor foi abandonar a seqüência de execução pré-estabelecida e iniciar o

assentamento dos acabamentos pelo piso cerâmico. Como decidido na seqüência de execução, o primeiro passo seria a execução das pastilhas de vidro no piso, porém, o enchimento (substrato) neste local não estava executado. Assim, o executor fez uma galga da placa cerâmica na parede, lançou as pastilhas no chão e encontrou a medida a partir da qual seria iniciado o piso, sem adotar a medida de projeto (FIGURA 17). Além disso, o executor teve que buscar a informação referente à espessura do rejunte entre as placas cerâmicas no *showroom* já executado, pois esta informação não estava contida em quaisquer pranchas de detalhamento que orientavam a execução.



Figura 17 - Galga para início do assentamento do piso cerâmico

Mais uma vez, o executor dispôs o material a ser assentado na área que o mesmo seria aplicado para evitar erros. Essa utilização de galgas garantiu que, posteriormente, na execução das pastilhas não existissem recortes.

No piso do box, houve uma alteração mínima no alinhamento das juntas pois o executor percebeu que poderia alinhar as juntas entre o piso externo e interno do box sem perdas no quesito escoamento da água e com ganho estético (FIGURA 18). O processo de PV não compreendeu essa decisão, pois a junta do piso deveria partir exatamente do eixo do ralo para não haver recortes diagonais nas placas cerâmicas. Essa decisão de que a junta deveria coincidir exatamente com o eixo do

ralo partiu do engenheiro de produção, mas não foi necessário cumpri-la rigorosamente durante a produção, uma vez que não havia comprometimento em termos funcionais e implicava certo prejuízo estético.

Outra diferença entre o protótipo virtual e físico ocorreu na execução do *bit* (peça em granito que separa a área molhada do box do restante do piso). A peça detalhada no protótipo virtual seguiu o projeto de detalhamento, no entanto este não representava o padrão de execução adotado pela empresa (FIGURA 18). Esta falha ocorreu por falta de atualização dos projetos conforme novos padrões de execução adotados pela construtora e foi replicada na modelagem do protótipo virtual.

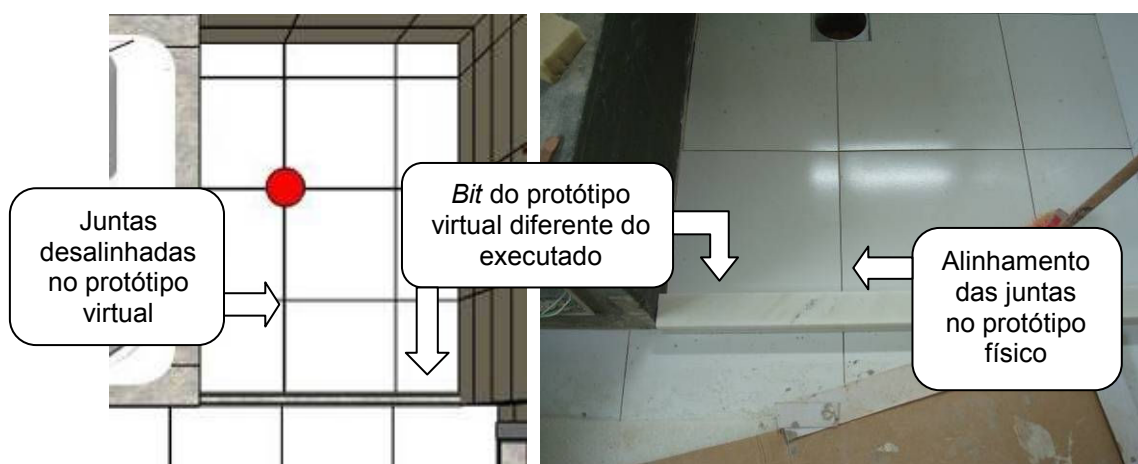


Figura 18 - Diferença entre alinhamento das juntas e o bit no protótipo virtual e físico

Após o assentamento do piso cerâmico, foi executado o enchimento na área onde seria assentado o piso de pastilha de vidro. Antes de iniciar o assentamento das pastilhas, as peças foram lançadas no chão para analisar se os espaços disponíveis estavam de acordo com a quantidade de pastilha a ser assentada.

Antes da aplicação das pastilhas na parede foram feitas galgas de pastilha na vertical com o intuito de analisar qual a área que ficaria disponível para a faixa de granito. As pastilhas foram assentadas alinhando a junta da parede com a junta do piso.

Estas duas situações evidenciaram a não utilização das cotas de projeto, mas sim a quantidade de placas. Ou seja, a placa constitui-se na referência adotada pelo operário em decorrência da possível incompatibilidade entre a dimensão adotada em projeto e a dimensão real do material. Além disso, a galga evita

eventuais erros ao utilizar a trena, por exemplo, erro de leitura, de manuseio da mesma ao efetuar as medidas ou de imprecisão da própria trena.

Após esta etapa e com a ausência das peças de granito, iniciou-se a execução das placas cerâmicas das paredes, primeiramente pela parede do fundo, conforme especificado na seqüência de execução e com a placa saindo inteira na posição estabelecida no protótipo virtual (FIGURA 19).



Figura 19 - Início do assentamento das placas cerâmicas

As demais paredes foram executadas considerando a altura da faixa e o alinhamento com a junta do piso. Somente na parede lateral da bancada, com a intenção de melhorar o acabamento, foram desalinhadas as juntas do piso e parede, privilegiando o alinhamento da junta da parede com a largura da bancada, conforme estabelecido no protótipo virtual. Com a redução do tamanho da bancada de granito, foi evitado o filete no canto da parede (FIGURA 20).



Figura 20 - Parede sem filete e desalinhamento entre juntas de piso e parede

Mais uma vez, durante o assentamento das placas cerâmicas pode-se notar que o executor baseava-se constantemente na utilização de galgas (FIGURA 21), muitas vezes, não consultando as medidas do projeto. Já, na execução da pingadeira de granito, o tamanho da pingadeira (1cm) foi substituído pela espessura de uma placa cerâmica (FIGURA 22).



Figura 21 - Utilização de galga na vertical para a altura da placa cerâmica



Figura 22 - Galga utilizada para a medida da pingadeira de granito

Foram assentadas todas as placas cerâmicas e as pastilhas. No desenho que apresentava a sequência do processo de execução (seqüência das atividades: em série ou em paralelo), a atividade de granito foi antecipada para ocorrer logo após a atividade de revestimento cerâmico. A intenção desta decisão foi de permitir eventuais ajustes nos espaços que sobravam para o assentamento das peças de granito sem que houvesse recortes nas placas cerâmicas.

Após a colocação do granito, foi executado o acabamento da cerâmica na esquadria de manutenção da banheira, seguindo as soluções encontradas na prototipagem virtual e com a criação do chanfro de 2,5 cm na parte interna da

alvenaria. Também foi mantida a solução de deixar a esquadria de manutenção da banheira com revestimentos laterais em cerâmica para que o acabamento desta não ficasse sobreposto à pastilha de vidro (FIGURA 23).



Figura 23 - Chanfro interno e configuração final dos revestimentos da banheira

Finalizado o assentamento das placas cerâmicas, foi iniciada a colocação da bancada. Primeiramente, percebeu-se que foram utilizados montantes e cantoneiras que não tinham sido desenhados nos projetos em 2D, portanto, não aplicados no protótipo virtual e não discutidos durante o processo de modelagem (FIGURA 24). Da mesma forma que o *bit*, esta falha ocorreu por falta de atualização dos projetos conforme os padrões de execução adotados pela construtora e refletiu na omissão de um elemento construtivo no protótipo virtual.



Figura 24 - Fixação dos montantes e cantoneiras e colocação da bancada

Como visto, a sequência de produção não foi seguida pela indisponibilidade de materiais ou não execução de tarefas anteriores, como os

enchimentos. Neste caso, essa alteração na sequência não acarretou perdas na qualidade dos acabamentos, principalmente, devido à utilização de galgas que simularam a aplicação real dos acabamentos. Pode-se constatar que a aproximação do produto através das galgas é uma atividade de experimentação e característica da prototipagem.

A utilização da faixa de granito como área para eventuais ajustes foi adotada como solução para absorver imprecisões dimensionais. Esta solução poderia ter sido mais criteriosamente analisada, pois esta prática apresenta inconvenientes sob o ponto de vista gerencial, aumentando o tempo de execução do banheiro completo em função da fabricação das peças de granito ser autorizada somente após o término do revestimento cerâmico. A necessidade de efetuar a medida das peças de granito no local decorre, mais uma vez, da falta de confiabilidade de medidas em função, não apenas de incompatibilidade dimensional das peças em relação ao projeto, mas também de imprecisões na execução de uma atividade de caráter artesanal e do rigor no acabamento para este tipo de produto.

6.1.8 Síntese dos resultados da PF – EC1

O quadro 18 apresenta as soluções ou informações adotadas na PV e a forma como as mesmas foram utilizadas ao longo da PF.

Soluções ou informações adotadas na PV	Forma como as soluções ou informações foram utilizadas
Posição da parede da banheira.	Executada de maneira errada pela não utilização das medidas de projeto.
Espessura do rejunte.	Não existência da informação nas pranchas de execução.
Cotas apresentadas no protótipo virtual.	Uso das medidas de projeto, porém utilização constante de galgas com as peças reais.
Restrições quanto a manter as pastilhas sem recortes e aplicar a faixa de granito sobre o reboco.	Restrições não documentadas, porém executadas conforme as discussões uma vez que o responsável pela execução estava presente nas reuniões.
Acabamento da esquadria de manutenção da banheira com revestimento cerâmico na lateral.	Restrição não documentada, porém executada conforme as discussões uma vez que o responsável pela execução estava presente nas reuniões.
Seqüência de execução.	Abandono da seqüência de execução pré-estabelecida e execução com o uso de galgas.
Definição dos locais com enchimento do reboco para nivelamento da pastilha com a cerâmica.	Parcialmente atendido. Não foi executado previamente o enchimento no piso causando alteração na seqüência executiva. Antes do início do assentamento do piso o enchimento foi executado.
Junta do piso do box partindo exatamente do eixo do ralo.	Alteração mínima no alinhamento das juntas para melhorar a questão estética.
<i>Bit</i> modelado conforme o projeto de detalhamento.	Uso de outra peça no padrão de execução da empresa devido à falta de atualização dos projetos conforme novos padrões de execução.
Posição de saída dos revestimentos cerâmicos e alinhamento das juntas.	Foram executados conforme o protótipo virtual.
Desalinhadas as juntas do piso e parede na parede lateral da bancada da pia	Foram executadas conforme o protótipo virtual.
Redução do tamanho da bancada de granito para evitar filete cerâmico.	Foi executado conforme o protótipo virtual e evitado o filete na extremidade da parede.
Atividade de granito antecipada para ocorrer logo após a atividade de revestimento cerâmico.	Atraso na entrega do granito e barrados largos entregues com medidas erradas.
Chanfro de 2,5 cm na parte interna da alvenaria para posicionamento da esquadria de manutenção da banheira.	Foram executadas conforme protótipo virtual.
Montantes e cantoneiras de suporte da bancada de granito.	Foram adicionadas peças não previstas na PV. Falta de atualização do padrão de execução nos projetos.
Faixa de granito como área da absorção de imprecisões.	Foram utilizadas como área de absorção. A empresa fornecedora das peças de granito mede o local de aplicação antes de confeccionar o material.
Elaboração de prancha em 2D e prancha com perspectivas do protótipo.	Foram utilizadas as duas formas de representação na execução. A prancha em 2D para informações referentes a medidas e saída da paginação e as perspectivas para visualizar as interações entre os diferentes planos.

Quadro 18 - Soluções ou informações adotadas na PV e a forma como foram utilizadas na PF.

O quadro 19 aponta as informações adicionais relativas às placas cerâmicas que não foram documentadas a partir da PV e como estas informações estavam representadas nas pranchas elaboradas a partir do modelo virtual.

Informações demandadas na PF	Forma de representação das informações nas pranchas de execução
Espessura do rejunte.	Gráfica - Placas cerâmicas representadas mantendo a distância de 2 milímetros referente à espessura das juntas, porém não foram apresentadas cotas ou indicações textuais referentes a essa informação.
Restrição de recortes nas pastilhas de vidro.	Não documentada.
Restrição quanto revestimento cerâmico de acabamento na lateral da esquadria de manutenção da banheira.	Não documentada.
Informações quanto aos locais de enchimento para o nivelamento das pastilhas de vidro.	Não documentadas.
Junta do piso do Box partindo exatamente do eixo do ralo.	Gráfica - As placas cerâmicas foram representadas partindo do eixo do ralo, porém não foram apresentadas cotas indicando tal decisão.

Quadro 19 - Informações demandadas pela PF e forma de representação das informações nas pranchas de execução.

6.1.9 Discussão dos Resultados da PF – EC1

A primeira decisão tomada na PV e não replicada na PF foi o abandono da seqüência de execução. Esta decisão foi tomada pela ausência do enchimento de piso onde seria aplicada a pastilha. Como o executor do serviço de revestimento teria que começar a tarefa naquele dia, preferiu partir de uma galga e iniciar a execução pelo piso cerâmico. Como observado, esta atitude não trouxe problemas para a execução e não diminuiu a qualidade final do acabamento. Portanto, neste caso, a definição de uma seqüência de execução, mesmo elaborada com a participação do executor, não foi seguida. O encarregado pela execução comentou que, na etapa de revestimentos, cada operário trabalha de forma particular.

O depoimento do executor legitima esse caráter pessoal de produção do revestimento. Este afirmou que cada profissional executa o revestimento na seqüência que mais lhe convém, por exemplo, primeiramente todas as paredes e depois os pisos ou ao contrário.

Pode-se observar que a utilização de galgas foi a forma que o executor adotou para prever a disposição do material. Muitas vezes, o executor preferiu o uso de galgas a confiar estritamente nas medidas de projeto. Esta constatação pode ser observada pela quantidade de vezes que o executor utilizou este recurso e pode ser justificada pela não utilização das medidas reais dos acabamentos em projeto, fato comum na construção civil.

A aplicação de galgas durante o processo de execução reforça a necessidade de utilização das medidas reais durante o PV. Na execução, trabalhar com galgas executadas com o material disponível favorece o processo de prototipagem, pois ao dispor o material no local a ser aplicado o executor está realizando um processo de experimentação do revestimento. O lançamento e observação da disposição permitem que o executor visualize como ficará o revestimento antes de assentá-lo.

A não utilização de medidas reais para revestimentos nos projetos da construção civil pode ser justificada pela falta de informação adequada do fabricante. São fornecidos tamanhos nominal e de fabricação das placas cerâmicas de revestimento. Porém a medida real do produto, muitas vezes, não condiz com a dimensão de fabricação fornecida pelo fabricante e as peças variam de medidas entre produtos do mesmo lote. Outro fator que colabora para esse costume é a alteração das especificações dos projetos na época da compra dos materiais. Comumente o cliente ou o construtor compra materiais de acabamento diferentes dos especificados, principalmente em função do preço.

A decisão referente à espessura das juntas foi deixada para a produção. Este fato ocorreu, pois quando se projeta em 2D não são demonstradas as espessuras das juntas. No software *CAD*, a representação das juntas é feita apenas por meio de uma linha que compõe uma hachura quadriculada que representa a dimensão nominal da placa cerâmica aplicada. Já, no modelo 3D, as placas cerâmicas foram modeladas e distanciadas umas das outras, sendo, assim, estabelecida a espessura das juntas. O fato de não representar essa decisão, que poderia ser tomada na etapa de projeto, pode ser justificado pela variabilidade no tamanho das placas cerâmicas, o que acaba inviabilizando o esforço de representar a junta nos desenhos.

No entanto, entende-se que deva ser especificada qual a espessura desejada ou a tolerância de variação no tamanho da junta para que o desempenho do revestimento não seja comprometido. Esta informação deve permitir que o responsável por executar o revestimento cerâmico tome decisões, no momento da produção, para absorver pequenas variações dimensionais e, assim, por exemplo, evitar que seja necessário medir o espaço deixado para as faixas de granito após o término do revestimento cerâmico. As únicas informações fornecidas a respeito dos

rejuntas foram cor e marca do produto, sem descrição de outras características específicas necessárias ao momento de aplicação.

Resende et al. (2001) apresentam que na especificação da argamassa de rejuntamento, além de considerar os aspectos estéticos e de custo inicial, deve-se analisar os custos de manutenção bem como a sua influência na estabilidade do revestimento. Porém, a ausência de informações referentes aos rejuntas pode ser percebida pela inexistência de normas nacionais sobre os materiais de rejuntamento cimentício, seja de caracterização dos materiais, de resistência ao manchamento ou de flexibilidade.

Durante a prototipagem física, o executor alterou uma especificação do projeto e alinhou as juntas dos pisos internos e externos do box. Essa alteração acarretou no desalinhamento da junta do piso em relação ao eixo do ralo. Durante a PV não foi avaliada essa alteração pela exigência de que as juntas deveriam ficar exatamente no eixo do ralo para conseguir o caimento da água. Na execução pode-se perceber que essa alteração (menor que 1 cm) não afetaria o caimento da água.

