UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

FERNANDA MOREIRA

O uso de modelos físicos na indústria cerâmica durante o processo de desenvolvimento de projeto de produto e as possibilidades da inserção de tecnologias digitais nesse processo – estudos de casos

São Paulo
2014

FERNANDA MOREIRA

O uso de modelos físicos na indústria cerâmica durante o processo de desenvolvimento de projeto de produto e as possibilidades da inserção de tecnologias digitais nesse processo – estudos de casos

Dissertação apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Design.

Área de concentração: Design e Arquitetura

Orientador: Prof^a. Dr^a. Cristiane Aun Bertoldi.

São Paulo

2014

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada à fonte.

Catálogo da publicação
Serviço de documentação
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo

Moreira, Fernanda
M838u O uso de modelos físicos na indústria cerâmica durante o processo de desenvolvimento de projeto de produto e as possibilidades da inserção de tecnologias digitais nesse processo - estudos de casos / Fernanda Moreira. -- São Paulo, 2014.
263 p. : il.

Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Design e Arquitetura) – FAUUSP.

Orientadora: Cristiane Aun Bertoldi

1.Cerâmica 2.Design 3.Eletrônica digital 4.Escaneamento 3D
5.Modelo virtual digital 6.Modelos analógicos 7. Modelos físicos
8.Processos de Prototipagem rápida 9.Usinagem CNC I.Título

CDU 738

Nome: MOREIRA, Fernanda

Título: O uso de modelos físicos na indústria cerâmica durante o processo de desenvolvimento de projeto de produto e as possibilidades da inserção de tecnologias digitais nesse processo – estudos de casos

Dissertação apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Design.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter me capacitado para desenvolver este trabalho.

Agradeço às pessoas próximas a mim: meu esposo Alexandre da Silva Saito pela paciência, ajuda, compreensão e por me apoiar nos momentos difíceis durante a realização desta pesquisa; meus pais que sempre me incentivaram a buscar meus objetivos e minha família.

Agradeço àquelas pessoas que contribuíram significativamente para a pesquisa: minha orientadora Dr^a Cristiane Aun Bertoldi, pela dedicação e orientação durante o curso de mestrado;

A equipe técnica do núcleo de tecnologia em cerâmica do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, SENAI Mario Amato, pelas entrevistas e esclarecimentos de informações: Elton Da Silva Goulart e Carlos José Venâncio; a equipe técnica do departamento de *design* e ferramentaria do SENAI Mario Amato, pelas entrevistas e esclarecimentos de informações nas áreas de usinagem convencional, CNC e engenharia reversa: Herbert Soares da Silva e Flávio Rodrimar Rodrigues;

Prof. Dr. Paulo Eduardo Fonseca de Campos pela orientação no exame de qualificação e pelo encaminhamento a novas empresas de tecnologias digitais;

Profa. Dra. Norma Greenberg pela orientação no exame de qualificação; Hermann Zonis do Laboratório de Modelos Tridimensionais (LAMOT) do Instituto Nacional de Tecnologia (INT) pela entrevista cedida e esclarecimentos referentes a processos de prototipagem rápida;

Dr. Jorge Lopes da Silva do Centro de Tecnologia da informação Renato Archer (CTI) pelos esclarecimentos referentes a processos de prototipagem rápida;

Dr. Steven Hoskins e Dr. David Hudson do Centre for Fine Print Research (CFPR) pelos esclarecimentos de processos de prototipagem rápida em material cerâmico.

Agradeço aos entrevistados, sem os quais não conseguiria informações valiosas:

Paulo Morais da empresa Deca;

Marcos Cayres Mazoni da empresa Roca; Guilherme Kaspar da empresa Selecta;

Pedro Teixeira da empresa Porcelana Teixeira;

Luiz Pellanda da empresa Holaria pela entrevista cedida;

Gustavo Bala da empresa Esmaltec;

Jamil Duailib Fh. da empresa DuraCer;

Ana Lúcia Mendes da empresa SEACAM.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para o desenvolvimento desse trabalho.

RESUMO

MOREIRA, F. **O uso de modelos físicos na indústria cerâmica durante o processo de desenvolvimento de projeto de produto e as possibilidades da inserção de tecnologias digitais nesse processo – estudos de casos.** 2014. 263f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

O objetivo deste trabalho é apresentar informações sobre o uso de modelos físicos na indústria cerâmica como parte integrante do método de projeto e identificar as possibilidades de utilização de tecnologias digitais nesse processo, verificando possíveis contribuições para o *design*. Esta é uma pesquisa qualitativa, que se utiliza de procedimentos adotados em estudos de casos múltiplos, a partir da investigação de duas indústrias de cerâmica para cada um dos setores fabris: louça de mesa, louça sanitária, cerâmica decorativa/ ornamental, revestimentos cerâmicos, telhas e blocos estruturais. Foram realizadas pesquisas bibliográficas e de campo, por meio de visitas a indústrias cerâmicas, a representantes de equipamentos de tecnologias digitais, a centros de pesquisa nacional e internacional e a instituições que possuem os equipamentos digitais para obtenção de modelos físicos. Os modelos físicos são muito utilizados em projetos de *design* durante as fases de desenvolvimento de produto e servem para gerar, analisar e selecionar as alternativas propostas, fornecendo respostas a problemas que surgem através de testes e simulações que devem ser adequados às questões e informações que se pretende coletar. Tradicionalmente, o processo de desenvolvimento de modelos físicos na indústria cerâmica requer conhecimentos técnicos e depende de muito treinamento e habilidades manuais dos modeladores. O uso de tecnologias digitais é muito difundido em outros segmentos da indústria, devido à capacidade de transformar rapidamente e com precisão modelos virtuais computadorizados em modelos físicos. Para compreender como cada segmento da indústria cerâmica utiliza os modelos físicos evidenciaram-se suas especificidades, quanto aos aspectos de configuração dos produtos e limitações dos materiais e dos processos de fabricação. Analisaram-se as seguintes tecnologias digitais: processos de prototipagem rápida, usinagem CNC e escaneamento 3D. Este trabalho demonstrou como processos analógicos tradicionais podem ser complementados e/ou substituídos para obtenção dos modelos físicos a partir da inserção de tecnologias digitais nesse processo.

Palavras chaves: modelos físicos, cerâmica, *design*, modelos analógicos, prototipagem rápida, tecnologias digitais.

ABSTRACT

MOREIRA F. **The use of physical models in the ceramic industry during the product development process and the possibilities of integrating digital technologies in this process - case studies.** 2014. 263f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

The purpose of this study is to present information on the use of physical models in the ceramic industries as an integral part of the project method as well as identify the possibilities of using digital technologies in this process for possible contributions to the design. This is a qualitative research, which uses procedures adopted in multiple case studies, from the results of a survey on two ceramic industries for each of the industrial sectors: tableware, sanitary ware, decorative / ornamental ceramic tiles, tiles, ceramic roofing and building blocks. Bibliographical and field researches were conducted through visit to ceramics industries, representatives of digital technology equipment, national and international research centers and institutions that own digital equipment to obtain physical models. The physical models are widely used in design projects during the phases of product development and serve to generate, analyze and select the proposed alternatives, in order to provide answers to problems which arise through tests and simulations and that must be appropriated to the issues and information that are intended to be collected. Traditionally, the development process of physical models in the ceramic industry requires technical knowledge and depends on training and manual skills of the modelers. The use of digital technologies is widespread in other segments of the industry due to the ability to turn quickly and accurately, virtual computer models into physical models. In order to understand how each segment of the ceramic industry uses physical models, their specificities had to be evidenced, regarding aspects of product configuration and limitations of materials and manufacturing processes. The following digital technologies were analyzed: rapid prototyping process, CNC machining and 3D scanning. This work demonstrated how the traditional analog processes can be complemented and/or substituted in order to obtain physical models through the insertion of digital technologies in this process.

Key words: physical models, ceramics, design, analog models, rapid prototyping, digital technologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Classificação geral dos modelos físicos.....	28
Figura 02 - Da esquerda para direita, modelo físico preliminar (1), modelo físico de produção (2) e protótipo (3), de Julie Spurgeon.	38
Figura 03 - Da esquerda para direita, modelo físico preliminar (1), modelo físico de produção (2) e protótipo (3), de Julie Spurgeon.	38
Figura 04 - Modelos preliminares para estudo de volumetria.....	39
Figura 05 - Produto em cerâmica.	39
Figura 06 - Modelo de aparência, confeccionada em gesso e com pintura.	40
Figura 07 - Bule para Rosenthal Coleção Landscape, 2008. Designer Patrícia Urquiola.....	41
Figura 08 - Detalhe da alça do bule – modelo confeccionado por tecnologia de prototipagem rápida e posterior extração do molde em gesso.....	41
Figura 09 - Conjunto de Vasos Startdust em cerâmica.	42
Figura 10 - Ilustrações renderizadas em <i>software</i> de modelamento 3D	42
Figura 11 - Da esquerda para direita, construção de modelos físicos em papel e construção de modelo físico em espuma	42
Figura 12 - Protótipo em cerâmica e matriz usinada em poliuretano	43
Figura 13 - Modelo e desenho técnico de bacia popular com caixa acoplada e desenho externo do sifão aparente	63
Figura 14 - Modelo e desenho técnico de bacia alto padrão (Luxo) com caixa acoplada e desenho externo do sifão escondido	63
Figura 15 - Sketch renderizado (fotografia virtual) e desenho técnico de produto. ...	68
Figura 16 - Modelamento 3D virtual de produto e Sketch renderizado (foto realística do produto) em desenvolvimento	70
Figura 17 - Matriz usinada em torno CNC	70
Figura 18 - Molde de gesso.....	70
Figura 19 - Protótipo em cerâmica	71
Figura 20 - Região com ponto crítico devido a falta de estrutura geométrica na região, causando deformações	72
Figura 21 - Região com ponto crítico devido a falta de estrutura geométrica na região, causando deformações	72
Figura 22 - Compreensão das modificações (retrações e deformações) que ocorrem com as peças após queima.....	73
Figura 23 - Desenho técnico antes e após processo de queima.....	73
Figura 24 - Modelo de bloco estrutural.....	75
Figura 25 - Modelo de bloco estrutural.....	75

Figura 26 - Controle de grauteamento.	77
Figura 27 - Grau de amassamento.....	77
Figura 28 - GreenWall Ceramic, imagens explicativas do produto.....	78
Figura 29 - Green wall ceramic, imagens explicativas do produto	79
Figura 30 - Modelo de telha de piso, e final de espigão	80
Figura 31 - Revestimento com textura gráfica.....	81
Figura 32 - Revestimento com textura gráfica e tátil.	81
Figura 33 - Revestimento com relevo.....	81
Figura 34 - Fresadora digital CNC.....	83
Figura 35 - Modelo em gesso de porta-joias, obtido por técnica de modelamento manual	86
Figura 36 - Molde em gesso de porta-joias	86
Figura 37 - Molde em gesso de porta-joias, aberto	86
Figura 38 - Molde e matriz em gesso de uma das partes do porta-joias.....	86
Figura 39 - Graminho	88
Figura 40 - Formão.....	88
Figura 41 - Esquadro.....	88
Figura 42 - Tornazin, uso em torno	89
Figura 43 - Tornazin, uso em bancada ou mesa	89
Figura 44 - Compasso utilizado para traçagem.....	89
Figura 45 - Compasso utilizado para verificação de diâmetro externo.....	89
Figura 46 - Compasso utilizado para verificação de diâmetro interno.....	89
Figura 47 - Placas maleáveis de chumbo	90
Figura 48 - Espátulas.	90
Figura 49 - Lâminas.	90
Figura 50 - Estecas utilizadas na modelagem em argila	91
Figura 51 - Serra e escova perfurada.....	91
Figura 52 - Pedacos de madeira.	91
Figura 53 - Desenho em placa de gesso.....	92
Figura 54 - Operação de entalhamento de modelo físico.....	93
Figura 55 - Fotografia utilizada para desenvolvimento de modelo físico	93
Figura 56 - Modelo físico obtido por técnica de entalhamento de modelo físico.	94
Figura 57 - Modelo físico impermeabilizado com goma laca.....	94
Figura 58 - Confecção de molde de gesso a partir de modelo físico em gesso	94
Figura 59 - Correções em molde de gesso	95

Figura 60 - Enchimento de molde de gesso	95
Figura 61 - Obtenção de protótipo.....	95
Figura 62 - Primeira série de protótipos	96
Figura 63 - Processo de vidração.....	96
Figura 64 - Protótipos finalizados	97
Figura 65 - Modelo e molde de gesso	97
Figura 66 - Matriz e molde de gesso	97
Figura 67 - Torno vertical	98
Figura 68 - Ferramentas utilizadas para torneamento de modelo físico em gesso ...	98
Figura 69 - Base de gesso para fixação do bloco de gesso	98
Figura 70 - Folhas flexíveis de plástico para moldagem do bloco de gesso	99
Figura 71 - Recipiente com gesso e água.....	99
Figura 72 - Enchimento do cilindro de folha flexível para moldagem do bloco de gesso.....	99
Figura 73 - Remoção da folha flexível de plástico.....	100
Figura 74 - Operação de nivelamento do cilindro de gesso.	100
Figura 75 - Marcação de linhas que definem diâmetro	100
Figura 76 - Operação de torneamento do cilindro.....	101
Figura 77 - Remoção do cilindro.	101
Figura 78 - Marcação de altura para desbaste.....	101
Figura 79 - Operação de torneamento do cilindro	101
Figura 80 - Remoção do cilindro	102
Figura 81 - Remoção do cilindro	102
Figura 82 - Marcação de altura e diâmetro do bico da jarra para operação de torneamento	103
Figura 83 - Operação de torneamento do bico da jarra.....	103
Figura 84 - Desbaste da parte interna do bico	103
Figura 85 - Marcação da parte inferior externa, onde será cortado o bico	103
Figura 86 - Remoção do bico	104
Figura 87 - Marcação do diâmetro da alça da jarra e operação de torneamento. ...	104
Figura 88 - Marcação da altura da largura da alça.....	104
Figura 89 - Torneamento côncavo	105
Figura 90 - Marcação do diâmetro interno da alça.....	105
Figura 91 - Torneamento de formato côncavo da alça.....	105
Figura 92 - Verificação da largura da alça.....	106
Figura 93 - Acabamento da alça com lixa fina.....	106

Figura 94 - Remoção da alça	106
Figura 95 - Marcação de posições no corpo da jarra	107
Figura 96 - Marcação de posições no corpo da jarra	107
Figura 97 - Montagem do modelo físico	107
Figura 98 - Montagem do modelo físico	107
Figura 99 - Modelo físico obtido por processo de torneamento.....	108
Figura 100 - Modelo físico obtido por processo de torneamento.....	108
Figura 101 - Desenho do perfil do balaústre em chapa de madeira.....	109
Figura 102 - Realização de furos nas curvas do perfil	109
Figura 103 - Corte com serra de mão do perfil do balaústre em chapa de madeira	109
Figura 104 - Finalização do gabarito	109
Figura 105 - Montagem de caixa para modelamento com gabarito de madeira	110
Figura 106 - Início da técnica de obtenção de modelo físico em gesso com uso de gabarito de madeira	110
Figura 107 - Finalização de modelo físico em gesso com uso de gabarito de madeira	110
Figura 108 - Modelo físico em gesso com uso de gabarito de madeira	110
Figura 109 - Sequência de imagens de vista superior e perspectivas de mesa com gabaritos de gesso sem preenchimento de argila e com preenchimento para modelamento do bolão	111
Figura 110 - Etapa de modelagem de perfil interno de bacia sanitária	112
Figura 111 - Etapa de modelagem de perfil interno e externo de bacia sanitária....	112
Figura 112 - Etapa de modelagem de perfil externo de bacia sanitária através do uso de gabaritos.....	112
Figura 113 - Obtenção de modelo físico em argila de placa cerâmica.....	114
Figura 114 - Obtenção de modelo físico em argila de placa cerâmica.....	114
Figura 115 - Obtenção de modelo físico em argila de placa cerâmica.....	114
Figura 116 - Conferência de fotolito.	115
Figura 117 - Da esquerda para direita, punção de prensa metálico e bloco de resina usinado acoplado ao punção da prensa	116
Figura 118 - Bloco de resina usinado acoplado ao punção da prensa e placa cerâmica prensada.....	116
Figura 119 - Tensionamento de tela.....	117
Figura 120 - Lavagem de tela, após revelação de fotolito	117
Figura 121 - Acabamento e controle de qualidade	118
Figura 122 - Do lado esquerdo da imagem, árvore de projetos do <i>software</i> <i>SolidWorks</i>	123
Figura 123 - Edição de algoritmos através do <i>plug in</i> Grasshopper.....	124

Figura 124 - Peça mecânica.....	125
Figura 125 - Sola de Tênis	125
Figura 126 - Plano frontal.....	128
Figura 127 - Esboço do perfil da xícara.....	128
Figura 128 - Obtenção de sólido 3D através do recurso de revolução.	129
Figura 129 - Obtenção de espessura através do recurso de casca	129
Figura 130 - Criação de plano paralelo a superfície do corpo da xícara.	129
Figura 131 - Criação do esboço da alça.....	129
Figura 132 - Aplicação do recurso base por varredura na alça.....	129
Figura 133 - Criação do esboço da textura	130
Figura 134 - Aplicação do recurso de extrusão na textura	130
Figura 135 - Obtenção de textura.....	130
Figura 136 - Aplicação do recurso filet nas arestas da textura.....	130
Figura 137 - Aplicação do recurso padrão circular para multiplicação da textura ...	131
Figura 138 - Após aplicação do recurso de padrão circular.	131
Figura 139 - Após aplicação do recurso de padrão circular	131
Figura 140- Após aplicação do recurso de corte por revolução	131
Figura 141 - Modelo 3D virtual digital de xícara de café.	132
Figura 142 - Modelo 3D virtual digital de xícara de café.	132
Figura 143 - Modelo 3D virtual digital de xícara de café.	132
Figura 144 - Modelo em STL.....	133
Figura 145 - Processo inicial de fatiamento do modelo.....	133
Figura 146 - Modelo fatiado, identificando material de modelo (vermelho) e material de suporte (amarelo)	134
Figura 147 - Modelo fatiado em camada, plano 2D, vista frontal.	134
Figura 148 - Modelo prototipado em tecnologia FDM, Equipamento Dimension, Stratasys	134
Figura 149 - Modelo físico obtido por processo de prototipagem rápida, tecnologia FDM	134
Figura 150 - Protótipo rápido obtido por processo SL Estereolitografia	139
Figura 151 - Protótipo rápido em impressão jato de tinta. Objet. Modelo: EDEN 350V.....	140
Figura 152 - Protótipo rápido flexível em impressão jato de tinta. Objet. Modelo: EDEN 350V.....	140
Figura 153 - Modelo físico de uma bicicleta em escala 1/25, onde os pneus são de material flexível e o quadro de material rígido.....	140

Figura 154 - Equipamento de prototipagem FDM. Modelo: FORTUS 400mc. Precisão 2 décimos	142
Figura 155 - Protótipo rápido em Policarbonato, obtido por processo FDM.....	142
Figura 156 - Modelo físico de uma mola onde os pneus são de material flexível e o quadro de material rígido	143
Figura 157 - Modelo físico de uma caixa com sistemas de fechamento tipo click...	144
Figura 158 - Modelo físico de uma caixa com sistemas de fechamento tipo click...	144
Figura 159 - Modelo físico em náilon de uma mola flexível e uma esfera rígida em seu interior	144
Figura 160 - Modelo físico de um mapa geográfico utilizado por pessoas com deficiência visual	145
Figura 161 - Modelo físico de órgãos, utilizado por médicos para estudo de uma cirurgia	145
Figura 162 - Modelo físico obtido por tecnologia DMLS	147
Figura 163 - Processo de prototipagem: o aglutinante é depositado pelo cabeçote para agregação o pó.....	149
Figura 164 - Processo de prototipagem: o suporte natural da peça é o próprio pó utilizado para confeccionar o protótipo.....	149
Figura 165 - Deformações ocorridas nas peças fabricadas por prototipagem rápida em cerâmica.....	150
Figura 166 - Suportes criados com a função de apoiar geometrias que tendem a desestruturar-se	151
Figura 167 - Equipamento de Prototipagem Rápida Kit Rapman – Fabricante 3D Systems	152
Figura 168 - Prototipagem rápida com massa pastosa cerâmica por processo de extrusão	152
Figura 169 - Peça prototipada com massa pastosa por processo de extrusão	153
Figura 170 - Da esquerda para a direita, base de azulejo preparado para receber a primeira camada de barbotina, aplicação da camada de barbotina e sinterização do desenho na camada.....	154
Figura 171 - Placas de cimento de alta alumina (> de 80% de Al ₂ O ₃), obtidos por impressão 3D	156
Figura 172 - Forno tipo mufla para lata temperatura 1600°C	156
Figura 173 - Placas de cimento de alta alumina (> de 80% de Al ₂ O ₃), obtidos por impressão 3D	157
Figura 174 - Placas de cimento de alta alumina (> de 80% de Al ₂ O ₃), obtidos por impressão 3D	157
Figura 175 - Impressora convencional jato de tinta adaptada para impressora 3D de material cerâmico	157
Figura 176 - Reservatório para massa cerâmica e líquido para limpeza de bicos de cabeça de impressão	157

Figura 177 - Peças obtidas por impressão 3D	158
Figura 178 - Peças obtidas por processo de impressão 3D em cerâmica	159
Figura 179 - As duas primeiras peças da esquerda para direita são obtidas por impressão 3D por processo de aglutinação de pó, a terceira e quarta peça são obtidas por prensagem	159
Figura 180 - Torno CNC.....	162
Figura 181 - Torno CNC.....	162
Figura 182 - Torno CNC.....	162
Figura 183 - Fresadora CNC usinando modelo físico em poliuretano.....	163
Figura 184 - Processo de escaneamento de modelo físico com escâner Model Maker W35 e braços articulados FARO	164
Figura 185 - Imagem de placa cerâmica escaneada.....	165
Figura 186 - Nuvem de pontos obtida a partir da placa cerâmica escaneada.....	165
Figura 187 - Composição de triângulos obtidos a partir da nuvem de pontos.....	166
Figura 188 - Identificação e tratamento superficial das partes incompletas do arquivo digitalizado.....	166
Figura 189 - Identificação e tratamento superficial das partes incompletas do arquivo digitalizado.....	167
Figura 190 - Modelo 3D gerado a partir de escaneamento digital 3D	167
Figura 191 - Arquivo processado em camadas para gerar modelo físico por tecnologias digitais	167
Figura 192 - Foto realística de produto em desenvolvimento.....	169
Figura 193 - Molde virtual de produto em desenvolvimento e identificação dos pinos de encaixe dos módulos (taceiros)	169
Figura 194 - Taceiro do molde virtual (Taceiro)	170
Figura 195 - Molde virtual e delimitação do molde virtual para análise de ângulos de saída	170
Figura 196 - Seção transversal parcial da região selecionada e área circulada indicando problemas com os ângulos de saída	171
Figura 197 - Matriz virtual.....	171
Figura 198 - Matriz física de resina usinada e molde de gesso obtido a partir da matriz	172
Figura 199 - Produto modelado virtualmente.	173
Figura 200 - Comportamento simulado do material cerâmico durante processo de Sinterização	173
Figura 201 - Produto acabado após processo de sinterização, respectivamente ...	173
Figura 202 - Imagem dos modelos físicos dos produtos da linha Eclipse	174
Figura 203 - Imagem dos modelos físicos dos produtos da linha Eclipse	174

Figura 204 - Imagem dos produtos da linha Eclipse.	175
Figura 205 - Scanner CS 130ST	176
Figura 206 - Imagem em processo de escaneamento	176
Figura 207 - Da esquerda para direita sequência de imagens com escanemamento 2D, escaneamento 3D com informações detalhadas e recurso de embossing no Photoshop.....	177
Figura 208 - Desenvolvimento de textura.....	177
Figura 209 - Efeito estético após edição do recurso emboss, imagem da esquerda com angulação maior comparada à da direita, resulta no efeito de relevo suavizado.....	178
Figura 210 - Software Engyneria Mecanizado.....	178
Figura 211 - Configuração da operação de fresamento	178
Figura 212 - Fresadora digital CNC.....	179
Figura 213 - Fresadora Digital CNC	179
Figura 214 - Processo de fresamento	179
Figura 215 - Modelo físico após processo de fresamento	179
Figura 216 - Impressora de placas cerâmicas.....	181
Figura 217 - Carta teste da impressora.....	181
Figura 218 - Modelo 3D virtual digital de garrafa decorativa	186
Figura 219 - Modelo 3D virtual digital de uma xícara	187
Figura 220 - Modelo físico obtido por processo de prototipagem rápida, tecnologia FDM	187
Figura 221 - Modelo 3D virtual digital de uma xícara	187
Figura 222 - Modelo 3D virtual digital de garrafa decorativa	187
Figura 223 - Peça prototipada com massa pastosa por processo de extrusão	193
Figura 224 - Modelo físico em cerâmica obtido por processo baseado em pó, peça esmaltada.....	194
Figura 225 - Prototipagem rápida em cerâmica através de processo baseado em pó. Geometrias internas impossíveis de serem prototipadas por processo cerâmico convencional	196
Figura 226 - Modelo 3D virtual digital.....	198
Figura 227 - Modelo 3D virtual digital.....	198
Figura 228 - Simulação da estratégia de usinagem	198
Figura 229 - Matriz usinada em MDF	198
Figura 230 - Escultura digitalizada com Goscan3D da Creaform.....	200
Figura 231 - Ilustração renderizada em software Solidworks	210

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Classificação dos modelos físicos x categoria de modelos físicos.....	33
Tabela 02 – Empresas que vendem e prestam serviços de tecnologias digitais.....	48
Tabela 03 – Classificação de empresa por segmento cerâmico	51
Tabela 04 – Canal de entrada de demanda por segmento	52
Tabela 05 – Tempo de desenvolvimento de produto por segmento cerâmico.	57
Tabela 06 – Terceirização de projetos por segmento cerâmico	58
Tabela 07 – Profissionais envolvidos no processo de desenvolvimento de Produto x Segmento.....	59
Tabela 08 – Lançamento de novos produtos em feiras por segmento cerâmico	60
Tabela 09 – Visita em feiras internacionais por segmento cerâmico.....	61
Tabela 10 – Categoria de modelos físicos por segmento cerâmico	62
Tabela 11 – Categoria de modelos físicos no segmento de cerâmica branca (louça sanitária).....	65
Tabela 12 – Categoria de modelos físicos no segmento de cerâmica branca (louça de mesa e objetos decorativos).....	67
Tabela 13 – Categoria de modelos físicos no segmento de cerâmica vermelha (blocos e telhas)	74
Tabela 14 – Categoria de modelo físico no segmento de materiais de revestimentos	82
Tabela 15 – Principais <i>softwares</i> de modelamento 3D com sistema integrado CAD/CAM/CAE	127
Tabela 16 – Classificação das principais tecnologias de prototipagem rápida.....	136
Tabela 17 – Indicação de tecnologia com processos de prototipagem rápida para indústria cerâmica	192
Tabela 18 – Indicação de tecnologias de escaneamento digital 3D para indústria cerâmica.....	201
Tabela 19 – Processos analógicos e digitais para obtenção de modelos físicos e categoria de modelos físicos.	203
Tabela 20 – Variedade de tecnologias digitais e possíveis tipos de avaliação	206
Tabela 21 – Processos analógicos e digitais para obtenção de modelos físicos e categoria de modelos físicos.	209
Tabela 22 – Comparação de viabilidade econômica de três possibilidades de utilização de tecnologias digitais no segmento de cerâmica branca ..	211
Tabela 23 – Tipos de avaliações e possibilidades de acordo com a variedade de tecnologias digitais.	213

Tabela 24 – Processos analógicos e digitais para obtenção de modelos físicos e categoria de modelos físicos.....	216
Tabela 25 – Tipos de avaliações e possibilidades de acordo com a variedade de tecnologias digitais.....	217
Tabela 26 – Processos analógicos e digitais para obtenção de modelos físicos e categoria de modelos físicos.....	218
Tabela 27 – Tipos de avaliações e possibilidades de acordo com a variedade de tecnologias digitais.....	219
Tabela 28 – Categoria de modelo físico por segmento cerâmico.....	223

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Justificativa.....	21
1.2	Questão fundamental.....	21
1.3	Objetivos gerais.....	22
1.4	Objetivos específicos.....	22
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
3	MÉTODOS	45
4	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	50
4.1	O processo de desenvolvimento de produto na indústria cerâmica e a utilização de modelos físicos	51
4.1.1	Identificação do uso de modelos físicos por segmento cerâmico.....	61
4.1.2	Segmento de cerâmica branca.....	62
4.1.2.1	Especificidades de Projeto no segmento de cerâmica branca	71
4.1.3	Segmento de cerâmica vermelha	73
4.1.3.1	Especificidades de projeto no segmento de cerâmica vermelha, blocos e telhas.....	76
4.1.4	Segmento de materiais de revestimentos	80
4.2	Confecção de modelos físicos na indústria cerâmica por métodos analógicos.....	85
4.2.1	Obtenção de modelos físicos por métodos analógicos no segmento de cerâmica branca (louça sanitária, louça de mesa e objetos decorativos).....	85
4.2.1.1	Ferramentas	88
4.2.1.2	Obtenção de modelo físico em gesso por técnica de entalhamento	92
4.2.1.3	Obtenção de modelo físico em gesso por técnica de torneamento	97
4.2.1.4	Obtenção de modelo físico em gesso através de modelamento manual com uso de gabaritos de madeira e de gesso	108

4.2.2	Obtenção de modelos físicos por métodos analógicos no segmento de placas cerâmicas.....	113
4.2.2.1	Obtenção de modelo físico em argila ou massa cerâmica, no processo de desenvolvimento de placas cerâmicas conformadas por colagem....	113
4.2.2.2	Obtenção de modelo físico, no processo de desenvolvimento de placas cerâmicas por processo de prensagem	115
4.2.3	Formação e características do profissional modelador para atendimento à indústria cerâmica.....	118
4.3	Processos para obtenção de modelos físicos por meio de tecnologias digitais	122
4.3.1	Classificação das tecnologias digitais para obtenção de modelos físicos	122
4.3.1.1	<i>Softwares</i> para modelamento 3D virtual digital	123
4.3.1.2	Etapas do modelamento 3D virtual digital	128
4.3.1.3	Princípio de funcionamento dos principais equipamentos com processos de prototipagem rápida	137
4.3.1.4	Processos de prototipagem rápida com material cerâmico	147
4.3.1.5	Obtenção de modelos físicos e matrizes por processos digitais de subtração de material – Usinagem CNC	160
4.3.1.6	Obtenção de modelos físicos por processos de escaneamento digital — engenharia reversa	163
4.3.2	Obtenção de modelos físicos por métodos digitais para o segmento de cerâmica branca	168
4.3.3	Obtenção de modelos físicos por métodos digitais para placas cerâmicas	175
4.4	A atuação do modelador, <i>designer</i> e/ou projetista no desenvolvimento de modelos físicos no processo de projeto de produto na indústria cerâmica – contribuições e limitações	183
4.5	Potencialidade do uso de tecnologias digitais na indústria cerâmica.....	190
4.5.1	Potencialidade do uso de tecnologias digitais	190
4.5.1.1	Processos de prototipagem rápida	190

4.5.1.2	Processos de prototipagem rápida com material cerâmico	192
4.5.1.3	Processos de subtração de material – Usinagem CNC.....	197
4.5.1.4	Escaneamento digital	199
4.5.2	Conclusões parciais por segmento.....	202
4.5.2.1	Cerâmica branca – louça sanitária	202
4.5.2.2	Cerâmica branca - louça de mesa e objetos decorativos	207
4.5.2.3	Placas cerâmicas	214
4.5.2.4	Cerâmica vermelha – blocos e telhas.....	218
5	CONCLUSÕES	221
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	229
7	APÊNDICE	233

1 INTRODUÇÃO

O objetivo desta pesquisa é realizar um estudo comparativo entre processos analógicos e digitais para obtenção de modelos físicos no desenvolvimento de produtos voltado à indústria cerâmica, de modo a verificar os benefícios e limitações de cada um deles e eventuais contribuições para o projeto de novos produtos.

Segundo ABC¹, a cerâmica pode ser classificada em subsetores ou segmentos em função de alguns fatores, como por exemplo; matéria-prima, propriedades ou áreas de utilização dos produtos. De forma geral, a indústria cerâmica pode ser classificada em: cerâmica vermelha, cerâmica branca, materiais de revestimentos ou placas cerâmicas, materiais refratários, isolantes térmicos, fritas e corantes, abrasivos, vidro, cimento e cal, cerâmica de alta tecnologia ou cerâmica avançada. Para esta pesquisa procurou-se identificar quais segmentos da indústria cerâmica utilizam modelos físicos durante o processo de desenvolvimento de produtos verificando-se quais processos de sua obtenção e informações coletadas por seu uso.

Os modelos físicos são utilizados em diferentes fases do projeto de um produto e servem para analisar e selecionar as alternativas propostas, fornecer respostas aos problemas que vão surgindo através de testes e simulações e devem ser adequados às questões e informações que se pretende recolher deles em cada etapa do projeto. De acordo com Menezes (2007, p.9), “os modelos servem para simular uma situação real, ou seja, o modelo é algo concebido para atingir um determinado fim e seu objetivo, entre outros, é a análise de situações preestabelecidas”.

A construção de modelos físicos pode empregar métodos analógicos, ou seja, manuais ou mecânicos e digitais. Os processos manuais ou mecânicos envolvem técnicas de modelagem, construção escultórica, desbastes, fundição, tornearia e outros, os quais exigem habilidades manuais de quem as executa. Os processos digitais dependem de modelos computacionais que são gerados em softwares CAD² e que possuem linguagem compatível com sistemas CAD CAM³ e CAD CAE⁴, que

¹ ABC – Associação Brasileira de Cerâmica – site pesquisado em 27/10/2012.

² CAD – Computer-Aided Design - Desenho Auxiliado por Computador

³ CAD CAM – Computer-Aided Manufacturing - Manufatura Auxiliada por Computador

⁴ CAD CAE – Computer-Aided Engineering – Engenharia Auxiliada por Computador

permitem a usinagem CNC⁵ e simulação de análises e testes nos modelos virtuais tridimensionais. A construção dos modelos físicos por métodos digitais pode empregar processos de prototipagem rápida e recursos de engenharia reversa por meio de escaneamento digital.

1.1 Justificativa

Atualmente existem evidências de que a indústria cerâmica está pautada principalmente em métodos analógicos para obtenção de modelos físicos, durante o processo de desenvolvimento do projeto de produto. Os métodos analógicos de confecção de modelos físicos, dispendem muito tempo e conhecimentos técnicos exigindo do modelador anos de experiência e treinamento para adquirir a habilidade necessária ao trabalho. Na maioria das vezes, a qualificação desse tipo de mão-de-obra, por ser considerada específica é formada internamente na própria empresa. A presente pesquisa propõe investigar de que maneira os processos analógicos tradicionais poderão ser complementados e/ou substituídos a partir da inserção de tecnologias digitais para a geração de novos produtos.

O uso de tecnologias digitais para a obtenção de modelos físicos como processo de prototipagem rápida, usinagem CNC e escaneamento digital pode potencializar o processo de desenvolvimento de produtos na indústria cerâmica. Pretende-se com esta pesquisa evidenciar com dados concretos, a partir de informações atualizadas do setor, como a indústria cerâmica pode usufruir das mais novas tecnologias digitais e se apropriar destes conhecimentos para o desenvolvimento de projetos de novos produtos.

1.2 Questão fundamental

De que maneira a indústria cerâmica faz uso de modelos físicos como procedimento metodológico de projeto no desenvolvimento de produtos, e qual a possibilidade de inserção de tecnologias digitais neste processo, associadas ou em substituição dos métodos analógicos, tendo em vista a variedade de tecnologias disponíveis e as necessidades de projeto?

⁵ CNC – Controle Numérico Computadorizado

1.3 Objetivos gerais

Este trabalho tem por objetivo investigar como se dá o uso de modelos físicos no desenvolvimento de produtos na indústria cerâmica e qual a possibilidade de inserção de tecnologias digitais, apontando os benefícios e limitações a partir da comparação entre os processos analógicos e digitais, verificando-se possíveis contribuições para o *design*.

1.4 Objetivos específicos

- Estudar o uso dos modelos físicos durante o processo de desenvolvimento de produto na indústria cerâmica;
- Pesquisar os processos e os materiais utilizados para a confecção de modelos físicos pelos métodos analógicos e apontar benefícios e limitações;
- Conhecer processos de fabricação de modelos físicos por tecnologias digitais e apontar potencialidades de inserção na indústria cerâmica;
- Verificar como se dá a contribuição do modelador, do *designer* e do projetista no desenvolvimento de modelos físicos durante o processo de projeto na indústria cerâmica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O *design* é uma atividade multidisciplinar, pois no desenvolvimento de um determinado produto são necessárias informações de diversas áreas, como: marketing, vendas, área técnica e produtiva. Essas informações ajudam a definir os requisitos de um novo produto ou redesenho de um já existente. Através do método projetual adotado segue-se uma série de etapas que vão desde a definição do problema, pesquisas de materiais e processos, consultas a normas técnicas e uma série de testes realizados em modelos físicos, que servem para avaliar questões estéticas, funcionais, ergonômicas e técnicas do produto, ou seja, o método define uma série de etapas que vão desde a geração de ideias até o protótipo.

Tanto Bruno Munari (1981) quanto Gui Bonsiepe (1975) definem o método como uma sequência de operações necessárias dispostas de forma ordenada e lógica para solucionar determinado problema. Bonsiepe (1975) enfatiza que em cada fase é apresentado um leque de possibilidades, onde se escolhe a melhor opção que define a próxima etapa.

Segundo Munari (1981), o método de projeto não é algo absoluto e nem definitivo ele pode mudar de acordo com as variáveis do projeto em desenvolvimento, ou seja, o *designer* pode modificar o método se forem encontrados outros valores objetivos que melhorem o processo. Seguir um método não significa que o caminho percorrido entre as várias etapas de desenvolvimento do projeto seja totalmente linear, pois o processo de avanços e retornos é comum em algumas fases de projeto de acordo com descobertas que vão surgindo ao longo do percurso.

Dentre as fases de desenvolvimento de projetos, existem aquelas de criação de propostas onde é comum o uso de representações bidimensionais, como: esboços, ilustrações *renders*, desenhos técnicos e perspectiva explodida. Existem também as fases onde se faz necessária a materialização de ideias, exigindo o uso de representações tridimensionais, como os modelos físicos. Nesta pesquisa é dada ênfase às fases de desenvolvimento de projeto onde são exigidos modelos físicos, portanto serão utilizadas definições de autores clássicos como Bonsiepe Munari, Baxter e Cullen sobre a importância das representações tridimensionais no processo projetual.

Bruno Munari (1981) descreve que os elementos de representação bidimensional e tridimensional apresentam várias funções no projeto, dentre elas:

fazer demonstração prática, como: testes de materiais, encaixes, manuseio e funcionalidade do produto. Mostra alguns exemplos da importância de utilizar modelos demonstrativos em escala utilizados para ambientação arquitetônica, como por exemplo, para mostrar a disposição dos elementos constituintes de uma praça. Aborda também que os modelos físicos podem ser obtidos por diversas técnicas e com variados materiais, como papel cartão, plastilina e outros materiais plásticos.

Bonsiepe (1975, p.191) enfatiza que “as representações bi e tridimensionais continuam sendo um instrumento indispensável no processo de desenvolvimento de produto” (tradução nossa), e faz uma classificação em cinco tipos às representações tridimensionais:

- Modelo volumétrico: tem a finalidade de visualizar o caráter formal geral de um projeto, sem precisões nos detalhes, com cores neutras, preferivelmente confeccionadas em gesso, madeira e cartão;
- Modelo estrutural: visualizar a posição espacial dos subsistemas de um produto;
- Modelo funcional: exemplificar o modo de funcionamento de um detalhe do produto como um todo;
- Modelo ergonômico: permitir uma série de averiguações ergonômicas, este modelo deve ser confeccionado em escala 1:1;
- Modelo para representação (maquetes): possui a finalidade de simular a fisionomia de um produto, com alto grau de fidelidade (tradução nossa).