Uma análise a partir deste episódio remete a reflexão acerca da necessidade comum de ajustes no momento da execução das tarefas em canteiro. Este fato decorre da variabilidade nas dimensões dos materiais, da qualificação da mão de obra e do caráter artesanal das técnicas adotadas. Pequenos ajustes são aceitáveis e podem não comprometer a qualidade do produto final. No entanto, para que a prototipagem virtual possa trazer benefícios decorrentes da antecipação de problemas e tomadas de decisões sob melhores condições, é preciso assegurar um nível mínimo de qualidade em cada etapa executada em canteiro. Grandes variações nos espaços disponíveis ocasionados por falta de controle nas atividades anteriores impossibilitam a replicação de soluções definidas na modelagem virtual do produto.

É importante destacar que as diretrizes definidas no protótipo virtual que visavam à inexistência de recortes no revestimento cerâmico foram criteriosamente cumpridas após considerar a medida real das placas e do espaço disponível após o banheiro rebocado. Este fato demonstra a viabilidade da modelagem antecipada de detalhes do produto visando a orientar a produção ainda que em produtos com alto grau de exigência quanto ao acabamento.

Neste contexto, quanto mais fidedignas forem as informações referentes aos elementos modelados, menores serão as chances de ocorrer incompatibilidades não previstas ao longo da prototipagem física.

Durante a PV, foi levantada uma série de restrições e informações de execução que não foram documentadas nas pranchas elaboradas a partir do protótipo virtual. Essas informações consistiram em decisões tomadas na PV que deveriam ser descritas como observações na documentação, pois apresentam dados relevantes para a execução. São elas:

- (a) Inexistência de recortes nas pastilhas de vidro;
- (b) Restrição quanto à posição do revestimento cerâmico na lateral da esquadria de manutenção da banheira;
- (c) Informações quanto aos locais de enchimento para o nivelamento das pastilhas de vidro.

Estas informações foram discutidas durante a PV e replicadas com sucesso na PF. Porém, se o executor não houvesse participado das reuniões da PV, o desconhecimento destas decisões poderia ter causado erros na execução. Uma questão ainda não discutida é como documentar estas restrições de projeto para que o executor esteja ciente das mesmas durante a PF. Dois pontos importantes devem ser considerados no que tange a estas restrições ou informações. O primeiro refere-se às mesmas serem específicas deste projeto, o que remete à necessidade da ferramenta de modelagem oferecer flexibilidade para inserir informações não consideradas básicas. O segundo diz respeito às mesmas se referirem a outros subsistemas da edificação que não o revestimento cerâmico, como é o caso da camada de enchimento (substrato). Portanto, não são informações que devem estar contidas em um objeto que represente uma placa cerâmica.

Como modelos de representação dos projetos, foram selecionadas uma prancha com representação bidimensional e uma prancha com perspectivas do protótipo virtual. Conforme a observação da pesquisadora e a confirmação pela entrevista com o executor, ambos os modelos foram utilizados durante a PF.

A prancha em 2D possuía as medidas de projeto e o padrão de representação conhecido pelo executor. Foi observado que esta prancha foi utilizada, principalmente, para localizar os pontos de saída da paginação e visualizar as medidas necessárias.

A prancha com as perspectivas do protótipo virtual foi utilizada para visualizar as interações entre os diferentes planos, por exemplo, juntas que deveriam estar alinhadas entre piso e parede. O engenheiro observou que as perspectivas facilitam o entendimento dos projetos por parte dos executores ou de pessoas que não tivessem participado do processo de prototipagem virtual.

Em entrevista com o executor, foi confirmado o emprego das duas formas de representação. Segundo relatos do executor, nas perspectivas, foi analisado o alinhamento entre juntas e como ficaria exatamente o acabamento final do banheiro. Na prancha com os desenhos em 2D foram extraídas as medidas. Apesar disto, o executor afirmou que o “certo” seria usar somente a prancha em 2D, pois nunca tinha visto uma prancha com perspectivas e que não via necessidade de consultá-las durante a execução.

Por outro lado, o executor ressaltou a deficiência do 2D em representar as vistas de maneira fragmentada, dificultando a visualização dos reflexos de decisões referentes a um plano em outro. O entrevistado acrescentou que em situações mais complexas, somente após executar o serviço seria possível efetuar melhores análises referentes a planos diferentes.

Embora tenham sido verificadas as contribuições da prototipagem virtual para orientar a execução de acabamentos de forma a garantir as características do produto final, também se pode constatar que a modelagem de protótipos virtuais exige uma maior preocupação com a inserção de informações referentes à produção e, portanto, uma integração mais consistente entre projeto e execução.

6.2 ESTUDO DE CASO 2 (EC2)

No EC2 foram elaborados três protótipos virtuais consecutivos e, posteriormente, executado o protótipo físico. Da mesma forma que no estudo anterior, o propósito foi identificar que informações eram consideradas na modelagem virtual, de tal forma que na execução do protótipo físico, o produto final possuísse as características desejadas. No entanto, conforme mencionado na descrição do método de pesquisa, neste estudo foi utilizado para a modelagem o *software Autodesk Revit Architecture*. A seguir são apresentados e discutidos os resultados de cada protótipo.

6.2.1 Protótipo virtual 01

A primeira versão do modelo virtual foi elaborada com base nas seguintes informações: (a) Posições e dimensões das paredes de gesso acartonado e alvenaria; (b) Informações do projeto de arquitetura de interiores; (c) Revestimentos de cada face; e (d) Dimensões reais e espessuras das placas cerâmicas; (e) Informações referentes à execução, tais como, espessuras de argamassa, normalmente, adotadas na execução; e (f) Modelos em 3D de louças e metais.

O projeto nomeado pela empresa de arquitetura como “executivo / alvenaria (cotas em osso)” não representava as espessuras reais das paredes em gesso acartonado, portanto, a pesquisadora elaborou uma nova planta em 2D contemplando estas medidas e esta foi adotada como referência para a execução. O novo posicionamento das paredes foi considerado para a modelagem do protótipo. Estas alterações ocasionaram a diminuição de somente 0,5 cm na área interna do box.

Outra incompatibilidade encontrada consistiu na divergência entre a paginação das placas cerâmicas apresentada na planta baixa e na elevação (FIGURA 25). Por questões estéticas, adotou-se para a modelagem a informação presente na elevação.

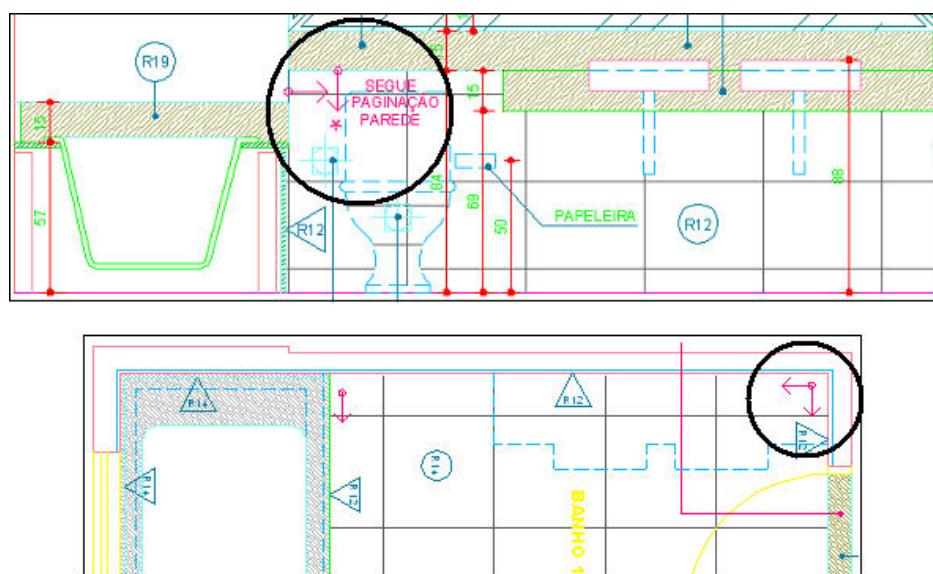


Figura 25 - Incompatibilidade da saída da paginação das placas cerâmicas entre a planta e a elevação

Para a modelagem do protótipo, informações referentes às especificações dos revestimentos de cada face do banheiro foram definidas a partir do projeto de arquitetura de interiores e com base em considerações relativas à execução, tais como, espessuras do reboco (onde houvesse), da argamassa de assentamento da cerâmica e granito e das espessuras da cerâmica e do granito. As medidas reais da placa cerâmica foram extraídas de outro *showroom* executado com a mesma. Neste protótipo, também foram modelados os pisos de granito, o bit e as esquadrias.

Como na modelagem paramétrica são criados tipos de alvenarias com suas estruturas e revestimentos aplicados, nesta etapa, além do posicionamento das paredes, houve a preocupação em criá-las com os respectivos acabamentos (FIGURA 26). A intenção deste primeiro modelo foi definir as posições e acabamentos das paredes e pisos.

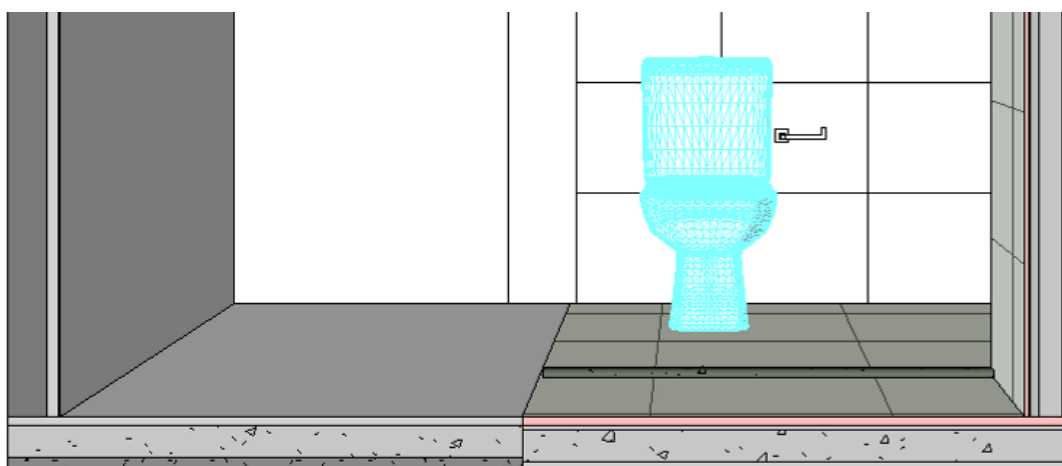


Figura 26 - Paredes e pisos com respectivos acabamentos

Durante a modelagem, surgiram dúvidas quanto à aplicação de alguns acessórios de acabamento, tais como, papeleiras, toalheiros, chuveiro e ducha, pois os projetos não apresentavam suas medidas e posições reais. Os acessórios que apresentavam especificações nas planilhas de compra foram modelados e aplicados. Neste caso, a construtora não tinha muita preocupação com a posição ou especificações das peças, pois estas não fazem parte do produto posteriormente entregue aos clientes.

Os acessórios especificados nas planilhas de compras foram modelados de maneira aproximada, seguindo as medidas apresentadas pelos fornecedores ou adquiridos através de catálogos de modelos geométricos em 3D.

No momento da modelagem, detectou-se que havia uma incompatibilidade entre os projetos de arquitetura de interiores e o de detalhamento dos móveis, no que dizia respeito às cotas da altura do forro. A posição do forro no projeto de detalhamento do mobiliário estava 10 cm mais alta que no projeto de arquitetura de interiores. Esta incompatibilidade, se não detectada, poderia acarretar problemas na moldura dos espelhos e nos painéis em madeira. Porém, essa informação foi repassada para os responsáveis pela execução do mobiliário.

Outra incompatibilidade encontrada foi na medida da esquadria do banheiro. Na planta de locação das alvenarias, a largura da esquadria apresentava a medida de 1,55 m, enquanto que na elevação do projeto de arquitetura de interiores, a dimensão estava 5 cm menor. A medida da planta de locação foi mantida.

Destaca-se que uma análise mais detalhada dos projetos em 2D, apesar da fragmentação das informações em diferentes vistas, poderia ter apontado as incompatibilidades. O protótipo virtual foi concebido a partir de informações dos projetos em 2D, porém o desenvolvimento do projeto, desde o início em 3D, poderia ter evitado estas incompatibilidades por meio de um modelo único de representação.

6.2.2 Protótipo virtual 02

Após a primeira reunião com o engenheiro de produção, foram adicionadas informações que resultaram no protótipo virtual 02. Para a construção deste modelo, foram incorporados elementos de acabamento, tais como: (a) Faixas e rodapia de granito; (b) Banheira (parede de gesso acartonado e acabamentos de granito); e (c) Nicho interno do box.

Estes elementos foram agregados ao primeiro modelo após as definições de posição e acabamentos das alvenarias e pisos. Como na modelagem paramétrica as faixas e a rodapia de granito são considerados ornamentos ou cornijas agregadas às paredes (*wall sweep - cornice*), estas deveriam estar com suas posições previamente definidas.

Durante a modelagem do protótipo, existiram dúvidas a respeito da posição de duas peças de granito, em relação às placas cerâmicas (FIGURA 27).

Conforme padrão adotado pela empresa e verificado em outros *showrooms*, estas peças de acabamento foram aplicadas sobrepostas às placas cerâmicas.

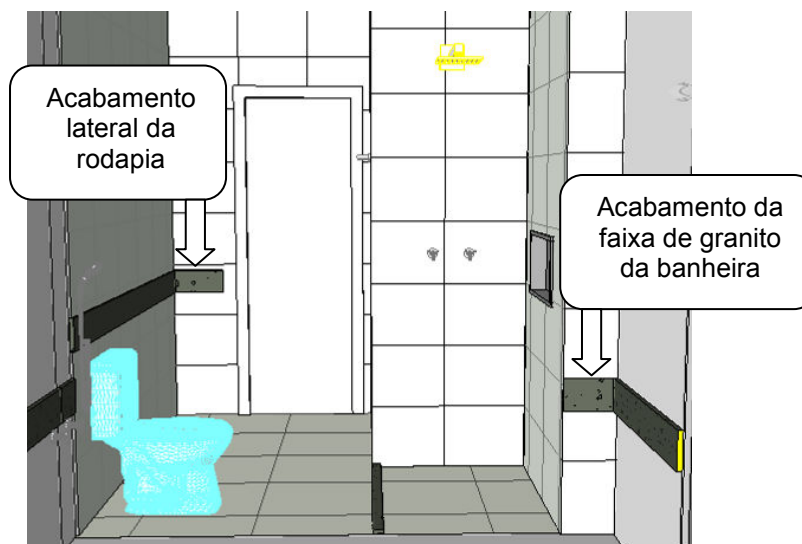


Figura 27 - Vista do Protótipo Virtual 2 mostrando as peças de granito

Durante a modelagem do nicho do box, foram verificadas diferenças entre a paginação das placas cerâmicas no projeto de arquitetura de interiores, com tamanhos nominais das placas e no modelo virtual, com medidas reais das placas. Dessa forma, pode-se observar no modelo virtual a ocorrência de duas juntas na parte interna do nicho, diferente do projeto em 2D que previa somente uma junta (FIGURA 28).

O projeto em 2D também apresentava uma incompatibilidade entre os acabamentos internos do nicho. Na elevação, o acabamento era representado com placas cerâmicas, porém, o desenho do detalhamento indicava o acabamento com granito. Sem consultar a arquiteta responsável pela elaboração do projeto, optou-se por manter o acabamento em cerâmica conforme apontado na elevação (FIGURA 28).

O nicho foi modelado como pertencendo a uma família de janelas do *Revit*. Assim, quando hospedado dentro da alvenaria, o nicho gera uma abertura com profundidade e acabamentos determinados. Neste tipo de solução, não foi possível aplicar o revestimento cerâmico na parte interna no nicho, uma vez que as juntas do revestimento cerâmico não poderiam ser alinhadas da mesma maneira que as juntas das cerâmicas aplicadas diretamente sobre a alvenaria.

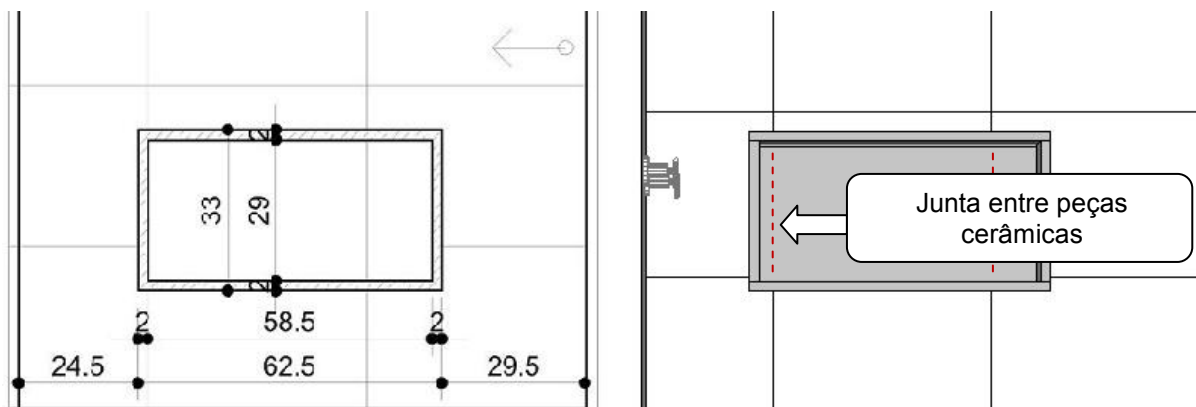


Figura 28 - Nicho do box no projeto da arquitetura de interiores e no protótipo

O uso de medidas reais das placas ao elaborar o projeto arquitetônico poderia evitar que este ficasse diferente do modelo tridimensional e ajudaria a formular uma melhor solução estética, talvez readequando as medidas do nicho a fim de evitar essa segunda junta. Uma nova solução não foi estudada, pois como se tratava de um *showroom*, não havia tempo suficiente para a construtora discutir com a empresa de arquitetura e esta alterar o projeto.

Comparando as plantas do projeto de arquitetura de interiores (cinza claro), do projeto “executivo / alvenaria (cotas em osso)” (cinza pontilhado) e do projeto de alvenarias corrigido pela pesquisadora (preto) pode-se verificar algumas diferenças entre as medidas de cada projeto (FIGURA 29).

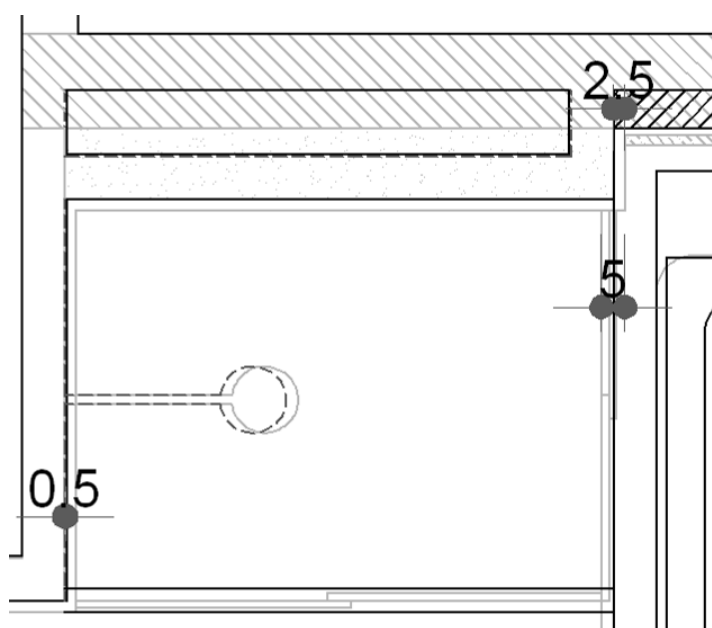


Figura 29 - Sobreposição entre as plantas do projeto de arquitetura de interiores (cinza claro), projeto de alvenarias (cinza pontilhado) e projeto de alvenarias corrigido (preto)

A espessura final de revestimento cerâmico no projeto de arquitetura de interiores (cinza claro) era de 2,5 cm, diferente da medida utilizada pela engenharia que é de 1,2 cm. Essa redução na espessura do revestimento alterou as medidas internas do banheiro, resultando em mudanças nas dimensões da parede e dos granitos da banheira. Assim, foi criada uma restrição durante a modelagem. As dimensões foram adaptadas de maneira que o granito de acabamento formasse um transpasse de 5 cm com a parede com acabamento cerâmico. Essa medida foi estabelecida para que posteriormente fosse instalado o box de vidro.

Neste estudo, não foram detalhadas as peças de fixação da parede de gesso acartonado e de suporte para o granito da banheira. Mais uma vez, por se tratar de um *showroom* temporário, não houve a preocupação em criar um detalhamento específico para essas peças de fixação.

A partir da modelagem deste protótipo, pôde-se discutir a respeito das possibilidades de absorção de variações dimensionais. Neste estudo, foram definidas como regiões de ajustes as áreas dos painéis de madeira e da moldura do espelho (FIGURA 30).

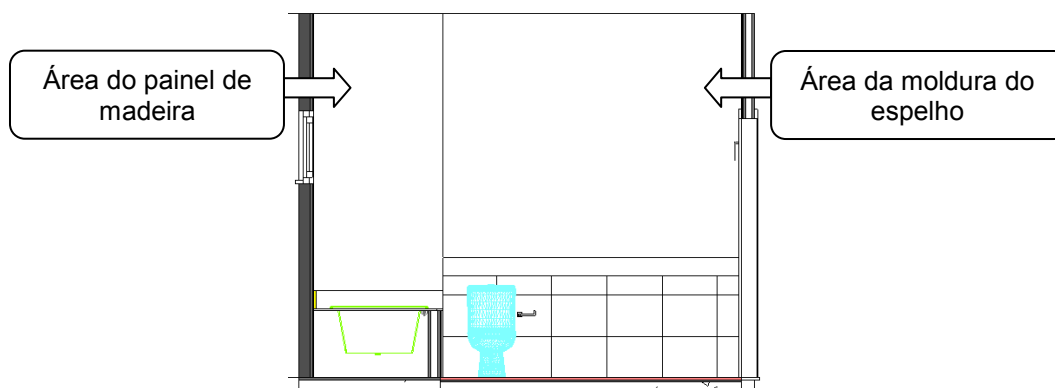


Figura 30 - Áreas para absorção de variações dimensionais

No protótipo 02, apesar de os objetos terem sido modelados, estes ainda não possuíam a aplicação dos materiais de acabamento para a renderização (FIGURA 31). Este termo é derivado da palavra inglesa *render*, que significa acabamento. Renderização consiste em um processo aplicado, especialmente, em programas de modelagem por meio do qual se pode obter uma imagem do produto simulando condições realísticas. Os modelos, normalmente, são construídos usando o modo de representação aramado com superfícies, chamado *wireframe*. O Render

finaliza o *wireframe*, possibilitando a geração de uma imagem com aspectos mais próximos à realidade (BRITO, 2007).

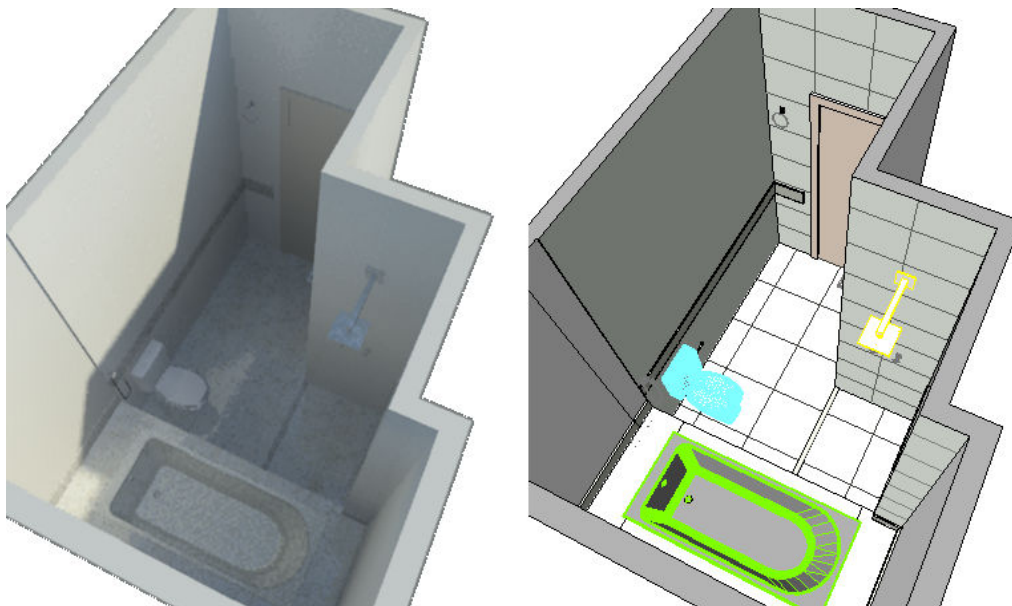


Figura 31 - Vista com acabamentos (*render*) e em modo aramado (*wireframe*) do protótipo virtual 02

Um ponto positivo em decorrência do uso do protótipo virtual foi a maior facilidade para a visualização dos acabamentos e das áreas destinadas à absorção das imprecisões dimensionais. Esse benefício proporcionou restringir a necessidade de recomposição mental dos planos ortogonais.

6.2.3 Protótipo virtual 03

A terceira versão do protótipo virtual incorporou os elementos finais do modelo virtual, dentre eles: (a) forro com pontos de iluminação; (b) Mobiliário em madeira, painéis e espelho; e (c) aplicação dos materiais para a versão com acabamentos (*rendering*). Além destes elementos, também foram definidas as formas de representação do modelo para orientar a execução que resultou em uma prancha contendo os projetos em 2D e perspectivas extraídas do protótipo virtual (FIGURA 32). A prancha foi elaborada no *software Revit Architecture* e todas as vistas e perspectivas foram extraídas diretamente do protótipo virtual.

Cabe ressaltar que diferentemente do EC1, em que as informações extraídas do modelo virtual tiveram que ser trabalhadas em outro *software* para adequar a forma de representação conforme as convenções de desenho técnico, a documentação do EC2 foi extraída diretamente do modelo. Assim, além das

informações básicas geométricas e funcionais demandadas na elaboração do modelo, o *software* permite a inserção das formas ou parâmetros de representação.

Nesta versão, o protótipo virtual incorporou os elementos finais do modelo virtual e na prancha para execução, foram adicionadas outras informações, tais como cotas e símbolos de saída da paginação. O *software Revit* apresenta de maneira automática somente a representação em 2D, sem alguns elementos de documentação como cotas e símbolos.

6.2.4 Síntese das contribuições da PV – EC2

O quadro 20 apresenta uma síntese de informações relacionadas aos revestimentos cerâmicos e demandadas durante a elaboração dos protótipos virtuais.

Protótipo Virtual	Informações sobre revestimentos cerâmicos
01	Espessura média da argamassa de assentamento; Espessura da placa cerâmica; Dimensões reais das placas cerâmicas; Ponto de partida da paginação das placas cerâmicas.
02	Sem informações adicionais.
03	Acabamentos (<i>rendering</i>).

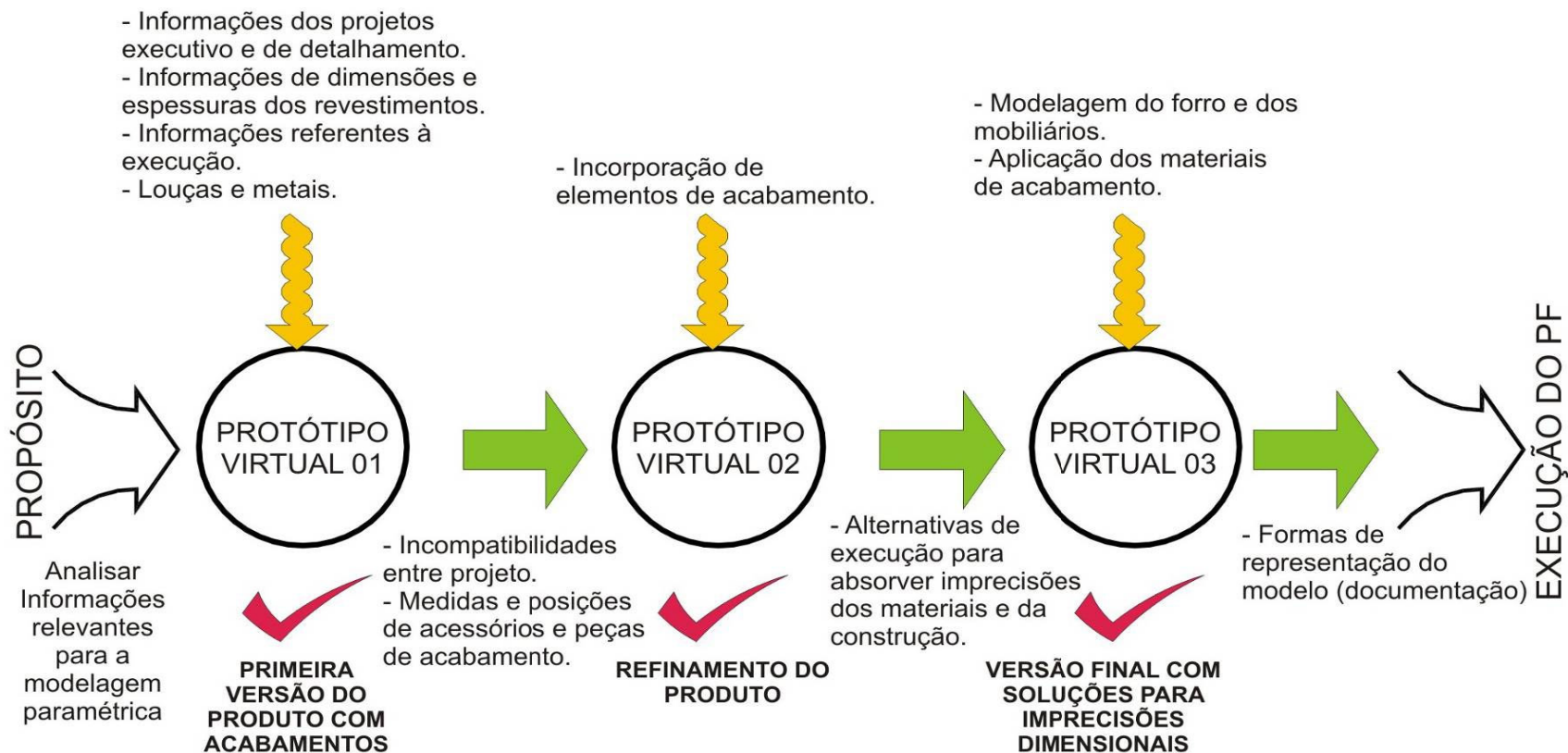
Quadro 20 - Síntese das informações sobre revestimentos cerâmicos demandadas durante a prototipagem virtual

Além das informações demandadas pelo processo de prototipagem virtual, o quadro 21 apresenta as informações que constavam nos projetos em 2D elaborados pela empresa de arquitetura e a forma com que essas informações foram representadas nas pranchas.

Dados fornecidos nos projetos em 2D	Forma de representação das informações
Cotas dos locais de aplicação das placas cerâmicas (medidas nominais).	Gráfica - Plantas e elevações com cotas.
Local de saída da paginação.	Gráfica - Plantas e elevações com setas indicando o local de saída da paginação.
Tipo do acabamento (material).	Textual - Texto contido na prancha e referenciado por meio de símbolos nos desenhos (plantas e elevações).
Dimensão (largura e altura) nominal.	Gráfica e textual - Texto contido na prancha e referenciado por meio de símbolos nos desenhos (plantas e elevações).
Referências do fabricante (nome ou código, linha, marca).	Textual - Texto contido na prancha e referenciado por meio de símbolos nos desenhos (plantas e elevações).
Tipo de rejunte para a parede e piso (cor, marca).	Textual - Texto contido na prancha.
Tipo de rejunte para pastilha (cor, marca).	Textual - Texto contido na prancha.

Quadro 21 - Síntese das informações sobre revestimentos cerâmicos dos projetos em 2D

A figura 33 apresenta uma síntese do processo de prototipagem virtual com as informações de entrada, análises efetuadas, decisões tomadas e marcos na definição do produto ou processo.



LEGENDA

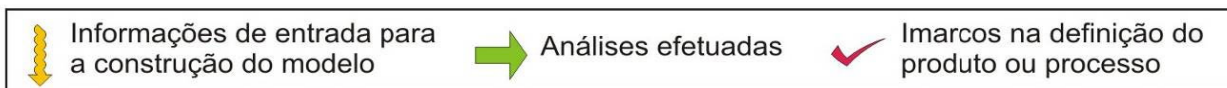


Figura 33 - Síntese do processo de prototipagem virtual

6.2.5 Discussão dos Resultados da PV – EC2

A utilização do protótipo eliminou as incompatibilidades encontradas nos projetos em 2D, uma vez que as informações são extraídas de uma fonte única de representação. O conceito *BIM* reforça a integração dos projetos em desenvolvimento por meio de modelos únicos.

Ressalta-se que neste estudo, não foi utilizado todo o potencial da modelagem paramétrica, visto que foram inseridos dados referentes à geometria e forma de representação, não sendo inseridos os dados funcionais, tais como, especificações do fabricante, tipo de acabamento e cor.

Corroborando os resultados do EC1, as informações demandadas durante a prototipagem virtual apontam que quando são elaborados modelos tridimensionais são demandadas outras informações além das daquelas requeridas nos projetos em 2D. Tais informações referem-se a espessuras da placa cerâmica, alinhamentos e interfaces com outros materiais.

O processo exigiu a compilação e incorporação de uma série de informações relacionadas aos materiais, às técnicas e seqüência de execução durante toda a composição do modelo virtual. O quadro 20 demonstra as informações relativas aos revestimentos cerâmicos demandadas ao longo do processo.

Uma diferença relevante entre a modelagem do protótipo virtual do EC1 e este é que na representação do modelo paramétrico não se pode observar as sobreposições entre as placas cerâmicas em planos ortogonais, pois o *software* reconhece o revestimento como uma camada de acabamento (*finish*) aplicada sobre a estrutura básica da parede (*core structure - substrate*) (FIGURA 34).