De acordo com essa classificação é nítido que o nível de detalhamento do modelo físico deve estar de acordo com o tipo de informação que se pretende recolher em determinada fase de projeto.

Outro autor que aborda o uso dos modelos físicos no processo projetual é Baxter (1998), segundo ele, os modelos têm diversas utilidades no desenvolvimento de produto com diferentes objetivos e aplicações. Basicamente, os modelos físicos apresentam três objetivos no processo projetual:

- Comunicação: apresentar para consumidores, gerentes e membros da equipe, quando se trata principalmente de projetos inovadores;
- Desenvolvimento do projeto: exemplificar novas ideias sobre o projeto, utilidade para especificação da fabricação e instruções de montagem dos produtos;

- Teste e verificação do projeto: definir a vida útil do produto em curto, médio e longo prazo. Estes testes ajudam na redução dos riscos baseada na análise de falhas.

Segundo Baxter (1998), o termo modelo no sentido técnico geralmente é uma representação física ou matemática de um objeto, esse termo também é utilizado para representar modelos computacionais gerados por programas gráficos CAD (Computer-Aided Design). No projeto de produto, o modelo refere-se a uma representação do produto ou parte do produto. Modelos também podem ser entendidos como a representação física da aparência visual do produto, onde de acordo com o país de origem é chamado de maquete, termo usado pelos escultores na França, e na língua Inglesa esse mesmo termo chama-se *mock-up*. O protótipo significa literalmente o primeiro de um tipo. Baxter (1998) afirma que basicamente existem três diferenças quanto à definição de modelos e protótipos: escala, material e funcionamento. Os modelos podem ser feitos em escala ampliada ou reduzida, com diversos tipos de materiais, papelão, madeira, gesso, espuma e outros, já os protótipos devem ser feitos com os mesmos materiais e processos especificados no projeto. Os modelos destinam-se aos estudos formais, enquanto os protótipos devem possuir todos os mecanismos, inclusive para testes de funcionamento. Este autor destaca também a coerência em relação ao uso de modelos e protótipos em função dos custos que estão relacionados a eles. Quando se deseja verificar a aceitação de uma ideia sobre um determinado produto por parte da equipe de projeto ou gerentes, pode-se utilizar de representações bidimensionais, como *renders* ou até um modelo tridimensional simples, a utilização de protótipos implica em custos e tempo muito mais elevados e desperta a atenção das pessoas para opiniões sobre detalhes que não são relevantes nas fases iniciais de projeto, como por exemplo, perguntas sobre acabamentos, cores, pegas, dimensões, etc.

De acordo com Cullen (2004), geralmente a equipe de projetos pensa em vários conceitos para solucionar o problema projetual, mas precisa testá-los para descobrir se funcionam. Geralmente as equipes de *design* são compostas por um grupo de profissionais variados e que possuem experiências em áreas diferentes, isso reforça a ideia de compor um grupo multidisciplinar. O *designer* é um profissional que, para exercer bem sua função, precisa ter várias habilidades, a primeira delas é conseguir discernir exatamente o que o cliente quer ou precisa, pois nas pesquisas que antecedem o desenvolvimento de um determinado produto nem

sempre o cliente é claro quanto às suas necessidades. A segunda habilidade é ter capacidade para interagir, explicar, justificar e convencer os demais participantes da equipe de suas ideias, principalmente nas fases de conceituação de produto onde são envolvidas técnicas de *brainstorming*, análise e seleção das melhores alternativas. Os profissionais utilizam diferentes meios para atingir esse fim, alguns preferem explicar suas ideias verbalizando-as, outros por meio de esboços. Há quem prefira materializá-las com um modelo físico simples, feitos de papel, papelão, isopor ou argila, mas a grande questão é que cada profissional se utiliza de ferramentas das quais possuem mais habilidade.

Segundo Cullen (2004), logo nas fases iniciais de projeto, é comum a utilização de modelos físicos simples, pois eles proporcionam a experiência direta, o que não é possível utilizando um modelo virtual desenvolvido no computador. Porém, este modelo virtual digital serve como um comparativo para avaliar se as premissas estão corretas conforme o planejado. Geralmente, não é possível avaliar todas as variáveis do projeto num primeiro modelo físico, portanto são necessários outros modelos físicos preliminares específicos de acordo com as variáveis que se pretende estudar naquele momento. Durante as simulações no computador pode-se contar com dados presentes em tabelas antropométricas, assim como informações de ergonomia referentes à biomecânica, processos cognitivos e usabilidade, mas o ideal são testes com modelos físicos para avaliar a interface do produto com uma amostra de possíveis usuários. Usualmente, esse tipo de análise é feita com modelos físicos mais detalhados e as informações geradas nessa etapa são de extrema importância para a condução do projeto, pois avaliam sensações, percepções e conforto. Os projetos possuem muitas variáveis interdependentes, o *designer* deve estar atento quanto às decisões tomadas no projeto, pois a mudança de variáveis influencia diretamente nas outras, interferindo no contexto do projeto como um todo.

Os quatro autores mencionados até então, Munari, Bonsiepe, Baxter e Cullen, abordam o uso dos modelos físicos durante o projeto, caracterizando-os de maneira similar, quanto à finalidade, tipos de informação que são geradas e materiais utilizados para obtenção dos mesmos.

De acordo com Menezes (2007, p.9):

[...] modelo é algo concebido para atingir um determinado fim e seu objetivo entre outros é uma representação concreta do objeto, quando todas as propriedades ou características são representadas, não se trata mais do modelo e sim do próprio objeto ou de sua réplica perfeita.

Segundo Menezes (2007, p.9):

A construção dos modelos físicos utilizam as representações bidimensionais como desenho técnico, esboços e *renders* para sua construção. Esta é uma fase que consome tempo, recursos técnicos e financeiros. Em cada fase projetual, diversos modelos podem ser concebidos, e os níveis de detalhamento dos modelos físicos devem estar de acordo com o tipo de informação que se pretende coletar em determinada fase do projeto. Geralmente nas fases iniciais de projeto são exigidos modelos preliminares, para averiguações volumétricas e dimensionais.

À medida que o projeto se desenvolve, são exigidos modelos físicos com maior configuração em termos de detalhes e precisão dimensional. Para Menezes (2007), o modelo utilizado para representar um sistema real, pode resultar em diversas interpretações, que estão diretamente relacionadas à decodificação que o observador fará e isso depende do repertório do mesmo.

Echenic (1975. Apud Menezes, 2007, p.10) classifica os modelos em três classes distintas segundo alguns fatores: finalidade, como são construídos e como trata o fator tempo.

A finalidade de construção do modelo pode ser descritiva, preditiva, explorativa ou de planejamento. Modelos descritivos servem para definir a função, compreender e explicar a realidade.

Os modelos preditivos servem para diagnosticar o futuro, o diagnóstico pode ser feito de duas maneiras, de forma extrapolativa, quando projeta tendências atuais que estão contidas no modelo descritivo, ou de forma condicional, quando as variáveis são estudadas através de mecanismos de causa e efeito. Os modelos explorativos são utilizados para descobrir outras realidades possíveis de serem aplicadas aos modelos descritivos, quando alguns parâmetros básicos são

alterados, e os de planejamento: são concebidos para que se possa otimizar algumas variáveis contidas no sistema, afim de atingir metas fixadas no planejamento teórico.

Quanto à maneira de que são construídos, classificam-se como físicos ou conceituais. Os modelos físicos possuem propriedades materiais e característica que o identificam como real. Podem ser icônicos, assemelhando-se muito com o objeto representado, facilitando a identificação de quem o utilizará. Também podem ser analógicos, em que a intenção é operar o modelo, não sendo importante a sua aparência. Os modelos conceituais podem ser verbais ou matemáticos, que irão expressar a realidade através de descrições textuais ou fórmulas e operações lógicas.

Em relação à maneira como trata o fator tempo, o modelo pode ser estático, que considera o sistema num certo momento, seja passado, presente, futuro ou dinâmico, que são utilizados para representar o sistema no decorrer do tempo.

Abaixo um esquema com a classificação geral dos modelos (ver figura 1), segundo Menezes:

Figura 1 - Classificação geral dos modelos físicos (Menezes, 2007, p. 11).

Em relação à maneira como são construídos, atualmente pode-se acrescentar na classificação conceitual/matemático outra modalidade que são os modelos 3D virtuais digitais, que se tornaram possíveis a partir da disseminação dos sistemas CAD muito utilizado nos campos da engenharia, arquitetura e design para criação de desenhos 2D e 3D. Posteriormente, a tecnologia evolui para os sistemas CAD CAM, que por meio da interface do *software* com alguns equipamentos como, por

exemplo, centro de usinagem CNC, possibilita a manufatura de peças a partir de um arquivo digital. Os modelos físicos também podem ser gerados por meio de processo de prototipagem rápida e também recursos de engenharia reversa, como o escaneamento digital 3D.

Utilizaram-se conceitos de autores como Andrade (1987), Menezes (2007), Bertoldi (2010), para definir as diferentes categorias de modelos físicos, e para esta pesquisa utilizaram-se tais definições:

- Modelos preliminares ou pré-modelos (*mock-up*):

Definição: são as primeiras explorações formais do produto utilizadas para estudo de volume e configuração geral. Geralmente são confeccionados em escala natural 1:1.

Função: avaliar proporções, contornos, vazios, cheios, ranhuras, reentrâncias, encaixes, dimensões básicas de forma a permitir avaliar o volume criado. São construções sem detalhes formais e geralmente são confeccionados numa única cor neutra e sem brilho (cinza, bege, branco) para favorecer a percepção formal do objeto.

Materiais empregados para construção: os materiais empregados são simples, de custo baixo, geralmente são diferentes do especificado em projeto e são materiais que permitem a geração de muitas alternativas e modificações rápidas necessárias no momento das avaliações. É comum o uso de isopor, PU, cartolina, papelão, argila, plastilina, gesso e madeira.

- Modelos de Aparência:

Definição: são modelos em escala 1:1 que representam fielmente todos os detalhes formais do produto, cores, texturas, acabamentos superficiais, transparência, inscrições, grafismo, etc.

Função: este modelo tem como característica principal possibilitar ao leigo a compreensão do produto, este modelo é o primeiro elemento de ligação entre projeto e possível usuário. Muito utilizado para a aprovação do projeto pelo cliente, para a verificação de sua aceitação por parte de possíveis consumidores em feiras e eventos.

Materiais empregados para construção: os materiais utilizados podem ser diferentes do especificado em projeto, mas deve representar fielmente as características formais do produto.

- Maquetes:

Definição: são modelos físicos mais utilizados em projetos arquitetônicos. Geralmente são confeccionadas em escala reduzida.

Função: verificação espacial e volumétrica em várias etapas do projeto. Pode apresentar alto ou baixo nível de detalhamento de acordo com a função durante as etapas do projeto.

Materiais empregados para construção: diferentes dos empregados no projeto.

- Modelos Funcionais:

Definição: são modelos que representam o produto em sua totalidade ou em partes. Pode ser feito em escala natural, reduzida ou ampliada. Podem apresentar maior ou menor fidelidade com a aparência do produto e podem conter componentes elétricos, mecânicos e eletrônicos.

Função: são utilizados para simulação de princípios funcionais, como articulações, fechamento e montagem, facilidade de reparos e manutenção e outros atributos inerentes a função do produto.

Materiais empregados para construção: são empregadas diferentes técnicas de construção.

- Modelos Operacionais:

Definição: são modelos construídos para a verificação de como o produto será operado pelos usuários. Pode apresentar maior ou menor fidelidade com a aparência do produto.

Função: simulam sequências operacionais, habitabilidade e interfaces com usuários, como facilidade de manuseio e segurança na utilização do produto.

Materiais empregados para construção: são empregadas diferentes técnicas de construção.

- Modelos de Ergonomia:

Função: são modelos chamados de *mock-ups* ergonômicos. Podem apresentar diferentes graus de acabamento, com maior ou menor fidelidade à aparência do produto.

Função: são utilizados para testar soluções em simulações de uso, ou para levantar dados para a construção de soluções de uso.

Materiais empregados para construção: são empregadas diferentes técnicas de construção.

- Modelos de Usabilidade:

Definição: são modelos semelhantes aos modelos ergonômicos, porém sua aparência é mais fiel à do produto final, podendo conter componentes elétricos, mecânicos e eletrônicos.

Função: simulação de situações de uso, a interface do produto com o usuário, o tempo de resposta do operador para determinadas ações, níveis de erro, desempenho operacional, etc.

Materiais empregados para construção: são empregadas diferentes técnicas de construção.

- Protótipo:

Definição: é o modelo físico mais próximo do produto final. Esse modelo é produzido com os mesmos materiais e processos especificados no projeto. Esse modelo deve conter todos os componentes elétricos, mecânicos e eletrônicos do produto.

Função: sua finalidade é avaliar a solução final, no que se refere aos desempenhos técnicos, ergonômicos e estéticos, em uma fase anterior à produção.

Materiais empregados para construção: em sua construção são empregados os mesmos processos ou processos similares aos do produto final.

- Cabeça de Série:

Definição: são conhecidos como modelos de pré-série e na indústria chamado muitas vezes chamado de *try-out* ou pré-produção. Função: são construídos para a simulação de processos produtivos, para a análise de problemas de fabricação e

ajustes na linha de produção. Este modelo ainda pode gerar alterações no desenho para garantir melhor eficiência produtiva.

Materiais empregados para construção: em sua construção são empregados os mesmos processos ou processos similares aos do produto final.

Além dessas categorias de modelos citados acima, segundo Andrade (1987), existem também os modelos de produção:

- Modelos de produção:

Definição: fornecem subsídios no sentido de possibilitar a análise do processo de produção do produto como um todo, levando em consideração escala de produção, recursos materiais, industriais e humanos para industrialização do produto em questão.

Função: são utilizados para realização de testes de produção, montagens de elementos estruturais e a partir desses modelos podem ser gerados estudos preliminares de ferramental como moldes e estampos.

Materiais empregados para construção: nestes modelos a escolha do material é de extrema importância, por exemplo, o modelo não pode deformar-se quando submetido ao processo de extração de moldes, pois isso irá interferir nas futuras fases desse processo. Portanto é necessário conhecer o desempenho e o comportamento físico do material escolhido para este fim.

Uma visão geral referente à classificação e às categorias dos modelos físicos adotados para esta pesquisa pode ser analisada a seguir (ver tabela 1):

Tabela 1 – Classificação dos modelos físicos x categoria de modelos físicos.

Categorias de modelos	Classificação dos modelos									
	Finalidade pelo que o modelo é construído					Maneira como o modelo é construído		Com o modelo trata o fator tempo		
	Descritivo	Preditivo		Explorativo	Planejamento	Físico		Conceitual	Estático	Dinâmico
		Extrapolativo	Condicional			Ícônico	Analogico			
Modelos preliminares										
Modelos de aparência										
Modelos funcionais										
Modelos operacionais										
Modelos de ergonomia										
Modelos de usabilidade										
Modelos de produção *										
Protótipo										
Cabeça de série										
* Modelo físico de produção: é aquele modelo físico que possui todas as compensações referentes à retração do corpo cerâmico e possíveis deformações geométricas devido à presença de matérias-primas fundentes nas massas cerâmicas.										

Fonte: A autora (2014).

Segundo Bertoldi (2010), a construção dos modelos físicos pode empregar meios manuais ou mecânicos e digitais. Os processos manuais ou mecânicos envolvem técnicas de modelagem manual, construção escultórica, desbastes, fundição e tornearia, são utilizadas ferramentas como: formões, goivas, grosas, facas, estiletes, esquadros, lixas, raspadores, graminhos, além de equipamentos tradicionais utilizados em marcenarias e serralherias: lixadeiras, furadeiras,

fresadoras, serras de fita, serras tico-tico, tupias, guilhotinas, soldadores, etc. É comum o uso de gabaritos ou chapelonas que servem de referência para modelar massas moldáveis ou desbastar material rígido dos perfis externos e/ou internos das peças. Como visto, nas categorias de modelos podem ser empregados diferentes materiais como: madeiras maciças, aglomerados e compensados, poliuretano (PU), argila, papel cartão, ondulado, pluma, placas ou blocos de isopor, acetado, gesso, argila, plastilina, ceras, plásticos em lâminas (acetato, acrílico, PVC, PP), silicone, fibra de vidro, resinas poliéster, resinas acrílicas, chapas metálicas de aço, alumínio, zinco, etc.

Para esta pesquisa, com relação aos processos digitais para obtenção de modelos físicos, serão abordados especificamente os processos de prototipagem rápida, usinagem CNC e escaneamento digital, portanto se utilizaram conceitos e definições de alguns autores como: Volpato, Gorni e Kolarevic.

O termo prototipagem rápida deve-se ao fato deste processo ser utilizado para confeccionar modelos físicos de forma rápida, desconsiderando-se algumas características físicas do material empregado no produto final, como resistência e precisão. Embora alguns autores discordem do termo e tenham sugerido ao longo dos anos outras possibilidades de nomes mais apropriados, como manufatura por camada, fabricação de forma livre, manufatura de bancada, manufatura acrescentando material, o nome original prototipagem rápida tem prevalecido no mercado. Apesar de não ser o mais coerente, ou correto, esse termo é difundido, conhecido e empregado comercialmente. (VOLPATO, 2007, p. 3).

Em relação às definições sobre o termo “prototipagem rápida”, segundo Volpato (2007, p.3) e Gorni (2001, p.230), respectivamente, temos:

A prototipagem rápida pode ser definida como um processo de fabricação através da adição de material em forma de camadas planas sucessivas, isto é baseado no princípio de manufatura por camada. Esta tecnologia permite fabricar componentes (protótipos, modelos, etc) físicos em três dimensões (3D), com informações obtidas diretamente do modelo geométrico gerado no sistema CAD, de forma rápida, automatizada e flexível.

O termo prototipagem rápida designa um conjunto de tecnologias usadas para se fabricar objetos físicos diretamente a partir de fontes de dados gerados por sistemas de projeto auxiliado por computador (CAD). Tais métodos são bastante peculiares, uma vez que eles

agregam e ligam materiais, camada a camada, de forma a constituir o objeto desejado. Eles oferecem diversas vantagens em muitas aplicações quando comparados aos processos de fabricação clássicos baseados em remoção de material, tais como fresamento ou torneamento.

Segundo Gomes (2013), existe uma norma da ASTM, que está em fase de elaboração, que procura padronizar a nomenclatura desses processos digitais de obtenção de modelos físicos e classificar os diversos tipos de tecnologia. Há um consenso entre os membros do comitê técnico de que o termo prototipagem rápida será substituído por *additive manufacturing* (informação verbal)⁶.

É importante destacar que os dois autores citados, Volpato e Gorni, classificam o processo de prototipagem rápida como aquele obtido por adição de material, distintamente da técnica de usinagem CNC, que apresenta como princípios de processos de confecção de modelos a remoção de material.

Outra colocação importante é que a palavra “rápida” também é relativa, já que a confecção dos protótipos podem levar desde minutos até horas ou dias. No entanto, pode-se concluir que o nome “rápido” refere-se à comparação com o processo analógico de confecção de modelo físico, que requer a produção de desenhos, gabaritos, chapelonas e todo ferramental necessário, além dos avanços e retornos inerentes ao processo de projeto, que novamente exigirá a produção de desenhos, gabaritos e etc.

Outros autores como Kolarevic (2003) consideram que estamos vivendo na era digital. Período onde radicalmente configurou-se a relação entre concepção e produção, criando um *link* direto entre o que pode ser concebido e o que pode ser produzido (tradução nossa). Atualmente os projetos além de serem criados digitalmente também são construídos digitalmente por meio de várias tecnologias de fabricação digital. O grande objetivo é trabalhar as possibilidades espaciais possíveis de serem obtidas pelos *softwares* de modelagem tridimensional. As possibilidades construtivas tornaram-se uma função direta da computação. Segundo Kolarevic (2003):

A grande questão não é mais se a forma é possível ou não de ser construída, mas quais novos instrumentos práticos de construção precisam ser desenvolvidos para se tirar vantagens cada vez mais

⁶ Informação fornecida por Gomes em palestra no 57º Congresso Brasileiro de Cerâmica.

das oportunidades criadas pelos modelos de produção digital (tradução nossa).

Kolarevic (2003) utiliza os mesmos conceitos que Volpato e Gorni quanto à distinção entre usinagem e prototipagem rápida, porém denomina as diversas tecnologias digitais como fabricação digital, já que de acordo com avanços tecnológicos em relação aos equipamentos, o modelo físico gerado possui características físicas muito próximas da peça final obtida por processo convencional de produção.

Segundo Kolarevic, as tecnologias digitais já vêm sendo utilizadas para produzir o produto final e não apenas um modelo físico, podendo ser classificadas como:

- Fabricação digital por método subtrativo: quando se refere à fabricação digital que envolve a remoção de material, como a usinagem CNC.
- Fabricação digital aditiva: quando se refere às diversas técnicas que envolvem a adição de material camada a camada, como os processos de prototipagem rápida.
- Escaneamento digital em três dimensões: quando se refere aos recursos de engenharia reversa, em que se obtém o modelo 3D digital a partir de um modelo físico.

Para esta pesquisa são utilizados os conceitos segundo esses três autores e serão utilizadas as seguintes terminologias:

- Obtenção de modelos físicos por processo de prototipagem rápida quando se refere às diversas técnicas digitais de adição de material camada a camada. Optou-se pelo termo “prototipagem rápida” por ser ainda um termo muito utilizado por diversos autores, inclusive os que estão sendo utilizados nessa pesquisa e também por ser o mais utilizado comercialmente;
- Obtenção de modelos físicos e matrizes por processos digitais de subtração de material, quando se referir à usinagem CNC, corte a laser, com corte por plasma ou água.
- Obtenção de modelos físicos por escaneamento digital em três dimensões, quando se referir a recursos de engenharia reversa.

Em relação ao processo de desenvolvimento de produto na indústria cerâmica, Anthonny Quinn (2007) considera onze estágios: fonte de inspiração, painel semântico, conceituação de propostas, representações bidimensionais, essas

quatro primeiras fases estão mais relacionadas ao conceito do produto, e partir daí seguem as próximas fases que são: desenvolvimento do desenho, construção de maquetes, técnicas de desenho e protótipos. Essas fases fazem parte do estágio de verificação em que os conceitos são analisados quanto à possibilidade de serem realizados tecnicamente. Esse processo de investigação é muito rigoroso e o designer deve estar consciente de que podem acontecer modificações no projeto para que as ideias tornem-se viáveis. As outras fases são: construção de modelos de produção, moldes, matrizes, testes e amostras, que estão relacionadas às fases de produção. A última fase é a apresentação do design.

Para esta pesquisa será dada ênfase às etapas de projeto em que são utilizados modelos físicos, por quais materiais e processos estes são construídos e quais considerações são feitas dos mesmos. Quinn (2007) utiliza o termo maquete, quando se refere aos modelos em três dimensões. Durante a condução do texto será utilizado o termo “modelos físicos”, pois evidenciou-se que todos os autores utilizam esse termo quando se trata de desenho industrial. Entende-se que maquetes também são modelos físicos, porém em escala reduzida e mais utilizados em arquitetura.

O modelo físico é feito em escala, é ideal para ajudar como o conceito será trabalhado fisicamente. O modelo físico é a ferramenta que irá ajudar o designer a pensar em três dimensões, mais do que os esboços. Por definição é um esboço em três dimensões. (QUINN, 2007, p. 24, tradução nossa).

De acordo com Quinn (2007), os materiais empregados para confeccionar os modelos físicos devem ser fáceis de serem modelados ou manipulados manualmente, podem-se utilizar argilas, massas de modelar infantil, papel marche, cartões, etc. Essa definição em Quinn (2007) corresponde à dos modelos preliminares descritos por Menezes (2007). Quanto às informações fornecidas, esses primeiros modelos não precisam apresentar bom acabamento superficial, ou detalhes, mas precisam representar a essência da ideia. Podem ser confeccionadas por diversas técnicas através de cortes e montagem de placas, modelagem manual em argila, etc. As possibilidades são infinitas, limitadas somente pela imaginação, destreza manual e experiência de quem os executa.

Quinn (2007) também atenta para as diferenças entre modelo físico, modelos de produção e protótipo (ver figura 3 e 4), tais definições são mais fáceis de serem explicadas por meio da análise das figuras a seguir:

Figura 2 - Da esquerda para direita, modelo físico preliminar (1), modelo físico de produção (2) e protótipo (3), de Julie Spurgeon. Fonte: QUINN, 2007.

Figura 3 - Da esquerda para direita, modelo físico preliminar (1), modelo físico de produção (2) e protótipo (3), de Julie Spurgeon. Fonte: QUINN, 2007.

Os modelos 1, 2 e 3 das duas figuras acima são os mesmos, porém em ângulos diferentes. O modelo 1 (ver figuras 2 e 3) é um modelo físico preliminar confeccionado em argila, apresenta uma ideia da forma que se pretende alcançar. A partir deste modelo físico preliminar confeccionou-se um molde perdido e posteriormente encheu-se esse molde com gesso e obteve-se um novo modelo físico em gesso (modelo 2 figura 3). Efetuaram-se pequenas alterações nesse modelo de gesso, que recebeu acabamento, definição de encaixes, passando a ser considerado o modelo físico de produção do novo molde para obtenção do protótipo (modelo 3 das figuras 2 e 3). Vale salientar também que modelar depende de habilidades manuais, as percepções e preferências por materiais variam de acordo com a habilidade e experiência de cada modelador.

A seguir verificam-se modelos físicos preliminares (figura 4) utilizados para avaliar o volume e explorar a forma do bule de chá, desenvolvidos por Shim Azumi. Esse designer usou perfis de papel criados no computador colados em papel pluma cortados com precisão. Realizou-se a montagem dos modelos físicos e devido à característica de flexibilidade da espuma, foi possível o estudo de variados formatos. A finalização desse produto pode ser vista na imagem abaixo (ver figura 5).

Figura 4 - Modelos preliminares para estudo de volumetria. Fonte: QUINN, 2007.

Figura 5 - Produto em cerâmica. Fonte: QUINN, 2007.

Na figura 6 encontra-se um modelo físico de aparência, de uma xícara e um pires com certo grau de complexidade formal principalmente na parte inferior da alça da xícara que acompanha o perfil da base do pires. Esse modelo físico foi modelado em gesso, utilizando-se um gabarito/chapelona ou esteca que contém o perfil da peça. Posteriormente, impermeabilizou-se o gesso, e o modelo físico passou por processo de pintura, assemelhando-se às características da peça final após queima, caracterizando-se como um modelo físico de aparência, segundo Menezes (2007). Nesse tipo de modelo é possível analisar todas as características configurativas relacionadas aos atributos estéticos e funcionais, como perfil, forma, cores, proporções, harmonia entre os elementos, pega, capacidade volumétrica, segurança ao manusear. Os atributos técnicos, como retrações de massa, acordo massa e vidrado e principalmente deformações, somente podem ser avaliados nos protótipos, pois a massa cerâmica sofre inúmeras transformações físico-químicas no processo de sinterização devido a características fundentes das matérias-primas.

Figura 6 - Modelo de aparência, confeccionada em gesso e com pintura. Fonte: QUINN, 2007.

Quando os resultados das avaliações nos modelos físicos de aparência são satisfatórios, preparam-se os desenhos técnicos e “o modelo físico é indispensável para esse processo fornecendo dados como escala, proporção e dimensões” (QUINN, 2007, p.28, tradução nossa). Os desenhos técnicos são utilizados para gerar os moldes protótipos e obter as várias séries de protótipos até sua aprovação.

Segundo Quinn (2007), o protótipo é um modelo final em três dimensões do produto. É um modelo mais refinado e fiel comparado ao desenho que os modelos físicos o antecedem. O protótipo é feito na escala 1:1, para resolver detalhes e questões de design, como: proporção, perfil, qualidade da superfície, questões de produção que envolvem materiais e maquinário.

Com relação às características do material cerâmico para uso em desenho industrial, além de possuir excelentes qualidades estéticas possui também alto desempenho técnico e funcional. A cerâmica possui uma infinidade de aplicações industriais e artísticas. Os segmentos industriais que mais utilizam o material cerâmico são para a construção civil e utilitária, estes últimos produzem louça de mesa e objetos decorativos.

Segundo Lefteri (2003), um bom exemplo são os materiais cerâmicos empregados para desenvolvimento de produtos na área de cerâmica avançada. A zircônia é um material de alta performance, comparado à alumina e alguns metais porque possui maior resistência mecânica. A cerâmica avançada é uma área menos explorada no campo do design e possui características técnicas e estéticas muito interessantes. Esse tipo de material quando utilizado em granulometrias extremamente finas proporcionam um acabamento lustroso e liso adequados para

lâminas, pistões e rolamentos. Um exemplo de aplicação desse material em design é para fabricação de joias e componentes de relógios, geralmente os designers utilizam metais e plásticos para configuração deste tipo de produto.

O grande desafio para o designer é conseguir embutir essas características nos seus projetos, para isso é muito importante que o designer conheça uma gama de materiais variados assim como suas propriedades, facilidades e limitações.

De acordo com Terstiege (2009) no projeto desenvolvido pela designer Patrícia Urquiola para empresa Rosenthal, criaram-se sete padrões de relevos utilizadas de diversas maneiras nas peças da coleção Landscape (figura 7). Um dos diferenciais configurativos do produto é que possuem sete tipo de padronagens de texturas diferentes nas alças e puxadores, estes detalhes são impossíveis de serem modelados manualmente. Dessa forma, a designer e a equipe de projetos optaram por buscar outros métodos para tornar possível o desenvolvimento do produto, recorreram ao uso de processo de prototipagem rápida para obter os modelos físicos das alças e puxadores do produto. Utilizou-se o processo de prototipagem rápida Lom (*Laminated Object Manufacturing*), posteriormente obteve-se o molde (ver figura 8). Os modelos físicos do corpo dos produtos foram obtidos por técnicas de modelagem tradicionais.

Figura 7 - Bule para Rosenthal Coleção Landscape, 2008. Designer Patrícia Urquiola.
Fonte: <<http://www.roadsidescholar.com/2008/07/31/landscape-teapot/>>.

Figura 8 - Detalhe da alça do bule – modelo confeccionado por tecnologia de prototipagem rápida e posterior extração do molde em gesso.

Hudson (2009) descreve as fases do projeto Stardust, conjunto de vasos multifacetados (ver figura 09), onde utilizaram-se *renders* em *software* de modelamento 3D e obtiveram-se os desenhos técnicos dos mesmos, posteriormente

foram impressos e utilizados para confeccionar modelos físicos em papel (ver figura 10). Esses modelos físicos foram utilizados para averiguar volumetrias, posteriormente obteve-se um modelo em espuma (ver figura 11) em que através de operações manuais de lixamento pode-se suavizar as superfícies e marcar as arestas das peças. Os designers optaram por contratar um modelador habilidoso para confecção dos modelos de produção em resina e dos moldes de produção em gesso (ver figura 11).

Figura 09 - Conjunto de Vasos Startdust em cerâmica. Fonte: HUDSON, 2008. p.100-103 e p.62-65.

Figura 10 - Ilustrações renderizadas em *software* de modelamento 3D. Fonte: HUDSON, 2008. p 100-103 e p 62-65.

Figura 11 - Da esquerda para direita, construção de modelos físicos em papel e construção de modelo físico em espuma. Fonte: HUDSON, 2008. p 100-103 e p 62-65.

Segundo Lefteri (2003), a vantagem de utilizar CAD não se restringe apenas aos tempos de resposta mais rápidos para a confecção de protótipos e *mock-ups*. O uso de modelos de computador permite a criação de uma gama muito maior de padrões que permite a criação de superfícies complexas, que de outra forma seria difícil utilizando métodos tradicionais de modelagem.

Recentemente Iwakami (2012), em sua pesquisa de mestrado descreve o método para desenvolvimento de produto cerâmico através de experimentações que propõe a introdução de processos de usinagem CNC no setor de construção de matrizes. A proposta é tornar mais ágil e rápida esta fase, facilitando modificações e atualizações de projeto (ver figura 12).

Figura 12 - Protótipo em cerâmica e matriz usinada em poliuretano. Fonte: Dissertação de mestrado, Mariana Iwakami, 2012.p.35.

Neste caso em específico, o processo de desenvolvimento de produto pode ser otimizado, já que eliminam-se as etapas de obtenção de modelos físicos preliminares e de produção. Todas as avaliações dos produtos, como volumetrias, dimensões, proporções entre os elementos são avaliadas virtualmente, através de simulações virtuais realizadas em software CAD/CAE. Esse procedimento exige do projetista muita experiência com relação ao uso do software e do comportamento do material cerâmico. Praticamente o primeiro modelo físico que se avalia é o protótipo. Logo, se na análise do protótipo forem evidenciadas que serão necessárias modificações como: ajustes de pega, acerto de volumetrias, correções de deformações em função das características do material cerâmico, as correções deverão ser realizadas nas matrizes, e isto pode implicar em custos elevados, já que as mesmas são obtidas por processo de usinagem CNC. Certamente, o uso de modelos físicos em fases preliminares do projeto evitaria gastos com correções no ferramental, que são as fases mais onerosas no desenvolvimento de novos produtos.

De acordo com Cullen (2004), os modelos físicos são importantes porque proporcionam a experiência direta com o objeto que não é possível utilizando um

modelo virtual desenvolvido no computador. Portanto é de se pensar com mais cuidado até que ponto pode ser benéfico eliminar o uso de modelos físicos.

Da mesma forma, assim como o modelador precisa possuir habilidades manuais para confeccionar os modelos físicos, o designer ou projetistas também precisa possuir habilidades para desenvolver o modelamento 3D e as simulações nos mesmos. Evidentemente que as habilidades são diferentes e podem levar anos para serem adquiridas.

3 MÉTODOS

Esta é uma pesquisa qualitativa já que necessita de imersão no contexto e considera a perspectiva interpretativa e procura descrever detalhadamente e em profundidade, fenômenos e interações entre indivíduos, grupos e organizações. Não se pretende quantificar dados para comprovação ou refutação de teoria, mas sim compreender como ou porque determinado fenômeno ou situação acontece, exigindo atividades de observação, registro e análise de interações reais entre pessoas e entre pessoas e sistemas (LEEDY, 2009, p136 a 139).

Nesta pesquisa, o tratamento de dados leva em conta a comparação entre resultados, o reagrupamento em categorias que se relacionam em si a fim de ressaltar padrões, conceitos e temas. A análise envolve o processo de ordenação de dados, de criação de padrões, categorias e unidades básicas descritivas e a interpretação refere-se à atribuição de significado à análise realizada, explicando os padrões encontrados e procurando por relacionamentos entre as dimensões descritivas.

Segundo Yin, trata-se de uma pesquisa qualitativa de caráter exploratório que se utiliza de procedimentos próprios da modalidade dos estudos de casos múltiplos, utilizando-se da coleta de vários tipos de dados, a partir da análise de documentos (pesquisa bibliográfica) e de artefatos, de entrevistas estruturadas e semiestruturadas, de observação direta e de observação participativa. Ainda para definição dos procedimentos metodológicos, encontra-se a definição:

Case studies are a strategy of inquiry in which the researcher explore in depth a program, event, activity, process, or one or more individuals. Cases are bounded by time and activity, and researchers collect detailed information using a variety of data collection procedures over an sustained period of time (CRESWELL, 2009, p13.)

Para desenvolvimento dessa pesquisa, que procura entender como se dá o uso de modelos físicos na indústria cerâmica em seus diferentes setores, é necessária a realização de levantamento bibliográfico nas áreas de design, cerâmica e tecnologias digitais, pesquisa de campo para realização das visitas em fábricas de cerâmica e em empresas representantes de equipamentos de prototipagem rápida,

entrevistas com modeladores, designers e projetistas e realizar cursos em softwares para modelamento tridimensional e manufatura digital.

Em virtude das necessidades apontadas, pode-se afirmar que se trata de uma pesquisa qualitativa na modalidade que exige procedimentos próprios de estudo de casos múltiplos. Para esta investigação, foram consideradas duas relevantes fábricas brasileiras para diferentes setores da indústria de cerâmica, a saber:

- Segmento de cerâmica branca – Louça de mesa – Germer e Porcelana Teixeira;
- Segmento de cerâmica branca – Louça sanitária – Rocca e Deca;
- Segmento de placas cerâmicas – Grupo Incefra e Esmaltec Insumos Cerâmicos;
- Segmento de cerâmica vermelha – Eurotop, Selecta Blocos e Cerâmica Ermida;

Durante o desenvolvimento do trabalho identificou-se que no caso das empresas do segmento de cerâmica vermelha e de placas cerâmicas o projeto de produto é terceirizado, direcionando para estas empresas a busca das informações. As empresas consultadas foram: Boquilhas Crisda, que atende o segmento de cerâmica vermelha e a Esmaltec Insumos Cerâmicos de placas cerâmicas.

As informações necessárias para desenvolvimento deste trabalho foram organizadas a partir do desmembramento da questão inicial nos seguintes subproblemas, apresentados como subcapítulos do próximo capítulo:

- Investigar as metodologias aplicadas para confecção de modelos físicos durante o processo de concepção de novos produtos na indústria cerâmica;
- Conhecer os processos de fabricação de modelos físicos por métodos analógicos;
- Conhecer os processos de fabricação de modelos físicos por tecnologias digitais;
- Investigar o papel do modelador, designer e projetista durante o processo de desenvolvimento de novos produtos;
- Verificar potencialidades de uso de tecnologias digitais na indústria cerâmica.

Para compreender como se dá o uso e confecção dos modelos físicos durante o processo de concepção de novos produtos na indústria cerâmica, serão observadas em quais fases do desenvolvimento do projeto eles são utilizados e

quais tipos de informações são geradas. A partir do contato com designers e modeladores que atuam em cada uma das indústrias pesquisadas. A técnica para coleta de dados foram observação direta e entrevistas na pesquisa de campo. A partir daí ocorre à triangulação dos dados brutos encontrados, por meio de sistematização, buscando padrões gerais de associação, similaridades e especificidades em cada subsetor da indústria cerâmica.

Da mesma maneira, para conhecer os processos de fabricação de modelos físicos por métodos analógicos empregados na indústria, há necessidade de comparar informações presentes em bibliografia específica com os dados encontrados nas fábricas selecionadas, identificando o papel do designer e dos modeladores durante o processo de confecção dos modelos, suas habilidades e treinamentos adquiridos. A bibliografia consultada foi: Aun, Charvarria, Shimutzu. Os dados coletados por meio de entrevistas e observação direta proporcionaram a descrição das etapas do processo de modelagem manual/mecânica buscando sua triangulação.

Em virtude do uso das novas tecnologias digitais serem recentes no desenvolvimento de modelos físicos durante o projeto, houve a necessidade de compreender as etapas do processo de modelagem 3D virtual e manufatura digital, tipos e princípio de funcionamento dos processos e equipamentos. Partiu-se de bibliografia específica, visitas técnicas a empresas representantes destes equipamentos, entrevistas com modeladores e especialistas em ferramentaria, assim como a participação em cursos de modelamento 3D para compreender o universo em questão. A bibliografia consultada foi: Volpato, Gorni e Kolarevic, Dornellis, Bertoldi, As empresas podem ser observadas na tabela a seguir:

Tabela 2 – Empresas que vendem e prestam serviços de tecnologias digitais.

Empresa	Tipo de Tecnologia		
	Processos de prototipagem rápida	Escaneamento digital	Usinagem CNC
Stratasys			
Robtec			
Seacam			
CFPR UWE – Centre for Fine Print Research – University of West of England - Inglaterra			
CTI – Divisão de Desenho Industrial – Departamento de Tecnologias Tridimensionais de Campinas – SP			
INT – Departamento de Tecnologias Tridimensionais			
DuraCer			
SENAI Mario Amato			
SENAI Nadir Dias de Figueiredo			

Fonte: A autora.

As informações coletadas favoreceram a descrição destes processos digitais e a comparação com os tradicionais procedimentos analógicos vislumbrando o uso das mesmas nos diversos segmentos da indústria cerâmica.

Houve a necessidade de investigar a contribuição do modelador, do designer e do projetista durante o projeto de novos produtos, com atenção para a confecção de modelos físicos, a partir da compreensão dos processos adotados pela empresa. Procurou-se identificar o grau de envolvimento e atuação desses profissionais em cada uma das fases de projeto e de que maneira as experiências de cada profissional se complementam. Recorreu-se a entrevistas, observação direta, assim como a participação no desenvolvimento de um modelo físico. Entrevistaram-se os seguintes profissionais: Empresa Holaria – Luiz Pellanda (designer), Empresa Germer – Maria (designer), Empresa Porcelana Teixeira – Pedro Teixeira

(modelador/empresário), Empresa Roca – Marcos Mazoni – (projetista/coordenador da área de desenvolvimento de novos produtos), Empresa Deca – Paulo Morais (projetista/coordenador da área de desenvolvimento de produtos), Cerâmica Ermida – Letícia Nivoloni (empresária/ técnica em cerâmica), Selecta Blocos – Guilherme Kaspar (técnico em cerâmica), Crisda Boquilhas - Pedro Pauletto Junior (engenheiro de automação e controle), Eurotop – Adilson Viana (técnico em mecânica), Grupo Incefra – Camila Lamberti (designer), Esmaltec Insumos Cerâmicos – Gustavo Bala (designer).

Para a realização das entrevistas foi elaborado um roteiro com perguntas estruturadas e semiestruturadas, em que a coleta de dados abarcava-se: a cartela de produtos da empresa, espaço físico e formação da equipe de desenvolvimento de produtos, processo de desenvolvimento de novos produtos buscando-se informações sobre os canais de entrada de *briefing*, existência de comunicação com o departamento de marketing, periodicidade dos lançamentos de novos produtos, método utilizado quanto à análise e viabilidade de ideias. Procurou-se identificar também os processos utilizados na construção dos modelos físicos, com foco na identificação do uso de técnicas manuais, mecânicas ou de tecnologias digitais, além de outras informações referentes às características estéticas, ergonômicas e técnicas. Outros pontos foram analisados, por exemplo, como são feitos os registros de alterações e adaptações nos projetos durante as etapas de desenvolvimento de produtos e quais os tipos de *softwares* e equipamentos utilizados.

A partir das conclusões parciais obtidas de cada segmento cerâmico quanto ao uso dos modelos físicos no desenvolvimento de projeto, sejam eles analógicos ou digitais e da atuação dos diferentes profissionais envolvidos neste processo, foi possível verificar potencialidades de uso de tecnologias digitais na indústria cerâmica, em substituição ou associações dos métodos tradicionais.

4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Este capítulo apresenta o desenvolvimento da pesquisa. Está dividido em 5 itens: 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5.

Para obtenção de informações sobre o uso de modelos físicos na indústria cerâmica, foi necessário investigar se os setores de cerâmica branca, vermelha e revestimentos cerâmicos utilizam modelos no desenvolvimento de projeto conforme pressupunha-se.

Segundo a ABC (Associação Brasileira de Cerâmica), a cerâmica compreende todos os materiais inorgânicos, não metálicos, obtidos geralmente após o tratamento térmico em temperaturas elevadas. Foram pesquisados os seguintes segmentos cerâmicos:

- Segmento de cerâmica branca

Os produtos deste segmento compreendem materiais constituídos por um corpo branco ou claro após queima e em geral recobertos por uma camada vítrea transparente e incolor ou opaco. Este segmento pode ser dividido da seguinte forma: louça sanitária, louça de mesa, isoladores elétricos para alta e baixa tensão, cerâmica artística – decorativa e utilitária –, cerâmica técnica para fins diversos, tais como: químico, elétrico, térmico e mecânico.

- Segmento de cerâmica vermelha

Os produtos deste segmento compreendem aos materiais com coloração avermelhada após queima empregados na construção civil – tijolos, blocos, telhas, elementos vazados, lajes, tubos cerâmicos e argilas expandidas – e também utensílios de uso doméstico e de adorno.

- Segmento de materiais de revestimentos – (placas cerâmicas) pisos e azulejos

Os produtos deste segmento compreendem aos produtos na forma de placas usados na construção civil para revestimento de paredes, pisos, bancadas e piscinas de ambientes internos e externos. Recebem designações tais como: azulejo, pastilha, porcelanato, grês, lajota, piso, etc.

Verificou-se que o setor de cerâmica branca demonstraria mais ocorrência no uso de modelos físicos em virtude da configuração das peças produzidas.

Selecionaram-se duas empresas de cada setor e foram escolhidas as que mais investem em projetos e em lançamentos de novos produtos, como

acompanhado em feiras e eventos nos últimos anos. A tabela 1 mostra a seleção de empresas visitadas por segmento e tipologia de produto:

Tabela 3 – Classificação de empresa por segmento cerâmico

Empresa	Segmento cerâmico					
	Cerâmica branca			Cerâmica vermelha		Materiais de revestimentos
	Louça sanitária	Louça de mesa	Objetos decorativos	Blocos	Telhas	Placas cerâmicas (pisos e azulejos)
Roca						
Deca						
Germer						
Porcelana Teixeira						
Holaria						
Selecta Blocos Cerâmicos						
Cerâmica Ermida						
Eurotop						
Incefra						
Esmaltec						

Fonte: A autora.

4.1 O processo de desenvolvimento de produto na indústria cerâmica e a utilização de modelos físicos

Com o objetivo de entender o processo de desenvolvimento de novos produtos nos diversos segmentos cerâmicos pesquisados, foram coletados dados sobre metodologia para desenvolvimento de projeto, canal de entrada de demanda de projetos, infraestrutura, formação da equipe, tempo de desenvolvimento de produto, terceirização total ou parcial do projeto de produto e foi dado foco especial

na identificação do uso de modelos físicos no processo de desenvolvimento de novos produtos.

Para facilitar a compreensão dos dados foram elaboradas tabelas. Abaixo a tabela 4 com os canais de entrada de demanda de projetos por segmento cerâmico:

Tabela 4 – Canal de entrada de demanda por segmento

Segmento cerâmico			Canal de entrada de demanda					
			Comitê interno formado pela direção da empresa	Depto. de marketing	Depto. de projeto	Área comercial	Área de produção	Cliente pessoa física
Cerâmica branca	Louça sanitária	Roca						
		Deca						
	Louça de mesa	Germer						
		Porcelana Teixeira						
	Objetos decorativos	Porcelana Teixeira						
		Holaria						
Cerâmica vermelha	Blocos	Selecta Blocos Cerâmicos						
		Cerâmica Ermida						
	Telhas	Eurotop						
Materiais de revestimentos	Placas cerâmicas	Incefra						

Fonte: A autora.

Conforme a tabela 4, em ambas empresas analisadas no segmento de cerâmica branca – louça sanitária, um dos canais de entrada de demanda em comum é o departamento de marketing, que pesquisa tendências, gostos e preferências dos usuários, a fim de identificar oportunidades para inserir novos produtos no mercado. O departamento de marketing possui informações do serviço de atendimento ao cliente, referente a solicitações de arquitetos, construtores e hospitais. No geral, as empresas lançam em média duas linhas completas (bacias, bidês e lavatórios ou cubas) de produtos e mais outros produtos avulsos, dentre os quais, as bacias e cubas estão entre os com maior número de lançamentos, em função do alto número de vendas desses itens. Na empresa Deca, além do departamento de marketing é possível observar mais dois canais de entrada de demanda:

- Comitê formado pela diretoria comercial, marketing e industrial e que frequentam as principais feiras internacionais do setor para prospectar tendências de mercado que podem ser traduzidas para o mercado brasileiro. Esse comitê decide o que será desenvolvido ao longo do ano.
- A segunda forma é o próprio departamento de desenvolvimento de produtos que também propõe novos produtos.

No segmento de cerâmica branca – louça de mesa, as duas empresas analisadas adotam práticas diferentes.

A empresa Germer, possui departamento de marketing, que pesquisa tendências, gostos e preferências dos usuários, verificando a possibilidade de lançar novos produtos no mercado, e também analisa potenciais nichos de mercado. O departamento de marketing frequenta feiras nacionais e internacionais para coleta de informações e visita determinadas regiões dos estados brasileiros na tentativa de identificar os valores culturais que possam ser inseridos nos produtos (códigos visuais: cores, texturas, desenhos). Além do departamento de marketing a área comercial também traz informações importantes para o desenvolvimento de novos produtos. Muitas vezes os representantes comerciais, por terem contato com o ponto de venda do produto, captam informações referentes aos gostos e preferências dos usuários e principalmente os produtos que estão sendo mais vendidos.

A empresa Porcelana Teixeira é reconhecida por seus produtos tradicionais utilitários e decorativos em estilo português, inspiradas nas porcelanas de alguns

países europeus. O principal canal de entrada de projetos de desenvolvimento de produtos da empresa Porcelana Teixeira são os clientes que procuram a empresa. O cliente pode ser pessoa física ou jurídica, que faz a solicitação do projeto de produto durante uma reunião, e geralmente leva referências do produto que deseja desenvolver, como por exemplo, desenhos, fotografias e às vezes uma peça física. Na maioria dos casos em que o cliente leva a peça física como referência, a intenção é a cópia da peça com poucas alterações, geralmente são produtos utilitários, tanto em cerâmica quanto vidro ou plástico.

No segmento de cerâmica branca – objetos decorativos, foram analisadas as empresas Porcelana Teixeira e Holaria. A empresa Holaria é uma pequena empresa de design em Curitiba-PR que desenvolve projetos de produtos decorativos e utilitários. A empresa sempre terceirizou a produção em grandes fábricas de cerâmica da região de Campo Largo-PR. Recentemente a Germer comprou uma parte da empresa Holaria, unificando a equipe de desenvolvimento de produtos das duas empresas. Os produtos com assinatura da Holaria são voltados para o mercado de decoração e possuem uma característica de design autoral. Embora seus designers tenham acesso às informações do departamento de marketing da empresa Germer, eles não dependem delas para a criação de novos produtos. As ideias para o projeto de novos produtos surgem pelo próprio departamento de projetos da Holaria.

A empresa Porcelana Teixeira recentemente criou uma nova marca de produtos em cerâmica, conhecida como Exea Design em Porcelana. Essa marca atende outro nicho de mercado, apresenta produtos utilitários contemporâneos. A demanda também surge através dos clientes que procuram a empresa. São contratados escritórios de design que desenvolvem os produtos para essa marca. A empresa também presta serviços de produção industrial de produtos em cerâmica para escritórios de design.

No segmento de cerâmica vermelha (blocos cerâmicos) existem dois canais de entrada:

- A própria área de produção industrial pode identificar mudanças no formato do produto em função de problemas técnicos que surgem durante a fabricação do mesmo, exemplo: trincas em excesso, espessuras diferentes, problemas estes que normalmente são controlados com ajustes de velocidade dos freios da boquilha.

- O departamento de marketing e a área comercial indicam a necessidade da criação ou modificação dos produtos. A área comercial recebe informações de diversos canais: construtores, lojas de revenda do produto e também através da participação na feira FEICON. Geralmente as mudanças estão relacionadas à normas técnicas ou dimensionamentos dos espaços internos do bloco (espaços entre os septos). Construtoras também podem solicitar uma produção especial de blocos em função das dimensões dos componentes técnicos que passam pelo interior dos blocos, como canos e vigas para construção de colunas. Dependendo da quantidade de peças encomendadas, as empresas modificam ou criam novas boquilhas para atender as construtoras.

No segmento de cerâmica vermelha – telhas cerâmicas, o canal de entrada é o departamento de marketing e geralmente as alterações nos desenhos das peças surgem em função de reclamações referentes a vazamentos nos telhados e encaixes entre peças.

No segmento de materiais de revestimentos cerâmicos, as empresas de revestimentos possuem departamento de marketing que recebem informações referentes a reclamações, geralmente relacionadas a produtos com problemas de manchamento e solicitações de produtos antiderrapantes. Durante o 2º Fórum Nacional de Design para Revestimentos Cerâmicos, nos dias 12 e 13 de Agosto de 2013, pode-se perceber que por estarem em contato direto com o ponto de venda, os representantes comerciais captam informações que são fundamentais para a detecção de oportunidade de mercado. Os produtos mais vendidos estão relacionados a três fatores: qualidade, beleza e/ou preço. O preço ainda é o fator mais impactante no momento de decisão da compra desse produto. Muitas vezes, para oferecer um produto competitivo no mercado, as empresas focam unicamente na redução de custo de produção. O departamento de desenvolvimento de produto fica vinculado a esse fator, e isso implica na ausência de design, ocorrendo muitas cópias ou excesso de produtos parecidos no segmento.

Quanto ao tempo de desenvolvimento de projeto de produto até a obtenção do protótipo e da cabeça de série, pode-se perceber nos diversos segmentos pesquisados que pode variar de uma semana a mais de um ano, e isso está relacionado à vários fatores:

- Complexidade do produto e do processo produtivo;

- variáveis de processo que precisam ser controladas;
- normas técnicas;
- facilidade de testar um novo produto sem interferir na produção atual da fábrica.

Por exemplo, no segmento de cerâmica vermelha (telhas), leva-se mais de um ano para o desenvolvimento de um novo produto, pois isso significa projetar um novo layout de fábrica. Nesse segmento cerâmico, quando se almeja inovar em termos de configuração de produto, dificilmente se aproveita o maquinário atual, pois é inviável parar a produção e testar um novo produto. Todo o maquinário (módulo de automatização) disposto na fábrica é planejado em função da configuração do produto em linha de produção. Logo, desenvolver um novo produto significa mudar o molde/perfil, dimensão do bastão, largura da calha, posição das ventosas para segurar os produtos, dimensão de vagonetas e sistemas de apoio nas vagonetas para não danificar o produto. O desenvolvimento de um novo modelo de telha na empresa chega a comprometer 80% do layout atual da empresa.

No segmento de materiais de revestimentos, o desenvolvimento de novos produtos na maioria das vezes está restrito ao design de superfície, sendo caracterizado pela criação de desenhos, cores, texturas e relevos. Geralmente o processo de desenvolvimento de projeto é mais rápido, já que não são projetados novos formatos e a base das placas cerâmicas são as mesmas, independente do design de superfície.

No segmento de cerâmica branca, independente da tipologia de produto, são necessários no processo de desenvolvimento confecção de vários modelos físicos de produção e moldes, e o tempo para desenvolvimento varia de acordo com a complexidade formal do produto. Produtos mais simples podem ser desenvolvidos em semanas, já os mais complexos, que precisam seguir normas técnicas com dimensionamentos e que possuem muitas variáveis (técnicas e de processo), podem levar até um ano ou mais, como por exemplo, em louças sanitárias em que o tempo mínimo de desenvolvimento de um produto é de 8 meses, esses dados podem ser vistos na tabela 5.

Tabela 5 – Tempo de desenvolvimento de produto por segmento cerâmico.

Tempo	Segmento cerâmico					
	Cerâmica branca			Cerâmica vermelha		Materiais de revestimentos
	Louça sanitária	Louça de mesa	Objetos decorativos	Blocos	Telhas	Placas cerâmicas (pisos e azulejos)
Até 1 semana						
Até 3 meses						
Até 4 meses						
De 4 a 8 meses						
De 8 a 12 meses						
Superior a 12 meses						

Fonte: A autora.

O tempo, o número de desenvolvimento de novos projetos e o lançamento de novos produtos também está associado à infraestrutura da empresa e formação da equipe. Pode-se perceber que o segmento de cerâmica branca, na maior parte das vezes, possui infraestrutura e equipes multidisciplinares, principalmente o segmento que produz louça-sanitária. Compostas na sua maioria por engenheiros mecânico e hidráulico e designers. Nas indústrias visitadas no segmento de cerâmica branca – louça de mesa encontraram-se designers e pessoas formadas na área de marketing no departamento de desenvolvimento de novos produtos. O segmento de objetos decorativos possui designers em seu quadro funcional, o que não acontece no segmento de cerâmica vermelha, na fabricação de blocos e telhas que terceirizam o projeto. As empresas de placas cerâmicas que foram visitadas, embora tenham departamento de desenvolvimento de produto, acabam terceirizando parte do projeto de design no colorífico, pois dependem de suas matérias-primas e insumos.

Em relação ao espaço físico, pode-se perceber que o departamento de projetos de algumas empresas está separado das plantas de produção industrial. Algumas empresas contam com uma mini fábrica para realização da produção piloto de protótipos, como nas duas empresas visitadas do segmento de cerâmica branca – louça sanitária. Isto é necessário, pois a produção industrial não pode ser comprometida para testar um produto que está em fase de desenvolvimento, já que

o projeto é composto por diversas fases, podendo durar meses até aprovação da produção piloto.

Os segmentos que terceirizam o projeto de produto em empresas especializadas geralmente optam por este caminho, pois seria necessário alto investimento em possuir infraestrutura adequada para realizar o desenvolvimento do produto internamente. Outro motivo é a complexidade do projeto de produto, envolvendo profissionais e mão-de-obra especializada. A seguir, a tabela 6 mostra os segmentos cerâmicos que terceirizam o projeto de produto.

Tabela 6 – Terceirização de projetos por segmento cerâmico

Empresa	Segmento cerâmico					
	Cerâmica branca			Cerâmica vermelha		Materiais de revestimentos
	Louça sanitária	Louça de mesa	Objetos decorativos	Blocos	Telhas	Placas cerâmicas
Boquilhas Crisda						
Mecânica Bruca						
Esmaltec						

Fonte: A autora.

No segmento de cerâmica vermelha, para obtenção de um novo formato de bloco, é necessária uma boquilha metálica; e para a obtenção de uma telha, é necessário um molde metálico. É uma prática comum os fabricantes de blocos e telhas terceirizarem este serviço às ferramentarias especializadas no setor.

No segmento de revestimentos cerâmicos, os produtos são placas cerâmicas que geralmente estão configuradas nos formatos quadrados ou retangulares, em que as características configurativas que diferenciam os produtos uns dos outros são variações dimensionais, e o design de superfície, que podem conter texturas, relevos e desenhos. Os coloríficos vendem para as empresas de revestimentos cerâmicos insumos para a sua fabricação: matérias-primas utilizadas para formulação dos vidrados, corantes, fritas, fundentes, pastas serigráficas, solventes, veículos, fotolitos, telas serigráficas planas ou rotativas. Além disso, o projeto de design é fornecido gratuitamente para as empresas cerâmicas. Se essa posição, por um lado é estratégica para os coloríficos, por outro lado, não incentiva as empresas

fabricantes de revestimentos na estruturação de um departamento de desenvolvimento interno, pois isso implica na estruturação física do ambiente adequado de trabalho e na contratação de profissionais qualificados.

Quanto aos profissionais envolvidos no desenvolvimento de novos produtos, foi verificada grande multidisciplinaridade nos times que são compostos por profissionais com formação em: administração, design, engenharia nas áreas mecânica, elétrica, hidráulica e civil, desenhista industrial, projetistas, técnicos em mecânica e modeladores industriais. Na tabela 7 é possível verificar a formação profissional dos profissionais envolvidos no processo de desenvolvimento de novos produtos.

Tabela 7 – Profissionais envolvidos no processo de desenvolvimento de Produto x Segmento

Segmento										
Profissionais	Segmento cerâmico									
	Cerâmica branca						Cerâmica vermelha		Materiais de revestimento	
	Louça sanitária		Louça de mesa		Objetos decorativos		Blocos	Telhas	Incefra	Esmaltec
	Roca	Deca	Germer	Porcelana Teixeira	Holaria	Pocelana Teixeira	Boquilhas Crisda		Incefra	Esmaltec
Designer										
Técnico em projeto mecânico										
Técnico em cerâmica ou química										
Engenheiro mecânico ou hidráulico										
Modelador										
Outros										

Fonte: A autora

Todas as empresas visitadas fazem lançamentos de seus produtos em feiras nacionais que acontecem anualmente. As feiras do segmento de cerâmica branca –

louça de mesa e objetos decorativos, acontecem muito próximas uma das outras e as empresas precisam decidir em qual pretendem participar. Isso pode variar de acordo com o público que se pretende atingir e está relacionada também ao retorno financeiro. A seguir, a tabela 8 mostra as principais feiras por segmento.

Tabela 8 – Lançamento de novos produtos em feiras por segmento cerâmico

Segmento cerâmico			Feiras							
			Gift Fair	Paralela Gift	ABUP	Equip hotel	Feicon	Revestir	Casa Cor	Kitchen and Bath
Cerâmica branca	Louça sanitária	Roca								
		Deca								
	Louça de mesa	Germer								
		Porcelana Teixeira								
	Objetos decorativos	Porcelana Teixeira								
		Holaria								
Cerâmica vermelha	Blocos	Selecta Blocos Cerâmicos								
		Cerâmica Ermida								
	Telhas	Eurotop								
Materiais de revestimentos	Placas cerâmicas	Incefra								

Fonte: A autora.

Os profissionais envolvidos no processo de desenvolvimento de novos produtos também frequentam feiras internacionais para captação de tendências de mercado, as feiras mais visitadas podem ser vistas na tabela 9 a seguir.

Tabela 9 – Visita em feiras internacionais por segmento cerâmico

Segmento cerâmico			Feiras			
			Cersaie Itália	Tecnargila Itália	International home houseware show EUA	Ceramitec Alemanha
Cerâmica branca	Louça sanitária	Deca				
	Louça de mesa	Germer				
Cerâmica vermelha	Blocos	Selecta Blocos Cerâmicos				
		Boquilhas Crisda				
	Telas	Eurotop				
Materiais de revestimentos	Placas cerâmicas	Incefra				
		Esmaltec				

Fonte: A autora.

4.1.1 Identificação do uso de modelos físicos por segmento cerâmico

A indústria cerâmica se utiliza de materiais relativamente baratos comparados a outras indústrias para fabricação de seus produtos, basicamente são utilizadas argilas e massas cerâmicas, que são de baixo custo. Dessa forma, praticamente todos os segmentos cerâmicos durante o desenvolvimento de novos produtos utilizam modelos físicos que são obtidos pelos mesmos materiais e processos empregados na fabricação do produto.

Todos os produtos cerâmicos passam pelo processo de queima. Nesse processo ocorre uma série de reações físico-químicas em função das propriedades das matérias-primas. Uma das transformações mais comuns durante a queima é a retração devido a perda de água constituinte nas matérias-primas e do próprio processo de conformação do produto. Alguns produtos cerâmicos também sofrem deformações no processo de sinterização, devido a presença de matérias-primas fundentes presentes nas massas cerâmicas. Dessa forma, a qualidade técnica,

estética, desempenho funcional, assim como as avaliações de deformações estruturais e dimensionais dos produtos em desenvolvimento, somente são possíveis de verificação com a própria peça cerâmica por meio de protótipo.

Serão mostrados a seguir os segmentos cerâmicos que utilizam modelos físicos no processo de desenvolvimento de novos produtos cerâmicos, em quais fases são utilizados, de que forma são produzidos e que tipo de informações são geradas. Serão apontadas também especificidades de projeto de cada segmento cerâmico e que devem ser levados em consideração no momento de construção dos modelos físicos. A seguir a tabela 10 mostra uma visão geral das diversas categorias de modelos físicos por segmento cerâmico.

Tabela 10 – Categoria de modelos físicos por segmento cerâmico

Segmento cerâmico		Categoria de modelo físico				
		Modelo físico preliminar	Modelo físico de aparência	Modelo físico de produção ⁷	Protótipo	Cabeça de série
Cerâmica branca	Louça Sanitária					
	Louça de mesa					
	Objetos decorativos					
Cerâmica vermelha	Bloco					
	Telha					
Materiais de revestimentos	Placas cerâmicas					

Fonte: A autora.

4.1.2 Segmento de cerâmica branca

No segmento de cerâmica branca, as louças sanitárias são classificadas em linhas que se relacionam com o mercado que se pretende atingir: popular, intermediário e de alto padrão. O grau de complexidade de produção das peças é o

⁷ Modelo físico de produção: é o modelo físico que possui todas as compensações referentes à retração do corpo cerâmico e possíveis deformações geométricas devido à presença de matérias-primas fundentes nas massas cerâmicas.

fator de maior impacto na análise de viabilidade das ideias e é o que determina se um produto é popular, intermediário ou de alto padrão.

Desenhos de peças mais geométricas e limpas transparecem simplicidade de construção, mas ao contrário, exigem o desenvolvimento de moldes complicados que escondem os sistemas de sifonagem, elementos de fixação e ainda contam com a compensação das deformações de queima. Na produção de peças populares e de luxo, são utilizados os mesmos materiais, tanto na massa cerâmica quanto no vidrado. Portanto os custos dos materiais e da queima são os mesmos não interferindo no custo final do produto.

Foi possível verificar que os produtos da linha popular geralmente apresentam um desenho mais funcional, onde não existe a preocupação em esconder elementos, por exemplo, o desenho externo do sifão (figura 13). Por outro lado, nos produtos da linha intermediária e de alto padrão, alguns elementos como: desenho do sifão, saída de água e parafusos de fixação ficam mais escondidos (figura 14).

Figura 13 - Modelo e desenho técnico de bacia popular com caixa acoplada e desenho externo do sifão aparente. Fonte: <<http://www.deca.com.br/produtos/bacia-ccaixa-acoplada-izy-3/?cat=4003>>. Pesquisado em 04/08/2013.

Figura 14 - Modelo e desenho técnico de bacia alto padrão (Luxo) com caixa acoplada e desenho externo do sifão escondido. Fonte: <<http://www.deca.com.br/produtos/bacia-ccaixa-acoplada-izy-3/?cat=4003>>. Pesquisado em 04/08/2013.

Esconder ou não elementos que compõe os produtos, significa que quanto mais próximo da linha de alto padrão o produto estiver, menos esses elementos

tendem a aparecer, e isso impacta diretamente na complexidade do projeto em relação ao número de tacelos ou partes de um molde necessários para obtenção dos moldes. Esse fator está diretamente relacionado ao preço final do produto. Os modelos de bacias populares tendem a possuir de quatro a seis tacelos, e os modelos mais elaborados, de doze a quatorze tacelos.

Pode-se perceber que as duas empresas visitadas no segmento de cerâmica branca – louça-sanitária – seguem métodos de projeto para desenvolvimento de produtos e ambas utilizam modelos físicos nesse processo. O projeto de produto de louça sanitária precisa atender as seguintes especificações normativas: ABNT NBR 15097-1:2011 – Aparelhos sanitários de material cerâmico – Parte 1: Requisitos e métodos de ensaios e ABNT NBR 15094-2:2011 – Aparelhos sanitários de material cerâmico – Parte 2: Procedimentos para instalação. Essas normas estabelecem os requisitos técnicos mínimos para os aparelhos sanitários fabricados em material cerâmico com acabamento esmaltado, e fornecem aspectos fundamentais que devem ser considerados no ato de projetar, como: dimensões dos produtos, (altura, largura e espessuras, diâmetros de furos), regiões críticas relacionadas à resistência mecânica de cada produto, porcentagem para eliminação de esferas que simulam o arraste de dejetos, volume consumido de água para descarga e outros.

Compreende-se como aparelhos sanitários:

- Bacias sanitárias (inclusive o corpo e a tampa da caixa de descarga quando houver);
- bidês;
- lavatórios (inclusive a coluna quando houver);
- mictórios;
- tanques (inclusive a coluna quando houver).

A seguir, a tabela 11 mostra as diversas categorias de modelos físicos que são utilizados por este segmento cerâmico:

Tabela 11 – Categoria de modelos físicos no segmento de cerâmica branca (louça sanitária)

Segmento cerâmico			Categoria de modelo físico					
			Modelo físico preliminar	Modelo físico funcional	Modelo físico de aparência	Modelo físico de produção	Protótipo	Cabeça de série
Cerâmica branca	Louça sanitária	Roca						
		Deca						

Fonte: A autora.

As duas empresas utilizam *softwares* de modelamento 3D, em que são gerados os modelos virtuais digitais 3D e os desenhos técnicos que serão a base para os modeladores executarem os gabaritos para confecção dos primeiros modelos físicos. Posteriormente esses modelos físicos são utilizados para fazer os moldes para obtenção de protótipos. A empresa Roca utiliza o *software* NX5 e a empresa Deca utiliza o *software* CATIA V5.

De uma forma geral, os modelos físicos são construídos em gesso e/ou argila manualmente e são confeccionados por modeladores que possuem muita habilidade manual e treinamento. Esta atividade, embora seja manual, é extremamente técnica. Logo nas fases iniciais de projeto são confeccionados modelos físicos preliminares e modelos físicos de produção.

Na empresa Roca são confeccionados diretamente modelos físicos de produção em gesso. Os modelos físicos de produção são projetados com dimensões ampliadas para compensar à porcentagem de retração natural das massas cerâmicas, que pode variar chegando até 25%. Neste caso, mesmo ampliado o modelo físico de produção presta-se a realização das primeiras avaliações do produto quanto às questões técnicas (furações para enchimento dos moldes, destacamento e produção) e de análise de volumetrias e alguns aspectos estéticos relacionados à forma do produto. É possível realizar a análise do perfil externo das peças e avaliar como se dá a junção e a transição de curvas e o alinhamento das superfícies ou existência de rupturas na superfície do modelo físico que precisem ser suavizadas.

Conforme tabela 11, é possível perceber que as duas empresas utilizam praticamente as mesmas categorias de modelos físicos, somente o modelo físico de aparência que é utilizado somente pela empresa Deca.

A empresa Deca utiliza modelos físicos de aparência em escala 1:1, confeccionados em gesso e pintados com tinta automotiva para obtenção das características estéticas que representam fielmente o produto final, e estes modelos são utilizados para apresentação de novos produtos à diretoria, que decide se será lançado ou não. Nos modelos de aparência, são avaliadas às questões formais do produto, por exemplo: verificar se o formato do corpo da cuba com a coluna apresenta continuidade nos traços do desenho, proporcionando equilíbrio estético ao conjunto. Verificar a ergonomia e funcionalidade dos componentes/acessórios que compõe o design dos produtos, exemplo: o encaixe perfeito ou exagerado em torneiras e saboneteiras. Caso o modelo de aparência seja aprovado parte-se para a obtenção do modelo de produção, que é utilizado para gerar o primeiro molde de gesso, para obtenção do protótipo.

Nos protótipos são realizadas avaliações técnicas, estéticas e funcionais, tais como:

- Deformações estruturais na sua geometria após processo de sinterização;
- testes funcionais como arraste de dejetos e fluxo de água;
- testes ergonômicos, como por exemplo, louça sanitária para pessoas com deficiência física ou baixa mobilidade. Em casos específicos como este, a empresa Roca consulta especialistas em ergonomia que orientam no desenvolvimento dos produtos para compreensão das reais necessidades e elaboração dos requisitos de projeto. E neste caso, precisa atender também a seguinte norma ABNT NBR 9050 – Acessibilidade de pessoas com deficiência a edificações, espaços mobiliários e equipamentos urbanos – Procedimentos.

Em média, as alterações mais complexas relacionadas às deformações da geometria e que requer alteração no desenho da peça são normalmente repetidas em no máximo três vezes, até a correção total do protótipo. Alterações menos complexas relacionadas ao processo, como por exemplo: cor de queima, trincas, furos e rebarbas; podem requerer até seis mudanças ao longo do desenvolvimento.

Os protótipos também são utilizados em feiras, para avaliar a interface e a aceitação do produto pelos usuários. Anualmente a empresa Deca lança no

mercado duas linhas de produto com bacia e cuba, além de mais dez tipos de cubas avulsas.

Nas duas empresas visitadas do segmento de louça sanitária, constatou-se que existem casos em que a criação de uma linha não é algo absolutamente novo que parte de um esboço, muitas vezes, o ponto de partida é a recombinação de partes de outros produtos existentes, por exemplo, a junção da coluna de um produto com a cuba de outro. Por vezes, essas recombinações acontecem com o intuito de se atingir nichos intermediários, que não se enquadram na linha popular ou de alto padrão.

No segmento de cerâmica branca, louça de mesa e objetos decorativos utilizam-se os seguintes modelos físicos, de acordo com a tabela 12.

Tabela 12 – Categoria de modelos físicos no segmento de cerâmica branca (louça de mesa e objetos decorativos)

Segmento cerâmico			Categoria de modelo físico				
			Modelo físico preliminar	Modelo físico de aparência	Modelo físico de produção	Protótipo	Cabeça de série
Cerâmica branca	Louça de mesa	Germer					
		Porcelana Teixeira					
	Objetos decorativos	Holaria					
		Porcelana Teixeira					

Fonte: A autora.

Na empresa Germer, após aprovação do desenho de produto pela diretoria da empresa, é feita uma análise quanto à complexidade das geometrias do novo produto. São gerados desenhos técnicos e ilustrações renderizadas (fotografia virtual dos produtos), são impressas cópias em papel e o modelador industrial segue esses documentos para confecção dos modelos físicos de produção (figura 15).

Figura 15 - Sketch renderizado (fotografia virtual) e desenho técnico de produto.
 Fonte: Dissertação de mestrado: O virtual Digital na Projetação de Produto e qualificação Profissional. Autor: José Antônio Pereira.

O modelador inicia os estudos do novo produto confeccionando modelos físicos de produção por meio de técnicas manuais de modelagem. Nesse modelo físico são analisadas volumetrias, alguns aspectos estéticos e a coerência formal entre peças, como a junção de uma mesma família de curvas e também alguns aspectos de produção, como por exemplo: quantidade de tacelos dos moldes, ângulos de saída e furações para enchimento dos moldes.

Após a confecção do modelo físico de produção, segue-se para a confecção dos moldes de gesso. Através desses moldes, são obtidos os protótipos em cerâmica, nos quais são analisados os atributos estéticos, funcionais e técnicos.

Com relação aos atributos funcionais são analisados: pega, encaixes, peso, dimensões, volumes, equilíbrio estrutural. Já nos atributos técnicos são analisadas: espessura de parede, acordo massa e vidrado, deformações geométricas. Quanto ao atributo estético, analisa-se o equilíbrio entre os elementos do produto (alças, corpo, tampas, decoração e etc.), procurando-se obter coerência formal. Também são avaliados a harmonia com relação à transição, junção das curvas e harmonia entre o corpo do produto e os elementos decorativos constituintes, como cores e decalques.

As análises relacionadas à viabilidade produtiva são realizadas com participação do profissional modelador, do designer e de funcionários de produção. O modelador industrial e o designer encarregam-se de fazer as adequações necessárias para resolver todos os problemas de produção do produto em questão, até a obtenção do protótipo final. Com os resultados obtidos no desenvolvimento do produto, a coordenadora de produtos apresenta um protótipo para a diretoria da empresa, e se aprovado, o projeto segue para a etapa de detalhamento na documentação, e a partir desse momento o projeto está consolidado e o produto

pode ser produzido industrialmente. Então são produzidas as matrizes de replicação dos moldes em número de cópias necessárias, de acordo com o volume de peças que serão fabricadas.

Atualmente a empresa Germer conta com os conhecimentos da empresa Holaria para a utilização de tecnologias digitais com o intuito de otimizar o processo de desenvolvimento de novos produtos, eliminando a etapa de confecção de modelos físicos de produção e partindo para a confecção direta de matrizes. Dessa forma, são gerados modelos, moldes e matrizes virtuais digitais em *softwares* de modelamento 3D e após análises e averiguações no próprio *software*, as matrizes físicas são usinadas em torno CNC. A partir das matrizes, são gerados moldes em gesso e posteriormente, protótipos em cerâmica. Logo, o primeiro modelo físico do produto é o protótipo, e espera-se que nesta fase não existam muitas correções, uma vez que as análises dimensionais, volumétricas e deformações já foram praticamente realizadas em etapas anteriores no sistema virtual digital. Nos protótipos são analisados problemas técnicos da massa e dos vidrados. Caso não existam correções, parte-se para a produção industrial.

O desenho de um novo produto inicia-se no *software* Rhinoceros, com a elaboração do modelamento 3D virtual digital. Mesmo sendo virtual, este modelo (figura 16) permite analisar algumas características estéticas dos produtos por meio da obtenção de ilustrações renderizadas. São analisados os aspectos formais do produto como as curvas e acabamentos, a cor e brilho da superfície. Através do modelo virtual digital pode-se obter o desenho técnico do produto e a partir das dimensões, realizar os cálculos preliminares de volumetrias. É possível ainda inserir o modelo virtual digital em ambientes ou cenários virtuais digitais, obtendo assim imagens do produto em vários contextos de ambiente (sala/cozinha/lavabo).

Figura 16 - Modelamento 3D virtual de produto e Sketch renderizado (foto realística do produto) em desenvolvimento. Fonte: Dissertação de mestrado: O virtual Digital na Projetação de Produto e qualificação Profissional. Autor: José Antônio Pereira.

Na usinagem das matrizes são consideradas todas as compensações referentes às deformações naturais do processo cerâmico. Segundo a empresa, o investimento para confecção de uma matriz é alto, mas mesmo assim, enxerga-se vantagens em produzir diretamente a matriz, eliminando as etapas de construção de modelos físicos, pelo fato de que ao longo do tempo foi agregada experiência para minimizar erros que comprometam a confecção das mesmas. Abaixo pode ser visto uma sequência de imagens, começando pela matriz (figura 17), molde (figura 18) e protótipo (figura 19).

Figura 17 - Matriz usinada em torno CNC. Fonte: Visita à planta industrial das empresas Germer e Holaria. Campo Largo-PR. Março/2013.

Figura 18 - Molde de gesso. Fonte: Visita à planta industrial das empresas Germer e Holaria. Campo Largo-PR. Março/2013.

Figura 19 - Protótipo em cerâmica.
Fonte: Visita à planta industrial das empresas Germer e Holaria. Campo Largo-PR. Março/2013.

Na porcelana Teixeira, o primeiro modelo físico desenvolvido é o modelo de produção, obtido por técnicas manuais, confeccionado por modeladores.

4.1.2.1 Especificidades de Projeto no segmento de cerâmica branca

Produtos como louças sanitárias, louça de mesa, objetos utilitários e decorativos que são produzidos por meio do processo de colagem, possuem muitas variáveis em função do processo e da diversidade de matérias-primas fundentes constituintes na formulação das suspensões das massas cerâmicas (barbotina). As matérias-primas fundentes são essenciais na formulação e fornecem compactação e aumentam a resistência mecânica do produto, como já mencionado, a formação da fase vítrea durante o processo de sinterização pode causar deformações nas peças dependendo de sua geometria.

As deformações precisam ser compensadas anteriormente nos modelos físicos de produção e moldes de gesso.

As bacias sanitárias precisam ser projetadas já com uma inclinação na parte superior e menos bojuda, pois essa região não possui estrutura geométrica para manter-se sem deformações. Durante o processo de sinterização essa região tende a se deformar, ocasionando uma leve caída e formando um bojo maior (figura 20). Geralmente nas bacias sanitárias a região mais estruturada geometricamente é a região do sifão, não havendo necessidade de compensar possíveis deformações.

Figura 20 - Região com ponto crítico devido a falta de estrutura geométrica na região, causando deformações. Fonte: Desenho criado pela pesquisadora com base em entrevista com especialistas da área: Carlos José Venâncio e Elton da Silva Goulart.

Os lavatórios, também tendem a se deformar no topo, devido a sua posição dentro do forno durante a queima. É necessário projetar na parte superior, um leve aumento da angulação, pois durante o processo de sinterização tender a cair e ficar oval (figura 21).

Figura 21 - Região com ponto crítico devido a falta de estrutura geométrica na região, causando deformações. Fonte: Desenho criado pela pesquisadora com base em entrevista com especialistas da área: Carlos José Venâncio e Elton da Silva Goulart.

Em louças de mesa, geometrias como pratos e travessas também tendem a deformar-se, sendo necessária a utilização de anéis na base dos pratos e muitas vezes, a angulação da borda também precisa ser aumentada para compensar a deformação. A seguir pode-se observar dois protótipos de pratos. O da esquerda deformou-se. Houve a necessidade de inserção de mais um anel na base do prato.

Ao lado observa-se o desenho técnico antes e depois do processo de queima, mostrando a compensação dimensional e de angulação (figura 22 e 23).