Layers				
EXTERIOR SIDE				
	Function	Material	Thickness	Wraps
1	Core Boundary	Layers Above Wr	0,00	
2	Substrate [2]	Plasterboard	2,00	<input type="checkbox"/>
3	Structure [1]	Air Barrier - Air In	5,50	<input type="checkbox"/>
4	Substrate [2]	Plasterboard	2,00	<input type="checkbox"/>
5	Core Boundary	Layers Below Wra	0,00	
6	Finish 1 [4]	Concrete - Sand/	0,30	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Finish 2 [5]	Ceramica 33x45	0,90	<input checked="" type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>
INTERIOR SIDE				

Figura 34 - Informações sobre as camadas da parede

Assim, a camada de revestimento une-se à camada aplicada na parede seguinte, não permitindo que seja representada qual cerâmica se sobrepõe sobre a outra (FIGURA 35). Como descrito pelo executor, as sobreposições das placas cerâmicas são decididas pelo encarregado da execução através de sua experiência e por questões estéticas. Da mesma forma, o *software* não é capaz de representar chanfros a 45° na placa cerâmica para a reprodução de quinas.

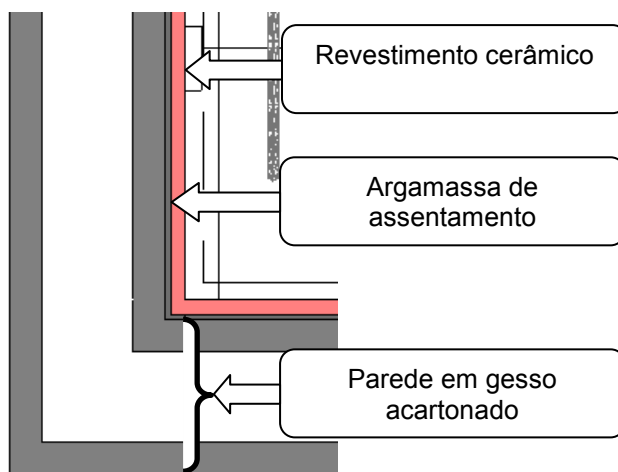


Figura 35 - Representação das camadas da parede

Para a modelagem no *software* paramétrico, não puderam ser adicionadas as informações a respeito das espessuras das juntas. No *software Revit*, as placas cerâmicas são consideradas hachuras aplicadas sobre uma camada de acabamento da parede. Essa forma de abstração não possibilita a representação satisfatória das juntas e impossibilita a renderização das placas cerâmicas conforme seu tamanho original. O acabamento na imagem renderizada é representado por uma imagem aplicada sobre a camada (FIGURA 36).

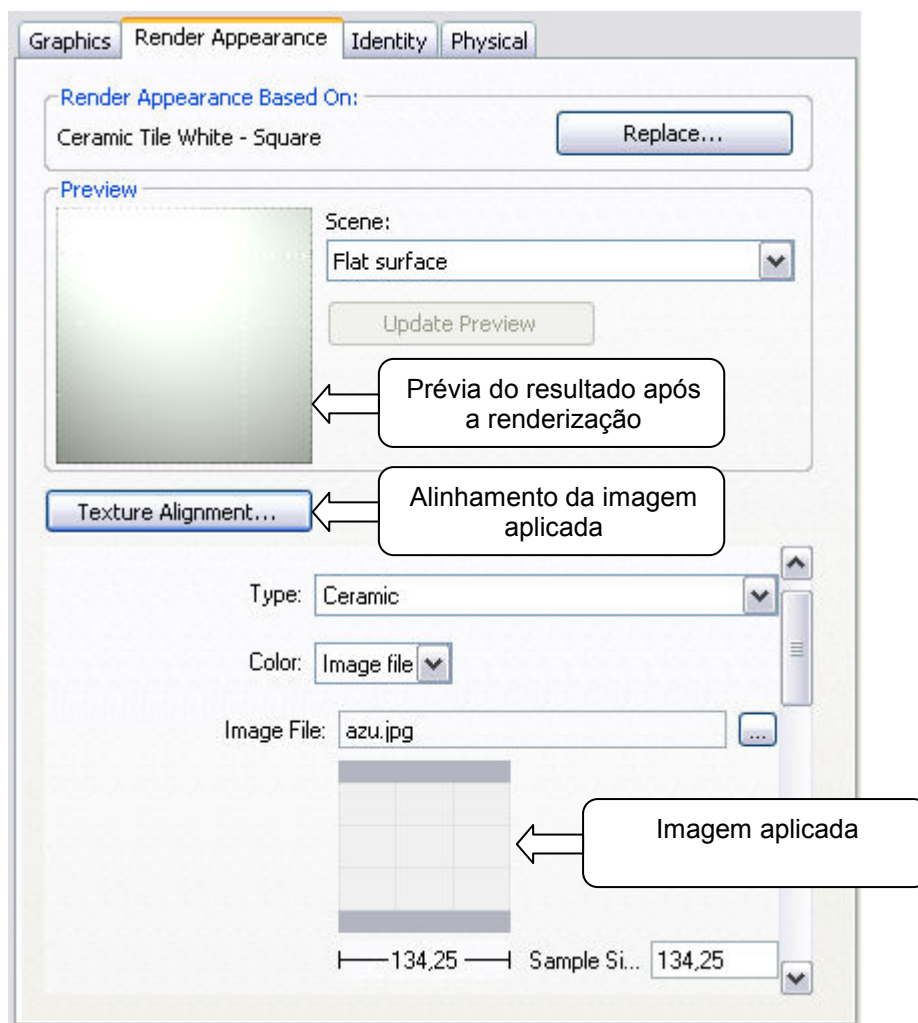


Figura 36 - Modo de aplicação de imagens de acabamento de materiais

Mesmo que a imagem aplicada seja criada com as medidas reais das placas cerâmicas e juntas, e que a juntas da textura da imagem sejam alinhadas (ver figura 36 – *texture alignment*), o tamanho da placa cerâmica resultante após a renderização não é exatamente o que está aplicado no modelo, visto que este não comporta a espessura entre as juntas.

Estes problemas de representação das placas cerâmicas refletem no modelo em aramado, que não contém as espessuras de juntas e no modelo renderizado, que não apresenta as medidas reais das placas e juntas. Desta forma, a aplicação da imagem de acabamento a partir dos recursos atuais do *software* não privilegia a visualização da posição correta das juntas (FIGURA 37).

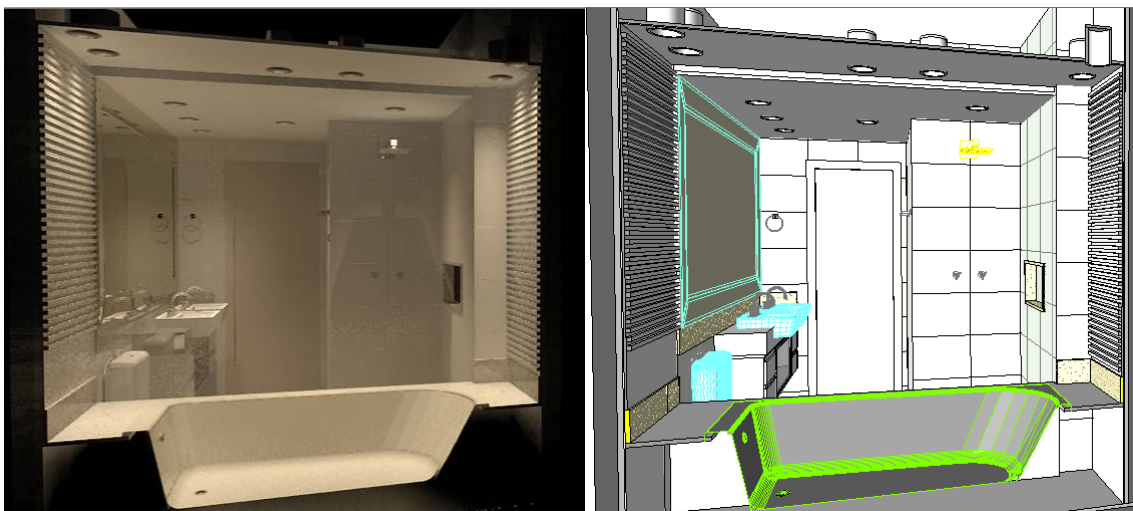


Figura 37 - Vista com acabamentos (*render*) e em aramado (*wireframe*) do protótipo virtual 03

6.2.6 Execução do Protótipo Físico – EC2

Na fase de acompanhamento da execução, o protótipo físico encontrava-se com os serviços de obra bruta (alvenaria, revestimento argamassado e paredes de gesso acartonado) já executados. Portanto, assim como no estudo anterior, a prototipagem física compreendeu a etapa de acabamentos.

O profissional responsável pela execução foi o mesmo do EC1, porém neste estudo não participou das etapas do processo de prototipagem virtual e, portanto, não havia entrado em contato com as decisões e restrições analisadas durante as reuniões.

Para o início da execução do *showroom*, as paredes em gesso acartonado foram executadas conforme a nova planta elaborada pela pesquisadora (FIGURA 38). Além disso, conforme o padrão da construtora, o forro já havia sido executado. Nesta etapa, não foi executada a parede de apoio da banheira, assim como a abertura para o posicionamento do nicho (FIGURA 39), pois essas informações não estavam contidas no projeto “executivo / alvenaria (cotas em osso)” elaborado pela empresa de arquitetura e, da mesma forma, não foram inseridas na correção elaborada pela pesquisadora.



Figura 38 - Paredes do Protótipo Físico executadas sem a parede de apoio da banheira

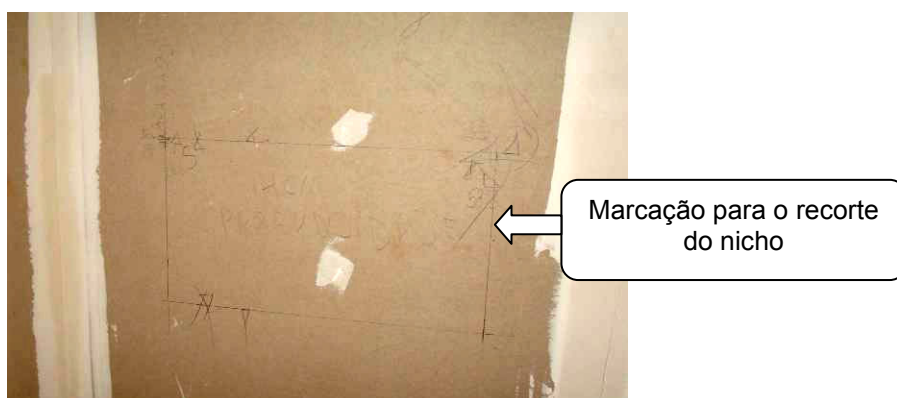


Figura 39 - Parede sem o recorte do nicho

Para o início da execução do banheiro, o encarregado analisou a prancha em 2D elaborada pelo escritório de arquitetura e rapidamente indicou as paredes que não tinham revestimento cerâmico. Além disso, apontou como era simples a visualização da paginação por meio das setas que indicavam o local de partida da paginação. Foi observado qual o tipo da placa cerâmica que seria utilizado e não foi encontrada a informação referente ao tamanho da junta entre as placas cerâmicas, que posteriormente foi definida pelo engenheiro de produção. O encarregado ainda observou que sempre começa o assentamento da cerâmica de maneira que uma parede de cerâmica seja sobreposta à subsequente ortogonal.

Durante o assentamento das placas cerâmicas, foi elaborada uma galga com a altura relativa a quatro placas cerâmicas que foi utilizada para definir a altura,

partindo do forro que seria adotada para iniciar o assentamento do revestimento cerâmico. Foi utilizada essa galga, pois apesar da placa cerâmica partir sem recortes do forro em direção ao chão, não é esta sequência que o encarregado normalmente utiliza (FIGURA 40).



Figura 40 - Galga elaborada e assentamento das placas cerâmicas a partir da altura

Com relação à representação do banheiro a partir das perspectivas, foi comentado pelo executor que as imagens renderizadas estavam difíceis de compreender. Este fato ocorreu, pois as imagens do EC1 foram obtidas pelo *software Sketchup* que utiliza um modo de representação baseado na combinação do modo *wireframe* com o renderizado, o que facilita a visualização das linhas que correspondem às juntas entre as placas cerâmicas. Já, no *software Revit*, as imagens renderizadas perdem a qualidade da representação do modo aramado juntamente com o *renderizado*, no entanto possuem a vantagem de serem mais realísticas.

O nicho apresentou duas juntas internas (FIGURA 41), exatamente como o previsto no protótipo virtual modelado a partir das medidas reais da placa cerâmicas. Essa evidência aponta para os benefícios da utilização de medidas reais na modelagem de produtos.

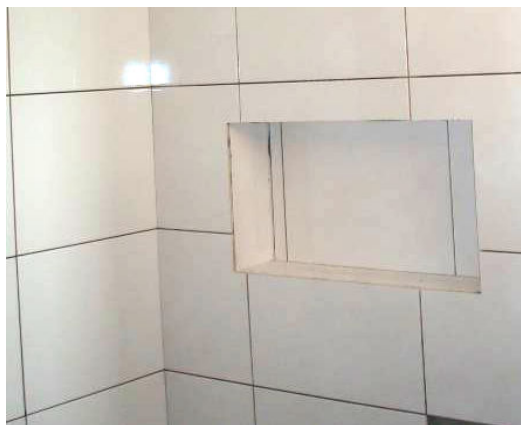


Figura 41 - Acabamento interno do nicho no protótipo físico

Contudo, após a execução do acabamento do nicho com o fundo em cerâmica, foi decidido que a execução seguiria o projeto de detalhamento. Assim, uma peça em granito foi sobreposta ao acabamento em cerâmica conforme a figura 42.



Figura 42 - Alteração no acabamento do nicho

A estrutura da parede de apoio da banheira, como não constava em projeto, foi definida pelo mestre de obras. O primeiro posicionamento dessa parede não seguiu as informações extraídas do protótipo virtual, utilizou-se somente a largura informada pelo projeto em 2D elaborado pela empresa de arquitetura. Neste caso, por decisão do mestre, foi dada preferência para a informação do projeto em 2D. Pela desconsideração das análises já elaboradas por meio do protótipo virtual, a parede foi executada sem atender à restrição do transpasse de 5 cm para a instalação do vidro do box (FIGURA 43). Para a correção desta falha, foi elaborado

pela pesquisadora um desenho demarcando o alinhamento correto que, posteriormente, foi seguido pela execução.

Além do problema citado, não foi prevista a aplicação de uma chapa de gesso acartonado por cima da estrutura de apoio para a banheira. Assim, toda a estrutura foi rebaixada em 1,25 cm (FIGURA 44). Esses erros ocorreram, pois esta estrutura não foi projetada e modelada com antecedência.

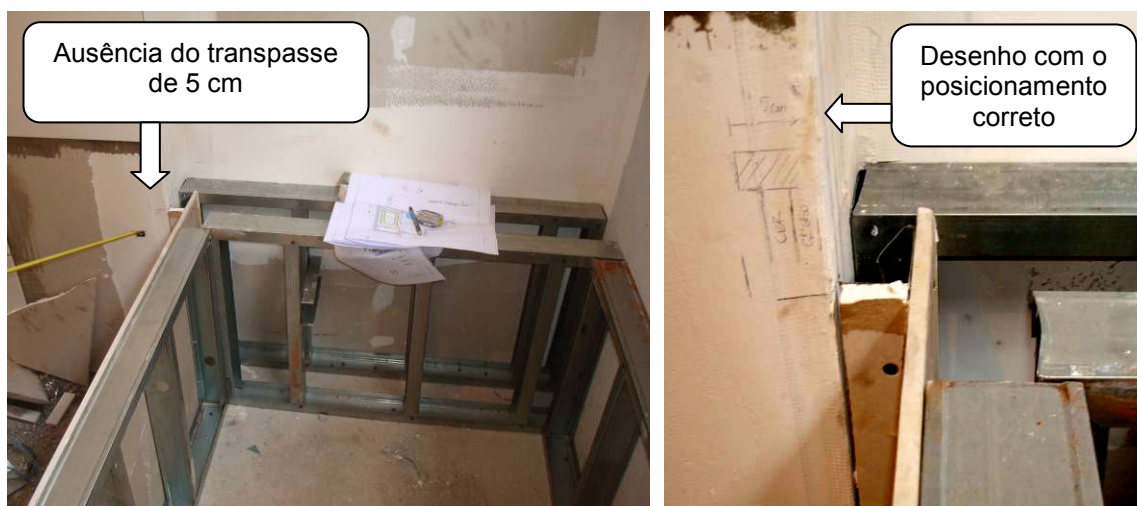


Figura 43 - Primeira execução da estrutura de apoio para a banheira e desenho apresentando o posicionamento correto



Figura 44 - Reposicionamento da estrutura de apoio para a banheira com a aplicação das placas em gesso acartonado.

Para a execução das pingadeiras de granito, uma peça foi fabricada com a largura menor que a medida indicada no protótipo virtual. Este fato foi percebido e alertado pela pesquisadora, porém a peça foi assentada sem que houvesse uma

reflexão em relação à posterior necessidade de substituição. Como resultado, a peça teve que ser substituída por outra com a medida indicada no modelo virtual (FIGURA 45).