Figura 22 - Compreensão das modificações (retrações e deformações) que ocorrem com as peças após queima. Fonte: Dissertação de Mestrado (Aun, 2000 p. 133 a 135)

Figura 23 - Desenho técnico antes e após processo de queima. Fonte: Dissertação de Mestrado (Aun, 2000 p. 133 a 135)

4.1.3 Segmento de cerâmica vermelha

Pode-se concluir que nas três empresas visitadas do segmento de cerâmica vermelha, as mudanças ocorridas nos formatos dos produtos (blocos e telhas) acontecem em função de melhorias técnicas, funcionais e de produção, geralmente ligadas a problemas como: trincas, baixa resistência mecânica e empeno. Os modelos de blocos e telhas foram criados há muitos anos e atendem à demanda do mercado. Um exemplo de problema mais específico de projeto, no caso de telhas, são os encaixes, pois podem surgir problemas de vazamentos nos telhados.

Tanto fabricantes de telhas quanto de blocos contratam ferramentarias especializadas para desenvolverem os projetos de novos produtos. No caso de blocos, a obtenção da primeira peça física é praticamente impossível sem a boquilha, e como o projeto de boquilha é rápido, as avaliações técnicas e funcionais são realizadas diretamente nos protótipos na cabeça de série.

As modificações ou a criação de novos formatos de boquilhas geralmente são realizadas em função de problemas técnicos, como: troca de massa, empeno nas peças e rachaduras nas paredes dos blocos, que surgem durante o processo de produção dos blocos cerâmicos. O primeiro modelo físico obtido no processo de

desenvolvimento de novos blocos cerâmicos é o protótipo, como pode ser visto na tabela 13.

Tabela 13 – Categoria de modelos físicos no segmento de cerâmica vermelha (blocos e telhas)

Segmento cerâmico		Categoria de modelo físico				
		Modelo físico preliminar	Modelo físico de aparência	Modelo físico de produção	Protótipo	Cabeça de série
Cerâmica vermelha	Bloco					
	Telha					

Fonte: A autora.

Após desenvolvimento da boquilha, são realizados testes nos protótipos obtidos na produção piloto para sua aprovação.

As avaliações técnicas nos protótipos antes da queima são: trincas, empenhos, grau de amassamento (angulação prevista nas arestas exteriores do tijolo para compensar a danificação causada pelo percurso do bloco na esteira durante o processo de produção industrial).

Avaliações técnicas após a queima são: grauteamento (alinhamento das paredes internas dos blocos cerâmico quando empilhados), peso, controles técnicos, segundo ABNT- NBR 15270:3 Componentes cerâmicos – Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaios. Também é feita a verificação nos protótipos de aspectos ergonômicos, como as dimensões mínimas entre os septos para facilitar o manuseio do bloco (paredes internas dos blocos).

As avaliações na produção são: velocidade da esteira com relação a velocidade de extrusão, regulagem de freios da boquilha.

Após avaliações técnicas da cabeça de série, a boquilha pode ser aprovada e então liberada para produção, ou se forem evidenciados problemas, há necessidade de ajustes e correções nos desenhos e a boquilha retorna para empresa de projetos para que sejam realizados ajustes de ferramentaria.

O processo de desenvolvimento de uma nova boquilha segue os seguintes passos: o fabricante de blocos passa um desenho (croqui) feito a mão ou em AutoCad, do modelo que se pretende desenvolver. O projetista da empresa de

boquilhas faz o desenho do bloco cerâmico no *software* de modelamento 3D, e a partir deste arquivo modelado virtualmente se obtém o desenho técnico do bloco. A partir dessas dimensões começa-se a projetar a boquilha. Os projetos são desenhados com o auxílio de *softwares* como: SolidWorks para modelamentos 3D, AutoCad 2D e 3D, e NX para programação de torno CNC para usinagem (figura 24 e 25).

Figura 24 - Modelo de bloco estrutural.
Fonte: Visita a empresa Boquilhas Crisda em Janeiro/2013.

Figura 25 - Modelo de bloco estrutural.
Fonte: Visita a empresa Boquilhas Crisda em Janeiro/2013.

Os *softwares* são utilizados para desenvolver os desenhos tridimensionais e desenhos técnicos. Não são utilizados *softwares* para fazer testes e simulações do produto, pois não é possível analisar o desempenho nos materiais cerâmicos, já que existem muitas variáveis (troca de matéria-prima na formulação da massa e variações na temperatura de queima do produto) no processo, o que não demonstraria com confiabilidade os resultados obtidos.

São seguidas as seguintes normas técnicas para desenvolvimento de blocos cerâmicos:

NBR 15270: Componentes cerâmicos – Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. NBR 15270:2 Componentes cerâmicos – Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos.

Os projetos de telhas também são realizados em empresa terceirizada. Para o desenvolvimento de telhas segue-se a seguinte norma técnica NBR 15310/2005. Quando se evidencia a necessidade de criação de um novo produto, também são contratadas empresas de projetos para moldes, e a criação de um novo modelo de telha implica na estruturação de uma nova planta industrial, conforme já

mentionado. Criar um novo desenho de telha significa mudar o perfil do molde, a dimensão do bastão, a largura da calha, a posição das ventosas para segurar os produtos, dimensão de vagonetas e sistemas de apoio nas vagonetas para não danificar o produto.

Assim como acontece no processo de desenvolvimento de blocos cerâmicos, o primeiro modelo físico obtido no desenvolvimento de telhas também é o protótipo obtido na cabeça de série (ver tabela 13).

Nas telhas, diferentemente dos blocos, além de avaliações técnicas são realizadas avaliações estéticas. São realizadas avaliações técnicas: trincas, empenos e encaixes entre as peças, já que os problemas mais comuns neste produto são vazamentos e ensaios de acordo com normas técnicas – 13510:2009 especificação e métodos de ensaio – Telha de cerâmica.

Embora a telha também seja um produto em que os atributos que mais se destacam são os técnicos e funcionais, e mesmo não oferecendo muita interface com o usuário, pode se afirmar que a telha é um produto que aparece, que se destaca nas construções. Portanto algumas características estéticas são avaliadas, como as cores e tonalidades.

4.1.3.1 Especificidades de projeto no segmento de cerâmica vermelha, blocos e telhas.

Nos projetos de boquilhas são levadas em consideração: tolerâncias dimensionais dos blocos – estabelecidas em normas técnicas e grauteamento para blocos estruturais; ou seja, atentar-se para que os espaços entre septos dos blocos (parede interna dos blocos) mantenham-se alinhados quando empilhados (figura 26).

Figura 26 - Controle de grauteamento. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, visita à empresa Crisda em Janeiro/2013.

Ângulos para correção de grau de amassamento (figura 27), ou seja, na boquilha é previsto um grau de angulação nas arestas da base do tijolo para compensar o seu amassamento (danificação) no transporte na esteira durante o processo de produção industrial;

Figura 27 - Grau de amassamento. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, visita à empresa Crisda em Janeiro/2013.

As dimensões entre os septos facilitando a pega pelo operário na obra, garantindo o manuseio seguro.

Constatou-se que não são utilizadas outras categorias de modelos físicos além de protótipos no processo de desenvolvimento de novos produtos para o segmento de cerâmica vermelha (blocos e telhas). Isto pode ser explicado pelo fato de que, os atributos que mais se destacam nesses produtos são os funcionais e técnicos. E assim, como em qualquer outro produto cerâmico, alguns fatores, principalmente os técnicos (trincas, empeno, resistência mecânica, absorção de água e etc.), só podem ser verificados no próprio protótipo, já que modelos físicos confeccionados em outro material não trariam as respostas verdadeiras ao produto, em função das características dos materiais cerâmicos.

Como a interface desses produtos (blocos e telhas) com o usuário é mínimo, não é priorizada a qualidade estética. No caso de telhas, a interface se dá no momento da instalação das peças ou em manutenções, e para os blocos se dá durante a construção.

Diante desse cenário, pode-se pensar que não há possibilidade de inovações em design para este tipo de produto, uma vez que possuem tais configurações há muitos anos, e desempenham muito bem os atributos técnicos e funcionais. Porém, recentemente algumas novidades vêm surgindo no setor, como o GreenWall Ceramic (figura 28).

Figura 28 - GreenWall Ceramic, imagens explicativas do produto.
Fonte: <<http://www.greenwallceramic.com.br>>

Este é um produto inovador, utilizado para construção de jardins verticais, podendo ser utilizado em ambientes internos e externos. É um produto que possui maior interface com o usuário, e o seu propósito vai além da funcionalidade, pois como é um bloco cerâmico que fica exposto, torna-se um componente importante na decoração do ambiente, diferentemente dos blocos comuns tradicionais. É um produto em que o atributo estético é muito valorizado, permitindo várias possibilidades configurativas e acabamento, como por exemplo, a aplicação de pastilhas (figura 29), ou apenas pintura.

Figura 29 - Green wall ceramic, imagens explicativas do produto. Fonte: <<http://www.greenwallceramic.com.br>>

Outro exemplo de produto lançado pelo setor recentemente é a telha prensada à seco, com massa de revestimento cerâmico. Os fabricantes chamam este produto de “telha de piso”, pois são empregadas as mesmas matérias-primas e pela semelhança entre o processo de produção de revestimento cerâmico (figura 30).

Esse tipo de telha é produzido em regiões onde são fabricados revestimentos cerâmicos (Santa Gertrudes e Rio Claro), perto das fontes de matéria-prima, o que facilitou o desenvolvimento deste tipo de produto. Para facilitar à logística, geralmente neste segmento cerâmico constroem-se as fábricas em proximidade as jazidas de matérias-primas. As telhas com massa de revestimento apresentam benefícios quando comparadas aos produtos obtidos pelo processo de fabricação tradicional (extrudadas e prensadas), como por exemplo: vantagem com relação ao tempo de produção do produto. Como a massa cerâmica utilizada possui baixa umidade, após prensagem pode ser rapidamente queimada, obtendo-se o produto final em um dia, enquanto a telha fabricada por processo tradicional demora aproximadamente três dias para ser produzida. Também ocorre menor retração e deformações diminuindo problemas com empenos e encaixes. A superfície da telha é lisa e isso proporciona melhor acabamento para o produto, principalmente nas telhas esmaltadas.

Figura 30 - Modelo de telha de piso, e final de espigão. Fonte: Acesso ao site: <http://www.telhaspekus.com.br> em Março/2013.

4.1.4 Segmento de materiais de revestimentos

As placas cerâmicas podem ser fabricadas por processo de extrusão, prensagem e colagem. A prensagem via seca e via úmida é o processo de fabricação mais utilizado. No Brasil, 70% da produção de placas cerâmicas é via seca. O processo de prensagem possibilita maior produtividade em larga escala industrial quando comparado aos processos de colagem e extrusão.

Quando se fala em desenvolvimento de placas cerâmicas, pensa-se logo no design de superfície, já que as mudanças na configuração do produto são relacionadas a formatos (quadrados e retangulares), desenhos, texturas e relevos. A massa da base das placas é sempre a mesma independente da decoração.

Os ferramentais necessários para a conformação de placas cerâmicas são: estampo (molde para prensar a placa cerâmica) e prensa. Após processo de prensagem a placa cerâmica pode ser decorada por processo analógico ou digital. No processo analógico, a impressão é realizada através do contato da tinta com o substrato (placa cerâmica), por meio de tela serigráfica plana ou rotativa (rollprint e rotocolor).

As placas cerâmicas podem possuir texturas visuais, táteis e relevos. Segundo designers da empresa Esmaltec, entende-se como textura gráfica qualquer impressão na superfície da placa (figura 31). Quando além do desenho sobre a

placa há uma certa rugosidade, como por exemplo, através do uso de granilhas entende-se como textura tátil (figuras 32 e 33).

As placas cerâmicas que possuem texturas são fabricadas através do uso de granilhas aplicadas com tela serigráfica.

Figura 31 - Revestimento com textura gráfica. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, obtido em visita a empresa Esmaltec em 17/10/2013.

Figura 32 - Revestimento com textura gráfica e tátil. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, obtido em visita a empresa Esmaltec em 17/10/2013.

Entende-se como relevos, saliências com alturas maiores (figura 30). Na produção industrial os relevos nas placas cerâmicas são obtidas pelo próprio estampo.

Figura 33 - Revestimento com relevo. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, obtido em visita a empresa Esmaltec em 17/10/2013.

Há cerca de dois anos no Brasil o segmento de placas cerâmicas vem se modernizando, principalmente referente ao processo de decoração, com a inserção da impressão digital a jato de tinta ou como vem sendo chamada, decoração digital. Essas mudanças impactaram significativamente no processo de fabricação dos produtos e conseqüentemente, no desenvolvimento de novos produtos.

O sistema analógico remete ao processo tradicional utilizado em vários processos de impressão, onde é necessária a confecção de fotolitos e telas

serigráficas. No processo digital, a impressão é realizada sem contato com o substrato, apenas por uma sequência de pulsos eletrônicos que liberam a tinta através de sistema *inkjet*. Nos dois processos, tanto analógico quanto digital, são necessárias à utilização de arquivos digitais, geralmente criados por designers gráficos.

A princípio a decoração digital possui inúmeras vantagens comparadas à impressão analógica. Na decoração digital a impressão pode ser facilmente aplicada nas bordas dos revestimentos, o que não é possível no processo analógico. É possível imprimir na sequência placas cerâmicas diferentes uma das outras. A qualidade de impressão é excelente, permitindo produzir réplicas realistas de pedra natural e madeira, quando desejável. Outro diferencial é a possibilidade de armazenar os projetos das peças digitalmente, permitindo mudanças nos tamanhos das imagens, de forma rápida e eficiente por meio do *software* Photoshop, por exemplo. Isso resulta em redução de tempo de produção, de custo e de espaço físico.

No processo de desenvolvimento de revestimentos cerâmicos, uma das etapas é a obtenção de modelos físicos. Conforme tabela 14 é possível verificar as categorias de modelos físicos utilizados.

Tabela 14 – Categoria de modelo físico no segmento de materiais de revestimentos

Segmento cerâmico		Categoria de modelo físico				
		Modelo físico preliminar	Modelo físico de aparência	Modelo físico de produção	Protótipo	Cabeça de série
Materiais de Revestimentos	Placas cerâmicas					

Fonte: A autora.

Os modelos físicos são confeccionados por meio de placas cerâmicas prensadas cruas, retiradas da linha de produção da fábrica, onde é aplicada a decoração de acordo com o desenvolvimento. Os modelos físicos recebem a decoração pelo mesmo processo que é feito a produção industrial na empresa e esta pode ser obtida por processo analógico ou digital.

Para desenvolvimento de produto que possuem relevos (volumes maiores), são utilizados modelos físicos de aparência. Esses modelos físicos de aparência,

podem ser obtidos tanto por processo analógico quanto digital. Por métodos analógicos, é desenvolvido um bloco de resina, que é usinado e acoplado ao punção da prensa. Esse procedimento é realizado para interferir o mínimo possível no punção da prensa. Com este molde de resina é possível prensar um pequeno lote de aproximadamente 80 modelos físicos. Esse método ainda é utilizado por algumas empresas, porém é demorado e com custo considerável. Esses mesmos modelos físicos também podem ser obtidos por métodos digitais através de uma fresadora digital CNC de laboratório (figura 34). Nesses modelos físicos são avaliados: altura do relevo, estética e ângulos de saída.

Figura 34 – Fresadora digital CNC. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, obtido em visita a empresa Esmaltec em 17/10/2013.

Posteriormente, estes modelos físicos seguem para a fábrica que solicitou o projeto para serem queimados e retornam para o colorifício para aplicação de engobe, vitrado e decoração (por processo analógico ou digital) e retornam para a empresa para serem queimados novamente. Após biqueima o modelo físico retorna ao colorifício para ser avaliado quanto as suas características técnicas, estéticas e funcionais.

Para desenvolvimento de produtos que possuem apenas textura gráfica ou textura tátil são desenvolvidos diretamente protótipos. Os protótipos que possuem texturas podem ser obtidos através da aplicação de granilhas, por meio de tela serigráfica.

Em relação às características estéticas dos modelos físicos de aparência e protótipos, avaliam-se: encaixes dos desenhos para a criação de padrão contínuo, tonalidade das cores, definição e resolução da imagem.

Algumas características técnicas interferem na aparência do produto, comprometendo sua qualidade estética. Existem ensaios para verificação da resistência ao manchamento, ao ataque químico e à abrasão superficial, definidos pela ABNT NBR13818/97, que avaliam o desempenho do produto. Os protótipos obtidos na produção piloto são testados de acordo com a norma e sua aprovação garante a integridade física da peça em situações de uso, sem alterações na qualidade estética. Para avaliação das características estéticas do produto realizam-se os ensaios:

- Resistência ao manchamento;
- Ataque químico;
- Abrasão superficial.

O processo de obtenção do modelo físico por métodos analógicos é muito mais demorado comparado ao digital, já que no primeiro é necessária a confecção de fotolitos e telas serigráficas. Também para obtenção de relevos o processo é moroso, pois é necessária a usinagem de um bloco de resina para que este seja acoplado no punção da prensa e assim seja possível a obtenção de modelos físicos com relevo.

4.2 CONFEÇÃO DE MODELOS FÍSICOS NA INDÚSTRIA CERÂMICA POR MÉTODOS ANALÓGICOS

Os modelos físicos confeccionados por métodos analógicos, ou seja, processos manuais e/ou mecânicos podem ser confeccionados em diversos materiais: madeira, poliuretano, argila, papel, isopor, acetato, gesso e outros. Quando esse modelo físico é utilizado para extração de moldes, a escolha do material é de suma importância e influencia diretamente nas futuras fases desse processo, por esse motivo é necessário conhecer o desempenho e o comportamento físico do material escolhido para este fim. Os métodos analógicos envolvem técnicas de modelagem, construção escultórica, desbastes, fundição e tornearia. São utilizadas ferramentas como: formões, goivas, grosas, facas, estiletes, esquadros, lixas, raspadores, compassos, etc., além de equipamentos tradicionais presentes em marcenarias e serralherias: lixadeiras, furadeiras, fresadoras, serras de fita, serras tico-tico, tupias, guilhotinas, soldadores, etc.

Como visto anteriormente no subcapítulo 4.1, os segmentos de cerâmica branca (louça sanitária, louça de mesa e objetos decorativos) e o segmento de placas cerâmicas utilizam modelos físicos obtidos por métodos analógicos. Neste capítulo serão descritos em detalhes os métodos analógicos para obtenção de modelos físicos utilizados por esses dois segmentos.

4.2.1 Obtenção de modelos físicos por métodos analógicos no segmento de cerâmica branca (louça sanitária, louça de mesa e objetos decorativos)

No segmento de cerâmica branca, em que os produtos são fabricados por processo de colagem é imprescindível durante o processo de desenvolvimento de novos produtos o uso de modelos físicos preliminares, modelos físicos de produção e protótipos.

Os modelos físicos utilizados por esse segmento cerâmico geralmente são confeccionados com gesso ou argila, mas também podem ser confeccionados com outros materiais desde que não sofram deformações físicas, caso sejam utilizados para extração de moldes.

Como visto anteriormente no subcapítulo 4.1, nesse segmento cerâmico é prática comum a construção e uso de protótipos no início do projeto, ou seja, de

modelos físicos construídos com os mesmos materiais e processos de fabricação especificados em projeto, devido o seu baixo custo. Para obtenção desses protótipos, são confeccionados, além do modelo físico de produção (figura 35), os moldes de gesso. O molde é o negativo de um modelo de produção (figuras 36 e 37), é constituído por uma ou mais partes, que são chamadas de tacelos. O número de tacelos varia em função da necessidade de destacamento da peça reproduzida.

Quando todos os detalhes do projeto de produto estão definidos e todas as alterações nos modelos cabeça de série já foram realizadas, obtém-se um molde, chamado pelas fábricas visitadas de molde original, e a partir deles são confeccionadas as matrizes. Essas matrizes (figura 38) funcionam como molde de cada um dos tacelos que compõem um molde e são utilizadas para a reprodução dos moldes que entram na produção.

Figura 35 - Modelo em gesso de porta-joias, obtido por técnica de modelamento manual. Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

Figura 36 - Molde em gesso de porta-joias. Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

Figura 37 - Molde em gesso de porta-joias, aberto. Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

Figura 38 - Molde e matriz em gesso de uma das partes do porta-joias. Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

As matrizes podem ser confeccionadas com gesso (α) misturado com cimento ou resina, que é mais resistente, porém com maior custo.

Para os modelos de produção e moldes de gesso, utiliza-se gesso (β). O gesso é um pó branco, que misturado com água, resulta numa massa dura, com boa resistência mecânica e porosidade que favorece a absorção de água, fundamental para a conformação de peças cerâmicas. Porém, para a reprodução de modelos e matrizes deve-se utilizar impermeabilizantes, que são substâncias que têm a finalidade de diminuir a porosidade da superfície dos mesmos, facilitando a ação desmoldante. Geralmente, utilizam-se como impermeabilizantes: goma laca, resina e verniz. São utilizados também desmoldantes, que são substâncias que têm a finalidade de formar uma película untuosa, facilitando o destacamento entre as partes de gesso. Um exemplo comum de desmoldante é o sabão, em mistura com querosene ou oleínas.

Nas visitas realizadas às fábricas (Germer, Porcelana Texeira, Roca, Deca) pôde-se verificar que existe um local específico para a confecção de modelos físicos, moldes e matrizes, essa é chamada de modelagem industrial.

Os modelos físicos podem ser confeccionados por diversas técnicas, as mais conhecidas são: entalhamento e torneamento. Foi possível observar nas visitas realizadas às fábricas que a maioria das empresas desenvolve os modelos físicos de produção, considerando as devidas compensações das retrações e possíveis deformações de massas, pois esse modelo físico é utilizado para obtenção do molde de gesso para a geração das primeiras séries de protótipos. Estes modelos físicos de produção permitem que se façam avaliações preliminares, como: estudo de formas, volumes e junções de curvas. Pôde ser observado que esta etapa demanda conhecimentos técnicos e muito treinamento por parte de modeladores, e é extremamente demorada.

Alguns fatores técnicos devem ser considerados no processo de confecção do modelo físico de produção, como:

- Compensação da porcentagem de retração das massas cerâmicas para que as dimensões, após processo de sinterização, estejam de acordo com as dimensões estabelecidas em projeto. Essa porcentagem pode chegar a 25% em porcelanas, por exemplo;
- possíveis correções relacionadas a deformações nas geometrias das peças devido à formação de fase vítrea presente nas massas cerâmicas;

- estudo do processo de produção do produto, colagem, tornearia ou prensagem de massa pastosa;
- estudo de ângulos de saída dos moldes de gesso;
- estudo do número de tacelos do molde de gesso;
- furações para enchimento do molde de gesso.

4.2.1.1 Ferramentas

São utilizadas várias ferramentas para a modelagem dos modelos físicos, são elas: graminho, formão, esquadro, tornazin, estecas, lâminas, compassos e placas maleáveis de chumbo ou plástico.

O graminho (figura 39) é uma ferramenta utilizada para traçar, centralizar e nivelar modelos e moldes. O formão (figura 40) é uma ferramenta utilizada para entalhar materiais de pouca dureza, como madeira e gesso. O esquadro (figura 41) é utilizado para traçar retas perpendiculares entre si, formando ângulos de 90°C.

Figura 39 - Graminho.
Fonte: Apostila de modelagem Industrial, Goulart.E.

Figura 40 - Formão.
Fonte: Apostila de modelagem industrial, Goulart.E.

Figura 41 - Esquadro.
Fonte: Apostila de modelagem industrial, Goulart.E.

O tornazin (figura 42 e 43) é uma ferramenta utilizada para desbastar e torneiar superfícies de gesso planas e cilíndricas.

Figura 42 - Tornazin, uso em torno. Fonte: Apostila de modelagem industrial, Goulart.E.

Figura 43 - Tornazin, uso em bancada ou mesa. Fonte: Apostila de modelagem industrial, Goulart.E.

Os compassos são empregados para traçar (figura 44) ou para verificar diâmetros internos e externos (figuras 45 e 46).

Figura 44 - Compasso utilizado para traçagem. Fonte: Apostila de modelagem industrial, Goulart.E.

Figura 45 - Compasso utilizado para verificação de diâmetro externo. Fonte: Apostila de modelagem industrial, Goulart.E.

Figura 46 - Compasso utilizado para verificação de diâmetro interno. Fonte: Apostila de modelagem industrial, Goulart.E.

As placas maleáveis de chumbo ou plástico (figura 47) são flexíveis e de fácil manuseio, que permitem a moldagem do bloco de gesso de acordo com o formato desejado, tendo em média de 2 a 3 mm de espessura.

Figura 47 - Placas maleáveis de chumbo. Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

As espátulas (figura 48) geralmente são feitas de aço, possuem uma variedade de formatos e tamanhos nas extremidades, para proporcionar maior versatilidade de funções facilitando o trabalho de modelagem de acordo com a necessidade dos detalhes que se pretende obter nos modelos físicos. As lâminas (figura 49) podem ser feitas de madeira ou aço, são utilizadas para alisar a superfície dos modelos e moldes, possuem formatos variados e podem ser rígidas ou flexíveis.

Figura 48 - Espátulas. Fonte: Apostila de modelagem industrial, Goulart.E.

Figura 49 - Lâminas. Fonte: Apostila de modelagem industrial, Goulart.E.

As estecas são ferramentas de madeira ou plástico e possuem diversos formatos nas suas extremidades, assemelhando-se com as espátulas ou apresentando uma fita ou fio de aço para favorecer a retirada de material. As estecas são utilizadas para desbastar gesso ou argila. Suas extremidades possuem diferentes formatos, podem ser serrilhadas ou lisas, (figura 50) com o objetivo de se

adequar às necessidades de modelagem. As estecas podem ser utilizadas na modelagem manual ou por torneamento.

Figura 50 - Estecas utilizadas na modelagem em argila. Fonte: Apostila de modelagem industrial, Goulart.E.

São utilizadas serras e escovas perfuradas (figura 51). A serra é utilizada para cortar grandes pedaços de gesso. A escova perfurada é utilizada para desbastar facilmente superfícies de gesso úmido. Também são utilizados vários pedaços de madeira com diferentes dimensões para fazer o cercado em volta do molde de gesso (figura 52).

Figura 51 - Serra e escova perfurada. Fonte: CHAVARRIA, Joaquim. Moldes. Barcelona: Parramon Ediciones S.A., 2006.

Figura 52 - Pedaços de madeira. Fonte: CHAVARRIA, Joaquim. Moldes. Barcelona: Parramon Ediciones S.A., 2006.

4.2.1.2 Obtenção de modelo físico em gesso por técnica de entalhamento

O entalhamento é a técnica utilizada para desbastar o gesso. Geralmente o modelo físico é desenvolvido a partir de uma referência, que pode ser foto ou desenho técnico.

A seguir, é possível acompanhar passo a passo o desenvolvimento de um porta-lápis, com as operações necessárias para a confecção de um modelo físico de produção em gesso obtido por técnica de entalhamento. A parte frontal do porta-lápis é detalhada e representa a fachada da empresa que solicitou o projeto. A empresa forneceu uma fotografia da fachada e, a partir desta, gerou-se um desenho com o contorno dos detalhes arquitetônicos. O primeiro passo é repassar o desenho com um lápis ou com auxílio de carbono para uma placa de gesso, com espessura definida (figura 53).

Figura 53 - Desenho em placa de gesso. Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

Posteriormente, o modelo físico começa a ser entalhado manualmente pelo modelador utilizando-se formões de diversos tamanhos de acordo com os detalhes no desenho (figura 54).

Figura 54 - Operação de entalhamento de modelo físico. Fonte: Obtido em entrevista com modelador Elton da Silva Goulart.

À medida que o entalhamento do modelo físico é definido, são realizadas inúmeras comparações com a fotografia de referência (figura 55). Essas comparações estão relacionadas a proporções e à profundidade dos relevos, pois, afinal, o modelo físico foi confeccionado em escala reduzida e busca-se sempre proximidade com a aparência e com os detalhes da referência.

Figura 55 - Fotografia utilizada para desenvolvimento de modelo físico. Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

A seguir, é possível ver o modelo físico em gesso em fase de finalização (figura 56) e ao lado, observar o modelo físico impermeabilizado (figura 57) com goma laca, para facilitar o destacamento do molde de gesso.

Figura 56 - Modelo físico obtido por técnica de entalhamento de modelo físico. Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

Figura 57 - Modelo físico impermeabilizado com goma laca. Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

Com o auxílio do modelo físico de produção, confecciona-se um molde de gesso para a reprodução dos protótipos em cerâmica (figura 58). Esse molde apresenta espessura de aproximadamente 30 mm.

Figura 58 - Confeção de molde de gesso a partir de modelo físico em gesso. Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

Após confecção do molde de gesso, ainda é possível realizar algumas correções e acabamentos, como, por exemplo, nos entalhes dos detalhes arquitetônicos, impossíveis de ser feito no modelo (figura 59).

Figura 59 - Correções em molde de gesso. Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

Após todos os ajustes no molde de gesso, são confeccionados por processo de colagem os primeiros protótipos (figuras 60 e 61). A colagem é o processo pelo qual conforma-se peças utilizando a massa cerâmica líquida ou barbotina. O gesso absorve a água da barbotina e forma uma parede com espessura homogênea adquirindo a espessura desejada, o excedente da barbotina é despejado obtendo-se uma peça oca.

Figura 60 - Enchimento de molde de gesso. Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

Figura 61 - Obtenção de protótipo. Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

Nos protótipos são avaliadas as características: técnicas, funcionais, ergonômicas e estéticas do produto. Quanto às avaliações funcionais, deste porta-lápis verificam-se profundidade do porta-lápis, o número de canetas e lápis que cabem. Com relação às avaliações ergonômicas, observa-se se a caneta aparece o suficiente para que o usuário possa pegá-la com conforto, se a abertura permite o acesso das mãos para a limpeza da peça. No que diz respeito à parte técnica, são avaliadas as retrações das massas cerâmicas e possíveis deformações. Procura-se identificar possíveis falhas na forma da peça principalmente nos detalhes e no acabamento superficial. Após ajustes e correções na primeira série de peças biscoitadas⁸ (figura 62), é aplicado o vidrado⁹ cerâmico (figura 63), e as peças são normalmente queimadas a temperaturas elevadas para sinterização da massa e fusão do vidrado.

Figura 62 - Primeira série de protótipos. Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

Figura 63 - Processo de vidração. Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

Após a queima do vidrado os protótipos são avaliados (figura 64). São realizadas avaliações técnicas, que estão diretamente relacionadas às características estéticas do produto, como: escorrimento, gretamento e tonalidade da cor do esmalte. As diferenças de tonalidade da cor estão relacionadas ao local onde o protótipo é colocado no forno para sinterização, pois variações de temperatura no forno podem interferir na cor do produto.

⁸ Biscoito é o termo utilizado para peças cerâmicas que passaram pelo 1º processo de queima para obtenção de resistência mecânica e porosidade adequada para aplicação do vidrado.

⁹ Vidrado cerâmico é a camada vítrea aplicada sobre o corpo cerâmico com o objetivo de impermeabilizar e proporcionar cor e brilho, aumentando a resistência mecânica, resistência à abrasão e ao risco e facilidade de limpeza do mesmo.

Figura 64 - Protótipos finalizados.
Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

Após aprovação da última série de protótipos são confeccionados moldes e matrizes em gesso em número suficiente para produção industrial (figuras 65 e 66).

Figura 65 - Modelo e molde de gesso. Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

Figura 66 - Matriz e molde de gesso. Fonte: Obtido em entrevista com o modelador Elton da Silva Goulart.

4.2.1.3 Obtenção de modelo físico em gesso por técnica de torneamento

O torneamento é uma técnica utilizada para obtenção de modelos físicos gerados por rotação. São realizados em tornos elétricos verticais (figura 67). A seguir, é possível observar a sequência de imagens com o processo de torneamento de uma jarra de água.

Figura 67 - Torno vertical.
Fonte: arquivo pessoal da pesquisadora.

Na técnica de torneamento são utilizadas ferramentas como: réguas, esquadros, estecas e tornazin (figura 68). A peça a ser torneada é fixada em uma base de gesso com sulcos que está presa ao mandril do torno (figura 69).

Figura 68 - Ferramentas utilizadas para torneamento de modelo físico em gesso. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.100.

Figura 69 - Base de gesso para fixação do bloco de gesso. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.100.

Primeiramente, constrói-se um cilindro com diâmetro ligeiramente maior que a dimensão do modelo físico. A altura do cilindro deve ser suficiente para torneiar todos os componentes da jarra: primeiro o corpo, depois o bico e por último a asa (figura 70).

Figura 70 - Folhas flexíveis de plástico para moldagem do bloco de gesso. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991.

Para isso, utiliza-se uma lâmina flexível de plástico como cercado para o gesso. O gesso é preparado e despejado dentro do cercado (figuras 71 e 72).

Figura 71 - Recipiente com gesso e água. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.100.

Figura 72 - Enchimento do cilindro de folha flexível para moldagem do bloco de gesso. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.100.

Após o endurecimento do gesso remove-se a folha flexível (figura 73).

Figura 73 - Remoção da folha flexível de plástico. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.101.

A técnica de torneamento é iniciada com o nivelamento do bloco de gesso, em que uma fina camada superficial de material é desbastada pelo tornazin (figura 74). O tornazin é apoiado num suporte ou barra de madeira, para dar firmeza e precisão no movimento do modelador. São desenhadas linhas guias que limitam o diâmetro da parte superior do modelo, assim como o centro e outras linhas de referência (figura 75).

Figura 74 - Operação de nivelamento do cilindro de gesso. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.101.

Figura 75 - Marcação de linhas que definem diâmetro. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.101.

As laterais são desbastadas até o limite do diâmetro (figura 76). Durante o torneamento são conferidas as medidas dos diâmetros do modelo físico (figura 77), utilizando-se compassos e chapelonas que contém o perfil da peça.

Figura 76 - Operação de torneamento do cilindro. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991. p.102.

Figura 77 - Remoção do cilindro. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991. p. 102.

É marcada uma nova linha com a ajuda de uma régua para estipular o limite de altura para desbaste, o tornazin desliza sobre a superfície de material realizando o desbaste do mesmo até resultar na curva desejada (figuras 78 e 79).

Figura 78 - Marcação de altura para desbaste. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.102.

Figura 79 - Operação de torneamento do cilindro. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.102.

É realizado um acabamento superficial no corpo da jarra com a ajuda de uma lixa fina (figura 80).

Figura 80 - Remoção do cilindro. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.102

Utiliza-se uma serra para cortar o corpo da jarra, separando-a da base do torno (figura 81). São então modelados os outros componentes da jarra.

Figura 81 - Remoção do cilindro. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.103.

São marcadas as dimensões do bico da jarra, que definem altura e diâmetro e inicia-se o desbastamento do material (figuras 82 e 83).

Figura 82 - Marcação de altura e diâmetro do bico da jarra para operação de torneamento. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.104.

Figura 83 - Operação de torneamento do bico da jarra. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.104.

São utilizadas estecas menores para fazer o desbaste da superfície interna do bico (figuras 84 e 85).

Figura 84 - Desbaste da parte interna do bico. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.105.

Figura 85 - Marcação da parte inferior externa, onde será cortado o bico. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.105

O bico torneado é separado do bloco do cilindro para posterior montagem do modelo físico da jarra (figura 86).

Figura 86 - Remoção do bico. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991. p.105

A alça também é modelada no restante do cilindro preso ao torno. É marcado o diâmetro, e inicia-se o desbastamento do material (figura 87). É marcada uma nova linha para a largura da alça (figura 88).

Figura 87 - Marcação do diâmetro da alça da jarra e operação de torneamento. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.107.

Figura 88 - Marcação da altura da largura da alça. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.107.

A alça possui formato interno côncavo e externo convexo, o torneamento da parte externa é realizado com uma esteca menor que permite a definição do formato convexo (figura 89).

Figura 89 - Torneamento côncavo. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.107.

É marcado um diâmetro interno que define a espessura da alça. No torneamento obtém-se o formato côncavo (figuras 90 e 91).

Figura 90 - Marcação do diâmetro interno da alça. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991.p.107.

Figura 91 - Torneamento de formato côncavo da alça. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991. p.107

É verificada a dimensão da espessura da alça (figura 92).

Figura 92 - Verificação da largura da alça. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.107.

Realiza-se o acabamento superficial na alça com uma lixa fina (figura 93), e a mesa é cortada e separada para montagem posterior (figura 94).

Figura 93 - Acabamento da alça com lixa fina. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.107

Figura 94 - Remoção da alça. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.108.

Para a montagem são marcadas as posições no corpo da jarra (figuras 95 e 96) para fixação do bico e da alça (figura 97 a 98).

Figura 95 - Marcação de posições no corpo da jarra. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.108.

Figura 96 - Marcação de posições no corpo da jarra. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.108

Figura 97 - Montagem do modelo físico. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.108.

Figura 98 - Montagem do modelo físico. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.108.

Abaixo é possível ver os modelos físicos finalizados (figuras 99 e 100).

Figura 99 - Modelo físico obtido por processo de torneamento. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.110.

Figura 100 - Modelo físico obtido por processo de torneamento. Fonte: SHIMIZU, Yoshiharu & outros. Models & Prototypes - Clay, plaster, styrofoam, paper. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991, p.110.

Esse modelo físico será utilizado para obtenção do molde, portanto é um modelo físico de produção para posterior obtenção de protótipos. Com esse modelo físico também é possível fazer algumas avaliações preliminares, relativas à coerência formal, volumétrica, equilíbrio estrutural, etc.

4.2.1.4 Obtenção de modelo físico em gesso através de modelamento manual com uso de gabaritos de madeira e de gesso

Os modelos físicos também podem ser obtidos através do modelamento com uso de gabaritos ou chapelonas¹⁰ de madeira e de gesso e facas de aço contendo o perfil da peça. A seguir verifica-se uma sequência de imagens da obtenção de modelo físico em gesso de um balaústre¹¹. São utilizadas chapas de madeira, lápis, serra de mão e furadeira.

¹⁰ Nome utilizado para um tipo específico de ferramenta que contém um determinado perfil completo, utilizado para modelar materiais que possuem maleabilidade.

¹¹ Nome utilizado para um elemento decorativo, geralmente feito de cimento, gesso, madeira ou alumínio, também utilizado como guarda-copo.

O perfil do balaústre é desenhado numa chapa de madeira (figura 101) e com auxílio de uma furadeira são realizados alguns furos (figura 102) em pontos específicos do perfil, que facilitam o corte nas curvas.

Figura 101 - Desenho do perfil do balaústre em chapa de madeira. Fonte: CHAVARRIA, Joaquim. Moldes. Barcelona: Parramon Ediciones S.A., 2006.

Figura 102 - Realização de furos nas curvas do perfil. Fonte: CHAVARRIA, Joaquim. Moldes. Barcelona: Parramon Ediciones S.A., 2006.

Com o auxílio de uma serra tico-tico o perfil do modelo físico é cortado em uma lâmina de aço (figuras 103 e 104).

Figura 103 - Corte com serra de mão do perfil do balaústre em chapa de madeira. Fonte: CHAVARRIA, Joaquim. Moldes. Barcelona: Parramon Ediciones S.A., 2006.

Figura 104 - Finalização do gabarito. Fonte: CHAVARRIA, Joaquim. Moldes. Barcelona: Parramon Ediciones S.A., 2006.

Elabora-se uma caixa em madeira onde é fixado numa das laterais internas da caixa o gabarito com o perfil metálico do modelo físico. Também é fixado o eixo para modelamento. Nesse eixo é enrolado um cordão para fixar o gesso

aumentando sua superfície de contato e facilitando a remoção da peça torneada (figura 105). A técnica inicia-se com a aplicação de gesso em estado pastoso em volta do eixo, até que este ganhe volume atingindo as extremidades do gabarito (figura 106).

Figura 105 - Montagem de caixa para modelamento com gabarito de madeira. Fonte: CHAVARRIA, Joaquim. Moldes. Barcelona: Parramon Ediciones S.A., 2006.

Figura 106 - Início da técnica de obtenção de modelo físico em gesso com uso de gabarito de madeira. Fonte: CHAVARRIA, Joaquim. Moldes. Barcelona: Parramon Ediciones S.A., 2006.

A partir daí, sucessivamente despeja-se porções de gesso pastoso, girando a manivela para que a peça seja desbastada pela faca metálica. Realiza-se o torneamento até que o modelo físico esteja completamente modelado (figuras 107 e 108).

Figura 107 - Finalização de modelo físico em gesso com uso de gabarito de madeira. Fonte: CHAVARRIA, Joaquim. Moldes. Barcelona: Parramon Ediciones S.A., 2006.

Figura 108 - Modelo físico em gesso com uso de gabarito de madeira. Fonte: CHAVARRIA, Joaquim. Moldes. Barcelona: Parramon Ediciones S.A., 2006.

No desenvolvimento de alguns produtos, os modelos físicos podem ser obtidos utilizando gesso e argila, como por exemplo, no segmento de louça sanitária.

De uma forma geral, os modelos de produção são construídos em gesso manualmente, exigindo-se dos modeladores muito treinamento para adquirir habilidades manuais e técnica necessárias. No desenvolvimento de modelos físicos de louças sanitárias, além de gesso, também é utilizada argila.

As primeiras etapas do processo de modelamento de uma bacia sanitária compreendem o desenvolvimento de desenhos técnicos que possuem os perfis internos e externos da peça, e servem para a confecção dos gabaritos e chapelonas. Inicia-se com a construção do bolão em argila, que se refere ao vazio da concavidade da peça. Utilizam-se gabaritos de aproximadamente 3 cm de espessura e funcionam como guia para o modelamento em argila (figura 109) do bolão. O bolão define a volumetria e o perfil interno da bacia.

Figura 109 - Sequência de imagens de vista superior e perspectivas de mesa com gabaritos de gesso sem preenchimento de argila e com preenchimento para modelamento do bolão. Fonte: Criação da pesquisadora com base em entrevista com especialistas da área, Carlos José Venâncio e Elton da Silva Goulart.

O bolão é modelado em argila, que é um material maleável e fácil de ser trabalhado. Após a definição do formato do bolão é feita uma casca de gesso por cima da argila (figura 110). Essa casca posteriormente fará parte do corpo do modelo físico em gesso. As demais etapas referem-se à modelagem em gesso. Como a bacia sanitária é uma peça com grandes dimensões, algumas de suas partes como, por exemplo, o sifão, são modeladas, separadas e posteriormente forma-se o modelo físico (figura 111).

Figura 110 - Etapa de modelagem de perfil interno de bacia sanitária. Fonte: Desenho criado pela pesquisadora com base em entrevista com especialistas da área: Carlos José Venâncio e Elton da Silva Goulart.

Figura 111 - Etapa de modelagem de perfil interno e externo de bacia sanitária. Fonte: Desenho criado pela pesquisadora com base em entrevista com especialistas da área: Carlos José Venâncio e Elton da Silva Goulart.

Os gabaritos também são utilizados ao longo do perfil da peça para aferição dimensional e de configuração (figura 112). Caso o modelo não esteja na dimensão desejada, é acrescentado ou retirado gesso, até que o perfil do modelo físico em construção esteja correspondente ao gabarito. Geralmente, esta etapa é feita sobre uma mesa plana e são desenhadas linhas de referência com esquadro para obter um posicionamento correto do gabarito ao longo do perfil. Os gabaritos são gerados a partir de desenhos técnicos.

Figura 112 - Etapa de modelagem de perfil externo de bacia sanitária através do uso de gabaritos. Fonte: Desenho criado pela pesquisadora com base em entrevista com especialistas da área: Carlos José Venâncio e Elton da Silva Goulart.

Como visto até agora, os modelos físicos também podem ser confeccionados em argila. A argila possui fácil trabalhabilidade e também possibilita a criação e a confecção de modelos físicos. O modelo físico construído em argila pode ser confeccionado por diversas técnicas de modelagem manual ou por torneamento. As peças podem conter os mais diversos formatos: cilíndricas, piramidais, esféricas ou orgânicas. Empregam-se técnicas de modelagem manual tradicionais na cerâmica a partir de blocos ou esferas, serpentinas e placas maleáveis de massa cerâmica. As peças podem receber diversos acabamentos como alto e baixo relevo e texturas.

4.2.2 Obtenção de modelos físicos por métodos analógicos no segmento de placas cerâmicas

As placas cerâmicas podem ser produzidas por processo de colagem, extrusão ou prensagem. Nesta pesquisa são descritas as técnicas para obtenção de modelos físicos de placas cerâmicas que são produzidas por processos de colagem e prensagem, por serem os processos que mais utilizam modelos físicos durante o desenvolvimento de novos produtos.

4.2.2.1 Obtenção de modelo físico em argila ou massa cerâmica, no processo de desenvolvimento de placas cerâmicas conformadas por colagem

A argila por ser um material maleável, permite uma série de estudos principalmente quando se trata da criação de texturas e relevos presentes nas placas cerâmicas.

O modelo físico confeccionado em argila ou em massa cerâmica em estado plástico pode ser utilizado nas primeiras fases de projeto quando se pretende materializar a ideia de forma rápida, prática e com baixo custo. Esses modelos físicos, quando expostos ao tempo, retraem-se e também é muito comum ocorrerem empenos, devido o excesso de matérias-primas plásticas presentes nas massas cerâmicas. O universo de ferramentas também pode ser muito diversificado e está diretamente relacionado, aos recursos disponíveis e à textura que se pretende obter.

A seguir, é possível observar a geração de texturas e relevos para um modelo preliminar em massa cerâmica (figura 113), batendo-se a ripa de madeira contra a placa maleável. Após a finalização dessa peça, obteve-se o negativo em gesso, foi

dado acabamento nesse modelo e gerado um molde de gesso para posterior produção de protótipos que compõe a família de peças para fachada ventilada e que foram conformadas por colagem sólida (figura 114).

Figura 113 - Obtenção de modelo físico em argila de placa cerâmica. Fonte: BERTOLDI, Cristiane. Tese de doutorado.

Figura 114 - Obtenção de modelo físico em argila de placa cerâmica. Fonte: BERTOLDI, Cristiane. Tese de doutorado.

Nesse processo, mesmo que as ideias sejam facilmente materializadas em modelos físicos confeccionados em argila, obtêm-se em seguida modelos físicos em gesso, pois neles é possível fazer avaliações e correções sem as preocupações de retração e empeno que se tem com o material cerâmico (figura 115).

Figura 115 - Obtenção de modelo físico em argila de placa cerâmica. Fonte: BERTOLDI, Cristiane. Tese de doutorado.

4.2.2.2 Obtenção de modelo físico, no processo de desenvolvimento de placas cerâmicas por processo de prensagem

O desenvolvimento de projeto para placas cerâmicas prensadas envolve a criação da decoração, que podem conter textura gráfica e/ou textura tátil.

Os modelos físicos recebem a decoração pelo mesmo processo que é feito a produção industrial e podem ser obtidas por processo analógico ou digital. Basicamente o *software* utilizado para desenvolvimento de *design* de superfície de placas cerâmicas é o Photoshop, para tratamento de imagens.

Como mencionado no item 4.1, a partir da visita às indústrias Incefra e Esmaltec, verificou-se que o *design* das placas cerâmicas é desenvolvido pelas empresas de coloríficos.

No processo analógico, ou seja, impressão serigráfica de contato, para cada cor é necessário um fotolito. As placas cerâmicas com desenhos mais elaborados podem conter até 5 fotolitos. Após o tratamento de imagens, realiza-se a separação de cores, para posteriormente desenvolver os fotolitos (figura 116) que serão utilizados para confeccionar as telas serigráficas.

Figura 116 - Conferência de fotolito. Fonte: Imagem retirada do site www.designceramico.com.br. Pesquisa realizada no dia 10/09/2013.

Os modelos físicos com volumes maiores podem ser obtidos tanto por métodos analógicos quanto por métodos digitais. Pelo método analógico é desenvolvido um bloco de resina, que é usinado e acoplado ao punção metálico da prensa (figura 117), procura-se interferir o mínimo no punção. Com esse molde de

resina é possível prensar um lote piloto de aproximadamente 80 protótipos (figura 118). Esse método ainda é utilizado por algumas empresas, porém além de ser extremamente demorado, possui custo alto. Posteriormente é aplicado engobe¹², vidrado e o produto segue para o processo de sinterização.

Figura 117 - Da esquerda para direita, punção de prensa metálico e bloco de resina usinado acoplado ao punção da prensa. Fonte: Ilustração criada pela pesquisadora, embasada em entrevista com o designer Gustavo Bala, no dia 22/10/2013.

Figura 118 - Bloco de resina usinado acoplado ao punção da prensa e placa cerâmica prensada. Fonte: Ilustração criada pela pesquisadora, embasada em entrevista com o designer Gustavo Bala, no dia 22/10/2013.

O sistema analógico de decoração remete ao processo tradicional utilizado em vários processos de impressão, onde é necessária a confecção de fotolitos e telas serigráficas. São confeccionados quadros de madeira ou metal, onde é tensionado tecido de poliéster que são fixados no quadro (figura 119).

¹² Camada de tinta aplicada antes do vidrado, utilizado para cobrir a cor natural da placa cerâmica.

Figura 119 - Tensionamento de tela. Fonte: Imagem retirado do site www.designceramico.com.br. Pesquisa realizada no dia 10/09/2013

Após o tensionamento do tecido de poliéster é aplicada uma camada de emulsão (resina) na tela serigráfica. A seguir, a tela serigráfica sobre a qual foi colocado o fotolito é exposta à iluminação com lâmpada ultravioleta. Após a exposição à luz é realizada a revelação do fotolito por lavagem através de água sob pressão (figura 120), na qual a emulsão que não foi exposta, ou seja, as partes onde a luz ultravioleta não incidiu, (protegidas pelo fotolito), permanece solúvel em água e é eliminada. A emulsão que foi exposta à luz ultravioleta reage e torna-se insolúvel.

Figura 120 - Lavagem de tela, após revelação de fotolito. Fonte: Imagem retirado do site www.designceramico.com.br. Pesquisa realizada no dia 10/09/2013.

Após revelação da tela serigráfica são verificadas sob uma mesa de luz possíveis falhas do processo de revelação e, se necessário, é aplicada

manualmente emulsão nos detalhes e a tela retorna à exposição de luz para correções (figura 121).

Figura 121 - Acabamento e controle de qualidade. Fonte: Imagem retirado do site www.designceramico.com.br. Pesquisa realizada no dia 10/09/2013

4.2.3 Formação e características do profissional modelador para atendimento à indústria cerâmica

Pôde-se perceber durante a pesquisa de campo em visita às fábricas que o modelador industrial precisa possuir conhecimentos técnicos do processo industrial cerâmico, precisa saber ler e interpretar desenhos técnicos e possuir habilidades manuais e domínio das ferramentas para modelagem das peças.

A formação do modelador industrial é realizada na própria empresa, por ser uma área específica, extremamente técnica e que depende de habilidades manuais que podem levar anos para que sejam adquiridas. Atualmente, não existem escolas de nível profissionalizante ou técnico para esse tipo de profissão, portanto as empresas precisam capacitar sua própria equipe e estabelecer a prática de formar aprendizes para essa função. De uma forma geral, a pessoa que trabalha no setor de modelagem industrial, inicia suas atividades na confecção de matrizes, pois essa etapa não exige tantas habilidades manuais e nessa função o indivíduo irá aprender a encher matrizes e confeccionar moldes em gesso ou resina. Se constatado que a pessoa possui aptidão com relação às habilidades manuais, é promovida, passando a confeccionar os modelos de produção. Para confecção dos modelos de produção,

os modeladores precisam conhecer e compreender desenhos técnicos e devem possuir destreza manual para modelar perfis com exatidão dimensional. Por esse motivo, a pessoa que trabalha no setor de modelagem industrial percorre a seguinte ordem lógica: confecção de matrizes, confecção de moldes e, por último, confecção de modelos de produção, caso seja identificado que possui habilidades manuais para esta última atividade.

Atualmente, não existem cursos profissionalizantes de modelador industrial, porém na década de 1950, mais precisamente em 1952, no auge da industrialização, o SENAI, iniciou no Brasil os cursos profissionalizantes em cerâmica, com o objetivo de suprir a demanda do mercado interno que exigia mão de obra qualificada para atuação na produção industrial, como é o caso do auxiliar de serviços operacionais de produção, com atuação direcionada às áreas de modelagem e decoração, em indústrias de louça de mesa, louça sanitária, revestimentos cerâmicos e refratários. A escola localizava-se em São Caetano do Sul e a escolha do município de São Caetano, deve-se ao fato de que nessa região e em outras, como Mauá, Ribeirão Pires e Suzano se concentravam um grande número de empresas cerâmicas. Ao longo dos anos, a escola SENAI passou por algumas transformações organizacionais em relação aos cursos e a infraestrutura. Por alguns anos, os cursos de aprendizagem de Modelador Ceramista supriram as necessidades mais imediatas e operacionais da indústria cerâmica, mas na década de 1960 a indústria sinalizou a necessidade de profissionais capacitados para atuarem em segmentos da área técnica, e para atender essa demanda foi criado em 1962, o curso de Técnico em Cerâmica.

De acordo com entrevistas realizadas, pode-se perceber que no período de 1950 até o final da década de 1980, havia nos municípios de São Caetano do Sul e de Mauá muitas indústrias de cerâmica. No município de Mauá, as indústrias estavam concentradas no segmento de louça de mesa, tais como: Cerâmica Nara, Porcelana Real, Porcelana Schmidt, Porcelana Mauá, Cerâmica Rex e a Indústria de porcelana técnica Chiarotti que produz até hoje porcelanas para laboratório. No município de São Caetano, o segmento de indústrias cerâmicas era mais diversificado, com indústrias do segmento de revestimentos, refratários, louça de mesa, objetos de adorno onde eram produzidos bibelôs, pés de abajur, vasos e enfeites decorativos. No segmento de louça é possível destacar a porcelana Teixeira, que continua ativa, e alguns ateliês com menor produção, que foram

desativados ainda na década de 1980. No segmento de objetos de adorno, havia a Espada Cerâmica, AC Cerâmica, Arte Regalo Cerâmica e a Cerâmica Andrea. A cerâmica Matarazzo, no segmento de revestimentos cerâmicos, e nessa indústria um diferencial era que a fonte de matéria-prima ficava próxima da própria empresa e a cerâmica São Caetano, no segmento de refratários.

A cerâmica pertence ao grupo dos ofícios mistos (artístico-técnicos) e influi diretamente na organização do ensino profissional, exigindo cautela no estabelecimento de objetivos curriculares e na distribuição coerente da carga horária entre ensino prático e teórico. A diversidade no ensino se dá em função da diversidade de características distintas de fabricação de produtos cerâmicos. O curso de ceramista modelador abordava matéria de modelagem em argila e modelagem em gesso.

O modelo de formação do modelador ceramista representou o atendimento da demanda industrial que representava uma necessidade operacional e qualificada. Foi possível verificar que a formação do modelador ceramista apresentava uma grade diversificada de conhecimentos dividida em aulas práticas e teóricas e uma carga horária extensa.

Nas décadas de 1970 e 1980 um dos setores da indústria cerâmica que prescindia de mão-de-obra qualificada era o segmento de louça-de-mesa, com indústrias localizadas na cidade de Mauá, considerada o polo cerâmico de louça de mesa da época. De acordo com as entrevistas realizadas e os documentos analisados é possível pressupor que os cursos de aprendizagem industrial tenham sido encerrados pela falta de demanda de indústrias cerâmicas nas regiões próximas a São Caetano do Sul. De acordo com o histórico do curso a maioria dos alunos era vinculadas a empresas cerâmicas das regiões de Mauá, São Caetano, Tatuapé, Ribeirão Pires e Suzano. As empresas que mais absorviam esse tipo de profissional eram do segmento de louça de mesa, objetos de adorno e louça sanitária. No final da década de 1980, a maioria dessas empresas fechou, isso pode ter contribuído para o encerramento dos cursos de Modelador Ceramista e Decorador Ceramista.

Pode-se perceber que embora a atividade de modelagem industrial seja uma atividade manual, podendo ser considerada artística é também extremamente técnica. As principais características relacionadas ao perfil profissional do modelador é que esse profissional deve adquirir conhecimentos para possuir habilidade em transferir todas as ideias representadas nos desenhos para o modelo

original/produção; conhecer o comportamento da massa utilizada na produção, nas fases de conformação por colagem, tornearia, secagem e queima; manter contato constante com o projetista, procurando identificar os pontos críticos que dificultam ou impedem a produção e que, portanto devem ser modificados no projeto; ser capaz de analisar o desenho para compensar no modelo mudanças dimensionais e de configuração que podem ocorrer durante a secagem e a queima. Acompanhar todas as fases da produção do produto, com o objetivo de adequar a peça ao processo, para facilitar sua produção, de modo a obter alta qualidade do produto e redução de custos.

Nas entrevistas realizadas com dois ex-alunos do curso de Modelador Ceramista, foi possível verificar que mesmo tendo realizado o curso no SENAI, ao longo de suas experiências profissionais, ambos adquiriram conhecimentos específicos da área de modelagem, já que tais conhecimentos podem variar de acordo com o produto fabricado. É evidente que a área de modelagem é uma área que exige profundo conhecimento prático, além de dedicação, por ser considerada uma atividade que envolve habilidades manuais e essas habilidades são adquiridas com anos de experiência.

4.3 PROCESSOS PARA OBTENÇÃO DE MODELOS FÍSICOS POR MEIO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS

Para entendimento de possibilidades de utilização das tecnologias digitais na obtenção de modelos físicos na indústria cerâmica, fez-se necessário o conhecimento através de bibliografia específica e visitas a instituições e centros de pesquisa especializados em tecnologias digitais.

As informações deste item 4.3 estão organizadas da seguinte forma: classificação das tecnologias digitais, obtenção de modelos físicos por tecnologias digitais no segmento de cerâmica branca (louça sanitária, louça de mesa e objetos decorativos) e obtenção de modelos físicos por tecnologias digitais no segmento de placas cerâmicas.

4.3.1 Classificação das tecnologias digitais para obtenção de modelos físicos

As tecnologias digitais surgiram na década de 1970, porém foram inseridas no Brasil no final da década de 1980, sendo introduzidas novas possibilidades para a confecção de modelos físicos. Segundo Volpato (2007), a usinagem CNC também já vinha sendo utilizada para a obtenção de alguns modelos físicos antes do surgimento dos processos de prototipagem rápida.

Nos últimos anos, o uso de tecnologias digitais no processo de desenvolvimento de produtos tem se intensificado. Essas tecnologias são utilizadas para obtenção de modelos físicos, que dependem de modelos computacionais para sua confecção. Os modelos computacionais são gerados em *softwares* de modelamento tridimensional (3D) virtual digital, que possuem linguagem compatível com as tecnologias digitais, como: processos de prototipagem rápida (caracterizada pela adição de material), usinagem CNC (caracterizada pela subtração de material) e escaneamento digital utilizado para processo de engenharia reversa e decoração digital para placas cerâmicas.

Uma das vantagens na utilização de tecnologias digitais para confecção de modelos físicos é o grau de precisão, pois o que será confeccionado corresponde exatamente ao desenho projetado. Essas tecnologias também podem reduzir consideravelmente o tempo de lançamento do produto, mesmo que esse fator

também seja considerável, já que nem todos os processos são tão rápidos quanto se espera.

4.3.1.1 Softwares para modelamento 3D virtual digital

O processo de confecção de um modelo físico através do uso de tecnologias digitais como, por exemplo, processos de prototipagem rápida, inicia-se pelo modelamento 3D em *softwares* CAD.

Para essa pesquisa elegeu-se para estudo os *softwares* Rhinoceros e SolidWorks, pois atualmente são *softwares* muito utilizados pelas áreas de *design* de produto. Evidenciou-se na pesquisa de campo em algumas indústrias brasileiras e centros de pesquisa, que esses *softwares* são utilizados para desenvolvimento de produto cerâmico.

O SolidWorks é um *software* de modelamento 3D parametrizado, ou seja, conforme o desenho é construído, são geradas relações no desenho que são visualizadas em uma árvore de projeto no próprio arquivo (figura122), as relações entre as entidades de projeto permitem que alterações dimensionais, volumétricas e estéticas sejam realizadas a qualquer momento no desenho e as modificações são automaticamente atualizadas no projeto, não comprometendo o resultado final do modelamento tridimensional virtual digital.

Figura 122 - Do lado esquerdo da imagem, árvore de projetos do *software* SolidWorks. Fonte: A autora.

O Rhinoceros também é um *software* CAD de modelamento 3D, baseado em nurbs¹³, muito utilizado para *design* de produto, é possível torná-lo parametrizado instalando um *plug in* gratuito chamado Grasshopper. O Grasshopper é uma linguagem de programação visual que permite que as relações entre as entidades se tornem editáveis. O Grasshopper também é utilizado para construir algoritmos¹⁴ generativos (figura 123), ou seja, é um editor de algoritmo gráfico integrado ao *software* de modelamento 3D, em que é capaz de transformar superfícies simples em complexas, proporcionando ao modelamento uma infinidade de criações e soluções talvez nem pensadas pelo projetista.

Figura 123 - Edição de algoritmos através do *plug in* Grasshopper.

Fonte: <<http://jeanloicnedelec.blogspot.com.br/>>.

Na comparação entre os dois *softwares*, é possível perceber que o SolidWorks é muito utilizado para a área mecânica, pois seu principal diferencial é modelar facilmente sólidos, como por exemplo, cubos, esferas e primas a partir de formas planas e pré-definidas, como: quadrados, círculos, retângulos etc. Com poucos recursos é possível obter um peça mecânica (figura 124), com furos, cortes, chanfros e raios. Embora também o *software* possua recurso de modelamento 3D a partir de superfícies, existe uma série de comandos necessários, como por exemplo,

¹³ É um modelo matemático utilizado por *softwares* gráficos para gerar e representar curvas e superfícies. Pontos de controle influem na orientação da superfície podendo gerar superfícies complexas.

¹⁴ Os passos necessários para realizar uma determinada tarefa, muito utilizado em programação computacional.

costuras que devem ser realizadas para que a superfície se transforme em sólido e possa então ser utilizada para gerar um modelo físico.

O *software* Rhinoceros é mais intuitivo e flexível com relação à facilidade de modelar geometrias orgânicas (figura 125), por esse motivo é mais utilizado para a área de *design* de produto, principalmente nas áreas de calçados e joias.

Figura 124- Peça mecânica.
Fonte:
<<http://www.cadworks.com.br/detalhes-treinamento/1/treinamento-essencial-solidworks/>>.

Figura 125 - Sola de Tênis. Fonte:
<<http://designbykairo.blogspot.com.br/2013/09/rhinoceros-3d.html>>.

Existem diversos tipos de *softwares* de modelamento 3D com finalidades distintas, dentre as principais funções dos *softwares* CAD, podem ser destacadas:

- Gerar desenhos 2D (desenho bidimensional) e 3D (desenho tridimensional), ou seja, modelamento tridimensional virtual digital a partir de esboço e criação de volumes através da utilização dos mais variados recursos, como: extrusão, revolução, *loft* por varredura e etc;
- obtenção do desenho técnico, de maneira integrada ao modelo 3D (para alguns *softwares*);
- ferramentas de auxílio ao *design*: renderização (ilustração fotorealística do produto), visualização do modelamento em ambiente virtual, animação através de vídeo;

Existem *softwares* que permitem ou já possuem integração CAE, dentre as principais funcionalidades estão:

- Cálculo de massa, volume, resistência e tração;
- densidade do material;
- desenvolvimento de moldes e identificação de ângulos de saída.

Existem também os *softwares* que permitem ou já possuem integração CAM, dentre as principais funcionalidades estão:

- Planejar o processo de manufatura de peças e escolha de ferramentas para a operação. Segundo Amaral et. al. (2006), esses sistemas destinam-se mais especificamente à programação de máquinas por comando numérico.

Abaixo é possível ver uma tabela (ver tabela 15) com os principais *softwares* CAD, CAM e *softwares* integrados diretamente sistemas CAD/CAM, CAD/CAE e seus fabricantes.

Tabela 15 – Principais *softwares* de modelamento 3D com sistema integrado CAD/CAM/CAE

Somente CAD	Somente CAM	CAD com sistema CAE integrado	CAD com sistema CAM integrado
Rhinoceros 9 (McNeel North America) www.rhino3d.com	Edgecam (Planit Holdings) www.edgecam.com	SolidWorks (Dassault Systèmes SolidWorks Corp.) www.solidworks.com	SolidThinking (An Altair Company) www.solidthinking.com
Inventor (Autodesk.com) www.autodesk.com	NX CAM (Siemens) www.siemens.com	SolidThinking (An Altair Company) www.solidthinking.com	ArtCAM (Delcam) www.artcam.com
PowerSHAPE (Delcam) www.powershape.com	SolidCam (SolidCAM) www.solidcam.com	CATIA (dassault Systèmes SolidWorks Corp.) www.3ds.com	CATIA (dassault Systèmes SolidWorks Corp.) www.3ds.com
	GibbsCAM (Cimatron Group) www.cimatron.com		PowerMILL (Delcam) www.powermill.com
	Machining Strategist (Mettalforma) www.mettalforma.com.br		TopSolid (Missler Software) www.topsolid.com
	Alphacam (Planit Holdings) www.alphacam.com		Cimatron (Cimatron group) www.cimatron.com
	CAMWorks (Geometric) www.camworks.com		Mastercam (CNC Software) www.mastercam.com
			Pro/ENGINEER (Parametric Techonology Corp.) www.ptc.com
			SURFCAM (Surware) www.surfcam.com

Fonte: Iwakami (2012) e atualizado pela autora (2014).

4.3.1.2 Etapas do modelamento 3D virtual digital

O modelamento 3D virtual digital consiste em uma sequência de operações lógicas que devem ser seguidas para obtenção do modelo virtual, que posteriormente será utilizado para a confecção do modelo físico por meio de tecnologias digitais, como por exemplo, processos de prototipagem rápida ou usinagem CNC. Optou-se pelo *software* SolidWorks para o modelamento 3D virtual digital de uma xícara de café para descrição das etapas de modelamento 3D. As especificações da xícara foram:

Volume: 65 ml;

Altura de 5,0 cm;

Diâmetro maior: 5,4 cm.

Diâmetro menor: 3,7 cm.

Para este estudo, pensou-se em utilizar uma massa cerâmica (porcelana) com retração de 18% em 1280°C, dessa forma acrescentou-se 22% nas dimensões da peça (porcentagem de retração da massa mais o fator de ampliação), para que a mesma pudesse ser projetada no modelamento com as devidas compensações de retração.

O modelamento 3D inicia-se no plano frontal onde é realizado um esboço com o perfil da xícara (figuras 126 e 127).

Figura 126 - Plano frontal.
Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Figura 127 - Esboço do perfil da xícara.
Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Após aplicação do recurso de revolução, é possível obter um sólido 3D (figura 128). Aplica-se um novo recurso chamado de casca, para obtenção da espessura da xícara (figura 129).

Figura 128 - Obtenção de sólido 3D através do recurso de revolução. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Figura 129 - Obtenção de espessura através do recurso de casca. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Criou-se um novo plano tangenciando a superfície do perfil externo da xícara (figura 130) onde se desenhou o esboço da alça da xícara (figura 131).

Figura 130 - Criação de plano paralelo a superfície do corpo da xícara. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Figura 131 - Criação do esboço da alça. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Aplicou-se o recurso de ressaltado base por varredura na alça (figura 132), para transformá-lo em sólido.

Figura 132 - Aplicação do recurso base por varredura na alça. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Foram projetadas texturas no corpo da xícara. Para obtenção destas mesmas texturas desenhou-se no plano frontal três círculos com dimensões distintas (figura133). Aplicou-se o recurso de extrusão para obtenção do sólido. A dimensão do comprimento dos bastões de cilindro foi passante a superfície externa do corpo da xícara, dessa forma a textura tornou-se aparente (figura 134).

Figura 133 - Criação do esboço da textura. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Figura 134 - Aplicação do recurso de extrusão na textura. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Após obtenção da textura na superfície do corpo da peça (figura135), aplicou-se recurso de *fillet*, que tem a função de arredondar cantos vivos, ou seja, transforma arestas em raios (figura 136).

Figura 135 - Obtenção de textura. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Figura 136 - Aplicação do recurso fillet nas arestas da textura. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Para obtenção de textura em toda a extensão da superfície do corpo da xícara, aplicou-se o recurso de padrão circular, onde o *software* calcula de forma

automática o número de repetições possíveis dos elementos, mantendo a mesma distância entre os mesmos (figuras 137 e 138).

Figura 137 - Aplicação do recurso padrão circular para multiplicação da textura. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Figura 138 - Após aplicação do recurso de padrão circular. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Para obtenção das texturas fez-se necessário a criação de vários sólidos em formato de bastão partindo do interior do corpo da xícara. Os sólidos internos foram eliminados com a aplicação do recurso corte por revolução, em que se projeta um esboço da metade do perfil interno da xícara no plano direito (figuras 139 e 140).

Figura 139 - Após aplicação do recurso de padrão circular. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Figura 140- Após aplicação do recurso de corte por revolução. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Após todas essas etapas descritas acima é possível obter o modelo 3D virtual digital da xícara de café (figura 141).

Figura 141 - Modelo 3D virtual digital de xícara de café. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

O *software* possui o recurso ferramentas de renderização em que é possível obter a simulação da foto realística do produto (figura 142) e também inseri-lo em ambientes de apresentação, como por exemplo: sala de escritório, cozinha, fábrica e outros (figura 143). O pires foi obtido pelos mesmas etapas utilizadas para obtenção da xícara.

Figura 142 - Modelo 3D virtual digital de xícara de café. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Figura 143 - Modelo 3D virtual digital de xícara de café. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

4.3.1.3 Configuração de modelos 3D virtuais digitais para obtenção de modelos físicos por processos digitais de adição de material – processos de prototipagem rápida

Como visto anteriormente, para que os modelos físicos possam ser obtidos por processos de prototipagem rápida devem ser modelados em *softwares* 3D. O modelo 3D é um sólido composto por várias superfícies que são compostas por malhas triangulares, que representam as coordenadas (x, y e z).

Após modelamento o arquivo precisa estar fechado, ou seja, com toda a malha triangular fechada, sem falhas, pois tais imperfeições podem impedir a confecção do modelo físico pelo equipamento. O modelo físico precisa ser salvo em formato STL.

“O formato STL se caracteriza por ser uma forma simples e robusta de representar modelos tridimensionais através de uma lista não ordenada de triângulos irregulares que formam uma malha recobrindo todas as superfícies de um objeto. O formato STL, é hoje considerado um padrão da indústria de equipamentos que possuem processos de prototipagem rápida e implementado na quase totalidade, senão em todos os sistemas CAD, mesmo os mais simples” (VOLPATO, 2007 p. 106).

O modelo 3D da peça em formato STL (ver figura 154) é inserido no *software* do equipamento de prototipagem rápida, em que este é processado (fatiado) em camadas ou planos (ver figuras 145 a 147). Desta forma, a construção do modelo físico nos processos de prototipagem rápida realiza-se através da adição de camada por camada.

Figura 144 - Modelo em STL. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora.

Figura 145 - Processo inicial de fatiamento do modelo. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora.

Figura 146 - Modelo fatiado, identificando material de modelo (vermelho) e material de suporte (amarelo). Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora.

Figura 147 - Modelo fatiado em camada, plano 2D, vista frontal. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora.

A seguir, é possível ver um modelo físico obtido por equipamento com tecnologia FDM (figuras 148 e 149), no qual um filamento de plástico fundido é extrudado e confecciona a peça camada a camada. Esse equipamento, modelo Dimension da Stratasys, trabalha com dois tipos de materiais: ABS (Acrilonitrila butadieno estireno), PC (Policarbonato) e possui precisão de ± 0.241 mm.

Figura 148 - Modelo prototipado em tecnologia FDM, Equipamento Dimension, Stratasys. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora.

Figura 149 - Modelo físico obtido por processo de prototipagem rápida, tecnologia FDM. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora.

Os processos de prototipagem rápida baseiam-se no processo que se dá por meio da adição de material em forma de camadas planas e sucessivas. Em algumas tecnologias existem dois tipos de materiais que são utilizados simultaneamente: o material de construção do modelo e o material de construção do suporte. Os

suportes são construídos em geometrias que necessitam de apoio. Após finalização do modelo físico, este suporte é retirado.

Volpato (2007) e Gorni (2001) apresentam as mesmas etapas que constituem o processo de confecção de um modelo físico por processos de prototipagem rápida. No geral, podem ser compreendidas da seguinte forma:

- a-) Modelagem tridimensional do objeto em um sistema CAD;
- b-) conversão do arquivo CAD em formato STL;
- c-) planejamento do processo para a fabricação por camada;
- d-) fabricação camada a camada;
- e-) retirada de material suporte e limpeza do modelo físico;
- f-) modelo físico confeccionado.

Segundo Volpato (2007), os processos de prototipagem rápida podem ser agrupados ou classificados pelo estado ou forma inicial da matéria-prima utilizada para a fabricação. São classificadas em processos baseados em líquido, sólido e pó.

- Baseado em líquido: A matéria-prima utilizada para fabricar a peça encontra-se em estado líquido, antes de ser processada. Nessa categoria encontram-se as tecnologias que envolvem a polimerização de uma resina líquida por um *laser* UV.

- Baseado em sólido: A matéria-prima utilizada encontra-se no estado sólido, podendo estar na forma de filamento, lâmina, blocos. A matéria-prima passa por processo de fundição antes da sua deposição e algumas tecnologias por corte a *laser*.

- Baseado em pó: A matéria-prima utilizada encontra-se na forma de pó antes do processamento. Alguns processos baseiam-se na impressão a jato de tinta, aglutinando o material e alguns processos utilizam *laser*, para a sinterização do material.

A tabela 16 apresenta a classificação das principais tecnologias com processos de prototipagem rápida.

Tabela 16 – Classificação das principais tecnologias de prototipagem rápida

	Processo/Empresa (Fabricante)	Custo Inicial de Aquisição	Velocidade de Construção	Precisão	Necessidade de Suporte	Acabamento Superficial
Baseado em LÍQUIDO	Estereolitografia – SLA (<i>Stereolithography</i>) Fabricante: 3D Systems, Inc (EUA) www.3dsystems.com	Alto	Média	Alta	Sim	Excelente
	Impressão a jato de Tinta – UP Ink Jet Printing Fabricante: Objet Geometries Ltd (Israel) www.2objet.com	Médio	Média	Média	Sim	Bom
	Impressão a jato de Tinta – UP In Vison Fabricante: 3D Systems, Inc (EUA) www.3dsystems.com	Baixo	Alta	Média	Sim	Regular
Baseado em SÓLIDO	Modelagem por fusão de material FDM , (Fused Deposition Modeling) Fabricante: Stratasys (EUA) www.stratasys.com	Médio	Baixa	Média	Sim	Regular
	Manufatura Laminar de Objetos – LOM , Laminated Object Manufacturing Fabricante: Cubic Technology (EUA) www.cubictكنولوجي.com	Médio	Baixa	Média	Não	Regular-Ruim
	Tecnologias de Papel – PLT , de Paper Lamination Technology Fabricante: Kira Corporation Lt.(Japão) www.kiracorp.co.jp	Médio	Baixa	Média-Alta	Não	Regular-Ruim
	Impressão a jato de tinta IJP – Thermojet Fabricante: 3D Systems, Inc (EUA) www.3dsystems.com	Baixo	Média-Alta	Pequena	Sim	Regular
	Impressão a jato de tinta IJP – Benchtop Fabricante: Solidscape, Inc. (EUA) www.solid-scape.com	Baixo	Baixa	Média Alta	Sim	Excelente
Baseado em PÓ	Sinterização Seletiva a Laser – SLS , Selective Laser Sintering Fabricante: 3D Systems, Inc (EUA) www.3dsystems.com	Alto	Média	Média	Não	Bom
	Sinterização Seletiva a Laser – SLS , Selective Laser Sintering Fabricante: EOS GmbH (Alemanha) http://www.eos.info/en	Alto	Média	Alta	Não	Excelente
	Sinterização Seletiva a Laser – SLS , Selective Laser Sintering Fabricante: Voxeljet (Alemanha) www.voxeljet.de	Alto	Média	Alta	Não	Excelente
	Sinterização a Laser – EOSINT Fabricante: EOS GmbH (Alemanha) http://www.eos.info/en	Alto	Média	Média	Não	Bom
	Fabricação da Forma Final a Laser – LENS , Laser Engineered Net Shaping Fabricante: Optomec, Inc. (EUA) www.optomec.com	Alto	Baixa	Baixa	Sim	Regular-Ruim
	Impressão Tridimensional – 3DP , 3 Dimension Printing Fabricante: Z Corporation (EUA) www.zcorp.com	Baixo	Alta	Baixo	Não	Regular
	3DP – Prometal Fabricante: Ex One Corporation (EUA) www.prometal.com	Médio	Alta	Baixa	Não	Regular

Fonte: Adaptado de Volpato et. al. (2007, p. 96-97).

4.3.1.3 Princípio de funcionamento dos principais equipamentos com processos de prototipagem rápida

Em visita ao CTI – Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, em Campinas, entrevistou-se o Dr. Jorge Lopes da Silva, com o objetivo de ampliar os conhecimentos referentes às tecnologias digitais para confecção de modelos físicos.

Segundo Lopes (2012), atualmente os termos: impressão 3D, prototipagem rápida ou manufatura digital por processos aditivos, tem sido foco do comitê F42 formado em 2009 pela ASTM¹⁵. Este comitê definiu oficialmente o termo fabricação aditiva para as tecnologias digitais que confeccionam modelos físicos por processos aditivos. Porém os termos: impressão 3D, prototipagem rápida, fabricação sólida de forma livre, manufatura aditiva e outros termos, também são usados como sinônimos.

As informações relacionadas ao comitê F42, ainda não se encontram disponíveis para acesso comum, pois ainda não foram publicadas oficialmente. As informações foram obtidas em visita ao CTI e consulta em artigo técnico do especialista em tecnologias tridimensionais digitais Dr. Jorge Lopes. É possível obter no próprio site da ASTM a versão preliminar do documento elaborado pelo comitê F42.

O principal objetivo do comitê – formado pela ASTM – é normatizar os processos de prototipagem rápida e que possivelmente se transformarão em normas ISO, já que existem mais de 30 processos no mercado com relevante importância comercial. A classificação dos processos baseia-se nas tecnologias existentes no mercado, mas novos processos serão desenvolvidos e deverão ser acrescentados. Por esse motivo, a classificação deve ser flexível, permitindo que novos processos sejam incluídos. O comitê F42 votou numa lista de processos e definições:

- Extrusão de material: é o processo de manufatura aditiva, onde o material é seletivamente depositado através de um bocal ou orifício;
- impressão de material: é um processo de manufatura aditiva, onde gotas de material são seletivamente depositadas;
- impressão de ligante: é um processo de manufatura aditiva, onde um líquido com ligante é seletivamente depositado;

¹⁵ American Society for Testing and Materials.

- laminação de folhas: é um processo de manufatura aditiva onde folhas de material são coladas e formam o objeto;
- cuba de foto polimerização: é um processo de manufatura aditiva onde uma cuba que contém um líquido foto polimerizado é seletivamente curada pela ativação de um *laser*;
- fusão em leito de pó: é um processo de manufatura aditiva em que a energia térmica funde seletivamente regiões de um leito em pó;
- deposição de energia dirigida: é um processo de manufatura aditiva em que a energia térmica é utilizada para fundir o material à medida que é depositado.