Figura 45 - Substituição da peça de granito da banheira

Durante a PV, foi definido que uma peça de acabamento em granito ficaria colada sobre a placa cerâmica, conforme figura 46. Após a execução foi feito um teste e constatou-se que o acabamento ficaria melhor sem a aplicação da peça de granito.



Figura 46 - Teste para verificar o acabamento da peça de granito.

Para finalizar, foram executados os móveis abaixo da bancada que no *showroom* são responsáveis pelo suporte da bancada em granito. As últimas etapas da execução foram os painéis em madeira (FIGURA 47).



Figura 47 - Mobiliário executado para sustentação da bancada de granito e execução final da bancada com as cubas.

6.2.7 Síntese dos resultados da PF – EC2

O quadro 22 apresenta as soluções ou informações adotadas na PV e a forma como as mesmas foram utilizadas ao longo da Prototipagem Física.

Soluções ou informações adotadas na PV	Forma como as soluções ou informações foram utilizadas
Execução da parede de apoio da banheira e posicionamento do nicho.	Não executados previamente, pois os projetos executivos não continham a informação
Espessura do rejunte.	Não existência da informação nas pranchas de execução.
Perspectivas renderizadas.	Não foram utilizadas, pois as imagens estavam difíceis de compreender.
Nicho com duas juntas internas entre as placas cerâmicas.	Foi executado conforme o 3D, porém houve uma alteração no acabamento com a sobreposição de uma peça de granito.
Parede com transpasse de 5 cm para a instalação do vidro do Box.	Primeiramente a parede foi executada sem atender à restrição, posteriormente foi corrigida.
Medidas das pingadeiras de granito da banheira.	Uma das pingadeiras foi executada com a largura menor que a medida indicada no protótipo virtual, porém a peça foi substituída.
Peça de acabamento em granito sobre a placa cerâmica.	Elaboração de um teste constatando-se que o acabamento ficaria melhor sem a aplicação da peça de granito.

Quadro 22 - Soluções ou informações adotadas na PV e a forma como foram utilizadas na PF

6.2.8 Discussão dos Resultados da PF – EC2

Conforme se pode observar no acompanhamento da PF, uma das partes que apresentou a maior quantidade de erros e retrabalho foi a estrutura de apoio para a banheira. Esses problemas ocorreram, pois esse sistema não foi projetado previamente. Assim, a omissão de informações importantes durante as etapas de projetos pode causar complicações para a produção.

Tanto no projeto em 2D quanto na modelagem paramétrica não são demonstradas as espessuras das juntas, portanto essa decisão foi deixada para a produção. Neste estudo, as únicas informações fornecidas a respeito dos rejunte foram a cor e a marca do produto, sem descrição de outras características específicas relacionadas ao local de aplicação.

O projeto de arquitetura de interiores apresentava uma ambigüidade na informação relativa ao acabamento do nicho, na elevação o acabamento era cerâmico e no detalhe era em granito. Durante a modelagem do protótipo virtual optou-se por manter o acabamento cerâmico ao invés do granito. Porém, após a execução do acabamento com as placas cerâmicas houve o retrabalho para a sobreposição de uma peça de granito. Com a prototipagem virtual, o modelo é uma fonte única de extração de informações, portanto não haveria essa falha na informação de projeto.

Uma dúvida recorrente nos dois estudos é como documentar as restrições de projeto criadas ao longo da prototipagem virtual, de forma que o executor esteja ciente dessas peculiaridades na produção. No caso, não foi salientada a necessidade de manter um transpasse de 5 cm entre a placa cerâmica da parede e a pingadeira de granito da banheira para a instalação do vidro do box. Dessa forma, a parede foi executada sem atender à restrição. O erro foi apontado pela pesquisadora que tinha a informação dessa particularidade e prontamente foi corrigido, porém houve o retrabalho para a produção.

Uma das pingadeiras de granito da banheira foi executada com a largura menor que a medida indicada no protótipo virtual, isso ocorreu, pois a peça estava disponível no canteiro e foi assentada. Esse erro também foi verificado e alertado pela pesquisadora e a peça acabou sendo substituída. O que se pode perceber é que apesar das peças em granito estarem modeladas e cotadas, a empresa que fornece o material vai até o local da execução e mede a área em que o material será aplicado antes da produção das peças.

Esse processo ignora a utilização das informações contidas no modelo virtual e, nesse caso, originou um erro. O próprio ato de medir no local pode ser considerado mais uma fonte de erro, pois há a possibilidade destes ocorrerem durante a coleta da informação. Além disso, conforme mencionado no estudo anterior, a prática de medir no local implica aumento do prazo de execução, uma vez

que a peça de granito será fabricada somente após o término de outros serviços anteriores à aplicação desta.

Pode-se verificar que as medidas são feitas no local porque não há confiabilidade na precisão da execução de serviços anteriores. Este problema precisa ser resolvido, caso contrário, fica inviabilizada a utilização da prototipagem virtual ou física. Para a confiabilidade dos serviços da construção, as soluções passam pelo controle de qualidade dos serviços em canteiro, treinamento da mão de obra, precisão dimensional dos materiais e definição de restrições e diretrizes para absorver pequenas variações dimensionais, que devem estar explicitadas no modelo virtual e nas pranchas de execução.

Alguns acontecimentos narrados resultaram em retrabalho e ocasionaram perdas de materiais e horas despendidas com a mão de obra. A prototipagem virtual busca resolver esse tipo de problema para evitar que decisões importantes tenham que ser tomadas na etapa de produção. Destaca-se que no caso da empresa em que os estudos foram desenvolvidos, a prototipagem física poderia ser mais bem explorada, por exemplo, para estudar o processo de produção, caso a modelagem virtual fosse efetivamente empregada com o intuito de definir detalhes do produto que, atualmente, vem sendo discutidos ao longo da construção do protótipo físico.

Em ambos os estudos de caso, a aplicação de galgas durante o processo de execução evidenciou a necessidade de utilização das medidas reais durante a modelagem virtual. Pode-se observar que a utilização de galgas é uma forma que o executor utiliza para prever a disposição do material.

Para a representação do modelo virtual foi elaborada uma prancha contendo a representação bidimensional e perspectivas renderizadas do protótipo virtual. Os resultados deste estudo apontaram que as informações provenientes das perspectivas renderizadas não são relevantes para a produção. O fato foi observado pela pesquisadora e confirmado pelo depoimento do executor que apontou a dificuldade em extrair das imagens as informações pertinentes à produção.

Cabe ressaltar que a finalidade da renderização é criar, através de modelos virtuais, uma imagem do objeto projetado muito próxima à realidade. Esse tipo de informação é comumente utilizado para a comunicação dos projetos para os clientes, pois possibilita que pessoas leigas compreendam características do produto.

6.2.9 Compilação dos resultados dos estudos de caso EC1 e EC2

Em ambos os estudos de caso foram investigadas as informações de projeto relevantes para representação de placas cerâmicas de revestimento ao longo das etapas de projeto e produção. O quadro 23 apresenta o objetivo da pesquisa, as questões específicas e as informações sobre revestimentos cerâmicos encontradas.

Objetivo geral da pesquisa	Questões específicas	Informações sobre revestimento cerâmico	
Determinar as informações relevantes para a representação de placas cerâmicas de revestimento em <i>softwares BIM</i> ao longo do processo de desenvolvimento do produto edificação.	Quais são as informações relevantes para a modelagem do sistema de revestimento cerâmico durante as etapas de projeto no PDP?	Espessura média da argamassa de assentamento.	
		Espessura da placa cerâmica.	
		Dimensão real da placa cerâmica (altura e largura).	
		Ponto de partida da paginação das placas cerâmicas.	
		Sobreposições e restrições de arremates (recortes e filetes).	
		Acabamento de quinas (chanfros em 45° na placa cerâmica).	
		Alinhamento e espessura das juntas.	
		Restrições particulares de cada projeto.	
		Interface entre revestimentos com diferentes espessuras (enchimentos).	
		Áreas para absorver imprecisões dimensionais.	
		Acabamentos (<i>rendering</i>).	
		A produção demanda outros tipos de informações, relativas ao projeto do sistema de revestimento cerâmico, não adicionadas ao modelo durante as etapas anteriores?	Espessura do rejunte expressa em texto.
			Restrição de recortes nas peças.
	Interface entre revestimentos com diferentes espessuras (enchimentos).		
	Posição de juntas em relação às aberturas de escoamento de água.		
	Informações fornecidas nos projetos arquitetônicos em 2D.	Cotas dos locais de aplicação das placas cerâmicas (medidas nominais).	
		Local de saída da paginação.	
		Tipo do acabamento (material).	
		Dimensão (largura e altura) nominal.	
		Referências do fabricante (nome ou código, linha, marca).	
		Tipo de rejunte para a parede e piso (cor, marca).	
		Tipo de rejunte para pastilha (cor, marca).	

Quadro 23 - Objetivo da pesquisa, questões específicas e informações sobre revestimento cerâmico

Algumas das informações para a representação adquiridas nos estudos aplicam-se, principalmente, aos sistemas de revestimento cerâmico e não propriamente às placas cerâmicas. Podem ser citadas:

(a) A espessura média da argamassa de assentamento é uma informação importante para a modelagem das camadas das paredes, visto que a

espessura desta argamassa compõe a espessura total do revestimento e interfere na definição dos espaços no plano ortogonal. Além disso, essa informação permite o cálculo da quantidade de argamassa necessária na etapa de produção;

(b) O ponto de partida da paginação das placas cerâmicas é uma informação comum nos projetos executivos, visto que a sua disponibilização no projeto está associada ao fato de se explicitar uma orientação para a produção que tem repercussões em aspectos estéticos do produto e em estudos que possibilitem a redução de perdas de materiais;

(c) A informação quanto ao alinhamento ou não das juntas de piso e parede é representada de forma gráfica, porém deve ser disponibilizada de forma textual, ressaltando uma restrição de projeto;

(d) As sobreposições, restrições de arremates (recortes e filetes), chanfro em 45° no acabamento da placa cerâmica e restrições particulares de cada projeto são informações de acabamento não usualmente constantes em projeto, uma vez que estão relacionadas diretamente a soluções da produção. No entanto, são importantes na medida em que especificam claramente como será o acabamento do sistema;

(f) As interfaces entre revestimentos com diferentes espessuras (enchimentos) devem ser analisadas e representadas de forma a esclarecer a solução para compensação entre acabamentos com diferentes espessuras, sugerindo enchimentos para o nivelamento ou ressaltando os desníveis existentes;

(g) As áreas para absorver imprecisões dimensionais devem ser definidas, pois os protótipos virtuais apresentam uma precisão dimensional que não condiz com a variabilidade dimensional inerente à construção civil. Tais definições são importantes para minimizar os erros e retrabalhos na produção. A prática atual de empregar detalhes de acabamento em granito para este fim implica em dificuldades no que tange a gestão. O modelo virtual pode auxiliar na definição de alternativas e estas devem ser representadas no mesmo de forma a orientar a produção;

(h) O tipo de rejunte para a parede e piso são informações comumente especificadas. No entanto, é apresentada somente a cor do material sem características mais específicas que influenciam na produção. O rejunte é um componente importante para o desempenho do sistema de revestimento cerâmico e deve ser especificado criteriosamente.

As informações apresentadas são relevantes para uma melhor definição dos acabamentos, uma vez que orientam de maneira mais precisa a produção e minimizam erros de execução.

6.3 PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO PARA AS PLACAS CERÂMICAS PARA REVESTIMENTO

A indústria de placas cerâmicas para revestimento necessita de informações sistematizadas a fim de facilitar o armazenamento, recuperação, acesso e uso da informação sobre a placa cerâmica e seus locais de aplicação ou usos (TRISTÃO, 2005).

O desenvolvimento do produto a partir da modelagem paramétrica faz uso de modelos constituídos por objetos que armazenam as informações dos elementos construtivos em parâmetros. Para a criação dos objetos paramétricos que representarão as placas cerâmicas para revestimento devem ser contemplados os três tipos básicos de parâmetros: (a) Informação geométrica ou parâmetros geométricos; (b) Informações não-geométricas ou parâmetros funcionais; e (c) Formas ou parâmetros de representação. A seguir são apresentados os tipos de parâmetro com suas respectivas informações.

6.3.1 Informação geométrica ou parâmetros geométricos

As informações geométricas relativas às placas cerâmicas para revestimento advêm das suas dimensões reais, altura, largura e espessura. Os estudos de caso apresentaram muitos benefícios decorridos da inserção das medidas reais das placas e espessuras de argamassas, juntamente com a medida real das juntas de assentamento.

A representação dessas informações deu-se por meio da modelagem de cada placa com os espaçamentos das juntas no EC1. No EC2, por limitações de modelagem do *software*, dentro da camada de acabamento da parede foi possível inserir somente a informação referente à espessura da placa cerâmica. Para a representação da largura e altura da cerâmica, foram somadas a dimensão real da placa e da junta, com esses dados foi elaborada uma hachura e aplicada na face externa da camada, representando o acabamento da parede.

Pode-se observar que as dimensões reais apontadas pelo fabricante das peças não eram compatíveis com as medidas retiradas diretamente da placa. Assim, torna-se necessário que o fabricante disponibilize esta dimensão juntamente com a tolerância aceita para a junta de assentamento.

No EC2 poderiam existir outras maneiras de representar a placa cerâmica, como por exemplo, na forma de uma família de placas hospedada na parede. No entanto, o *software* utilizado neste estudo não contemplava essa solução, exigindo a elaboração de um aplicativo específico.

6.3.2 Informações não-geométricas ou parâmetros funcionais

Conforme as classificações apresentadas no capítulo 4, foi adotada a classificação de produtos e serviços com uso de facetas de Amorim e Peixoto (2003). Essa classificação agrupa as facetas voltadas aos objetos da produção do ambiente construído.

Ao elaborar a síntese das informações relevantes para objetos de placa cerâmica para revestimento foi escolhida a classificação dos autores, pois a estrutura de classificação apresentada articula facetas contidas na *ISO TR 14177*. Esse relatório serviu de base para a elaboração da *ISO DIS 12006-2*, que foi traduzida como a norma nacional NBR 12006-2.

Antes de empregar essa classificação, é apresentado a seguir o escopo de informações composto pelos dados que resultaram dos estudos de caso complementados com as informações provenientes das normas nacionais (QUADRO 24).

Informações sobre a placa cerâmica obtidas nos Estudos de Caso		
Espessura da placa cerâmica.		
Dimensão real da placa cerâmica (altura e largura).		
Acabamentos (<i>rendering</i>).		
Espessura do rejunte expressa em texto.		
Tipo do acabamento (material).		
Dimensão (largura e altura) nominal.		
Referências do fabricante (nome ou código, linha, marca).		
Informações sobre a placa cerâmica obtidas nas Normas		
NBR 13816	Dimensão de fabricação (W)	
	Dimensão Nominal (N)	
NBR 13817	Natureza da superfície	
	Métodos de fabricação	
NBR 13818	Espessura	
	Características físicas de uso geral e específico	
	Características químicas de uso geral e específico	
	Formato Modular (M) /Não Modular	
	Largura da Junta (J)	
	Quantidade de placas por embalagem	
	Peso bruto	
	Identificação de primeira qualidade	
	Referência de tonalidade do produto	
	Marca do fabricante ou marca comercial	
	País de origem, telefone e endereço do fabricante	
	Nome ou código de fabricação (NBR 13818)	
	Código de rastreamento do produto (data de fabricação, turno, lote de fabricação, responsável)	
	NBR 15575	Segurança contra incêndio
Segurança no uso e na operação		Coefficiente de atrito dinâmico para pisos (NBR 13818)
Desempenho térmico		Transmitância térmica – U
		Capacidade térmica – CT
Desempenho lumínico		Grau de reflexão da superfície
Durabilidade e manutenibilidade		Vida útil
Recomendações gerais para prevenção de falhas e acidentes decorrentes de utilização inadequada (limpeza com produtos ácidos ou abrasivos, arraste de objetos pesados sobre os pisos, contato de materiais gordurosos com o piso e outros);		
Periodicidade, forma de realização e forma de registro de inspeções;		
Periodicidade, forma de realização e forma de registro de manutenções;		
Técnicas, processos, equipamentos, especificação e previsão quantitativa de todos os materiais necessários para as diferentes modalidades de manutenção.		

Quadro 24 - Escopo das informações para placas cerâmicas para revestimento normativas e dos estudos de caso

Pode-se observar que a maioria das informações relativas à NBR 15575 não se aplica ao revestimento cerâmico como um sistema isolado, bem como à placa cerâmica como um componente. As exigências da norma aplicam-se aos sistemas que compõe os edifícios habitacionais de até 5 pavimentos, independentemente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado. Dessa forma, foram selecionadas apenas as informações que seriam

demandadas por algum cálculo de desempenho que necessitasse de informações específicas sobre a placa cerâmica.

Como citado anteriormente, para a organização do escopo de informações foi utilizado o modelo de facetas proposto por Amorim e Peixoto (2003). A primeira coluna do quadro 25 é formada pelo modelo dos autores e as demais são complementações das informações referentes à subdivisão principal. As células preenchidas na cor cinza claro representam as informações que devem ser disponibilizadas pelos fabricantes por meio de em um objeto virtual que represente a placa cerâmica para revestimento.