Atualmente, estão disponíveis no mercado diversos equipamentos com processos de prototipagem rápida que confeccionam modelos físicos com materiais e tecnologias distintas. Abaixo será descrito os materiais e princípio de funcionamento dos principais equipamentos:

- Estereolitografia (SLA – Stereolithography)

Segundo Volpato (2007), o princípio de funcionamento da tecnologia Estereolitografia (SLA – Stereolithography) baseia-se em utilizar uma resina líquida fotocurável, sendo a cura obtida pela aplicação de um *laser* com comprimento de onda específico, geralmente UV (ultravioleta). A resina fotocurável fica armazenada em um recipiente que contém uma plataforma mergulhada, que se desloca para baixo a cada camada construída. O sistema funciona da seguinte maneira: um feixe de *laser* é movimentado através de um conjunto óptico que reproduz a geometria 2D do modelo, obtida no fatiamento da peça representada no sistema CAD. O feixe move-se por um sistema de varredura preenchendo a camada correspondente sobre a superfície da cuba com a resina fotocurável; a resina polimeriza-se quando exposta ao feixe de *laser* mudando do estado líquido para sólido, gerando uma camada. Dessa maneira, esse processo repete-se até que a próxima camada seja construída, que adere à camada anterior e assim o modelo físico é construído por completo. Após confecção do modelo físico retiram-se as estruturas de suporte e posteriormente segue para o forno UV para obter a cura completa da resina, aumentando a sua resistência mecânica. Nos processos de prototipagem rápida algumas geometrias, que contém partes desconectadas ou em balanço, requerem suportes para evitar que se deformem. Nesse processo o material do suporte é o

mesmo da peça, por isso o volume dos suportes deve ser mantido ao mínimo. Os modelos físicos obtidos por essa tecnologia possuem a melhor precisão dimensional comparada a outros processos de prototipagem rápida, e por este motivo apresentam melhor acabamento. Essa tecnologia é a primeira que permitiu a obtenção de modelos físicos transparentes (figura 150). Atualmente existem outros equipamentos que também constroem modelos físicos em matérias transparentes. Os modelos físicos obtidos pela tecnologia SLA podem receber acabamento superficial.

Figura 150 - Protótipo rápido obtido por processo SL Estereolitografia.
Fonte: <www.3dsystem.com>.

- Impressão a jato de tinta (IJP – Ink Jet Printing)

Segundo Volpato (2007), essa tecnologia apresenta como princípio de funcionamento um sistema de jato de tinta para deposição da resina polimérica em pequenas gotas sobre uma bandeja e, imediatamente após a deposição, recebe uma luz UV para a cura da camada.

Essa tecnologia utiliza materiais distintos para a fabricação do modelo físico, uma resina para a peça e um material tipo gel, fotocurável, para o suporte. Após a confecção do modelo físico, o material de suporte é facilmente removível com uma solução apropriada (mistura de água + produto químico), ou também, dependendo da geometria pode ser retirada manualmente. Nesse processo não há necessidade de pós-cura da peça. Existem equipamentos com essa tecnologia que utilizam o mesmo material para modelo e suporte, neste caso as limitações de configuração de modelo físico são maiores, pois pode-se quebrar facilmente o modelo físico durante a retirada do suporte que é manual ou mecânica.

Em 2011, foi lançado pela Objet Geometries Ltd. um equipamento modelo EDEN 400V que trabalha com cinco tipos diferentes de materiais com durezas diferentes, possibilitando a confecção de modelos físicos rígidos e flexíveis (figuras 151 e 152). Foi possível conhecer esse equipamento em visita ao Centre For Fine Print Research em Bristol-Inglaterra.

Figura 151 - Protótipo rápido em impressão jato de tinta. Objet. Modelo: EDEN 350V. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora.

Figura 152 - Protótipo rápido flexível em impressão jato de tinta. Objet. Modelo: EDEN 350V. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora.

Em 2012, o mesmo fabricante lançou outro equipamento, o modelo CONNEX 350 capaz de trabalhar com 5 tipos de materiais e com durezas diferentes, porém seu grande diferencial é o de poder confeccionar o modelo físico com materiais de diferentes densidades, simultaneamente (figura 153). Pôde-se conhecer esses equipamentos no LAMOT – Laboratório de Modelos Tridimensionais da Divisão de Desenho Industrial do INT – Instituto Nacional de Tecnologia (Rio de Janeiro) e também no Departamento de Tecnologias Tridimensionais do CTI – Centro de Tecnologia e Informação “Renato Archer” (Campinas-São Paulo).

Figura 153 - Modelo físico de uma bicicleta em escala 1/25, onde os pneus são de material flexível e o quadro de material rígido. Fonte: À pesquisadora, obtido em visita a divisão de modelos tridimensionais do INT.

- Modelagem por fusão e deposição (FDM – Fused Deposition Modeling)

De acordo com Volpato (2007), a tecnologia baseia-se em construir o protótipo por deposição de um filamento de material extrudado. A cabeça possui dois bicos que fazem parte do processo de extrusão dos materiais, tanto de modelo quanto de suporte. A cabeça da máquina faz o movimento nos eixos, X-Y, posicionada sobre uma mesa com movimento no eixo Z (altura), que recebe continuamente o material na forma de um fio, aquecendo-o até o ponto de amolecimento do filamento. O filamento de material é tracionado com um êmbolo no início do sistema de extrusão para expulsar o material por um bico calibrado. O filamento de material extrudado entra em contato com o material da camada anterior e se solidifica, dessa maneira o modelo físico é construído.

Essa tecnologia necessita da criação de estruturas de suporte para sustentar as regiões superiores de partes ocas na geometria das peças. Atualmente existem seis tipos de materiais de modelos: cera, poliéster, ABS (Acrilonitrila Butadieno Estirieno), ABSi (material esterilizável), PC (Policarbonato) convencional, PC ISO e o PPSF (Polifenilsulfona). No caso de matérias poliméricas, existem dois tipos de materiais de suporte, um deles é dissolvido em banho-maria, em uma solução de água e solução química (sabão concentrado), em outro caso, quando a peça é feita com policarbonato, o suporte é retirado manualmente, não existindo solução química para a retirada do mesmo. Os materiais de suporte não são divulgados pelo fabricante. A seguir, é possível ver duas imagens de modelos físicos sem e com acabamento, obtidos por processo de prototipagem rápida com tecnologia FDM (figuras 154 e 155). O protótipo foi confeccionado com policarbonato. O acabamento foi realizado com pintura acrílica. Os modelos físicos obtidos por esse processo são muito resistentes.

Figura 154- Equipamento de prototipagem FDM. Modelo: FORTUS 400mc. Precisão 2 décimos. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora.

Figura 155 - Protótipo rápido em Policarbonato, obtido por processo FDM. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora.

- Sinterização seletiva a *laser* (SLS – Selective Laser Sintering)

Segundo Volpato (2007), o princípio de funcionamento desta tecnologia é sinterizar o material que se encontra numa câmara em forma de pó. A construção da peça inicia-se com o material sendo espalhado e nivelado por um rolo na câmara de construção do equipamento sobre a plataforma. Um *laser* CO² é incidido sobre o pó seletivamente, ou seja, já na forma da seção do modelo a ser construído, fazendo a sinterização do material. A câmara é aquecida a uma temperatura um pouco abaixo do ponto de fusão do material e mantida em atmosfera inerte, controlada utilizando nitrogênio, evitando a oxidação do material e risco de explosão de partículas finas. Um sistema de varredura desloca o feixe do *laser* sobre a superfície formada pelo material espalhado, fornecendo a energia restante para sinterizar as partículas de acordo com a geometria da camada 2D da peça no sistema CAD.

O modelo físico é construído camada a camada de acordo com a movimentação da plataforma no eixo Z. O material de suprimento fica depositado na lateral do equipamento em reservatório. Essa tecnologia possui grande diferencial, pois teoricamente permite trabalhar com qualquer matéria-prima que possa ser apresentada em forma de pó: náilon, poliamida, poliamida com microesferas de vidro, elastômero, cerâmica e metal. No caso de modelos físicos confeccionados com materiais metálicos há a necessidade de pós-processamento em fornos, como acontece, por exemplo, com a cerâmica.

O pó não sinterizado pelo *laser* é removido ao final do processo com auxílio de uma escova, ar comprimido ou até um aspirador de pó, podendo ser reutilizado

no processo, porém existe uma tolerância, pois com o tempo o pó perde algumas propriedades comprometendo sua eficiência. A seguir, é possível observar duas imagens de dois modelos físicos (sem e com acabamento) obtidos por processo de prototipagem rápida com tecnologia SLS (figura 156). O protótipo foi confeccionado com poliamida. O acabamento foi realizado com pintura automotiva. Os modelos físicos obtidos por essa tecnologia SLS são tão resistentes quanto os obtidos por tecnologia FDM, mas o acabamento superficial é bem melhor. Obtiveram-se informações sobre essa tecnologia no Departamento de Tecnologias Tridimensionais do CTI – Centro de Tecnologia e Informação “Renato Archer” (Campinas-São Paulo).

Figura 156 - Modelo físico de uma mola onde os pneus são de material flexível e o quadro de material rígido. Fonte: Arquivo pessoal da pesquisadora, obtido em visita ao departamento de tecnologias tridimensionais do CTI.

Em 2013, a Voxeljet lançou um equipamento, que trabalha com materiais poliméricos de alta performance, em que os modelos físicos obtidos são totalmente funcionais e se aproximam muito do produto obtido por processo convencional de fabricação. As informações sobre essa tecnologia foram obtidas no LAMOT – Laboratório de Modelos Tridimensionais da Divisão de Desenho Industrial do INT – Instituto Nacional de Tecnologia – Rio de Janeiro.

As figuras 157 e 158 apresentam um modelo físico em náilon de uma caixa com sistema de fechamento tipo *click*, que pode ser testada inúmeras vezes sem que o *click* se quebre. O comportamento do material do modelo físico assemelha-se ao comportamento físico do material do produto final obtido por processo convencional de injeção.

Figura 157 - Modelo físico de uma caixa com sistemas de fechamento tipo click. Fonte: Arquivo pessoal da pesquisadora, obtido em visita a divisão de modelos tridimensionais do INT no Rio de Janeiro.

Figura 158 - Modelo físico de uma caixa com sistemas de fechamento tipo click. Fonte: Arquivo pessoal da pesquisadora, obtido em visita a divisão de modelos tridimensionais do INT no Rio de Janeiro.

Abaixo é possível ver outro modelo físico em náilon de uma mola flexível com uma esfera rígida desconectada em seu interior (figura 159).

Figura 159 - Modelo físico em náilon de uma mola flexível e uma esfera rígida em seu interior. Fonte: Arquivo pessoal da pesquisadora, obtido em visita a divisão de modelos tridimensionais do INT.

- Impressão Tridimensional (3DP – 3 Dimension Printing)

Segundo Volpato (2007), o princípio de funcionamento desta tecnologia consiste em utilizar uma caixa de pó com gesso para confeccionar modelos físicos utilizando um aglutinante, que é um ativador de amido à base de água e que une os grãos do material. No processo de confecção do modelo físico, o gesso fica retido em uma caixa que determina as dimensões máximas para prototipagem. Na caixa, um rolo espalha e nivela o material, e a cabeça de impressão deposita por um sistema de jato de tinta o aglutinante, imprimindo a peça. Esse processo repete-se

até que a peça seja confeccionada por completo, camada por camada. Essa tecnologia não necessita de material de suporte, pois o próprio pó contido na caixa desempenha essa função. Existem estudos que assim como no processo SLS, qualquer material que possa ser transformado em pó pode ser utilizado nessa tecnologia. Após processo de prototipagem, a peça exige pós-processamento para limpeza do excesso de material, que logo após, no próprio sistema, este material é aspirado em uma cabine na própria máquina e retorna para o reservatório de matéria-prima, podendo ser reutilizado no processo de prototipagem novamente.

Os modelos físicos confeccionados por esta tecnologia são considerados frágeis, e para adquirirem maior resistência mecânica deve-se infiltrar resina epóxi. Também é possível utilizar um infiltrante à base de uretano para tornar o modelo físico flexível, simulando borracha. Comparados a outras tecnologias, o modelo físico obtido por essa tecnologia é o mais frágil em termos de resistência mecânica, porém o acabamento superficial é muito bom, sendo possível realizar acabamentos (pintura) facilmente no mesmo. As versões mais modernas dessa tecnologia permite confeccionar diretamente modelos físicos coloridos. Os modelos físicos confeccionados com essa tecnologia podem ser conferidos a seguir (figuras 160 e 161).

Figura 160 - Modelo físico de um mapa geográfico utilizado por pessoas com deficiência visual. Fonte: Arquivo pessoal da pesquisadora, obtido em visita ao departamento de tecnologias tridimensionais do CTI.

Figura 161 - Modelo físico de órgãos, utilizado por médicos para estudo de uma cirurgia. Fonte: Arquivo pessoal da pesquisadora, obtido em visita ao departamento de tecnologias tridimensionais do CTI.

Além do material gesso, existe outro material à base de gesso e cerâmica, que é utilizado no processo denominado ZCast, que objetiva a fabricação de molde

protótipo para fundição de metal com baixo ponto de fusão, tais como o alumínio, zinco e magnésio.

- Fabricação da forma final a *laser* (LENS)

Segundo Volpato (2007), o princípio de funcionamento dessa técnica, consiste em espalhar o pó em que o mesmo é processado por ação de um *laser* de CO₂ em um ambiente inerte e termicamente controlado no interior de uma câmara. Um sistema de varredura por espelhos controla o feixe do *laser* descrevendo a geometria da camada sobre a superfície do material espalhado. Com a incidência do *laser*, as partículas do material são aquecidas e atingem seu ponto de fusão, unindo-se umas às outras e também à camada anterior. O material é sinterizado e uma nova camada de pó é adicionada, o *laser* varre novamente as áreas desejadas e assim sucessivamente, até finalizar a construção do modelo físico. Não há necessidade de pós-processamento do modelo físico em forno.

Segundo Lopes (2013), atualmente esse processo foi classificado pelo comitê F42 da ASTM de DMLS (Direct Metal *Laser* Sintering), sinterização direta de metal por *laser*. Os modelos físicos obtidos por essa tecnologia assemelham-se às características técnicas, físicas e estéticas dos produtos obtidos pelo processo convencional. Essa tecnologia atualmente é utilizada por diversas áreas, como: médica, *design* de produto e engenharia, para os mais diversos fins, como: confecção de próteses e implantes dentários, confecção de ferramentas e moldes, desenvolvimento de relógios, joias e outros.

A seguir, a imagem de um modelo físico obtido pela tecnologia DMLS (ver figura 162).

Figura 162 - Modelo físico obtido por tecnologia DMLS, modelo do equipamento M 270, fabricante Eosint.
Fonte: <www.eos-gmbh.de>.

4.3.1.4 Processos de prototipagem rápida com material cerâmico

Até agora foram mencionados em detalhes processos de prototipagem rápida em que é possível obter modelos físicos com materiais poliméricos (plásticos e resinas), gesso e metal. A partir de agora serão descritos em detalhes processos de prototipagem rápida com material cerâmico. As informações referentes a esses processos foram obtidas durante visita ao Centre for Fine Print Research – University of West of England, em setembro de 2012, onde estão sendo desenvolvidas pesquisas com tecnologias digitais para as áreas de engenharia e *design* em cerâmica.

Na década de 1990, pesquisadores começaram a realizar pesquisas na tentativa de utilizar materiais cerâmicos nos processos de prototipagem rápida, com o objetivo de obter o modelo físico em cerâmica, dispensando o uso de moldes, como é comum no processo convencional de alguns produtos cerâmicos. Os processos de prototipagem rápida em cerâmica podem contribuir para a fabricação de modelos físicos para o uso em projetos de *design*, permitindo a interface do produto com o usuário e também oferecendo aplicação para usos em engenharia, como na fabricação de peças especiais no segmento de cerâmica avançada como isoladores elétricos e térmicos. Esta tecnologia pode contribuir no campo do *design*, visto que, podem ser construídas geometrias complexas que são impossíveis de serem obtidas pelo processo convencional, e em alguns casos pode ser utilizada para fabricação final de um produto. Atualmente, existem estudos em universidades

na Inglaterra e na Alemanha, onde o sistema de impressão 3D com material cerâmico já é possível, mas tais processos possuem limitações e precisam ser melhorados. Os precursores da prototipagem rápida em cerâmica são: David Huson e Stephen Hoskins na University of West Of England, Jonathan Keep, artista independente, que conta com apoio para sua pesquisa do Centre for Fine Print Research, na Inglaterra, e Jürgen Günter Heinrich na Universidade de Tecnologia Clausthal na Alemanha.

Os processos de prototipagem rápida em cerâmica possuem princípios de funcionamento e matérias-primas em estados iniciais físicos distintos. Classificaram-se os processos de prototipagem rápida em material cerâmico de acordo com o conceito utilizado por Volpato (2007), que organiza os diversos tipos de processos de acordo com o estado inicial da material prima.

Atualmente, existem três processos de prototipagem rápida em cerâmica: por meio de processos baseados em pó, em massa pastosa e em líquidos; esses processos necessitam de equipamentos que tem seus princípios de funcionamento divididos em: extrusão, aglutinação e sinterização a *laser*. Esses processos são descritos com mais detalhes a seguir:

- Processo de prototipagem rápida em cerâmica baseado em pó:

A prototipagem rápida por processo baseado em pó cerâmico foi desenvolvida pela University of West of England. Os pesquisadores David Huson e Stephen Hoskins desenvolveram o pó cerâmico que pode ser utilizado em equipamento já existente no mercado. O equipamento utilizado para este tipo de processo é da empresa Z-Corporation, especificamente o modelo Z-Corp 310, que normalmente utiliza gesso como matéria-prima e que nesse caso é substituída pelo pó cerâmico. O princípio de funcionamento do equipamento é o mesmo descrito no processo de impressão tridimensional (3DP – 3 dimension printing). Um rolo espalha e nivela o material e a cabeça de impressão movimenta-se nos eixos x e y depositando o aglutinante de acordo com a geometria do plano 2D da camada, esse procedimento repete-se camada a camada e a bandeja do equipamento movimenta-se no eixo Z até a confecção total do modelo tridimensional (figura 163). Este processo não necessita de material de suporte, logo que o próprio pó contido na bandeja ao redor da peça apresenta função de suporte natural (figura 164). Após

prototipagem, a peça é retirada cuidadosamente do equipamento e é feita a limpeza com ajuda de um pincel, passando por um exaustor que aspira o pó fazendo com que o modelo retorne ao processo de prototipagem novamente. O modelo físico necessita passar por processo de secagem de aproximadamente 4 horas, para adquirir maior resistência mecânica, e após este procedimento é realizada nova limpeza. Posteriormente, o modelo físico construído segue para processo de sinterização em forno elétrico ou a gás.

Figura 163 - Processo de prototipagem: o aglutinante é depositado pelo cabeçote para agregação o pó. Fonte: Arquivo pessoal referente à visita no Centre For Fine Print Research – UWE.

Figura 164 - Processo de prototipagem: o suporte natural da peça é o próprio pó utilizado para confeccionar o protótipo. Fonte: Arquivo pessoal referente à visita no Centre For Fine Print Research – UWE.

O pó utilizado neste processo é extremamente fino, pois passa por processo de atomização¹⁶ e micronização¹⁷, e apresenta granulometria altamente controlada.

Segundo Pesquisador David Huson, diretor do Centre For Fine Print Research, as justificativas para tal pesquisa devem-se ao fato de que estudos realizados no departamento apontam que muitas empresas do segmento de louça de mesa já adotam tecnologias digitais para a criação de produtos, principalmente no ferramental, para produzir as matrizes e moldes em tornos CNC. Os modelos físicos feitos com material cerâmico, por prototipagem rápida, aceleram o processo de desenvolvimento de produto, já que permitem interação real com o protótipo, podendo ser facilmente modificado de acordo com as averiguações que ocorrem ao

¹⁶ Processo onde a barbotina (massa cerâmica em estado líquido) é seca através da pulverização contra corrente, em uma câmara de alta temperatura, transformando o material em pó com granulometria e umidade controlada.

¹⁷ Moagem ultrafina de produtos por meio de moinho com ar comprimido, com a função de melhorar as propriedades físicas dos materiais.

longo do projeto, adequando-se aos reais atributos técnicos e estéticos que o produto precisa possuir.

Por meio da pesquisa realizada pelo Centre For Fine Print Research conclui-se que é possível utilizar o processo de prototipagem rápida com material cerâmico, otimizando o tempo de desenvolvimento do produto e tornando desnecessária a confecção de moldes. Porém, existem problemas técnicos e estéticos que precisam ser solucionados. Um problema comum encontrado, comparando-se o processo convencional de fabricação de cerâmica com o processo de impressão 3D, são os ligantes constituintes dos modelos físicos oriundos de fabricação digital, que volatilizam logo após o início da queima da peça, antes mesmo dos componentes cerâmicos iniciarem seu processo de sinterização. O ligante utilizado para aglutinar o pó é o *binder* (água e ligante), e este aglutinante volatiliza a 180°C, sendo que a cerâmica inicia seu processo de sinterização somente a 550°C, ou seja, existe um intervalo de aproximadamente 400°C, em que a peça permanece sem aglutinante. Dependendo da geometria da peça, a falta de aglutinante pode comprometer as peças, não mantendo sua estrutura em conjunto, principalmente quando existem peças com espessuras finas, vazados, bojos e abóbodas (figura 165). Logo, pode-se concluir que para algumas geometrias talvez seja necessária a criação de contramoldes (suportes) para que no momento da sinterização a peça tenha um apoio capaz de suportar seu peso, auxiliando na estrutura da mesma (figura 166).

Figura 165 - Deformações ocorridas nas peças fabricadas por prototipagem rápida em cerâmica. Fonte: Arquivo pessoal referente à visita no Centre For Fine Print Research – UWE.

Figura 166 - Suportes criados com a função de apoiar geometrias que tendem a desestruturar-se. Fonte: Arquivo pessoal referente à visita no Centre For Fine Print Research – UWE.

Atualmente, o departamento desenvolveu três formulações de pó cerâmico: massa com coloração branca, massa com coloração terracota e massa com coloração creme, todas possuem a mesma formulação base e são acrescentados corantes que diferenciam as cores das massas. As massas apresentam retração de queima de 12 a 18%. O processo de prototipagem rápida alcança precisão de 0,2mm, e quanto à qualidade estética das peças, foi possível perceber que a aparência da superfície dos modelos físicos é áspera e rugosa devido à considerável porosidade da massa, distanciando-se consideravelmente das apreciadas superfícies lisas e polidas das louças e porcelanas.

- Processo de prototipagem rápida em cerâmica baseado em massa pastosa:

A prototipagem rápida por processo baseado em massa pastosa é desenvolvida pelo pesquisador e artista Jonathan Keep. Esta tecnologia trata da adaptação de um equipamento chamado Kit Rapman da empresa 3D Systems, representada no Brasil pela empresa Robtec (figura 167 e 168). O equipamento constrói os protótipos por processo de extrusão com o material acrílonitrila butadieno estireno (ABS). Este equipamento possui baixo custo – em torno de U\$750,00, sendo muito utilizado em cursos de engenharia para entendimento do funcionamento da tecnologia. O Pesquisador Jonathan Keep, substituiu o material de confecção do protótipo, no caso o ABS, por massa cerâmica (pasta egípcia) e

tem utilizado este tipo de tecnologia para suas próprias experiências no segmento de cerâmica artística.

Figura 167 - Equipamento de Prototipagem Rápida Kit Rapman – Fabricante 3D Systems.
Fonte: Arquivo pessoal referente à visita no Centre For Fine Print Research – UWE.

Figura 168 - Prototipagem rápida com massa pastosa cerâmica por processo de extrusão.
Fonte: Arquivo pessoal referente à visita no Centre For Fine Print Research – UWE.

O equipamento utilizado é composto por uma mesa retangular que se movimenta no eixo Z (altura) e o bico (seringa) que fica fixo em uma estrutura metálica, que se movimenta nos eixos X e Y. O êmbolo da seringa é apertado automaticamente, construindo uma camada por vez, de acordo com a movimentação da mesa no eixo Z.

Este tipo de prototipagem não utiliza material de suporte, geralmente são obtidas peças em que a predominância geométrica encontra-se pela sobreposição de camadas formando paredes verticais ou levemente inclinadas como podem ser verificadas na figura 169. Esta tecnologia não possui alto grau de precisão, a espessura mínima de construção da peça é de aproximadamente 2mm. Este tipo de tecnologia de prototipagem não proporciona ao modelo físico superfície homogênea, as peças possuem texturas naturais do processo. Para obtenção de superfície lisa devem passar por processo de acabamento com lixas e esponjas, como no processo de colagem cerâmica tradicional.

Figura 169 - Peça prototipada com massa pastosa por processo de extrusão. Fonte: Arquivo pessoal referente à visita no Centre For Fine Print Research – UWE.

A massa cerâmica utilizada é composta por matérias-primas e água para tornar-se pastosa, portanto durante o processo de prototipagem rápida as camadas que são construídas iniciam seu processo natural de secagem. Esta ação contribui para que a peça crie certa resistência mecânica evitando que a mesma ceda. O modelo físico pode sofrer alterações dimensionais, principalmente de espessura, pois ele necessita de acabamento manual na superfície. Os modelos físicos obtidos são frágeis e, após o acabamento, a peça é submetida a processo de queima obedecendo às etapas produtivas de qualquer produto cerâmico.

O Prof. Jonathan menciona que para modelos físicos com dimensões maiores, há necessidade de divisão da peça no *software* e as partes são confeccionados separadamente e unidas por meio de técnicas convencionais e manuais de modelagem em argila. Após queima, os modelos físicos podem ser vidrados e decorados.

- Processo de prototipagem rápida em cerâmica baseado em líquido Layer-wise Slurry Deposition (Deposição de camada controlada de barbotina)

A prototipagem rápida através de processo baseado em líquido foi desenvolvido pelo pesquisador Jurgen Gunster Heirich, na Universidade de Tecnologia Clausthal da Alemanha. O processo LSD – Layerwise Slurry Deposition (Deposição de camada controlada de barbotina). O princípio de funcionamento do equipamento é a sinterização seletiva a *laser*, que se apresenta da seguinte forma: a suspensão cerâmica (barbotina) é bombeada e através de uma lâmina raspadora ocorre à deposição da massa sobre uma base de azulejo aquecido. O material depositado é uma camada tão fina que aparenta ser uma fita cerâmica. Sobre essa camada incide-se um feixe de *laser* que sinteriza seletivamente as regiões onde se formará a peça cerâmica. O feixe de *laser* é controlado por um computador e por meio de um escâner, onde de acordo com o padrão de secções transversais do modelo CAD, o procedimento repete-se até que todas as camadas sejam construídas (Figura 170). A sinterização a *laser* de cerâmica é um processo rápido devido aos materiais óxidos constituintes das massas cerâmicas, que absorvem efetivamente a radiação a *laser* de CO₂. A massa utilizada nestas pesquisas é uma barbotina de porcelana, com distribuição granulométrica entre 1 - 1000 nm.

Figura 170 - Da esquerda para a direita, base de azulejo preparado para receber a primeira camada de barbotina, aplicação da camada de barbotina e sinterização do desenho na camada. Fonte: CD: Einführung in die Grundlagen der Keramischen Formgebung – Jurgen G. Heinrich.

Após confecção do modelo físico, o bloco de construção que se forma é colocado em recipiente com água para remoção da área não sinterizada, logo a massa que está somente seca rapidamente desintegra-se em meio aquoso e o modelo físico sinterizado permanece rígido.

A profundidade de sinterização da camada é 0,1mm e a densidade da energia do *laser* é constante. A potência do *Laser* é de 50W, com velocidade de varredura de 85mm/s, e a eclosão no espaço de 0,6mm. Os protótipos podem passar por procedimentos de pós-sinterização em fornos, para adquirirem maior resistência

mecânica. Este tipo de tecnologia pode ter diversas aplicações, como por exemplo: fabricação de semicondutores, próteses ósseas e aplicações dentárias.

No Brasil, o interesse pela área de processos de prototipagem rápida com material cerâmico já foi despertado. Na pesquisa de campo, visitou-se a empresa DNCer em Itaboraí-RJ, que vêm desenvolvendo pesquisa nessa área. A empresa DNCer atua no segmento de cerâmica avançada desenvolvendo produtos e componentes resistentes ao desgaste e comercializados sob a marca DuraCer.

Desde 2009 a empresa DNCer desenvolve pesquisas na área de prototipagem rápida com material cerâmico por processo baseado em pó. A empresa produz peças especiais em cimento de alta alumina (> de 80% de Al_2O_3), utilizando a máquina Zcorp Z – 310, comercialmente pela empresa Z- Corporation. É o mesmo equipamento utilizado pelos pesquisadores do Centre for Fine Print Research, na Inglaterra.

Os estudos da empresa DNCer com processos de prototipagem rápida, foram iniciados com a substituição do gesso por pós-cerâmicos, contendo diferentes aditivos para atuarem como ligantes de suas partículas que não endurecem com água como o gesso e os cimentos. Segundo técnicos da DNCer o maior desafio para os processos de prototipagem rápida com pó cerâmico é descobrir o ligante ideal, que faz aglutinar o pó. Embora a formulação do líquido ligante utilizado para aglutinar o gesso não seja divulgada pelo fabricante, foi possível descobrir através de pesquisas que é a formulação contém água e agentes tensoativos (composto químico para baixar o ponto de ebulição da água).

Segundo informação dos técnicos da DNCer, o líquido ligante é chamado de “*binder*” sendo mais de 90% constituído de água, que é a responsável para endurecer o gesso (pega hidráulica). Nos estudos realizados de processos de prototipagem rápida com pó cerâmico testaram-se várias formulações com ligante diferentes: mistura de água + polietileno glicol e alginato (ligante a base de algas marinhas). Através dessa tecnologia são impressas peças especiais, como placas isolantes térmicas (ver figura 171) para fornos tipo mufla, de altas temperaturas em torno de 1600°C (ver figura 172).

Figura 171 - Placas de cimento de alta alumina (> de 80% de Al_2O_3), obtidos por impressão 3D. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, visita à empresa DuraCer.

Figura 172 - Forno tipo mufla para lata temperatura 1600°C. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, visita à empresa DuraCer.

Os estudos realizados com processos de prototipagem rápida por aglutinação de pó resultam em peças rugosas e com porosidade alta. Talvez essas características não sejam interessantes para alguns produtos, porém vale a pena ressaltar que peças porosas também possuem sua finalidade, como por exemplo, para área de isolantes térmicos, que quanto mais poroso o material menor é a sua condutibilidade térmica.

Através de vários estudos de caso realizados pelos técnicos da DNCer, concluiu-se que as placas obtidas por processo de prototipagem rápida (figuras 173 e 174) apresentam plenas condições de substituir isolantes térmicos importados a custos altíssimos.

Figura 173 - Placas de cimento de alta alumina (> de 80% de AL_2O_3), obtidos por impressão 3D. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, visita à empresa Duracer.

Figura 174 - Placas de cimento de alta alumina (> de 80% de AL_2O_3), obtidos por impressão 3D. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, visita à empresa DuraCer.

Recentemente a empresa desenvolveu um novo equipamento de prototipagem rápida na tentativa de obter modelos físicos mais densos e com melhor acabamento superficial. O novo processo é chamado pelos técnicos da DNCer de impressão direta, em que o princípio de funcionamento é a aspersão de material em suspensão via cabeça de jato de tinta piezoelétrica.

O protótipo do novo equipamento foi desenvolvido utilizando-se a carcaça e componentes de uma impressora jato de tinta, da marca Epson, vendida comercialmente (figura 175). A suspensão de massa cerâmica fica armazenada nos reservatórios de tinta da impressora (figura 176). Após cada camada aspergida, um líquido faz a limpeza dos bicos da cabeça de impressão, para evitar que ela seja danificada.

Figura 175 - Impressora convencional jato de tinta adaptada para impressora 3D de material cerâmico. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, visita à empresa Duracer.

Figura 176 - Reservatório para massa cerâmica e líquido para limpeza de bicos de cabeça de impressão. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, visita à empresa Duracer.

O processo consiste em adição de camada, a cabeça de impressão move-se nos eixos X e Y, representando largura e comprimento. Uma mesa move-se no eixo Z, que representa a altura. O equipamento possui um sistema de ventilação em que a cada aspersão de camada, o ventilador é acionado para secar a camada recém-depositada, para que assim a próxima camada possa ser aspergida. Estas etapas repetem-se até que a peça seja impressa por completo (figura 177). As peças obtidas por esse processo são mais densas comparadas ao processo de prototipagem rápida 3D em material cerâmico, com pó aglutinado por um ligante.

Figura 177 - Peças obtidas por impressão 3D. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, visita à empresa DNCer.

Segundo o Dr. Jamil Duailibi Filho e o Eng. Rogério Wieck, respectivamente Diretor e Gerente de Desenvolvimento da DNCer, espera-se que com este o novo processo de prototipagem rápida seja possível produzir peças cerâmicas com pequenas dimensões e com boa precisão dimensional (figura 178). Porém isto ainda vai requerer tempo e recursos, pois a impressão 3D em cerâmica ainda está iniciando quando comparada a tecnologia já disponível para a produção de peças em plástico.

Figura 178 - Peças obtidas por processo de impressão 3D em cerâmica. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, visita à empresa DuraCer.

Esse novo equipamento de prototipagem rápida foi projetado para operar com três rotas distintas:

- Rota 1: Aspersão de líquido ligante sobre Pó;
- Rota 2: Aspersão de suspensão cerâmica (líquido + partículas micro e nanométricas de cerâmica) sobre substrato;
- Rota 3: Aspersão de suspensão cerâmica sobre camada de Pó + Ligante.

Espera-se que com as rotas 2 e 3 seja possível obter peças de baixa porosidade e rugosidade quando comparadas à rota 1, comumente utilizada para a prototipagem de peças em gesso. A porosidade obtida pelo processo de aglutinação de pó representa de 50 a 80% da porosidade teórica do material. A porosidade e rugosidade do material são possíveis de serem percebidas a olho nu (figura 179).

Figura 179 - As duas primeiras peças da esquerda para direita são obtidas por impressão 3D por processo de aglutinação de pó, a terceira e quarta peça são obtidas por prensagem. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, visita à empresa DNCer.

Tomando conhecimento das pesquisas referentes aos processos de prototipagem com material cerâmico, independente do estado físico inicial da matéria-prima, pode-se perceber que uma série de variáveis precisam ser controladas tanto do equipamento quanto das matérias-primas que serão utilizadas.

Em relação aos controles relacionados às variáveis do equipamento, pode-se citar: a velocidade do carro que carrega o cabeçote, o armazenamento de matéria-prima e a velocidade da rotação do eixo que move a bandeja e espessura de camada.

Em relação aos controles relacionados às matérias-primas, pode-se citar: o estado físico da matéria-prima, a fluidez, a granulometria, a densidade, o empacotamento para o caso de grãos (no caso de pó) e o ligante e tensão superficial (no caso de líquidos).

As suspensões cerâmicas precisam apresentar boa tensão superficial, para que a gota aspergida de líquido em contato com o substrato não se espalhe. Quanto menos a gota se espalhar melhor a definição de camada.

Embora fique claro que os modelos físicos obtidos processos de prototipagem rápida em material cerâmico ainda não representam com plenitude as características físicas e mecânicas do material cerâmico comparada a uma peça obtida pelo processo convencional, é nítido que esta tecnologia apresenta grandes chances de ser aplicada tanto nas áreas de *design* quanto nas áreas de engenharia.

As referentes pesquisas evidenciam que a intenção é obter o próprio produto e não apenas um modelo físico ou protótipo de um componente que está em desenvolvimento. Dessa forma, os estudos mostram que existe grande interesse de empresas por estas tecnologias para a fabricação de seus produtos.

4.3.1.5 Obtenção de modelos físicos e matrizes por processos digitais de subtração de material – Usinagem CNC

A usinagem é um processo que trabalha com o princípio de remoção/subtração de material. Podem ser confeccionados tanto modelos físicos quanto ferramentais rápidos (moldes protótipos e matrizes). A usinagem pode ser obtida por processo convencional ou digital. As ferramentas empregadas nos processos de usinagem apresentam dureza maior do que o material a ser usinado.

Geralmente, as ferramentas são fabricadas com aço rápido e metais duros que são compostos de carbono, tungstênio, cerâmica e outros.

De acordo com Iwakami (2011), o termo usinagem faz referência a todo e qualquer processo mecânico, na qual a peça é resultado da remoção de material, seja através da ação mecânica de uma ferramenta ou de um processo digital de uma máquina. Os processos como torneamento, fresamento, serramento e furação também são considerados usinagem.

Nesta pesquisa são descritos os processos digitais de subtração de material para obtenção de modelos físicos e matrizes, ou seja, usinagem CNC.

O programa CNC é uma sequência lógica de informações para a usinagem de uma peça, escrita através de códigos que o comando da máquina interpreta e envia os dados necessários para que a máquina execute as operações programadas.

Segundo Rodrigues (2012), especialista em processos de usinagem convencional e CNC, o princípio de funcionamento da usinagem CNC é a subtração de material através de um equipamento de alta precisão e que necessita de programa computacional (CAD/CAM) para funcionamento. Após o modelamento tridimensional em *softwares* com linguagem CAD, são gerados valores numéricos no CAM que representam posições de ferramentas e informações de funções secundárias. Todas essas informações são transformadas em códigos e são armazenados em algum sistema de memória e transformados em comandos que operaram os eixos da máquina. A usinagem CNC permite trabalhar com diversos materiais, como: madeira, resinas, plásticos, poliuretanos de alta densidade e outros.

Atualmente, além dos tornos CNC (figura 180), existem os centros de usinagem CNC com três, cinco e sete eixos (ver figura 181), onde é possível trabalhar geometrias com alta complexidade.

Figura 180 - Torno CNC. Fonte: Arquivo pessoal da pesquisadora.

Figura 181 - Torno CNC. Fonte: Arquivo pessoal da pesquisadora.

No centro de usinagem cinco eixos (figura 182), os eixos (X, Y e Z) compreendem respectivamente, sentidos transversal, longitudinal e profundidade (altura), o eixo (C) compreende ao giro em 360° da mesa e o eixo (A) compreende ao tombo em 120° de um lado e 30° de outro.

Figura 182 - Torno CNC. Fonte: Arquivo pessoal da pesquisadora.

Existem também as fresadoras CNC (figura 183), que também dependem de arquivos computacionais CAD para funcionamento. Gera-se um arquivo eletrônico em *software* com linguagem CAD, as informações recebidas são processadas e são gerados valores numéricos no CAM que representam posições de ferramentas, essas informações são retransmitidas às unidades motoras da fresadora.

O princípio de funcionamento da fresadora digital se dá da seguinte forma: durante o processo de fresamento, a peça é fixada sobre um dispositivo (morsa, cabeçote divisor) ou diretamente na mesa da máquina que possui movimento independente em dois eixos coordenados (X e Y). A ferramenta (fresa) é montada em um cabeçote, que pode ser utilizado tanto vertical como horizontalmente, em que

há o movimento de outro eixo coordenado (“Z”). No fresamento, a remoção de material se dá pelo movimento de rotação da ferramenta (fresa) e o movimento de avanço da mesa com a peça devidamente fixada ou do próprio cabeçote.

A fresadora é utilizada para desbastar peças com predominância geométrica de prismas ou cubos. Podem ser utilizados vários tipos de materiais, como: madeira, metal, poliuretanos e outros. Esse equipamento possui sistema de refrigeração natural não necessitando o uso de óleo no seu processo de funcionamento. A fresadora não possui dispositivo automático para a troca de ferramentas, sendo necessária a troca manual. As fresas utilizadas são montadas em porta-piças padronizados. A seguir, é possível ver uma imagem de uma fresa usinando um modelo físico em poliuretano (figura 183).

Figura 183 - Fresadora CNC usinando modelo físico em poliuretano. Fonte: Arquivo pessoal da pesquisadora, obtido em visita à divisão de modelos tridimensionais do INT.

4.3.1.6 Obtenção de modelos físicos por processos de escaneamento digital — engenharia reversa

É possível obter um modelo físico utilizando recurso de engenharia reversa através de um escâner 3D com digitalização tanto óptica quanto a laser. Nesse processo é possível escanear digitalmente um modelo físico existente. O arquivo digital obtido por esse processo possui linguagem compatível com algumas tecnologias digitais, como: processos de prototipagem rápida e usinagem CNC.

O principal diferencial do processo de engenharia reversa é a possibilidade de obter um arquivo digital de um modelo físico que possui geometrias difíceis de serem projetadas virtualmente em *softwares* de modelamento 3D, por exemplo: esculturas, peças com detalhes artísticos e geometrias orgânicas. Não são possíveis muitas edições no arquivo digital obtido por esse processo, as alterações mais utilizadas são o redimensionamento em escala do modelo 3D virtual digital.