As demais informações, que complementam os subitens referentes à subdivisão principal e que não apresentam células preenchidas na cor cinza claro, podem ser inseridas por outros agentes do processo de desenvolvimento do produto conforme a necessidade de cada etapa do ciclo de vida do produto.

Na classificação, os autores adotam o termo atributos mensuráveis ou qualitativos e entendem que esta denominação tem o mesmo significado de informações. Da mesma forma, a *ISO TR 14177* (1994) apresenta que os objetos são definidos por seus atributos, os quais são os dados ou informações que descrevem um objeto. Assim, essas informações ou atributos são inseridos no *software* de modelagem como parâmetros.

ATRIBUTOS			
PROPRIEDADES (OU ATRIBUTOS MENSURÁVEIS)			
0 CLASSIFICAÇÃO	Codificação Nacional (NBR 12006-2)		
1 GRANDEZAS FÍSICO-QUÍMICAS	Características Físicas	Natureza da superfície (NBR 13817)	
		Métodos de fabricação (NBR 13817)	
		Peso por unidade	
		Geometria	Espessura (NBR 13818)
			Dimensão de fabricação (W) (NBR 13816)
		Uso geral	Absorção de água (NBR 13818)
			Carga de ruptura e módulo de resistência à flexão (NBR 13818)
			Resistência à abrasão (PEI) para placa esmaltada para pisos (NBR 13818)
			Resistência à gretagem (NBR 13818)
			Expansão por umidade (EPU) (NBR 13818)
			Resistência ao risco - dureza <i>mohs</i> (NBR 13818)
		Uso específico	Resistência ao congelamento (NBR 13818)
			Resistência à dilatação térmica (NBR 13818)
	Resistência a mudanças bruscas de temperatura (choque térmico) (NBR 13818)		
	Resistência ao escorregamento (coeficiente de atrito) (NBR 13818)		
	Resistência ao impacto (NBR 13818)		
	Características Químicas	Uso geral	Resistência a manchas (NBR 13818)
Resistência química (baixa concentração) (NBR 13818)			
Uso específico		Resistência química (alta concentração) (NBR 13818)	
		Ausência de chumbo e cádmio solúveis (NBR 13818)	
2 GRANDEZAS GERENCIAIS	Atributos de custo, produtividade, entre outros que não há necessidade de serem fornecidos pelo fabricante da placa cerâmica.		
3 GRANDEZAS COMERCIAIS	Quantidade de placas por embalagem (NBR 13818)		
	Peso bruto (NBR 13818)		
	Metros quadrados que cobrem, sem juntas (caixas com placas individuais) ou metros quadrados que cobrem, com juntas (caixas com conjuntos de placas com junta predefinida) (NBR 13818)		
	Outros atributos de preço, custo de armazenagem, transporte ou montagem, prazos, impostos incidentes, entre outros que não há necessidade de serem fornecidos pelo fabricante da placa cerâmica.		
4 DIMENSÕES CONSTRUTIVAS	Dimensão Nominal (N) (NBR 13816)		
	Formato Modular (M) /Não Modular (NBR 13818)		
	Largura da Junta (J) (NBR 13818)		

PROPRIEDADES (OU ATRIBUTOS MENSURÁVEIS)			
5 DESEMPENHO (NBR 15575)	Desempenho estrutural	Aplicado somente ao sistema estrutural.	
	Segurança contra incêndio	Índice de Propagação superficial de chamas (NBR 9442)	
	Segurança no uso e na operação	Coefficiente de atrito dinâmico para pisos conforme subitem 1	
	Estanqueidade	Aplicado somente ao sistema.	
	Desempenho térmico	Transmitância térmica – U	
		Capacidade térmica – CT	
	Desempenho acústico	Aplicado somente ao sistema.	
	Desempenho lumínico	Grau de reflexão da superfície	
	Durabilidade e manutenibilidade	Vida útil	
	Saúde, higiene e qualidade do ar	Aplicado somente ao sistema.	
	Funcionalidade e acessibilidade	Aplicado somente ao sistema.	
	Conforto tátil, visual e antropodinâmico	Aplicado somente ao sistema.	
	Adequação ambiental	Aplicado somente ao sistema.	
ATRIBUTOS QUALITATIVOS			
6 MATERIAL BÁSICO	Cerâmica		
7 FORMA	Atributos qualitativos relativos à forma quadrado, plano, longilíneo, amorfo, relativos à placa cerâmica.		
8 COR	Referência de tonalidade do produto (NBR 13818)		
9 CARACTERÍSTICAS SUPERFICIAIS APARENTES	Atributos qualitativos de características superficiais aparentes: rugoso, liso, em alto relevo, cromado, pintado, espelhado, texturizado fornecidos pelo fabricante da placa cerâmica.		
10 PRODUÇÃO	Devem ser fornecidos dados de produção, tais como: material necessário, técnicas específicas e serem mencionadas as normas NBR 13753, NBR 13754 e NBR 13755.		
11 OPERAÇÃO (NBR 15575)	Recomendações gerais para prevenção de falhas e acidentes decorrentes de utilização inadequada (limpeza com produtos ácidos ou abrasivos, arraste de objetos pesados sobre os pisos, contato de materiais gordurosos com o piso e outros).		
	Periodicidade, forma de realização e forma de registro de inspeções.		
	Periodicidade, forma de realização e forma de registro de manutenções.		
	Técnicas, processos, equipamentos, especificação e previsão quantitativa de todos os materiais necessários para as diferentes modalidades de manutenção.		
12 COMERCIAIS	Marca do fabricante ou marca comercial (NBR 13818)		
	País de origem, telefone e endereço do fabricante (NBR 13818)		
	Dados do importador		
	Nome ou código de fabricação (NBR 13818)		
	Código de rastreamento do produto (data de fabricação, turno, lote de fabricação, responsável) (NBR 13818)		
	Site do fabricante		
13 QUALIFICAÇÃO	Identificação de primeira qualidade (NBR 13818)		
14 POSIÇÃO	Outros atributos como nivelado, aprumado, isolado, suspenso, entre outros que não há necessidade de serem fornecidos para a placa cerâmica.		
15 QUANTIDADE	Outros atributos como total, parcial, mínimo, máximo, entre outros que não há necessidade de serem fornecidos para a placa cerâmica.		

Quadro 25 - Atributos para placas cerâmicas de revestimentos

No item PROPRIEDADES (ou Atributos Mensuráveis) foram utilizados os subitens especificados na tabela de Amorim e Peixoto (2003), adicionando o

tópico 0 CLASSIFICAÇÃO. Esse tópico prevê a disponibilização de um atributo que contenha a codificação de uma futura classificação nacional. Assim quando houver uma codificação ou nomenclatura dos objetos da construção civil brasileira, esse código seria inserido como a informação deste atributo.

O subitem 1 GRANDEZAS FÍSICO-QUÍMICAS contempla os atributos de características físicas e químicas extraídos das normas nacionais (NBR 13816, NBR 13817 e NBR 13818), além do peso por unidade do produto.

No subitem 5 DESEMPENHO foram considerados os critérios da NBR 15575, são eles:

(a) Segurança contra incêndio: deve ser fornecido o Índice de Propagação superficial de chamas conforme a norma nacional NBR 9442/1986 - Materiais de Construção - Ensaio de Propagação Superficial de Chama - Método do Painel Radiante.

(b) Segurança no uso e na operação: deve ser fornecido o Coeficiente de atrito dinâmico para pisos, no entanto, essa informação já é exigida pela NBR 13818 como caracterização física da placa cerâmica, constando no subitem 1.

(c) Desempenho térmico: é avaliado segundo as normas NBR 15220-1 - Desempenho Térmico de Edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades; NBR 15220-2 - Desempenho Térmico de Edificações - Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações; NBR 15220-3 - Desempenho Térmico de Edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Para avaliação do desempenho deve ser fornecida a Transmitância térmica – U e Capacidade térmica – CT da placa cerâmica.

(d) Desempenho lumínico: para o cálculo dos níveis mínimos de iluminação natural deve ser especificada a quantidade de *lux* ou nível de iluminância. No cálculo do nível de iluminância deve ser apresentado o grau de reflexão da superfície dos materiais empregados no ambiente. Segundo CATEP (2010), *site* que disponibiliza informações aos profissionais e consumidores de produtos e serviços da arquitetura, engenharia e construção civil, alguns exemplos de grau de reflexão de materiais são apresentados no quadro 26.

Cor	Grau de reflexão
Branco	70 até 80%
Preto	3 até 7%
Cinza	20 até 50%
Amarelo	50 até 70%
Tipo de Material	
Madeira	70 até 80%
Concreto	3 até 7%
Tijolo	20 até 50%
Rocha	50 até 70%

Quadro 26 - Graus de reflexão de cores e materiais
Fonte: CATEP (2010)

(e) Durabilidade e manutenibilidade: Deve ser fornecida a Vida Útil da placa cerâmica (VU) para que seja estabelecida a Vida Útil de Projeto (VUP) para revestimento interno aderido. Os valores devem ser compreendidos entre o mínimo ≥ 13 e o superior ≥ 20 anos.

Além disso, deve ser fornecido o manual de operação, uso e manutenção do sistema. De acordo com a NBR 15575-3, as informações que devem estar indicadas neste manual compreendem o mesmo tipo de informações citadas nos atributos qualitativos de operação conforme o subitem 11.

Os demais critérios, constantes na NBR 15575, que não exigem informações específicas da placa cerâmica e sim do sistema onde se aplica o revestimento como um todo são: Desempenho estrutural; Estanqueidade; Desempenho acústico; Saúde, higiene e qualidade do ar; Funcionalidade e acessibilidade; Conforto tátil, visual e antropodinâmico; e Adequação ambiental. Nestes casos, a adequação do sistema revestimento depende de ensaios e não de atributos específicos representados por critérios quantitativos ou requisitos qualitativos das placas cerâmicas para revestimento.

No item ATRIBUTOS QUALITATIVOS, também foram utilizados os subitens especificados na tabela de Amorim e Peixoto (2003).

No subitem 6 MATERIAL BÁSICO, deve ser fornecido o atributo referente ao material empregado, no caso do revestimento cerâmico, caracterizado pelo material cerâmico.

No subitem 7 FORMA, podem ser apresentados atributos qualitativos relativos à forma como: quadrado, plano, longilíneo, amorfo. Essas características podem ser fornecidas pelo fabricante, no entanto não é comum encontrar esse tipo de descrição para as placas cerâmicas.

O subitem 8 COR compreende uma referência de tonalidade para o produto, sem fazer referência à cor que o fabricante atribui ao produto. Por exemplo, uma cor chamada pelo fabricante de “branco gelo” estaria especificada no subitem 12 COMERCIAIS, neste item, a cor seria especificada somente como branco. Este dado é importante uma vez que os produtos poderão ser especificados por suas características de desempenho, possibilitando dessa forma, que a definição do fabricante fique a critério do cliente.

No subitem 10 PRODUÇÃO, podem ser fornecidos dados de produção, tais como, o material necessário e técnicas específicas. Também podem ser mencionadas as normas NBR 13753 - Revestimento de piso interno ou externo com placa cerâmica e com utilização de argamassa colante – Procedimento; NBR 13754 - Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento e NBR 13755 - Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento.

O subitem 11 OPERAÇÃO compreende as exigências de desempenho apresentadas pela NBR 15575 para o manual de operação, uso e manutenção de imóveis. Além desta, existe a norma NBR 14037 - Manual de operação, uso e manutenção das edificações - Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação, específica sobre o assunto.

No subitem 12 COMERCIAIS, devem ser apresentados dados sobre o fabricante do produto conforme exigências da norma NBR 13818, além de outras informações necessárias para a identificação do fabricante. Devido às exigências atuais, também é relevante inserir informações sobre o importador, se existir, e sobre o *site* do fabricante.

No subitem 13 QUALIFICAÇÃO, podem ser inseridas informações como a identificação de primeira qualidade ou extra segundo a NBR 13817, quando 95% das peças examinadas, ou mais, não apresentarem defeitos visíveis na distância padrão de observação conforme teste especificado na NBR 13818.

6.3.3 Formas ou parâmetros de representação

A norma NBR 6492/1994 - Representação de Projetos de Arquitetura estabelece as condições exigíveis para representação gráfica de projetos de arquitetura, visando à sua boa compreensão. São apresentadas as formas de

representação dos materiais mais usados. No entanto, a norma não sugere uma forma de representação para as placas cerâmicas de revestimento. Assim, o exemplo mais aproximado é o mármore ou granito (FIGURA 48):

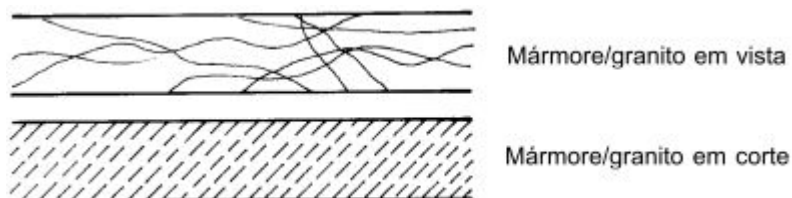


Figura 48 - Representação de mármore e granitos em vista e em corte
Fonte: ABNT (1994)

Como as sugestões da norma não podem ser aplicadas diretamente às placas cerâmicas para revestimento, sugere-se que estas sejam representadas em vista, planta e elevação conforme seu espaçamento e tamanho reais e em corte, de acordo com a representação sugerida pela norma para mármore ou granito.

A figura a seguir, mostra um projeto do sistema de revestimento cerâmico (REBELO, 2010). Neste caso, pode-se observar a representação das peças cerâmicas na forma de uma hachura em vista, na qual as espessuras das juntas não são representadas por linhas e sim pela medida nominal da peça (FIGURA 49).



Figura 49 - Projeto de revestimento cerâmico interno
Fonte: Revista Técnica¹⁹, 2003 *apud* Rebelo, 2010

¹⁹ REVESTIMENTO INTERNO – PISOS. Revista Técnica, 76. ed., 2003.

Além dessas características, os modelos também devem fornecer a imagem de acabamento para renderização. Esse acabamento deve ser disponibilizado pelo fabricante a fim de simular o produto em uma imagem com acabamento realístico.

6.4 EXEMPLO DE OBJETO PARAMÉTRICO

As informações apresentadas no tópico 6.3 contemplam os atributos que caracterizam as placas cerâmicas para revestimento. Para que as placas cerâmicas sejam disponibilizadas na forma de catálogos *online*, os atributos precisam estar presentes como parâmetros do modelo virtual. No entanto, dos poucos objetos disponíveis em catálogos *online*, a maioria não apresenta informações completas para a caracterização do objeto físico.

No exemplo a seguir, é apresentado um objeto paramétrico disponibilizado para *download* na *internet*. Neste objeto, que representa um piso tipo *paver* (pavimento intertravado cimentício), os atributos geométricos são apresentados na forma de camadas (*Layers*) com a espessura em polegadas (FIGURA 50). Pode-se observar que as camadas que formam o piso têm uma estrutura em pedregulho (*Gravel*), uma manta para paisagismo (*Landscape Fabric*) usada como barreira de plantas daninhas e para o controle da erosão, uma camada de substrato de areia e o piso tipo *paver*.

	Function	Material	Thickness	Wraps	Variable
1	Substrate [2]	Autumn Red-Clo	0' 2 1/4"	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Substrate [2]	Sand	0' 1"	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Membrane Laye	Landscape Fabri	0' 0"	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Core Boundary	Layers Above W	0' 0"		
5	Structure [1]	Gravel	0' 4"	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Core Boundary	Layers Below W	0' 0"		

Figura 50 - Camadas da geometria do objeto

Ressalta-se, com relação aos atributos geométricos, que o objeto não representa somente o piso *paver* e sim todo o sistema de pavimentação. Dessa forma, se esse piso fosse aplicado sobre um contrapiso ou qualquer outro material e não houvesse a necessidade da aplicação da manta para paisagismo, o objeto teria de ser corrigido, alterando a estrutura de base ou retirando a camada da membrana. No entanto, essa forma de representação já inclui informações sobre como deve funcionar o sistema e quais são os componentes necessários para a execução do mesmo.

Como se pode observar na figura 51, os atributos funcionais do piso são apresentados na forma de parâmetros. Neste objeto, grande parte dos atributos disponibilizados está relacionada a aspectos comerciais como, por exemplo, modelo, fabricante e *site*. As informações disponibilizadas nestes parâmetros são comuns a vários tipos de piso fornecidos pelo mesmo fabricante. Dessa forma, atributos importantes para a especificação, como por exemplo, o coeficiente de atrito ou, ainda, especificações de desempenho não estão presentes no modelo. Assim, se fosse necessário elaborar algum estudo mais específico sobre o piso em questão, as informações teriam que ser buscadas através de contatos com o fabricante.

Type Parameters	
Parameter	Value
Identity Data ⤴	
Keystone	
Model	1.25" True Split Paver
Manufacturer	Interstate Brick
Type Comments	
URL	http://www.interstatebrick.com/pav
Description	Brick pavers on sand bed over grav
Assembly Description	Brick & Tile Plazas
Assembly Code	G2030300
Type Mark	
Cost	
LEED Information	www.interstatebrick.paccoast.com/
MSDS	www.interstatebrick.com/technical_
PDF Attachments	http://www.interstatebrick.com/pav
R-Value	
Specification Sheet	www.gobrick.com/html/Frmset_thnt
STC Rating	
04 CSI	04 21 00
95 CSI	04210
SmartBIM Object Created By	Reed Construction Data
SmartBIM Object Version	3.000000
Subcategory	Brick Paver

Figura 51 - Parâmetros funcionais do objeto

Os parâmetros de representação gráfica do objeto compreendem os seguintes aspectos: forma de representação gráfica, nível de detalhamento gráfico do objeto, e acabamento renderizado. Quanto à representação gráfica, são apresentadas as características de sombreado (*Shading*), o padrão ou hachura da face do material em vista (*Surface Pattern*) e o padrão do material em corte (*Cut Pattern*) (FIGURA 52). A figura 53 apresenta esses padrões de representação gráfica juntamente com os diferentes níveis de detalhamento do material. Pode-se perceber que a representação em vista superior é composta por uma hachura com os pisos cimentícios e as juntas. Já a representação em corte apresenta as camadas que formam o objeto, com uma hachura de linhas na diagonal simulando a espessura do piso.

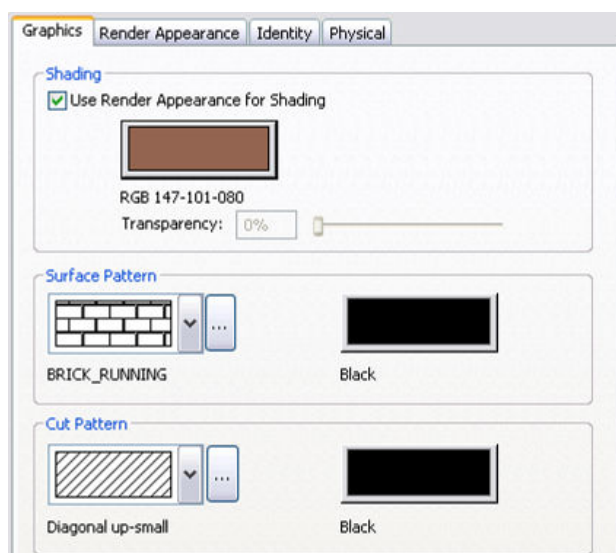


Figura 52 - Padrões de representação do material

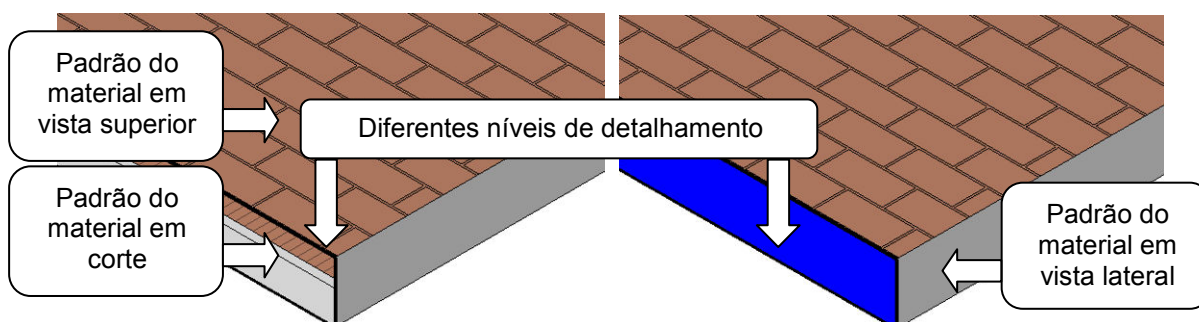


Figura 53 - Perspectiva do piso com diferentes níveis de detalhamento: médio ou refinado (médium / fine) e grosseiro (coarse)

Também é fornecida uma imagem para a renderização do material (FIGURA 54). Essa imagem é aplicada ao objeto virtual que, quando renderizado, apresenta um acabamento realístico. No entanto, não seria possível com esses dados elaborar, por exemplo, um quantitativo por unidades de blocos ou mesmo um estudo de paginação dos mesmos.

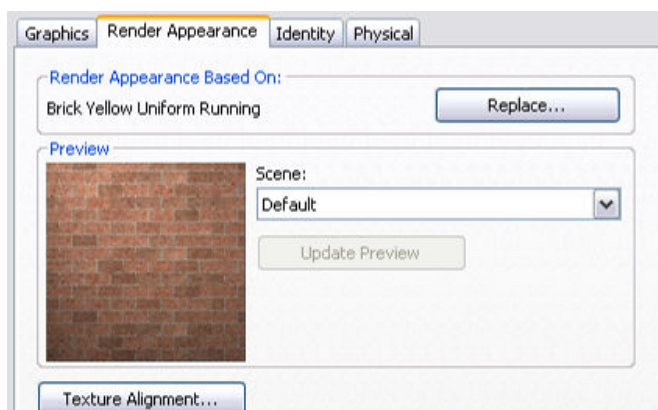


Figura 54 - Imagem do material de acabamento renderizado

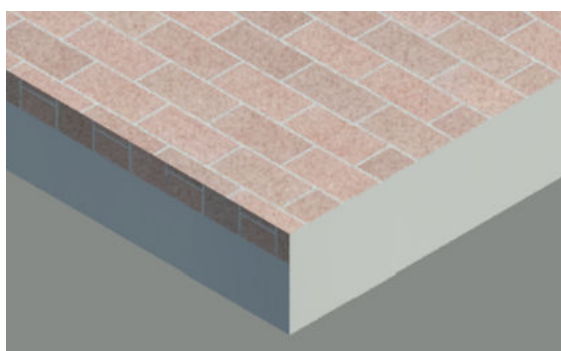


Figura 55 - Perspectiva renderizada do piso

O exemplo citado já representa um grande avanço na gestão das informações dos objetos, visto que fornece não somente a geometria do material. O objeto paramétrico em questão possibilita o fornecimento de algumas informações funcionais, além das informações referentes às formas de representação gráfica projetual. No entanto, ainda não comporta todas as informações necessárias para a caracterização dos objetos virtuais frente às necessidades da construção civil, principalmente aquelas que dizem respeito a atributos de desempenho.

6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OBJETOS PARAMÉTRICOS

O potencial da modelagem paramétrica deve ser utilizado de forma a permitir a abstração de um objeto real por meio da inserção, em um objeto virtual, de parâmetros para representar os atributos geométricos, funcionais (não geométricos) e de representação (ou comportamento). Esses parâmetros devem permitir disponibilizar as informações necessárias ao longo de todo o ciclo de vida útil da edificação e devem ser reunidos em um objeto com níveis de detalhamento condizentes com as etapas do PDP, até as fases de manutenção e disposição. Além disso, deve-se investigar qual a melhor forma de disponibilizar essas informações para os diferentes agentes do processo, sempre tendo como principal finalidade a facilitação da manipulação dos dados.

Com relação às placas cerâmicas para revestimento, a forma com que o *software Revit* disponibiliza o objeto não representa somente a placa cerâmica, mas todo o sistema de vedação vertical, no caso, a parede, o reboco, a argamassa de assentamento e a placa. Dessa forma, a placa cerâmica é considerada um acabamento (*finish*) aplicado sobre a estrutura básica da parede (*core structure - substrate*).

Com essa solução, se a placa cerâmica for aplicada sobre uma parede de gesso acartonado, alvenaria ou qualquer outro material, o objeto que representa todo o sistema deve ser corrigido para alterar a estrutura de base. Dessa forma, durante a modelagem, cria-se a necessidade de elaboração de vários tipos diferentes de paredes para representar os diferentes tipos de revestimento.

Essa forma de inserção das informações relativas à placa cerâmica como uma camada do sistema de vedação vertical prejudica a inserção da informação ao longo do processo de projeto. Dessa maneira, se a especificação de uma placa for alterada no final do processo de projeto, todas as paredes que contenham essa placa deverão ser alteradas para a inserção de informações referentes à nova placa cerâmica. Assim, se a estrutura da parede for independente do acabamento, fica mais fácil coordenar essas alterações, que ocorrem comumente, no processo projetual.

No que se refere aos parâmetros de representação das placas em vista, atualmente, a representação é composta por uma hachura formada por linhas ortogonais aplicadas na superfície da camada que representa a placa cerâmica.

Desta forma, fica impossibilitada a elaboração de um estudo de paginação com diferentes placas cerâmicas ou mesmo a elaboração de um quantitativo por unidades.

Além disso, a forma de representação do objeto acabado é realizada por meio da aplicação de uma imagem para a renderização do material. Mesmo que a imagem aplicada seja criada com as medidas reais das placas cerâmicas e juntas, o tamanho da placa cerâmica resultante após a renderização não é exatamente o que está aplicado no modelo, visto que este não comporta a espessura das juntas. Essa situação não permite que a renderização do material seja perfeitamente ajustada às juntas existentes em projeto.

Devido a estas limitações, os fabricantes poderiam disponibilizar os revestimentos cerâmicos na forma de um objeto paramétrico que pudesse ser hospedado em paredes ou pisos. Este objeto seria dotado de um *array* paramétrico (cópias múltiplas na forma de uma estrutura ordenada cujos elementos estão distribuídos como uma tabela contendo linhas e colunas), de forma que as placas ficariam posicionadas com o distanciamento referente à espessura das juntas. Dessa forma, a disposição dessas placas poderia ser condicionada tanto ao tamanho total da parede ou piso de base quanto a uma poli-linha desenhada sobre essa superfície.

Essa solução privilegia a facilidade na elaboração de estudos de paginação e a representação mais fidedigna das placas cerâmicas, no entanto, deve-se atentar que, pela criação de múltiplos objetos, conforme estudos de Monteiro, Ferreira e Santos (2009), o arquivo tende a ficar muito complexo, exigindo maior consumo de memória e capacidade de processamento.

7 CONCLUSÃO

A presente dissertação teve como escopo a determinação das informações relevantes para a representação de placas cerâmicas de revestimento, em *softwares BIM*, ao longo do processo de desenvolvimento do produto edificação.

Para atingir este propósito, a pesquisa desenvolveu-se em três etapas. A primeira em que foram realizados dois estudos de caso, obtendo como resultado informações relevantes sobre a placa cerâmica e sobre o sistema de revestimento cerâmico que são utilizadas nas etapas de projeto e produção da edificação. Na segunda etapa buscou-se complementar as informações obtidas nos estudos de caso por meio de normas nacionais. Por fim, na terceira etapa as informações relativas às placas cerâmicas e ao revestimento, obtidas a partir dos estudos e das consultas às normas, foram classificadas segundo o modelo de facetas proposto por Amorim e Peixoto (2003).

Nos estudos de caso, foram investigadas as informações relevantes para a modelagem do sistema de revestimento cerâmico durante as etapas de projeto e se a produção demandou outros tipos de informações não adicionadas ao modelo durante as etapas anteriores.

Os estudos permitiram obter informações, principalmente relacionadas aos parâmetros geométricos. Com relação a este aspecto, destaca-se que a precisão na informação geométrica, ou seja, a utilização das medidas reais das placas cerâmicas permitiu, que no modelo, fosse construído virtualmente o que seria executado na prática. Muitos dos benefícios da prototipagem virtual estão relacionados a essa capacidade de prever situações que serão enfrentadas pela produção, permitindo assim, que a tomada de decisão seja feita sob condições mais favoráveis.

Embora as informações obtidas a partir dos estudos de caso tenham sido em menor número em relação às provenientes das consultas às normas, algumas constatações foram importantes no que se refere à disponibilização de informações para a modelagem virtual. São elas:

(a) A falta de confiabilidade na informação precisa dos fornecedores e nas dimensões praticadas em canteiro limita os benefícios dos modelos virtuais e físicos, uma vez que são desprezadas as informações relativas às dimensões contidas nos mesmos e as decisões por eles favorecidas;

(b) Um controle de qualidade rigoroso na fase de execução é um requisito para que as decisões tomadas durante a modelagem virtual, a partir de informações geométricas completas e precisas, possam ser replicadas na produção;

(c) O detalhamento de projeto a partir de *softwares* 3D exige o emprego de uma série de informações relacionadas aos materiais, às técnicas de execução e à seqüência de execução, normalmente, não utilizadas no projeto em 2D. Durante o processo de desenvolvimento do produto, o ato de projetar e de modelar, ou seja, de construir virtualmente se confundem. Essa característica permite que uma série de decisões comumente tomadas na produção sejam antecipadas para a etapa de projeto.

As informações não-geométricas ou parâmetros funcionais foram obtidas a partir das normas relativas às placas cerâmicas e dos tópicos da norma de desempenho NBR 15575 relacionados aos subsistemas revestimento de pisos e de vedações verticais e, posteriormente, classificados de acordo com uma proposta baseada em um modelo de facetas.

Por fim, as informações ou parâmetros de representação foram analisados conforme a norma de representação de projetos de arquitetura.

Ficou assim estabelecida uma proposta para orientar os fabricantes de placas cerâmicas de revestimento no que tange às informações a serem disponibilizadas para a representação das placas cerâmicas, em *softwares BIM*, ao longo do processo de desenvolvimento do produto edificação.

No entanto, o presente trabalho não pretende apresentar uma classificação definitiva para os atributos funcionais das placas cerâmicas para revestimentos e sim uma proposta.

Com relação ao segundo objetivo específico, voltado a orientar os fabricantes de *softwares BIM* e os desenvolvedores do modelo IFC no sentido de melhorarem as ferramentas e os padrões de trocas de dados, foram identificados os seguintes requisitos relativos ao objeto que representa a placa cerâmica:

(a) que o mesmo seja disponibilizado na forma de um objeto paramétrico hospedado em paredes ou pisos. Neste modo de representação, a estrutura da parede fica independente do acabamento e pode simular de maneira mais realista o comportamento das placas cerâmicas nos modelos virtuais.

(b) que os mesmos possibilitem a elaboração de estudos de paginação, contendo as placas e as juntas de modo que, se houver a necessidade de

renderização do acabamento, este representaria de forma fidedigna o sistema de revestimento cerâmico.

(c) que o modelo completo, com a criação de múltiplos objetos, não fique muito complexo e exija grande consumo de memória e capacidade de processamento.

Dessa forma, foi atingido o segundo objetivo específico, possibilitando uma orientação para o desenvolvimento de ferramentas que possam conter todos os parâmetros necessários para representar de forma fidedigna, por meio de objetos virtuais, as placas cerâmicas para revestimento.

7.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste item, são apresentadas sugestões para trabalhos futuros relacionados às informações relevantes que devem estar contidas em objetos virtuais na abordagem *BIM*.

(a) Criar um objeto que comporte os parâmetros apresentados, utilizando não somente a tecnologia disponível nos *softwares*, mas criando aplicativos específicos que simulem o comportamento da placa cerâmica de maneira mais realística.

(b) Utilizar o método da pesquisa para a obtenção de informações relevantes para outros objetos da construção civil, tais como, materiais de acabamento, equipamentos, louças e metais.

(c) Elaborar estudos a respeito das formas representação de modelos virtuais ao longo de todo o PDP, especialmente na produção.

REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 13.532**. Elaboração de Projetos de Edificações: Arquitetura. Rio de Janeiro, 1995, 8 p.

_____. **NBR 13.816**: Placas cerâmicas para revestimento – Terminologia. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 13.817**: Placas cerâmicas para revestimento – Classificação. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 13.818**: Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e método e ensaio. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 15575-1**: Edifícios habitacionais até cinco pavimentos – Desempenho – Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____. **NBR 15575-3**: Edifícios habitacionais até cinco pavimentos – Desempenho – Requisitos para os sistemas de pisos internos. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____. **NBR 15575-4**: Edifícios habitacionais até cinco pavimentos – Desempenho – Sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ABNT/CEE-134. **Construção de edificação – Organização de informação da construção – Parte 2**: Estrutura para classificação de informação. PROJETO 134:000.00-001/2. DEZEMBRO, 2009. Disponível em: <www.sigradi.org/.../Texto-Norma-Bim-Consulta-Nacional1.pdf>. Acesso em: 10 out. 2010.

AMORIM, S. R. L.; PEIXOTO, L. A. **Classificação de produtos e serviços com uso de facetas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3º, São Carlos, 2003. Anais. São Carlos, SP, 2003. 10p.

AMORIM, S. R. L.; PEIXOTO, L.; DOMINGUES, L. C. S. M.; NUNES, R. **Terminologia: buscando a interoperabilidade na construção**. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, São Carlos, 2001. Anais... São Carlos, 6p. Disponível em: <http://www.lem.ep.usp.br/.../TERMINOLOGIA_BUSCANDO_A_INTEROPERABILIDADE_NA_CONSTRUCAO.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2010.

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. **BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências**. In: 1o Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído e IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2009, São Carlos. E-anais do 1. simpósio brasileiro de qualidade do projeto no ambiente construído, &, 9. workshop brasileiro de gestão do processo de projeto [recurso eletrônico]. São Carlos : PPGAU/EESC/USP ; Rima editora, 2009. p. 602-613.

_____. **Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC**. Gestão & Tecnologia de Projetos Vol. 4, n 2, Novembro 2009b, p. 76-111.