Para entendimento dessa tecnologia foi consultada a tese de Bertoldi (2005), que traz o exemplo do recurso de engenharia reversa para captura de dados de superfície complexa obtida a partir de um protótipo de elementos de fachada. Com esse arquivo digital foi possível fazer a documentação do projeto e tornou possível a construção de matrizes e moldes.

Abaixo a imagem do equipamento Model Maker W35 e braços articulados FARO para a digitalização óptica de modelos físicos (figura 184).

Figura 184 - Processo de escaneamento de modelo físico com escâner Model Maker W35 e braços articulados FARO. Fonte: Arquivo pessoal da pesquisadora, obtido no departamento de design da escola SENAI Mario Amato.

De acordo com Bertoldi (2005), o processo de escaneamento é realizado em 6 etapas, que são descritas a seguir. A primeira etapa é captura da imagem ou o escaneamento (figura 185).

Figura 185 - Imagem de placa cerâmica escaneada. Fonte: Tese de doutorado de Bertoldi, 2005, p. 220.

Após escaneamento da imagem, é obtida uma nuvem de pontos (figura 186).

Figura 186 - Nuvem de pontos obtida a partir da placa cerâmica escaneada. Fonte: Tese de doutorado de Bertoldi, 2005, p. 220.

Para que o arquivo digitalizado possua linguagem compatível com as tecnologias digitais para obtenção de modelos físicos, faz-se necessário a composição de triângulos. Após obtenção da nuvem de pontos é possível gerar a composição de triângulos (figura 187), sendo possível verificar e cobrir pontos onde o escâner não conseguiu realizar a leitura.

Figura 187 - Composição de triângulos obtidos a partir da nuvem de pontos. Fonte: Tese de doutorado de Bertoldi, 2005, p. 221.

Posteriormente, é realizado o tratamento superficial no arquivo digital, que consiste na identificação das partes incompletas e que precisam ser recobertas (figura 188).

Figura 188 - Identificação e tratamento superficial das partes incompletas do arquivo digitalizado. Fonte: Tese de doutorado de Bertoldi, 2005, p. 222.

O tratamento de superfície compreende também no alisamento de triângulos, justamente nas partes que foram recobertas. O alisamento de triângulos (figura 189) proporciona uma superfície mais uniforme nas emendas, sendo uma das etapas mais demoradas de todo o processo.

Figura 189 - Identificação e tratamento superficial das partes incompletas do arquivo digitalizado. Fonte: Tese de doutorado de Bertoldi, 2005, p. 222.

Após o alisamento de triângulos, obtém-se o modelo 3D virtual digital (figuras 190 e 191), pronto para ser utilizado para gerar um modelo físico por processos de prototipagem rápida e/ou usinagem CNC.

Figura 190 - Modelo 3D gerado a partir de escaneamento digital 3D. Fonte: Tese de doutorado de Bertoldi, 2005, p. 223.

Figura 191 - Arquivo processado em camadas para gerar modelo físico por tecnologias digitais. Fonte: Tese de doutorado de Bertoldi, 2005, p. 224.

4.3.2 Obtenção de modelos físicos por métodos digitais para o segmento de cerâmica branca

Constatou-se durante a pesquisa de campo realizada nas indústrias cerâmicas que algumas empresas já utilizam tecnologias digitais no processo de desenvolvimento de produtos.

Na empresa Germer, os projetos de produtos que possuem geometrias complexas são desenvolvidos com o auxílio de usinagem CNC para obtenção de matrizes em resina. O modelador utiliza as matrizes usinadas para fazer os moldes e posteriormente os protótipos. Os moldes são confeccionados em gesso. Quando as matrizes são obtidas por processos manuais podem ser confeccionadas em gesso ou resina e quando são obtidas por processos digitais utiliza-se apenas resina.

O formato do produto é o fator mais importante para decidir se será utilizada usinagem CNC para confecção das matrizes, sendo analisado em conjunto pelos *designers* e o modelador industrial. Caso o modelador conclua que em função da geometria da peça haverá dificuldade na obtenção do modelo físico, decide-se partir para a confecção de matrizes em centro de usinagem CNC de uma empresa terceirizada. Posteriormente, são confeccionados os moldes em gesso e protótipos em cerâmica. As matrizes dos projetos de produtos são armazenadas num galpão dentro da própria empresa.

Além do modelamento 3D virtual digital que possibilita obter fotos realísticas do produto (figura 192), é possível utilizar vários outros recursos através do módulo de engenharia CAE/FEA, presente no próprio sistema CAD.

Figura 192 - Foto realística de produto em desenvolvimento.
Fonte: Dissertação de mestrado: O virtual Digital na Projetação de Produto e qualificação Profissional.
Autor: José Antônio Pereira.

O módulo de engenharia CAE/FEA também permite obter o molde virtual com divisão de tacelos e seus respectivos encaixes e análise automática de ângulos de saída dos moldes. A possibilidade de visualizar e analisar o molde virtual digital e as divisões de tacelos (figuras 193 e 194) aperfeiçoa o processo de desenvolvimento de produtos em comparação às técnicas tradicionais manuais, reduzindo consideravelmente os custos relativos ao tempo de desenvolvimento do produto.

Figura 193 - Molde virtual de produto em desenvolvimento e identificação dos pinos de encaixe dos módulos (tacelos). Fonte: Dissertação de mestrado: O virtual Digital na Projetação de Produto e qualificação Profissional. Autor: José Antônio Pereira.

Figura 194 - Tacelo do molde virtual (Tacelo). Fonte: Dissertação de mestrado: O virtual Digital na Projetação de Produto e qualificação Profissional. Autor: José Antônio Pereira.

Outro recurso que o módulo de engenharia CAE/FEA possui é a análise automática de ângulos de saída dos moldes (figura 195). Através de delimitações de planos de corte, são rastreadas seções transversais do molde em toda a sua extensão, identificando-se problemas relativos aos ângulos de saída.

Figura 195 - Molde virtual e delimitação do molde virtual para análise de ângulos de saída. Fonte: Dissertação de mestrado: O virtual Digital na Projetação de Produto e qualificação Profissional. Autor: José Antônio Pereira.

O procedimento de análise de ângulos de saída é visual e é identificado por meio de cores diferentes (figura 196).

Figura 196 - Seção transversal parcial da região selecionada e área circulada indicando problemas com os ângulos de saída. Fonte: Dissertação de mestrado: O virtual Digital na Projetação de Produto e qualificação Profissional. Autor: José Antônio Pereira.

De forma geral, os testes virtuais realizados com o módulo de engenharia CAE/FEA têm evitado imprevistos financeiros em relação à usinagem em torno CNC das matrizes. Após análises e aprovação dos resultados obtidos nos testes virtuais, é gerado arquivo da matriz virtual digital (figura 197) em extensão apropriada para sua usinagem em centro de usinagem CNC. Com a matriz física (figura 198) são gerados os moldes e posteriormente os protótipos.

Figura 197 - Matriz virtual.
Fonte: Dissertação de mestrado: O virtual Digital na Projetação de Produto e qualificação Profissional. Autor: José Antônio Pereira.

Figura 198 - Matriz física de resina usinada e molde de gesso obtido a partir da matriz. Fonte: Dissertação de mestrado: O virtual Digital na Projeção de Produto e qualificação Profissional. Autor: José Antônio Pereira.

A usinagem CNC realizada de forma terceirizada, representa um alto custo no processo de desenvolvimento, chegando a atingir valores superiores a R\$ 3.500,00 por matriz. Uma solução pensada pela empresa Germer seria a obtenção de um equipamento para usinagem, porém, além do custo de aquisição da máquina, seria necessário contratar pessoas com conhecimentos específicos ou qualificar a equipe existente, acarretando um aumento de custo ou uma elevada curva de aprendizagem para inserção desse novo processo.

Segundo o *designer* Luiz Pellanda (Germer), outro recurso que também vem sendo utilizado através do módulo de engenharia CAE/FEA, é a simulação que permite a análise do comportamento do material cerâmico durante o processo de sinterização. Como nenhum *software* disponível no mercado possui um módulo matemático para simulações virtuais próprias de materiais cerâmicos, os *designers* da empresa Holaria e Germer contam com a própria experiência e vem tentando adaptar padrões utilizando o método de confrontar os resultados obtidos na simulação virtual digital com os resultados dos produtos físicos acabados.

Segundo Pellanda, as simulações ajudam a identificar os pontos críticos na geometria das peças que poderão sofrer amolecimento durante a queima e causar deformações. Os resultados obtidos permitem simular de forma aproximada o comportamento do material cerâmico (figuras 199 a 201).

Figura 199 - Produto modelado virtualmente. Fonte: Dissertação de mestrado: O virtual Digital na Projetação de Produto e qualificação Profissional. Autor: José Antônio Pereira.

Figura 200 - Comportamento simulado do material cerâmico durante processo de Sinterização. Fonte: Dissertação de mestrado: O virtual Digital na Projetação de Produto e qualificação Profissional. Autor: José Antônio Pereira.

Figura 201 - Produto acabado após processo de sinterização, respectivamente. Fonte: Dissertação de mestrado: O virtual Digital na Projetação de Produto e qualificação Profissional. Autor: José Antônio Pereira.

No entanto, é possível perceber que a simulação virtual (figura 200), embora possa fornecer pistas do comportamento térmico do material cerâmico, ainda é precária. Observando-se as imagens acima e comparando-se o desenho modelado virtualmente (figura 199) com o produto cerâmico fabricado (figura 201) percebe-se que a base está muito diferente. Por mais que geometrias com bojo tendam a se desestruturar, o produto acima não possui um bojo exageradamente grande e as dobras na superfície agem como elemento estruturantes, dessa forma acredita-se que a deformação não causaria uma diminuição na base do produto e sim o contrário, a dimensão da base tenderia aumentar, como é possível observar no produto de porcelana (figura 201).

Outro exemplo do uso de tecnologias digitais para obtenção de modelos físicos foi encontrado na empresa porcelana Teixeira, que em 2007 teve a oportunidade de desenvolver um produto criado pelo *designer* Marcos Roismann. Tratava-se de um jogo para banheiro, intitulado "Eclipse", e na ocasião o modelador da empresa não conseguiu modelar a peça manualmente, fato que obrigou o *designer* a buscar na tecnologia digital a solução para desenvolver o modelo físico. O modelo físico de poliuretano foi obtido por processo de usinagem CNC e pintado com *primer* (figuras 202 e 203).

Figura 202 - Imagem dos modelos físicos dos produtos da linha Eclipse. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, visita à empresa Porcelana Teixeira.

Figura 203 - Imagem dos modelos físicos dos produtos da linha Eclipse. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, visita à empresa Porcelana Teixeira.

As peças da linha Eclipse, embora não apresentem geometria extremamente complexa possuem dupla curvatura em uma forma de base oval, o que dificultou a confecção por métodos analógicos (figura 204) com controle preciso da transição das superfícies. Esta precisão da geometria da peça é facilmente obtida em programas de modelagem 3D e, por sua vez, seus dados transferidos para o equipamento de manufatura digital.

Figura 204 - Imagem dos produtos da linha Eclipse.
Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, visita à empresa Porcelana Teixeira.

4.3.3 Obtenção de modelos físicos por métodos digitais para placas cerâmicas

Pôde-se perceber durante pesquisa de campo no segmento de placas cerâmicas, que as tecnologias digitais já são utilizadas por praticamente todas as empresas do segmento, devido à inserção da tecnologia de decoração digital. As tecnologias digitais são utilizadas para a impressão da placa cerâmica e para o desenvolvimento de texturas.

A criação de texturas pode ser obtida por processo de digitalização, através de escâners 3D (próprios para escaneamento digital de superfícies planas). Os arquivos digitais de texturas podem ser comprados por prestadores de serviços de *design*, geralmente em birôs de gráfica ou estúdios de *design*. Na região de Rio Claro, interior de SP, o grupo SRS Brasil presta serviços de escaneamento digital 3D de superfícies e possui o equipamento digitalizador de imagens de grandes formatos planos, do fabricante CRUSE com capacidade de digitalizar materiais rígidos como pedras e madeiras de grandes formatos. O grande diferencial desse escâner para os escâneres convencionais 2D de escritório é que estes últimos não conseguem capturar a profundidade presente nas texturas dos materiais com alta resolução. Os escâneres CRUSE apresentam resolução que podem variar de 350dpi até 1200dpi e

mesa de digitalização com capacidade dimensional para até 150cm x 250cm. O equipamento funciona da seguinte maneira, uma placa de material é colocada sobre uma mesa que se move de forma sincronizada ao escaneamento do equipamento que captura a imagem. Esse escâner possui opção de variar ângulos no cabeçote de leitura para captação de profundidade das texturas dos materiais em 3D. No final o escâner produz um arquivo digital com tons de cinza, com as informações necessárias para fazer a usinagem de um estampo para posterior produção de placas cerâmicas com textura. É possível observar a imagem do equipamento e de um escaneamento nas figuras 205 e 206.

Figura 205 - Scanner CS 130ST. Fonte: Imagem retirado do site <http://www.crusescanner.us/products/synchron-table/>. Pesquisa realizada no dia 22/10/2013.

Figura 206 - Imagem em processo de escaneamento. Fonte: Imagem retirado do site <http://www.crusescanner.us/products/synchron-table/>. Pesquisa realizada no dia 22/10/2013.

Após escaneamento de superfície é possível, com o arquivo eletrônico gerado, aplicar recurso de *emboss*¹⁸ no Photoshop para visualizar o efeito da textura (figura 207).

¹⁸ Recurso utilizado no *software* Photoshop para fazer o relevo, proporciona espessura de acordo com os valores pré-estabelecidos para as escalas de cinza.

Figura 207 - Da esquerda para direita sequência de imagens com escanemento 2D, escaneamento 3D com informações detalhadas e recurso de embossing no Photoshop. Fonte: Imagem retirada de catálogo do fabricante CRUSE e editada pela pesquisadora.

Outra tecnologia digital utilizada para obtenção de modelos físicos com texturas e relevos é através de uma fresadora digital CNC. Seguem-se os seguintes passos: aplica-se no desenho em desenvolvimento (figura 208) o recurso chamado *emboss* presente no Photoshop que fará a representação 3D da superfície, baseando-se na escala de cinza *greyscale*. O *software* Photoshop possui uma configuração de valores de espessuras para as cores preto com espessura “0” e branco com espessura máxima pré-determinada, resultando no efeito relevo.

Figura 208 - Desenvolvimento de textura. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, obtido em visita à empresa Esmaltec em 17/10/2013.

É possível editar as dimensões dos valores de espessura e angulação. Essa edição permite suavizar ou destacar relevos (figura 209).

Figura 209 - Efeito estético após edição do recurso emboss, imagem da esquerda com angulação maior comparada à da direita, resulta no efeito de relevo suavizado. Fonte: arquivo pessoal pesquisadora, obtido em visita a empresa Esmaltec em 17/10/2013.

Esse arquivo pode ser salvo em extensão TIFF e é enviado para o *software* Engenyria Mecanizado (figura 210), onde são realizadas as configurações das operações de fresamento, como: diâmetro de broca, espessura máxima, movimento de avanço e precisão (figura 211).

Figura 210 - Software Engenyria Mecanizado. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, obtido em visita à empresa Esmaltec em 17/10/2013.

Figura 211 - Configuração da operação de fresamento. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, obtido em visita à empresa Esmaltec em 17/10/2013.

Costuma-se utilizar relevos de até 2mm de espessura para revestimento de chão, para revestimento de parede esse valor pode ser maior, porém os efeitos de relevo não podem possuir ângulos de saída negativos, pois podem dificultar o processo de produção industrial no momento da extração das placas cerâmicas na

prensagem. Após configuração do processo de fresamento, o arquivo é salvo em extensão MEC. e enviado para fresadora digital CNC (figuras 212 à 215).

Figura 212 - Fresadora digital CNC. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, obtido em visita à empresa Esmaltec em 17/10/2013.

Figura 213 - Fresadora Digital CNC. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, obtido em visita à empresa Esmaltec em 17/10/2013.

Figura 214 - Processo de fresamento. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, obtido em visita à empresa Esmaltec em 17/10/2013.

Figura 215 - Modelo físico após processo de fresamento. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, obtido em visita à empresa Esmaltec em 17/10/2013.

Após a confecção do modelo físico com relevo, a peça é enviada para a empresa cerâmica que contratou o serviço para ser então queimada, retornando posteriormente para o departamento de projetos do colorífico para finalização do modelo físico.

Após a queima, é realizada a impressão digital no modelo físico biscoitado. A impressão digital em cerâmica é um sistema de decoração que utiliza o sistema de impressão jato de tinta Inkjet. Existem vários fabricantes de equipamentos, como: Jetable, Durst, Cretaprint, porém o equipamento mais utilizado é da empresa KERAjet. A linha de cabeças de impressão mais utilizada pelo mercado é fornecida pela empresa Xaar, modelos 1001 GS6 e GS12, pois apresentam características de alta produtividade e melhor resolução gráfica. Além da empresa Xaar, é possível adquirir cabeças de impressão das empresas Seiko e Fuji. As tintas de impressão são tintas cerâmicas fornecidas no Brasil pelas empresas: Esmalglass, Torrecid do Brasil, Gruppo TecnoFerrari, Colorobbia Brasil e Nuance - Digital Color for Ceramic.

A impressão digital em cerâmica é um sistema de decoração auxiliado de uma impressora digital para revestimentos cerâmicos. Esse sistema permite uma decoração que agrega aos produtos alta definição, realismo aos desenhos, efeitos em 3D devido à decoração precisa nos baixos relevos das peças, que não é possível nas decorações por processos analógicos, como impressão *rollprint* ou *rotocolor*. Segundo site da empresa Ceusa (2013), pode-se verificar a diferença de resolução de imagem obtida por processo digital e analógico, expresso em dpi (pontos de decoração em uma polegada):

- Impressora Digital: 924dpi
- Decoração Rotocolor: 70dpi
- Decoração Silk Scream / Serigrafia: 30dpi

Existem impressoras digitais de laboratório para confecção de modelos físicos e protótipos (figura 216).

Figura 216 - Impressora de placas cerâmicas. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, obtido em visita à empresa Esmaltec em 17/10/2013.

O sistema de impressão digital possui uma carta teste (figura 217). Para cada projeto é necessário criar um perfil adaptado para a carta teste. No processo digital de impressão cerâmica não é possível imprimir todas as cores, já que não é utilizado o padrão CMKY. Para a composição das cores, as tintas cerâmicas são fornecidas pelos fabricantes já misturadas, prontas para uso, ou seja, existe um cabeçote para cada cor: azul, marrom, bege e preto. As cores mais difíceis de serem impressas são vermelho, verde e alguns tons de azul, principalmente os mais escuros.

Figura 217 - Carta teste da impressora. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora, obtido em visita à empresa Esmaltec em 17/10/2013.

Para impressão digital em placas cerâmicas, uma resolução de 300dpi já é suficiente para uma excelente qualidade de impressão. É possível utilizar até 12 cores na impressão, mas o comum são 4 cores. Antes da impressão, é necessário fazer processo de ripagem, que nada mais é do que a configuração da impressora. Nessa etapa são ativados e desativados cabeçotes que não serão utilizados para

aquele determinado produto. As impressoras de laboratório imprimem o modelo físico numa velocidade reduzida, cerca de 4 minutos por peça com dimensões aproximadas de 45cm x 45cm. Nesse equipamento o suporte que carrega os cabeçotes movimenta-se juntamente com a peça à medida que a impressão é realizada. Nas impressoras digitais de linha de produção, o suporte com cabeçotes é fixo e somente a linha de produção com as peças é que se movimenta. Esse processo é muito mais rápido, aproximadamente 3 segundos por peça.

4.4 A ATUAÇÃO DO MODELADOR, *DESIGNER* E/OU PROJETISTA NO DESENVOLVIMENTO DE MODELOS FÍSICOS NO PROCESSO DE PROJETO DE PRODUTO NA INDÚSTRIA CERÂMICA – CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES

Diversos profissionais são envolvidos durante as fases de desenvolvimento de novos produtos. Sabe-se que a indústria cerâmica utiliza modelos físicos durante o desenvolvimento de projeto, desde a geração de alternativas até a aprovação do protótipo para a entrada em linha de produção.

Durante a fase de obtenção de modelos físicos, profissionais, como: modeladores, *designers* e/ou projetistas são envolvidos para desenhar, modelar ou confeccionar os modelos físicos. Conforme descrito em subcapítulos anteriores, a obtenção de modelos físicos pode ocorrer através de métodos analógicos ou digitais. Cada um dos profissionais envolvidos possui conhecimentos e habilidades distintas. A intenção nesse subcapítulo é identificar quais as contribuições de cada um em sua respectiva área no processo de desenvolvimento de projeto. Serão utilizadas informações obtidas nas visitas às fábricas: Deca, Roca, Germer, Holaria, Porcelana Teixeira, Cerâmica Ermida, Selecta Blocos, Eurotop, Incefra e Esmaltec; às empresas: Robtec, Stratasys, SKA, Seacam e às instituições: INT - RJ, CTI - SP, Centre for Fine Print Research – Inglaterra, que possuem e comercializam tecnologias digitais para a confecção de modelos físicos. Também servirão de base as entrevistas com modeladores, *designers* e/ou projetistas, além dos próprios conhecimentos técnicos adquiridos pela experiência profissional como técnica em cerâmica e *designer* de produto.

Há alguns anos, o desenvolvimento de novos produtos estava unicamente sob os cuidados do modelador, pois era a única pessoa dentro da empresa que possuía conhecimentos para confeccionar manualmente os modelos físicos e, dessa forma, o lançamento de um novo produto estava condicionado às habilidades motoras e percepções visual e tátil desse profissional. Porém, esse cenário vem se transformando devido a algumas mudanças relacionadas a:

- Novas tecnologias utilizadas no processo de desenvolvimento de projeto;
- surgimento de novos profissionais, como o *designer* e/ou projetista para execução do projeto. Em algumas empresas existe a presença do *designer* e em outras, a do projetista em projetos mecânicos.

A utilização de tecnologias digitais para obtenção de modelos físicos já vem sendo utilizada há alguns anos por outros setores da indústria nacional e internacional. Nos segmentos da indústria cerâmica, pode-se perceber que o uso de tecnologias digitais é considerado recente. De acordo com informações apresentadas nos subcapítulos anteriores, pesquisas internacionais de processo de prototipagem rápida com material cerâmico tiveram início no final da década de 1990. No Brasil, a indústria cerâmica vem se apropriando dos conhecimentos do uso de tecnologias digitais no processo de desenvolvimento de novos produtos há no máximo 10 anos. A mudança desse cenário fez surgir novos profissionais, com novos conhecimentos e consequentemente novas habilidades.

Observou-se durante as visitas realizadas nas indústrias do segmento de cerâmica branca que a presença do profissional modelador é imprescindível para a confecção de modelos físicos. Percebeu-se também que nem todas as empresas possuem *designers*.

Como pôde ser verificado, o profissional modelador leva anos para ser formado, e geralmente essa formação acontece na própria indústria, por ser uma área tão específica. Essa profissão é cada vez mais rara no mercado, e o modelador além de contribuir no desenvolvimento dos novos produtos, confeccionando manualmente modelos físicos, produz e faz manutenções em moldes e matrizes. As habilidades desse profissional já foram tratadas em detalhes no subcapítulo 4.2.

O papel do *designer* dentro da indústria cerâmica também está cada vez mais diversificado, pôde-se perceber que alguns estão mais envolvidos nas áreas de pesquisas relacionadas a tendências de mercado, e outros mais envolvidos no desenvolvimento de produtos. Em algumas empresas constatou-se que o *designer* e/ou projetista participa de feiras nacionais e internacionais para buscar novas tecnologias que possam propor inovações para os produtos da empresa. Um dos *designers* da empresa Germer segue um cronograma de viagens para alguns estados brasileiros a fim de identificar valores culturais que possam ser traduzidos e inseridos nos produtos na forma de códigos visuais (desenhos, cores, texturas), na tentativa de fazer com que o usuário se identifique e opte por tais preferências.

Os *designers* mais envolvidos nas etapas de projeto acompanham o desenvolvimento do produto desde seu início, partindo da pesquisa de mercado, passando pelos esboços até chegar ao protótipo. Faz parte dos conhecimentos dos *designers* o método para desenvolvimento de projeto, que é intrínseco à sua

profissão. Também faz parte das habilidades do *designer* avaliar questões técnicas, funcionais, ergonômicas e estéticas através do uso de modelos físicos. Atualmente, novas ferramentas estão sendo inseridas no processo de desenvolvimento, como por exemplo, o modelamento 3D virtual digital em *softwares* CAD para obtenção de modelos físicos. Com essa ferramenta o *designer* consegue obter modelos físicos, a partir de desenhos criados em ambiente virtual e gerados em *softwares* computacionais. Para o uso dessa ferramenta é necessário treinamento interno e desenvolvimento de habilidades específicas diferentes das conhecidas pelos modeladores. Tais habilidades também podem levar anos para serem adquiridas, porém existe um ponto em comum, e de fundamental importância, para ambos os profissionais: o conhecimento técnico do processo produtivo cerâmico.

O *designer* que possui conhecimento das tecnologias digitais, também passa a ser detentor de conhecimentos de modelagem tridimensional, porém em um ambiente virtual. É possível a partir de uma ideia, modelar virtualmente o produto em *software* 3D e acrescentar as características do material, obtendo-se uma foto realística do produto (figura 218). Quando o *designer* possui habilidade bem desenvolvida, o processo de modelamento pode ser feito em apenas um dia, é claro que o tempo vai depender da complexidade do produto. Dessa forma, a tecnologia digital facilita o desenvolvimento do produto, pois evita que o modelador tenha que confeccionar um modelo físico, um molde e até um protótipo para verificar se a ideia do produto é viável ou mesmo interessante. As imagens, fotorealísticas, são muito úteis para avaliações estéticas, e por meio delas é possível que o modelador tenha uma visão geral da complexidade de produção da peça, por exemplo: se o produto será produzido por tornearia ou colagem, quantos tacelos são necessários para obtenção do molde, etc. A avaliação da viabilidade de produção da peça requer conhecimentos que os *designers* normalmente não possuem, somente com anos de experiência, pois as características produtivas variam muito de acordo com o produto que se desenvolve.

Figura 218 - Modelo 3D virtual digital de garrafa decorativa. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

A habilidade é uma competência que se adquire com a prática e com o tempo, podendo variar muito de uma pessoa para a outra.

Da mesma forma que o modelador precisa ter domínio da técnica e seguir uma série de etapas até a obtenção do modelo físico, conforme visto no subcapítulo 4.2, o *designer* e/ou projetista também precisa seguir uma lógica com relação aos comandos de esboços e recursos virtuais até obtenção do modelo 3D virtual digital, conforme visto no subcapítulo 4.3.

Para adquirir conhecimentos suficientes para operar tecnologias digitais, tais como: usinagem CNC, processos de prototipagem rápida, ou escaneamento digital, faz-se necessária a realização de cursos específicos para cada tipo de tecnologia. Não se espera que o *designer* saiba operar cada equipamento, pois além dos conhecimentos serem muito específicos, os equipamentos são muito caros e geralmente esses serviços são prestados por empresas terceirizadas. O *designer* precisa ter conhecimento dos *softwares* que possuem compatibilidade com a tecnologia digital que se pretende utilizar para que as mesmas interpretem e confeccionem os modelos físicos ou matrizes.

No momento do modelamento virtual não é possível se obter algumas das percepções quando comparado ao método analógico, onde a resposta é instantânea. Mesmo que seja possível editar dimensões no modelo virtual a sensação de avaliar volumes, dimensões, encaixes e principalmente a pega que é muito mais segura e eficaz no modelo físico. A percepção também pode ser enganada com os recursos de renderização do *software*, por parecer que o produto

está de acordo com os requisitos do projeto, mas ao obter o modelo físico percebe-se que são necessárias modificações.

A seguir, um exemplo dessa ocorrência com o projeto de uma xícara que foi desenvolvida como estudo de caso para esta pesquisa, em que virtualmente o produto aparentava estar bem resolvido (figura 219), porém, quando se obteve o modelo físico por processo de prototipagem rápida (figura 220), percebeu-se imediatamente que a alça não estava ergonômica, por mais que na medida estipulada coubesse um dedo.

Figura 219 - Modelo 3D virtual digital de uma xícara .
Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Figura 220 - Modelo físico obtido por processo de prototipagem rápida, tecnologia FDM. Fonte: Arquivo pessoal pesquisadora.

Dessa forma, realizaram-se modificações no modelo 3D virtual na tentativa de criar uma alça mais ergonômica e que apresentasse coerência formal com o corpo da peça (figura 221). Posteriormente obteve-se o molde em gesso e os primeiros protótipos (figura 222). Todas essas avaliações foram realizadas de forma conjunta com o modelador.

Figura 221 - Modelo 3D virtual digital de uma xícara. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Figura 222 - Protótipos cerâmicos. Fonte: Desenvolvido pela pesquisadora.

Foram confeccionados vários protótipos em cerâmica, nos quais foram realizados estudos ergonômicos relacionados à pega da alça e qual configuração atenderia melhor o uso do produto, se totalmente fechada ou vazada (ver figura 222).

Os erros relacionados às percepções no modelamento 3D virtual digital são minimizados à medida que a habilidade de modelar virtualmente do *designer* e/ou projetista também se desenvolve.

Outro fator muito importante e que pode impossibilitar o desenvolvimento de um determinado produto cerâmico é a falta de conhecimento das transformações e reações físico-químicas que acontecem com os materiais cerâmicos durante o processo de sinterização. Retrações e, principalmente, as deformações são muito comuns em produtos cerâmicos, essas informações são conhecidas em detalhes pelos modeladores. Porém, muitos *designers* não as conhecem, dificultando o processo de desenvolvimento de produto.

Existem empresas em que a construção de modelos físicos ainda está exclusivamente sob os cuidados do modelador, sem o envolvimento de outros profissionais de forma cotidiana. Em outras empresas, foi possível observar que existe o trabalho conjunto com o *designer* e/ou projetista, podendo contar ainda com o auxílio do responsável pela produção, tornando a troca de informações constante entre os profissionais.

Em visita às empresas Deca e Germer, foi possível perceber que existe o trabalho em equipe desses profissionais e o envolvimento dos mesmos ocorre de forma diária.

Segundo Moraes (2012), coordenador de desenvolvimento de produto na empresa DECA, em certa ocasião um estagiário da área de desenho industrial, analisando um produto em desenvolvimento sugeriu ao modelador a ideia de integrar uma saboneteira ao corpo de uma cuba, a ideia resultou num produto diferenciado funcionalmente e esteticamente, e logo depois, o produto foi lançado pela empresa (informação verbal).

Na empresa Germer também foi possível perceber que os *designers* estão diretamente envolvidos com o modelador. Nessa empresa, para qualquer intenção de um novo produto, consulta-se a opinião técnica do modelador, quanto à complexidade do produto. Caso o desenho seja simples, mais simétricos, obtidos por revolução, opta-se por desenvolver os modelos físicos manualmente e, quando a

geometria é complexa, com transições entre curvas, relevos, assimetrias, opta-se por utilizar tecnologias digitais como a usinagem CNC para o desenvolvimento das matrizes. Os *designers* já vêm, há alguns anos, utilizando tecnologias digitais como ferramenta de desenvolvimento.

De forma geral, pode-se concluir que o conhecimento de métodos para obtenção dos modelos físicos por tecnologias analógicas e digitais em conjunto com o conhecimento do processo de fabricação de produtos cerâmicos, somam-se no sentido de contribuir com o *designer*, resultando na ampliação de possibilidades criativas no ato de projetar produtos cerâmicos. É possível concluir também que continua sendo extremamente necessária a presença do modelador, não somente pelas habilidades de confeccionar modelos físicos manualmente, mas principalmente pelos conhecimentos técnicos do processo produtivo cerâmico.

Algumas empresas como a Germer vêm adotando a prática de formar aprendizes na área de modelagem industrial, já que a empresa conta atualmente com um único modelador que possui 23 anos de experiência. As empresas de louça sanitária adotam essa prática há alguns anos e contam com aproximadamente 12 modeladores no desenvolvimento de novos produtos, divididos nas seguintes atividades: desenvolvimento de modelos físicos, confecção de moldes e enchimento de matrizes.

4.5 POTENCIALIDADE DO USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NA INDÚSTRIA CERÂMICA

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, foram encontradas evidências do uso das tecnologias digitais pela indústria cerâmica tanto em trabalhos desenvolvidos por outros pesquisadores, como na pesquisa de campo realizada nas indústrias cerâmicas nacionais e centros de pesquisa nacionais e internacionais que utilizam tecnologias digitais para obtenção de modelos físicos. As tecnologias digitais podem contribuir no desenvolvimento de modelos físicos para a indústria cerâmica das seguintes formas: por processos de prototipagem rápida, escaneamento digital e usinagem CNC para confecção de modelos e matrizes.

Neste subcapítulo será feito o cruzamento de dados na tentativa de identificar padrões emergentes que poderão indicar propensões quanto ao uso seletivo ou sincronizado de tecnologias analógicas e digitais para a confecção de modelos físicos. Este tópico tentará relacionar fatores ligados aos conhecimentos e capacidades de interpretação e execução do desenho projetivo, associados a habilidades manuais e treinamentos necessários para definição de estratégias de construção de modelos físicos por métodos analógicos, e ainda, a necessidade de treinamento e competências para o planejamento do modelamento 3D virtual digital, identificando vantagens e desvantagens de cada método a partir da triangulação de dados e das análises parciais.

Pretende-se ainda indicar possibilidades de inserção de tecnologias digitais na construção de modelos físicos, assim como justificar benefícios percebidos na manutenção de processos tradicionais utilizados para obtenção dos mesmos, de acordo com as necessidades de cada segmento da indústria cerâmica pesquisado.

4.5.1 Potencialidade do uso de tecnologias digitais

4.5.1.1 Processos de prototipagem rápida

Uma das tecnologias que apresentam potencialidades quanto à utilização para obtenção de modelos físicos, são os processos de prototipagem rápida. Como visto no subcapítulo 4.3, existe uma variedade de processos e materiais que podem resultar em modelos físicos com características físicas muito distintas. Para cada

área industrial existe uma tecnologia de prototipagem rápida que se adequa de melhor forma, aproximando-se ao máximo das características que se espera do modelo físico. A escolha do processo de prototipagem rápida depende do grau de precisão que é exigido do modelo físico, da resistência mecânica e da qualidade de seu acabamento superficial. Todos os processos possuem vantagens e desvantagens, portanto é imprescindível conhecer as tecnologias disponíveis no mercado para utilizar a mais apropriada de acordo com a finalidade do modelo físico em determinada fase de projeto.

Para as fases iniciais de projeto percebe-se que ainda é mais vantajoso obter o modelo físico por técnicas manuais, principalmente quando se pode contar com as habilidades de um modelador, em que consegue representar uma ideia de forma rápida, apenas com um pedaço de argila, gesso, plastilina, poliuretano ou outro material fácil de modelar ou desbastar. É possível perceber vantagens em manter técnicas manuais para obtenção de modelos físicos preliminares que, por sua vez, são utilizados também para avaliações preliminares, como volumetrias e algumas questões estéticas como junções de curvas. Conforme mencionado anteriormente em outros capítulos, o fator tempo depende da habilidade do modelador e da complexidade da peça.

Conforme o projeto se desenvolve, fazem-se necessárias avaliações funcionais, ergonômicas e estéticas em modelos físicos com mais detalhes, dessa forma é possível enxergar vantagens em obter um modelo físico por tecnologias de prototipagem rápida, por mais que um modelador com experiência consiga desenvolver o modelo físico manualmente.

Pode-se observar no subcapítulo 4.3 que o modelo 3D virtual digital é imprescindível quando se deseja utilizar tecnologias digitais para obtenção do modelo físico. Dessa forma, também é possível realizar avaliações preliminares nos modelos virtuais, como por exemplo: complexidade do desenho, junção de curvas, volume e avaliações estéticas, através de recursos de renderização.

Para a indústria cerâmica, dentre todas as tecnologias estudadas com processos de prototipagem rápida, as mais indicadas, considerando-se custo, precisão dimensional e acabamento superficial, podem ser vistas na tabela 17:

Tabela 17 – Indicação de tecnologia com processos de prototipagem rápida para indústria cerâmica

Tecnologia de prototipagem rápida	Custo	Acabamento superficial	Precisão dimensional
3DP	Baixo	Bom	0.2 mm
FDM	Médio	Regular	0.2 mm
SLS	Alto	Bom	0.2 mm

Fonte: A autora.

Os modelos físicos obtidos pelos processos de prototipagem rápida mencionados na tabela 1 podem ser utilizados para confecção de moldes de gesso.

A tecnologia 3DP é a mais vantajosa economicamente, seguida pela FDM e SLS respectivamente. As tecnologias 3DP e SLS são equivalentes em termos de acabamento, e por último está a FDM. Em termos de precisão, todas possuem precisão em torno de 0.2mm que atende os segmentos cerâmicos pesquisados.

4.5.1.2 Processos de prototipagem rápida com material cerâmico

No subcapítulo 4.3 foram apresentados também processos de prototipagem rápida com material cerâmico, estudado em visita ao Centre For Fine Print Research – Inglaterra, e em visita à empresa DuraCer, em Itaboraí, no Rio de Janeiro.

As justificativas que levaram pesquisadores a desenvolver processos de prototipagem rápida em material cerâmico são bem diversificadas, dentre elas pode-se destacar:

- Otimização no processo de desenvolvimento de produto, uma vez que eliminaria as fases de obtenção de moldes (segmento de cerâmica branca), boquilhas (segmento de cerâmica vermelha) ou estampos (segmento de placas cerâmicas) para obtenção de modelos físicos em cerâmica;
- o modelo físico obtido em cerâmica permite de forma mais eficiente à interface do produto com o usuário quando comparado às demais tecnologias de prototipagem rápida, que confeccionam modelos físicos em plástico e gesso;

- é possível obter um modelo físico com o material cerâmico, podendo ser aplicado vidrado e posteriormente, se for o caso, a decoração final com o *design* de superfície da peça, como por exemplo, aplicação de decalques;
- o método para elaboração e produção de um modelo conceitual por meio das tecnologias tradicionais, além de demorado, pode ter alto custo;

O modelo físico obtido por processo de prototipagem rápida não poderia ser considerado protótipo, porque, mesmo que o material seja cerâmico, o processo de confecção do modelo físico não corresponde ao utilizado na produção industrial do produto. Os modelos físicos obtidos pela técnica apresentada ainda não apresentam as características físicas e mecânicas de um produto obtido por processo cerâmico convencional.

Pode-se concluir que os três processos de prototipagem rápida com material cerâmico apresentados no subcapítulo 4.3 podem ser considerados promissores, embora os processos mais estudados sejam extrusão e aglutinação de pó. O processo de sinterização seletiva a laser, embora existam poucas informações divulgadas a seu respeito encontra-se em desenvolvimento na Universidade de Clausthal, na Alemanha, principalmente para protótipos utilizados na área médica.

O processo baseado em massa pastosa não possui boa precisão na prototipagem, pois o filamento extrudado possui diâmetro de 2mm, com alto grau de tolerância. As camadas de construção do modelo físico são muito evidentes (figura 223), necessitando passar por processo de acabamento por desbaste manual com lixa.

Figura 223 - Peça prototipada com massa pastosa por processo de extrusão. Fonte: Arquivo Pessoal referente à visita no Centre For Fine Print Research – UWE.

A perda de material por este processo não garante precisão dimensional da peça e, portanto esse processo não pode ser indicado para peças que necessitem de encaixes. Uma das desvantagens desse processo é a impossibilidade de construir formatos que necessitem de apoio, por exemplo, alças de xícaras.

Tampouco, o uso de suporte com a mesma massa resolveria o problema de formatos em balanço ou abobadados, já que a peça correria grande risco de quebra no momento de retirada do material de suporte, ou seja, existem vários limitantes quanto à geometria.