ANFACER. Associação Nacional de Fabricantes de Cerâmica para Revestimento. **Por Que e Como Usar Cerâmica para Revestimento?** 2010. Disponível em <http://www.anfacer.org.br/>. Acesso em 09.2010.

AUTODESK. **Revit Architecture 2009**: tire suas próprias conclusões. 2009. Disponível em: http://www.ricardocasarino.files.wordpress.com/2009/02/revitarch09_port_vf1.pdf. Acesso em: 15 mar. 2010.

AYRES, C. **Acesso ao Modelo Integrado do Edifício**. Curitiba, 2009, 149 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <http://www.ppgcc.ufpr.br/dissertacoes/d0113.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2010.

AYRES, C.; SCHEER, S. **Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de projeto arquitetônico**. In: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios, 7, 2007, Curitiba. Disponível em: <http://www.cesec.ufpr.br/workshop2007/Artigo-57.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2010.

AZHAR, S.; NADEEM, A.; MOK, J. Y. N.; LEUNG, B. H. Y. **Building Information Modeling (BIM): A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects**. First International Conference on Construction in Developing Countries (ICCIDC-I) "Advancing and Integrating Construction Education, Research & Practice" August 4-5, 2008, Paquistão. Disponível em: <http://www.neduet.edu.pk/Civil/ICCIDC-I/Conference%20Proceedings/.../045.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2010.

BARBOSA, A. P. **Classificações Facetadas**. Ciência da Informação, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 73-81, 1972.

BECERIK-GERBER, B.; RICE, S. **The perceived value of building information modeling in the U.S. building industry**. ITcon Vol. 15, pg. 185-201, 2010. Disponível em: <http://www.itcon.org/2010/15>. Acesso em: 15 set. 2010.

BIRX, G. W. **BIM Evokes Revolutionary Changes to Architecture Practice at Ayers/Saint/Gross**. AIArchitect Best Practices. Dezembro. 2005. Disponível em: <http://www.aia.org/aiarchitect/thisweek05/tw1209/tw1209changeisnow.cfm>. Acesso em: 05 jun. 2010.

BOUCHLAGHEM, D., SHANG, H., WHYTE, J.K, GANAH, A. **Visualisation in architecture, engineering and construction (AEC)**, Automation in Construction, 2005.Vol. 14, No. 3, pp. 287-295.

BRITO, A. **Você sabe o que é Render?** Allan Brito. Migrando dos tijolos para os pixels! 2007. Disponível em: <http://www.allanbrito.com/2007/04/02/voce-sabe-o-que-e-render/>. Acesso em: 20 jul. 2010.

CATEP. **ILUMINÂNCIA E CÁLCULO LUMINOTÉCNICO**. Disponível em: <[http://www.catep.com.br/dicas/ILUMINANCIA%20E%20CALCULO%20LUMINOTE CNICO.htm](http://www.catep.com.br/dicas/ILUMINANCIA%20E%20CALCULO%20LUMINOTE%20CNICO.htm)>. Acesso em: 10 out. 2010.

CHOI, S. H.; CHAN, A. M. M. **A virtual prototyping system for rapid product development**. Computer-Aided Design 36, 2004, 401–412.

CLARK, K. B.; CHEW, W. B.; FUJIMOTO, T. **Manufacturing for design: beyond the production/R&D dichotomy**. In: SUSMAN, Gerald I. (Ed.). Integrating Design and Manufacturing for Competitive Advantage. Oxford: Oxford University Press, 1992.

CODINHOTO, R. **Diretrizes para o planejamento e controle integrados do processo de projeto e produção na construção civil**. Porto Alegre: 2003. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

COELHO, S.; NOVAES, C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTAO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUCAO DE EDIFICIOS, 8., 2008, São Paulo. Anais...São Paulo: EP-USP, 2008. p.1-10. Disponível em: <http://www.arquitetura.eesc.usp.br/workshop08/.../Artigo_09.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2010.

DAI, F.; FELGER, W.; FRÜHAUF, T.; GÖBEL, M.; REINERS, D.; ZACHMANN, G. **Virtual Prototyping Examples for Automotive Industries**. Fraunhofer Institute for Computer Graphics, Darmstadt, Alemanha, Fevereiro, 1996.

EASTMAN, C. M.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. e LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. Hoboken: Wiley, 2008, 490 p.

EKHOLM, A. **Principles for classification of properties of construction objects**, in: K. Agger, P. Christiansson, R. Howard (Eds.), Distributing Knowledge in Building--CIB W78 Conference Proceedings, Aarhus, Dinamarca, 2002.

FAITHFULL P. T.; BALL, R. J.; JONES, R. P. **An investigation into the use of hardware-in-the-loop simulation with a scaled physical prototype as an aid to design**. Journal of Engineering Design, Volume 12, Number 3, 1 September 2001, pp. 231-243(13).

FARIA, R. **Construção Integrada**. Revista Técnica. São Paulo, Ed. 127, outubro, 2007. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/127/artigo64516-1.asp>>. Acesso em: 22 abr. 2010.

FERREIRA, S. L. **Proposta de Ampliação do modelo IFC com a contribuição do IES LM-63: A luminária no ciclo de vida da edificação**. Escola Politécnica – Universidade de São Paulo. Tese (Doutorado em Engenharia civil). 2005.

FERREIRA, S. L. **Da Engenharia Simultânea ao Modelo de Informações de Construção (BIM):** Contribuição das Ferramentas ao Processo de Produção e Vice-Versa. VII WBGPPCE. 2007.

FERREIRA, S. L.; KAWANO, A. **Proposta de Ampliação do modelo IFC com a contribuição do IES LM-63:** A luminária no ciclo de vida da edificação. Escola Politécnica – Universidade de São Paulo. Boletim Técnico. 2006.

FERREIRA, R. C. **Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações.** 2007. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FORTI, F. S. D. **Uma Avaliação do Ensino da Prototipagem Virtual nas Graduações de Design de Produto do Estado do Rio de Janeiro.** 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2005.

FLOYD, C. **A systematic look at prototyping.** In: BUDDE, R. (Ed.); KUHLENKAMP, K. (Ed.); ZULLIGOHOVEN, H. (Ed.). Approaches to prototyping. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p. 12-20.

GIANDON, A. C.; MENDES JUNIOR, R.; SCHEER, S. **Avaliação da implantação de gerenciamento eletrônico de documentos no processo de projeto.** Brasil - Porto Alegre, RS. 2002. 5p. Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2., Porto Alegre, 2002. Artigo Técnico. Disponível em: <<http://www.eesc.usp.br/sap/projetar/files/A007.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2010.

GRIMM, T. **User's guide to rapid prototyping.** Dearborn, Mi.: Society of Manufacturing Engineers, 2004.

_____. **Virtual Versus Physical: Will Computer-Generated Virtual Prototypes Obsolete Rapid Prototyping?** Time-Compression Technologies. May/June 2005, p 67-69.

HIPPERT, M. A. S.; NAVEIRO, R. M. **Organização e representação do conhecimento:** um estudo aplicado aos documentos da qualidade. Ambiente Construído (Online), v. 10, p. 37-49, 2010.

HJELSETH, E. **Exchange of relevant information in BIM-objects defined by the Life cycle Information Model (LIM).** CIB-IDS, Finlândia, Espoo, Julho, 2009. Disponível em: <http://www.optima.no/BIM/.../Eilif%20Hjelseth_Ref_nr_23_Paper_CIB-IDS_2009.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2010.

IBRAHIM, M. J.; KRAWCZYK, R. **The level of knowledge of CAD objects within the building information model.** Proceedings of the ACADIA, Indianapolis, Indiana. 2003. Disponível em: <<http://mypages.iit.edu/~krawczyk/miacad03.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2010.

IBRAHIM, M. J.; KRAWCZYK, R.; SCHIPPOREIT, G. **Two approaches to BIM: A Comparative Study**. eCAADe Conference. Copenhagen, Dinamarca, 2004. Disponível em: <<http://www.iit.edu/~krawczyk/miedcad04.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO TR 14177: Classification of information in the construction industry**. Geneva, 1994.

ITO, A. L. **Gestão da informação no processo de projeto de arquitetura: estudo de caso**. 2007. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Setor de Tecnologia Universidade Federal do Paraná. Curitiba: UFPR, 2007.

JACOSKI, C. A.; LAMBERTS R. **A interoperabilidade como fator de integração de projetos na construção civil**. In: WORKSHOP DE GESTÃO DO PROCESSO DO PROJETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2, 2002a, Porto Alegre. Anais... II Workshop de Gestão do Processo do Projeto na Construção Civil, 2002.

_____. **Vetores de virtualização da indústria da construção: a integração da informação como elemento fundamental ao uso de TI**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9, 2002b, Foz do Iguaçu, PR. Anais... IX ENTAC.

JARDIM-GONCALVES, R.; GRILO, A. **Building information modeling and interoperability**. Editorial. Automation in Construction 19, 2010, p.387.

JUSTI, A. R. **Implantação da plataforma Revit nos escritórios brasileiros**. Gestão e Tecnologia de Projetos, vol. 3, n. 1, p. 140-152, 2008.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. 298 p. Tese (Doctor of Philosophy) - VTT Technical Research Centre of Finland. Helsinki University of Technology, Espoo, 2000.

LEE, G.; SACKS, R.; EASTMAN, C. M. **Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system**. Automation in Construction, n. 15, 2006, p.758-776.

MAHDAVI, A. **Computational building models: theme and four variations**. In: International IBPSA Conference, 8, 2003, Eindhoven. 3-17. Disponível em: <http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2003/BS03_0003_18.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2010.

MARCHIORI, F. F. **Desenvolvimento de um método para elaboração de redes de composições de custo para orçamentação de obras de edificações**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo - USP. Tese (Doutorado em Engenharia). 2009.

MCLEOD, P. **The Availability and Capabilities of 'Low-End' Virtual Modelling (Prototyping) Products to Enable Designers and Engineers to Prove Concept Early in the Design Cycle**, PRIME Faraday Partnership. Loughborough, Reino Unido, Pera Knowledge, 2001.

MIKALDO JUNIOR, J.; SCHEER, S. **Compatibilização de projetos em 3D como indicativo de redução de custo em edificações**. In: XI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2006, Florianópolis. Anais do ENTAC2006 - A Construção do Futuro. Florianópolis : ANTAC e UFSC, 2006. v. 1. p. 1641-1650.

_____. **Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: qual é a melhor solução?** Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 3, p. 79-99, 2008.

MIRON, L. **Proposta de diretrizes para o gerenciamento dos requisitos do cliente em empreendimentos da construção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. 150 f.

MONTEIRO, A., FERREIRA, R., & SANTOS, E. **Paradigmas de representação de modulação de alvenarias em ferramentas bim**. Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 4, n. 2, 2009.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. **Barreiras para o uso da tecnologia da informação na indústria da construção civil**. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2, 2002, Porto Alegre, RS.

NETTO, A. V.; OLIVEIRA, M. C. F. de. **Realidade Virtual Aplicada ao Desenvolvimento de Produto**. SRV 2001 - 4o SBC Symposium on Virtual Reality, Florianópolis - SC, pp. 44-55, Outubro, 2001.

NETO, I. M.; VOLPATO, N. **Um Estudo de Caso Sobre o Papel do Protótipo no Desenvolvimento de Produto**. Anais do IX Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica, CEFET-PR. Curitiba-PR, 2004. v. 1, p. 106-109.

OLIVEIRA, J. H. A. **Avaliação das Mudanças ocorridas no Desenvolvimento de Produtos devidas à utilização de Modelos Produzidos por prototipagem Rápida**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

OLIVEIRA, M. R.; FABRICIO, Márcio M. **A prototipagem rápida no ensino de projeto de arquitetura**. In: SBQP 2009 - Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 2009, São Carlos, SP. E-anais do 1. Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído & 9. Workshop Brasileiro de Gestão do processo de projeto na construção de edifícios. São Carlos, SP: Editora Rima, 2009. v. 1. p. 634-644.

OLOFSSON, T.; LEE, G.; EASTMAN, C. **Editorial - Case studies of BIM in use**. ITcon Vol. 13, Special Issue Case studies of BIM use, pg. 244-245, 2008. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2008/17>>. Acesso em: 15 set. 2010.

OTOSSON, S. **Virtual reality in the product development process**. Journal of Engineering Design, Volume 13, Number 2, 1 June 2002, pp. 159-172.

PAHL G.; BEITZ, W. **Engineering Design: a Systematic Approach**. London: Springer-Verlag, 1996.

PINHO, A. C.; FREITAS, U. C.; TRAMONTANO, M. **A modelagem digital aplicada ao processo de projeto de edifícios de apartamentos**. In: III WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 3., 2003, Belo Horizonte.

PUPO, R. T. **A inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto: um novo desafio para o ensino de arquitetura**. 2009. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 2009.

REBELO, C. R. **Projeto e Execução de Revestimento Cerâmico - Interno**. Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Engenharia - Departamento de Engenharia de Materiais de Construção, Belo Horizonte, 2010. (Monografia de Especialização em Construção Civil).

RESENDE, M. M.; JUNGINGER, M.; MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Análise das características das argamassas de rejuntamento. Tecnologia de Produção de Revestimentos Cerâmicos**. Escola Politécnica da Universidade De São Paulo. 2001. Disponível em: <http://maxjunginger.pcc.usp.br/images/Trabalhos/Rejuntamento_arg.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2010.

RIBEIRO, J. T. G.; SILVA, N. F.; LIMA, E. M. **Building Information Modeling como instrumento de projetos aeroportuários**. In: SiGraDi 2009 SP, 2009, São Paulo. SiGraDi 2009 SP - From Modern to Digital: The Challenges of a Transition. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2009. v. 1. p. 122-123.

SACKS, R.; KANER, I.; EASTMAN, C. M.; JEONG, Y. **The Rosewood experiment – Building information modeling and interoperability for architectural precast facades**. Automation in Construction 19, 2010, p. 419–432.

SAFFARO, F. A. **O uso da prototipagem para gestão do processo de produção da construção civil**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2007.

SARSHAR, M.; CHRISTIANSSON, P.; WINTER, J. **Towards virtual prototyping in the construction industry: the case study of the DIVERCITY project**, Proceedings of the World IT Conference for Design and Construction, 18–24 Feb 2004, Langkawi, Malaysia. 2004. pp. 581–588.

SCHEER, S.; AYRES, C. **Abordando a BIM em níveis de modelagem**. In: I Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído e IX Workshop brasileiro de gestão do processo de projeto na construção de edifícios, 2009, São Carlos. E-anais do 1. Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído & 9. Workshop Brasileiro de Gestão do processo de projeto na construção de edifícios. São Carlos : Rima, 2009. v. 1. p. 591-601.

SCHEER, S.; ITO, A.; AYRES, C.; AZUMA, F.; BEBER, M. **Impactos do Uso do Sistema CAD Geométrico e do Uso do Sistema CAD-BIM no Processo de Projeto em Escritórios de Arquitetura**. In: VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2007, Anais... Curitiba - PR. VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2007.

SOUZA, L.; AMORIM, S. LYRIO, A. **Impactos do Uso do BIM em Escritórios de Arquitetura: Oportunidades no Mercado Imobiliário**. In: IV ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2009, Rio de Janeiro. Anais ... Rio de Janeiro, 2009.

TEIXEIRA, R.; PAIVA, E. L.. **Análise dos trade-offs operacionais a partir da ótica do cliente: o caso de serviços de acesso à Internet**. In: XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2005, Porto Alegre. Anais do XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre : ENEGEP, 2005.

TOBIN, J. **Proto-Building: To BIM is to Build**. AECbytes, 28 mai. 2008. Disponível em: <<http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html>>. Acesso em: 10 abr. 2010.

THOMKE, S. **Enlightened experimentation: the new imperative for innovation**. Harvard Business Review, Vol. 79 No.2, 2001, pp.66-75.

TRISTÃO, A. M. D. **Sistema de Classificação da informação na indústria da construção civil: sistematização e codificação da informação de revestimentos cerâmicos**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Tese (Doutorado em Engenharia civil). 2005.

TSE, T. K.; WONG, K. A.; WONG, K. F. **The utilization of building information models in nD modelling: A study of data interfacing and adoption barriers**, ITcon. Vol. 10, 2005, pp. 85–110.

TSENG, M. M.; JIAO, J.; SU, C. J. **Virtual prototyping for customized product development**. Integrated Manufact Syst 9 6, 1998, pp. 334–343.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999. (Dissertação de Mestrado).

ULRICH, K. T., EPPINGER, S.D. **Product design and development**. 2nd ed. London: McGraw-Hill, 2000.

YAZDANI, B.; HOLMES, C. **Four models of design definition: sequential, design centered, concurrent and dynamic**. Journal of Engineering Design, v.10, n.1, 1999.

YEOMANS, S. G. **Collaborative Prototyping, Centre for Innovative Construction Engineering**. MSc Thesis Project, Department of Civil and Building Engineering, Loughborough University, UK, 2005.

YEOMANS, S. G.; BOUCHLAGHEM N. M.; EL-HAMALAWI A. **An evaluation of current collaborative prototyping practices within the AEC industry.** Automation in Construction 15, 2006,139 – 149.

YIN, R. K. **Case Study Research: Design and Methods**, 2nd ed. California: Sage Publications, 1994. 171p.