O processo baseado em pó possui melhor precisão, aproximadamente 0,2mm. Neste tipo de prototipagem o próprio pó contido na bandeja de prototipagem funciona como suporte natural, fornecendo apoio para as regiões em balanço ou abobadadas. Essa tecnologia ainda apresenta algumas limitações, como deformações dos modelos físicos durante processo de queima em decorrência da volatilização do aglutinante, que se inicia em torno de 180°C. A massa cerâmica inicia o processo de fusão dos materiais constituintes com sua gradual compactação a partir de 550°C, portanto, por aproximadamente 300°C, as partículas de pó permanecem apenas justapostas sem nenhuma aderência, ou seja, o modelo físico encontra-se extremamente frágil. Essa dificuldade já vem sendo solucionada com a utilização de suportes também de cerâmica em regiões que necessitem de apoio durante o processo de queima, conforme ilustrado no capítulo 4.3.

Em relação ao acabamento da superfície e aos aspectos estéticos, as peças conformadas por processo baseado em pó também precisam ser melhoradas, pois apresentam bastante rugosidade na superfície e alta porosidade. Mesmo após o acabamento, e com a queima da peça cerâmica é possível perceber visualmente, e pelo tato uma superfície não homogênea de aspecto granulado (figura 224).

Figura 224 - Modelo físico em cerâmica obtido por processo baseado em pó, peça esmaltada. Fonte: Arquivo pessoal referente à visita no Centre For Fine Print Research – UWE.

Essa percepção das características da matéria e dos níveis de acabamento faz parte das habilidades do *designer*. “O *Designer* precisa desenvolver o olhar clínico do que se percebe quando se olha” (BONSIEPE, 2011, P.165). Ao optar pelo uso de determinada tecnologia, o *designer* precisa compreender as limitações do processo, tirando proveito e assumindo a característica no desenho, ou utilizando essa tecnologia para confecção de modelos físicos em fases iniciais de projeto. Desta maneira, os modelos conformados pelo processo de prototipagem rápida por aglutinação de pós são bastante adequados para análise volumétrica, servem como modelos preliminares. Porém, deve-se considerar se vale o investimento por ser um modelo físico preliminar, que dependendo da geometria poderia ser facilmente obtido em argila ou gesso por técnicas manuais de modelagem. O protótipo em material cerâmico deve representar fielmente as características materiais desejadas do produto especificadas em projeto, tanto no que se refere a questões técnicas de desempenho e usabilidade, quanto aos atributos estéticos relativos à aparência do produto final, sua sonoridade e aspecto tátil. É justamente para alcançar esse tipo de refinamento que as tecnologias disponíveis com processos de prototipagem rápida em cerâmica necessitam avançar.

Um *designer* industrial prestará atenção aos detalhes minuciosos de um produto, tais como encaixe, juntas, encontro de materiais, arestas e encontro de curvas. Eles servem como indicador da qualidade do projeto e do acabamento, coisas que passariam despercebidas a um não especialista. Essa capacidade de diferenciação não é uma habilidade misteriosa, mas o resultado da aprendizagem. (BONSIEPE, 2011, p.165).

O processo de prototipagem rápida em cerâmica pode ser considerado um avanço no que diz respeito às possibilidades de sua utilização como ferramenta de apoio ao *design* de produto, quer seja eliminando o uso de moldes quer permitindo a confecção de modelos físicos preliminares, ou ainda para gerar peças de geometria complexa (figura 225) que são impraticáveis de serem obtidas por processos convencionais.

Figura 225 - Prototipagem rápida em cerâmica através de processo baseado em pó. Geometrias internas impossíveis de serem prototipadas por processo cerâmico convencional. Fonte: Arquivo pessoal referente à visita no Centre For Fine Print Research – UWE.

Dessa forma, os estudos realizados pelo Centre for Fine Print Research, e pela empresa DNcer, em Itaboraí, vêm mostrando que existe um grande interesse nessa tecnologia quando se pensa na fabricação de produtos e não apenas modelos. Embora fique claro que os modelos físicos obtidos por processos de prototipagem rápida em material cerâmico ainda não representem com plenitude as características físicas e mecânicas de uma peça obtida pelo processo convencional, é nítido que essa tecnologia apresenta grandes chances de ser aplicada não só na área de *design*, mas também nas áreas de engenharia, como por exemplo, na fabricação de cerâmica técnica. Nesse último caso, a intenção é obter a peça final e não somente um modelo físico ou protótipo de um componente que está em desenvolvimento.

Os modelos físicos obtidos por processos de prototipagem rápida por aglutinação de pó resultam em superfícies rugosas e com porosidade alta, e talvez essas características não sejam interessantes para alguns produtos da área de louça de mesa, por exemplo. Porém, vale a pena ressaltar que a porosidade também possui sua finalidade, como por exemplo, para área de cerâmica avançada na obtenção de isolantes térmicos, que quanto mais poroso o produto, melhor a isolamento térmica, ou seja, tudo depende da finalidade para qual o modelo físico será utilizado. Portanto também cabe ao designer saber se apropriar das características de rugosidade e conseguir embuti-las de forma intencional no projeto de *design*, por exemplo, utilizando a tecnologia para desenvolver produtos com textura, ou com propriedades filtrantes.

O uso destas tecnologias não pode ser motivado simplesmente pelo deslumbramento do avanço tecnológico. Para obtenção de protótipos, ainda há muito em que evoluir, a fim de se chegar a resultados similares aos obtidos nos processos convencionais de conformação, empregados em diferentes setores da

indústria cerâmica, por mais morosos que estes sejam. A obtenção de protótipos que representam fielmente o produto que está sendo projetado favorece a avaliação e coleta de informações corretas, a partir da verificação da interface entre o produto e o usuário, o que auxilia desde a tomada de decisões iniciais de projeto, até a aprovação final para sua produção industrial.

4.5.1.3 Processos de subtração de material – Usinagem CNC

Pôde-se verificar tanto na pesquisa de campo, quanto em pesquisas de mestrado como de Iwakami (2012), Dorneles (2012) e na tese de doutorado de Bertoldi (2005), que algumas indústrias já utilizam o recurso da usinagem CNC no processo de desenvolvimento de produto para confecção de matrizes. Os segmentos de cerâmica branca e de placas cerâmicas utilizam a usinagem CNC para obtenção de matrizes e modelos físicos com textura.

Os sistemas integrados CAD/CAM para modelamento 3D virtual digital que permitem o planejamento de ferramental como matriz, são muito utilizados por outros segmentos da indústria brasileira. A indústria cerâmica vem utilizando esses recursos ainda de forma incipiente. As principais vantagens dos sistemas integrados CAD/CAM são:

- Capacidade de simular graficamente a usinagem;
- define estratégia de usinagem mais eficiente de acordo com a complexidade da peça;
- escolha automática de ferramentas.

A seguir, é possível observar uma sequência de imagens que mostram o processo de usinagem CNC a partir de um produto criado no *software* Solidworks.

Em sua dissertação de mestrado, Iwakami (2009) inseriu tecnologias digitais, como o modelamento 3D e planejamento de fabricação de matrizes, e a proposta da pesquisa era eliminar a etapa de construção física do modelo e do molde de gesso anterior à matriz, na tentativa de poupar tempo e material. A figura 226 apresenta uma caneca modelada no *software* Solidworks (figura 226) e posteriormente modelou-se a matriz no mesmo *software* (figura 227). Levaram-se aproximadamente 22 horas para obtenção do modelo 3D virtual digital e da matriz virtual digital.

Figura 226 - Modelo 3D virtual digital. Fonte: Iwakami, 2009.

Figura 227 - Modelo 3D virtual digital. Fonte: Iwakami, 2009.

A partir do modelamento virtual da matriz, o arquivo foi salvo em extensão STEP¹⁹. O arquivo foi transferido para o *software* Edgecam que realiza uma simulação da estratégia de usinagem (figura 228), traçando as coordenadas matemáticas que são interpretadas pelos sistemas de usinagem CNC. A matriz foi usinada em MDF²⁰ e o processo de usinagem demorou aproximadamente seis horas. Após a usinagem aplicou-se uma camada de verniz para impermeabilizar a superfície da matriz em MDF (figura 229) para que o molde em gesso pudesse ser confeccionado sem problemas.

Figura 228 - Simulação da estratégia de usinagem. Fonte: Iwakami, 2009.

Figura 229 - Matriz usinada em MDF. Fonte: Iwakami, 2009.

No exemplo citado, se utilizou MDF para usinagem por ser um material barato, porém, segundo *designer* da empresa Germer e Dornelles (2011), o material que oferece melhor desempenho e que resulta em excelente acabamento superficial é o “*renshape*”, um poliuretano de alta densidade e de alto custo quando comparado

¹⁹ Standard for the exchange of product model data - trata-se de um padrão internacional para a integração, apresentação e o intercâmbio de dados de produtos industriais. Pode-se usar o STEP para transferir dados entre CAD, CAM, CAE. Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/STEP>

²⁰ Medium density fiberboard – placa de fibra de madeira de média densidade. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Medium_Density_Fiberboard

a outros materiais que também podem ser usinados, por exemplo: gesso, argila e outros.

É importante destacar que obter diretamente a matriz de um produto, antes de fazer avaliações físicas em modelos físicos, por um lado pode ser considerado inovador, pois elimina algumas etapas do processo de desenvolvimento de produto, mas também pode ser considerado arriscado. Mesmo que os modelos 3D virtuais digitais permitam avaliar algumas qualidades do produto, as qualidades técnicas e funcionais só podem ser realizadas em modelos físicos. Nos estudos de caso analisados, em que a usinagem CNC vem sendo utilizada, a primeira peça física analisada já é o protótipo, logo, se por ventura houver modificações no mesmo, os erros serão corrigidos diretamente na matriz aumentando demasiadamente os custos.

Vale a pena ressaltar que utilizar tecnologias digitais implica em alto investimento, e caso a opção seja adquirir o maquinário, deve-se ter em mente que o treinamento da equipe interna é de fundamental importância. Esse tipo de serviço também pode ser prestado por empresas terceirizadas, no entanto, de acordo com Iwakame (2009) não é comum as empresas de cerâmica, especialmente do segmento de cerâmica branca, optarem pela terceirização de etapas do projeto de *design* por julgarem que a empresa que irá prestar o serviço desconhece as variáveis do processo cerâmico, e isso poderia resultar em problemas que envolvam custos elevados para corrigir os erros.

De acordo com *designer* da empresa Holaria, são desenvolvidas matrizes por usinagem CNC para produtos que possuem geometrias complexas, em casos que o modelador da empresa julga difíceis de serem obtidas manualmente. Portanto, para obtenção de peças com geometrias simples continua sendo interessante manter o método tradicional/analógico, de obtenção do modelo físico, contando com um modelador hábil e experiente.

4.5.1.4 Escaneamento digital

Atualmente, existem diversas opções de escâneres com princípios de funcionamento diferentes, como base fixa ou portátil, com precisões dimensionais variáveis, e a escolha do melhor equipamento deve estar de acordo principalmente com as tolerâncias de precisão dimensional que se exige, e com a dimensão das

peças que se pretende escanear. Existem escâneres que capturam a imagem colorida, próprios para algumas aplicações específicas como no caso de museus, ou escâneres para peças de grandes dimensões, ou ainda próprios para peças pequenas, logo, a escolha vai depender da finalidade a qual se pretende utilizar. Quanto maior a área a se escanear, menor é a precisão dimensional.

Em visita às empresas de tecnologias digitais que comercializam escâneres digitais 3D, e centros de pesquisa como CTI – Centro de Tecnologia e Informação Renato Archer, foi possível identificar equipamentos que podem oferecer melhor aplicação na indústria cerâmica. A indústria cerâmica é bem diversificada, desenvolve produtos tanto técnicos quanto artísticos, pensando nessa última categoria, a engenharia reversa poderia ter muita utilidade. É possível escanear esculturas e trabalhar o redimensionamento em escala para obtenção de modelos físicos por processos de prototipagem rápida ou obtenção de matrizes por usinagem CNC. É significativo o número de artistas que poderiam usufruir dessa tecnologia. A seguir é apresentada uma escultura (figura 230) que foi escaneada com o escâner Go!Scan 3D da Creaform. A escultura possui 50cm de altura e foi escaneada em 30 minutos. Existe outro modelo do mesmo fabricante, de custo de aquisição mais elevado, devido à sua maior precisão, chamado de Handyscan.

Figura 230 - Escultura digitalizada com Goscan3D da Creaform. Fonte: <www.creaform.com>.

Os escâneres Go!SCAN 3D e Handyscan 3D, são escâneres muito precisos que geram dados confiáveis, mas são dois produtos diferentes. O Handyscan 3D é melhor para aplicações que requerem alta precisão e resolução, enquanto o Go!Scan 3D é perfeito para uma digitalização rápida e simples, com *software*

bastante intuitivo. A seguir, é possível observar a tabela 18 com indicação de escâneres para indústria cerâmica:

Tabela 18 – Indicação de tecnologias de escaneamento digital 3D para indústria cerâmica

Fabricante	Modelo	Precisão Dimensional	Taxa de medição
Creaform	Scanner 3D portátil GO!Scan 3D	0.10 mm	550 medições/s
Creaform	Handy Scan 3D	0.05mm	18.000 medições/s
Seacam	ZScannertm 700	0.05mm	18.000 medições/s

Fonte: Idealizado pela autora de acordo com pesquisa de campo.

Embora os arquivos digitalizados não permitam muitas manipulações, a engenharia reversa pode apresentar várias aplicações na indústria cerâmica:

- Armazenar arquivos digitalmente de modelos físicos e peças existentes, minimizando o uso de espaços físicos;
- recolocar no mercado um produto que saiu de linha e que não possua o ferramental (matrizes, estampos, boquilhas);
- digitalizar geometrias orgânicas, modeladas manualmente, que seriam extremamente difíceis de serem obtidas por *software* 3D, atendendo diversas áreas: esculturas, peças artísticas e *design*;
- para placas cerâmicas, o escâner ideal é o digitalizador de superfícies planas, do fabricante Cruze, que já foi mencionado com detalhes no subcapítulo 4.3. Ele é ideal para escanear superfícies planas com variações de ângulos e capturar a profundidade das texturas de materiais que depois são transmitidas para as placas cerâmicas. Por um lado a tecnologia é muito interessante, por outro incentiva cada vez mais a cópia de superfícies de outros materiais, como por exemplo: pisos imitando madeira ou rochas.

4.5.2 Conclusões parciais por segmento

Após pesquisa de campo, os dados de cada empresa foram agrupados e elaborou-se textos com conclusões parciais por segmento, com foco na identificação das possibilidades de utilização de tecnologias digitais associadas ou em substituição aos métodos analógicos para confecção de modelos físicos. A análise é apresentada a seguir:

4.5.2.1 Cerâmica branca – louça sanitária

Concluiu-se que existe a possibilidade de utilização de tecnologias digitais com o intuito de otimizar o processo de desenvolvimento de novos produtos em algumas etapas da construção dos modelos físicos que ainda são extremamente manuais.

De acordo com a categoria de modelo físico utilizada por esse segmento, identificaram-se os benefícios na manutenção ou substituição de métodos analógicos para obtenção de modelos físicos e as possibilidades de inserção de tecnologias digitais nesse processo. O resultado da análise pode ser visto na tabela abaixo (tabela 19):

Tabela 19 – Processos analógicos e digitais para obtenção de modelos físicos e categoria de modelos físicos.

Processo de obtenção de modelos físicos: Analógico/tecnologias digitais	Categorias de modelos físicos					
	Modelo físico preliminar	Modelo físico funcional	Modelo físico de aparência	Modelo físico de produção	Protótipo	Cabeça de série
Obtido por técnicas analógicas em argila						
Obtido por técnicas analógicas em gesso						
Obtido por processo de prototipagem rápida (FDM/SLS/3DP)		*				
Obtido por processo de usinagem CNC						
Obtido por escaneamento digital						
Obtido por processo e material especificado no projeto						
*Somente sifão, pois é inviável utilizar a tecnologia para confecção do modelo inteiro.						

Fonte: Idealizado pela autora.

Como é possível verificar na tabela 3, ainda é vantajoso manter as técnicas analógicas para obtenção de modelos preliminares, pois seria necessário um equipamento grande e mesmo assim exige-se muito retrabalho no modelo físico. Mesmo sendo uma ideia preliminar, o modelo físico para este tipo de produto é bem complexo, e continua sendo mais prático e econômico continuar confeccionando-os em argila ou em gesso. Nas etapas iniciais do projeto não se justificaria a utilização de tecnologias digitais pelo seu elevado custo.

Concluiu-se também que não é vantajoso produzir todo o modelo físico por processo de prototipagem rápida, pois como o mesmo possui grandes dimensões, o tempo para execução e o custo são altíssimos. Considerando-se que os modelos físicos passam por ao menos três correções em alguns pontos de sua geometria devido às deformações naturais do próprio processo de produção, torna-se inviável

a utilização de processos de prototipagem rápida para confecção do modelo físico inteiro.

Foi verificado que uma das empresas utiliza processos de prototipagem rápida, especificamente tecnologia FDM, para verificar o sistema de sifonagem, o modelo do sifão é confeccionado em ABS e o restante da bacia construído manualmente em gesso, o que demonstra a utilização associada da tecnologia digital para confecção de modelo usado para análise funcional. A outra empresa de louça sanitária visitada, também utilizou processos de prototipagem rápida para confecção do sifão, porém sem êxito, pois não utilizaram a tecnologia apropriada para a aplicação que se desejava, resultando em um modelo físico construído com resina que em contato com a água apresentou aspecto de borracha. Como visto no subcapítulo 4.3 o mercado possui diversos processos de prototipagem rápida, com variados tipos de materiais, processos e precisão dimensional, sendo que, a escolha da melhor tecnologia sempre vai depender da aplicação requerida. Portanto, percebem-se vantagens em confeccionar o sifão por processos de prototipagem rápida, pois essa peça possui pequenas dimensões e necessita de precisão sendo uma das partes da bacia que já possui alta complexidade. Constatou-se em ambas as empresas que o sifão é padronizado para alguns modelos de bacias, dessa forma, o sifão pode ser confeccionado separadamente e posteriormente as partes que compõem o modelo são coladas.

O sifão feito por processo de prototipagem rápida pode servir para obtenção de modelo físico de aparência, que às vezes também é utilizado para realização de testes funcionais ou utilizado para obtenção do molde de produção que servirá para obtenção do molde de gesso e que servirá para obtenção do protótipo.

Para as demais partes que compõem tanto os modelos físicos de aparência, quanto os modelos físicos de produção, percebem-se vantagens em manter os métodos analógicos de confecção.

Segundo o coordenador de projetos de uma das empresas, atualmente o tempo de desenvolvimento de produtos pode ser considerado alto, devido ao fato de o trabalho ser considerado altamente manual. Uma cuba ou bacia leva cerca de seis meses para ser desenvolvida, afetando diretamente na capacidade da empresa de colocar novos produtos no mercado. A coordenação do departamento constantemente busca soluções para acelerar o processo de desenvolvimento, e dentre as alternativas, já foram propostos *softwares* para realização de simulações

dos aspectos funcionais e geométricos (deformações estruturais) que não trouxeram resultados satisfatórios, pelo fato do processo cerâmico apresentar diversas variáveis de difícil controle, por exemplo, o acerto de formulação de massa e condições de queima do forno. Não foram encontrados *softwares* matemáticos com parâmetros para material cerâmico.

A alternativa identificada pelo departamento é a realização de usinagem de matrizes em gesso, que até o momento se mostra inviável pelo alto custo de terceirização desse processo. Uma solução pensada pela empresa é a obtenção de um equipamento para usinagem em gesso, porém, além do custo de aquisição da máquina, seria necessário contratar pessoas com conhecimentos específicos ou qualificar a equipe existente, acarretando um aumento de custo ou uma elevada curva de aprendizagem para inserção desse processo.

Os protótipos continuam sendo realizados com os mesmos materiais e processos convencionais do processo cerâmico. Uma das empresas utiliza modelo físico de aparência para realizar análises funcionais, ergonômicas e estéticas a outra empresa prefere obter diretamente o protótipo para realizar essas mesmas análises.

Foram realizadas análises nos dados obtidos na pesquisa, e a partir do conhecimento adquirido sobre a variedade de recursos presentes nas tecnologias digitais e tendo conhecimento das avaliações que são realizadas nos modelos físicos por esse segmento, tentou-se identificar quais os possíveis benefícios da inserção de tecnologias digitais durante o desenvolvimento de projeto (tabela 20).

Tabela 20 – Variedade de tecnologias digitais e possíveis tipos de avaliação

Tipos de avaliação e recursos	Tecnologias digitais					
	Modelamento 3D do produto	Modelamento 3D do molde	Interação CAD/CAE Simulações virtuais	Integração CAD/CAM Usinagem CNC	Processos de prototipagem rápida	Escaneamento digital
Análise da complexidade do desenho						
Análise de desenho técnico						
Análise estética através de renderização						
Simulação de divisão de moldes e ângulos de saídas						
Obtenção de modelo físico aparência				*	*	
Obtenção de modelo físico de produção				*	*	
Obtenção de matrizes						
*Somente sífão, pois é inviável utilizar a tecnologia para confecção do modelo inteiro.						

Fonte: idealizado pela autora.

Conforme mencionado anteriormente, as duas empresas já utilizam alguns recursos digitais durante o desenvolvimento de produtos. Como pode ser observado na tabela 4, ambas já utilizam *softwares* de modelamento 3D, como o NX5 e Catia, por meio dos quais é possível fazer análise da complexidade do desenho, obtenção automática do desenho técnico e até mesmo fazer um teste virtual da estética do produto, através de recursos de renderização.

Nesses *softwares* não são possíveis análises estruturais próprios para a área da cerâmica, porém com o modelamento 3D virtual digital do molde, por meio dos sistemas CAD/CAE, consegue-se fazer simulações da divisão dos moldes e

verificação dos ângulos de saída, facilitando a compreensão do modelador na obtenção do molde físico e estudo do molde e matriz.

A partir da obtenção do molde e matriz virtual, os sistemas CAD/CAM permitem a usinagem CNC tanto de modelos físicos, quanto de matrizes. No entanto, é mais viável a obtenção das matrizes, por que a partir delas obtém-se o molde e pelo processo convencional podem ser produzidos os protótipos.

O escaneamento digital também pode ser utilizado para obtenção de modelos físicos ou para registrar digitalmente o projeto. Poderia ser utilizado também para reduzir a ocupação de espaços de armazenamento, uma vez que os modelos, moldes e matrizes desse segmento possuem grandes dimensões. Dessa forma, poderiam ser realizadas digitalizações de modelos físicos que são pouco utilizados e armazenados apenas digitalmente.

4.5.2.2 Cerâmica branca - louça de mesa e objetos decorativos

Pode-se concluir que o segmento de cerâmica branca – louça de mesa e objetos decorativos apresenta muita potencialidade de usufruir das tecnologias digitais para obtenção de modelos físicos, tanto no que diz respeito ao uso de *softwares* de modelamento 3D, quanto de processos de prototipagem rápida ou usinagem CNC para obtenção de matrizes. Foram entrevistados *designers* que trabalham nesse segmento e já fazem uso dessas tecnologias, conseguindo diferenciar seus produtos dos concorrentes no mercado. O uso de tecnologias digitais foi evidenciado na empresa Germer, uma grande empresa no segmento. Infelizmente, são poucas as empresas do segmento que utilizam essas tecnologias, pois a maioria ainda está pautada em técnicas manuais.

Utilizar tecnologias digitais implica, sobretudo, na mudança de cultura no ato de projetar produtos, sendo que a empresa deve ter ciência de que pode levar certo de tempo para assimilação dos novos conhecimentos necessários. Para se atingir um nível onde se consiga executar os modelos 3D virtuais digitais com domínio, é necessário treinamento específico. De acordo com a pesquisa de campo, percebeu-se que esse segmento é constituído por pequenas empresas familiares, onde a resistência a mudanças relacionadas à inovação é muito grande. Esse é o setor que mais sofre com a concorrência de produtos importados chineses e ao mesmo tempo é o que possui menos recursos financeiros para investimento.

Um dos empresários entrevistados acredita que os produtos podem ter inovação no *design* relativos ao formato dos produtos e também na decoração das peças. Atualmente, um problema encontrado pelas pequenas empresas do segmento de peças decorativas, é a falta de profissionais para a modelagem manual dos produtos, uma tarefa esta que exige habilidade do profissional que irá executar tal função. Mesmo que o modelador tenha habilidades manuais, nem sempre a modelagem representa a ideia do cliente, essa é uma das principais dificuldades nas pequenas empresas, onde geralmente a ideia é passada para o modelador de forma verbal, sem representações bidimensionais ou documentação. Dessa forma, exige-se do modelador uma capacidade de interpretação que vai além da interpretação de desenhos ou outras imagens de referência. Infelizmente, pode-se perceber que nas pequenas empresas não existe projeto e sim cópia de produtos. Existe também um grande equívoco em relação aos conceitos do que é um projeto de *design*, para muitos, o projeto se resume simplesmente ao modelo físico e o molde.

Embora os empresários desse segmento não possuam muitos conhecimentos sobre a área de tecnologias digitais, estas podem contribuir em relação à falta de mão de obra qualificada para a atividade de modelagem industrial e para o desenvolvimento de geometrias que são difíceis de serem confeccionadas manualmente. No entanto, estes empresários possuem convicção de que a tecnologia digital não resolva completamente os problemas enfrentados pelo segmento.

De acordo com a categoria de modelo físico utilizada por esse segmento, tentou-se identificar os benefícios da manutenção ou substituição de métodos analógicos para obtenção desses modelos e as possibilidades de inserção de tecnologias digitais nesse processo. O resultado da análise pode ser visto na tabela abaixo (tabela 21):

Tabela 21 – processos analógicos e digitais para obtenção de modelos físicos e categoria de modelos físicos.

Processo de obtenção de modelos físicos: Analógico/tecnologias digitais	Categoria de modelo físicos		
	Modelo físico de produção	Protótipo	Cabeça de série
Obtido por técnicas analógicas em argila			
Obtido por técnicas analógicas em gesso			
Obtido por processo de prototipagem rápida (FDM/SLS/3DP)			
Obtido por processo de usinagem CNC			
Obtido por processo e material especificado no projeto			

Fonte: idealizado pela autora.

Pode-se concluir que as empresas desse segmento utilizam diretamente modelos físicos de produção, e que utilizam esse mesmo modelo para fazer avaliações preliminares, como por exemplo: avaliação da ideia, volume e junção de transição das superfícies com dupla curvatura. Todas as outras avaliações são realizadas no protótipo, como: funcionalidade, ergonomia e qualidade estética. No modelo físico de produção são estudados a divisão de tacelos dos moldes e matrizes e o processo de conformação (colagem ou tornearia). Questões técnicas são avaliadas nos protótipos e na cabeça de série: qualidade do esmalte, sinterização e aderência de decalques.

Com relação à manutenção de métodos analógicos, as entrevistas realizadas levaram a conclusão de que o fator preponderante nesse segmento para decidir se o produto será ou não desenvolvido é a complexidade da peça. Portanto, conclui-se que se a geometria da peça for considerada simples, percebem-se vantagens em manter técnicas analógicas, caso contrário, há vantagens em recorrer a tecnologias digitais.

Percebeu-se que existem chances desse segmento usufruir das tecnologias digitais como processos de prototipagem rápida para obtenção de modelos físicos de produção. Os fatores que podem contribuir são:

- A dimensão das peças não tão grandes comparadas ao dimensional de louças sanitárias;

- possibilidade de testar vários acabamentos através do recurso de renderização dos *softwares* 3D, adiantando as análises relacionadas às características estéticas do produto realizadas somente com o protótipo;
- possibilidade de obtenção de colorações e decorações variadas por impressão em jato de tinta cerâmica, já muito empregado no segmento de revestimentos.

Com a finalidade de comparar a quantidade de etapas e o custo para obtenção dos modelos físicos por três opções de tecnologias digitais, realizou-se um estudo comparativo, e o resultado pode ser observado a seguir. O produto utilizado para estudo comparativo foi uma caneca (231 figura), que já foi citada nesta pesquisa para descrever processos de conformação do segmento de cerâmica branca – louça de mesa. O produto foi modelado em três horas no *software* Solidworks.

Figura 231 - Ilustração renderizada em software Solidworks. Fonte: Arquivo pessoal criado pela pesquisadora.

O objetivo do estudo foi identificar qual tecnologia apresenta mais viabilidade no processo de desenvolvimento de produto. O resultado pode ser analisado abaixo (ver tabela 22):

Tabela 22 – Comparação de viabilidade econômica de três possibilidades de utilização de tecnologias digitais no segmento de cerâmica branca

Tecnologia digital	Possibilidade 1	Possibilidade 2	Possibilidade 3
Modelamento 3D do produto	3 horas R\$ 360,00	3 horas R\$ 360,00	3 horas R\$ 360,00
Modelamento 3D do molde e matriz.	_____	_____	6 horas R\$ 720,00
Obtenção do modelo físico por processo de prototipagem rápida FDM	5 horas R\$ 600,00	_____	_____
Simulação estratégica de usinagem CNC	_____	2 horas R\$ 240,00	2 horas R\$ 240,00
Obtenção do modelo físico por processo de usinagem CNC	_____	6 horas R\$ 720,00	_____
Obtenção da matriz por processo de usinagem CNC	_____	_____	8 horas R\$ 960,00
Tempo e Custo	8 horas R\$ 960,00	11 horas R\$ 1320,00	19 horas R\$ 2280,00
Legenda: Possibilidade 1: obtenção de modelo físico por processos de prototipagem rápida (FDM); Possibilidade 2: obtenção de modelo físico por processo de usinagem; Possibilidade 3: obtenção de matriz processo de usinagem;			

Fonte: Idealizado pela autora.

A tabela mostra que existem duas possibilidades de obtenção do modelo físico, a primeira por processo de prototipagem rápida que possui duas etapas, e a segunda por processo de usinagem CNC. Nota-se que o custo é mais alto nos processos por usinagem CNC, pois, além do modelamento 3D virtual digital é necessário fazer a simulação da estratégia em software *CAM* (escolha de material, escolha de fresas, estudo da viabilidade estratégica sugerida pelo *software*), compra de material, preparação do equipamento, e por fim, a usinagem CNC. Comparando-se as duas possibilidades, percebe-se que na usinagem CNC são necessárias mais etapas para obtenção do modelo físico, outro fator considerável, é que a simulação CNC por mais que seja automática, exige conhecimento técnico do operador para a escolha das ferramentas, posições de desbaste e melhor estratégia de usinagem. Nos processos de prototipagem rápida o operador coloca o arquivo “STL” no *software* do equipamento e a única configuração necessária é a escolha da melhor

posição para construção do modelo em função do material de suporte que será criado no mesmo, dessa forma o processo é muito mais rápido. Conclui-se que para obtenção de modelo físico, os processos de prototipagem são mais rápidos e mais viáveis economicamente.

A terceira possibilidade seria a obtenção de matrizes, sendo a opção com os maiores custos. Já se demonstrou diversas vezes as vantagens e desvantagens dessa opção em outros capítulos. De forma geral, esta opção apresenta vantagens em relação a algumas análises possíveis de serem realizadas virtualmente, e também possibilita visualizar e discutir o molde e matriz virtual com modelador. No entanto, se forem necessárias modificações após análise dos protótipos, as correções devem ser realizadas nas matrizes e essa ocorrência vai implicar em mais custos, que dependendo do erro pode até comprometer a matriz. É claro que erros dessa natureza diminuem, conforme se adquire experiência.

Foram realizadas diversas análises nos dados obtidos da pesquisa de campo, e a partir do conhecimento adquirido sobre a variedade de recursos presentes nas tecnologias digitais e das avaliações que são realizadas nos modelos físicos por esse segmento, tentou-se identificar quais os possíveis benefícios da inserção de tecnologias digitais durante o desenvolvimento de projeto (tabela 23).

Tabela 23 – Tipos de avaliações e possibilidades de acordo com a variedade de tecnologias digitais.

Tipos de avaliação e recursos	Tecnologias digitais					
	Modelamento 3D do produto	Modelamento 3D do molde/matriz	Interação CAD/CAE Simulações virtuais	Integração CAD/CAM Usinagem CNC	Processos de prototipagem rápida	Escaneamento digital
Análise da complexidade do desenho						
Análise de desenho técnico						
Análise estética através de renderização						
Simulação de divisão de moldes e ângulos de saídas						
Obtenção de modelo físico aparência						
Obtenção de modelo físico de produção						
Obtenção de matrizes						

Fonte: idealizado pela autora.

Como pode ser observando na tabela acima, o modelamento 3D permite análises quanto à complexidade da peça, obtenção do desenho técnico e análise estética através dos recursos de renderização. O recurso de renderização para essa tipologia de produto é muito útil, pois geralmente em louças de mesa e objetos decorativos, uma característica muito explorada é o *design* de superfícies que pode conter decalques, sendo que os *softwares* permitem esse tipo de estudo. É possível também realizar simulações virtuais nos moldes para estudo e análise de ângulos de saída. Como já foi apresentado anteriormente, os processos de prototipagem rápida apresentam grandes chances de serem utilizados por esse segmento. Os recursos

de escaneamento digital também são de possível utilização para obtenção de modelos físicos e registro digital de projetos, porém existem ressalvas já explicadas com detalhes no subcapítulo 4.3. As vantagens de utilização de tecnologia digital para obtenção de matrizes também já foram explanadas no capítulo 4.3 e na tabela anterior.

4.5.2.3 Placas cerâmicas

A tecnologia digital vem sendo utilizada por esse segmento à cerca de dois anos em substituição aos métodos analógicos de decoração, no interior do estado de São Paulo, onde está localizado um importante polo da indústria de placas cerâmicas prensadas. Praticamente todas as empresas já possuem pelo menos uma linha de produtos no sistema digital. A mudança no processo produtivo por consequência transformou o processo de desenvolvimento de produto. Os coloríficos passaram a utilizar esses equipamentos de decoração digital para verificação em laboratório.

Durante a pesquisa de campo e participação no 2º Fórum de *Design* para revestimentos cerâmicos, foi possível perceber que a decoração digital é uma tecnologia que possibilita que as empresas diferenciem-se não apenas por preço, mas também pelo *design*. Foi possível perceber que a região onde as indústrias de placas cerâmicas estão localizadas (Rio Claro e Santa Gertrudes) possui escassez de mão de obra na área de *design* de superfícies para cerâmica. As empresas necessitam de profissionais com conhecimentos na área gráfica, sendo que hoje a ferramenta essencial para quem deseja trabalhar com tecnologia de impressão digital em cerâmica é o domínio do *software* Photoshop para tratamento de imagens. Além desses conhecimentos, é necessário que o profissional conheça as características dos materiais e processos cerâmicos. Segund Keese (2012), o maior desafio na utilização das tecnologias de decoração digital é a inserção dos padrões cerâmicos no *software* Photoshop. Para cada processo de impressão existe o *gamut* de cores. Dá-se o nome de perfil, ao *gamut* de cores possível de se reproduzir por determinado processo (informação verbal).

As empresas do segmento cerâmico de revestimentos vêm enfrentando dificuldades para encontrar profissionais qualificados para trabalhar na área de *design*, e outro fator verificado durante as visitas realizadas é a falta de

entendimento por parte das empresas quanto ao conceito do que é *design*. Atuar como *designer* de produtos na área de placas cerâmicas, vai além do domínio do *software* Photoshop e do acesso à tecnologia de impressão digital. É preciso que o profissional seja criativo, tenha conhecimentos técnicos e metodológicos de sua área e de cerâmica. Produtos enquadrados na categoria de *design* de superfícies precisam apresentar características estéticas bem definidas bem projetadas, pois não são peças isoladas, elas formam uma superfície contínua, possuem uma linguagem informacional e farão parte de um ambiente/contexto que será composto por uma série de outros objetos. Além dos atributos estéticos que fazem com que os produtos diferenciem-se com relação à beleza, existem os ligados à funcionalidade, por exemplo, a aplicação de granilhas em revestimento para uso em áreas externas onde se requer alta resistência à abrasão. A presença de relevos com maiores volumes é uma característica configurativa que faz sentido estar presente em revestimentos de parede e não em pisos, uma vez que o pavimento precisa ser nivelado e seu uso no piso pode gerar obstáculos e causar acidentes. As geometrias dos relevos precisam ser criadas considerando-se a facilidade de limpeza do produto. A escolha do acabamento do revestimento cerâmico por meio de esmaltes, como: fosco, brilhante e mate, fornecem características tanto estéticas quanto funcionais. Faz parte do projeto de *design* adequar o esmalte a tipologia que se pretende reproduzir.

Segundo Lonza, da empresa Xaar Innovate Technology, 67% do mercado mundial de revestimento cerâmico utiliza impressão digital, sendo que em primeiro lugar está a China, em segundo o Brasil, e a Índia em terceiro lugar. Comparando custos, atualmente pode-se dizer que o m² da impressão digital custa o dobro do m² produzido pela decoração analógica (informação verbal).

De acordo com a categoria de modelo físico utilizada por esse segmento, foi feita a identificação dos benefícios da manutenção ou substituição de métodos analógicos para obtenção de modelos físicos e as possibilidades de inserção de tecnologias digitais nesse processo. O resultado da análise pode ser visto na tabela abaixo (ver tabela 24):

Tabela 24 – Processos analógicos e digitais para obtenção de modelos físicos e categoria de modelos físicos.

Processo de obtenção de modelos físicos: Analógico/tecnologias digitais	Categoria de modelos físicos		
	Modelo físico de aparência	Protótipo	Cabeça de série
Obtido por técnicas analógicas (fotolito e tela serigráfica)			
Obtido por tecnologia digital (decoreção digital)			
Obtido por processo de usinagem CNC	*		
Obtido por escaneamento digital	**		
Obtido por processo e material especificado no projeto			
* Tecnologia utilizada para usinagem de texturas			
**Tecnologia utilizada para escaneamento de texturas e relevos			

Fonte: Idealizado pela autora.

É possível observar na tabela 24 que o segmento de placas cerâmicas utiliza tanto métodos analógicos quanto digitais para obtenção de modelos físicos. Este foi o único setor pesquisado onde a tecnologia digital se consolidou de forma rápida (menos de dois anos) e eficaz. Independe do método utilizado para obtenção de modelos físicos, utiliza-se o *software* Photoshop para tratamento de imagens. O método digital é muito mais rápido, pois elimina a confecção de fotolitos e telas serigráficas.

Durante a pesquisa de campo pôde-se perceber que a tecnologia digital possibilita muitas vantagens em relação às criações, por exemplo, definição de imagem, impressão em relevos e outros benefícios. Porém também existem limitações como, por exemplo, a escolha de cores, mais limitada ante ao sistema analógico. Um exemplo disso é a cor vermelha, que é uma cor que possui custos elevados para sua produção, especialmente no sistema digital. Segundo *designer* entrevistado, existem dois grandes desafios a serem superados pelo segmento;

- O primeiro é conseguir nacionalizar as tintas digitais, devido seus custos serem considerados relativamente altos. Os coloríficos já estão desenvolvendo estudos para isso;

- o segundo desafio é conseguir unir técnicas analógicas e digitais na criação de novos produtos, a fim de suprir as limitações de ambas.

Como pôde ser verificado na pesquisa de campo, tanto a tecnologia CNC quanto o escaneamento digital vem sendo utilizados para o desenvolvimento de texturas de forma muito eficiente.

Verificou-se que as tecnologias digitais estão mais consolidadas nesse segmento quando em comparação aos outros. Na tabela a seguir é possível observar as tecnologias digitais que já são utilizadas e quais tipos de avaliações são realizadas nos modelos físicos durante o desenvolvimento de projeto (ver tabela 25).

Tabela 25 – Tipos de avaliações e possibilidades de acordo com a variedade de tecnologias digitais

Tipos de avaliação e recursos	Tecnologias digitais			
	Desenho 2D da superfície software Photoshop	Impressora digital para decoração	Usinagem CNC	Escaneamento digital
Análise estética: encaixes de desenho saturação da cor e brilho				
Análise estética e volumétricas de texturas				
Obtenção de modelo físico de aparência				
Obtenção de moldes/punção c/textura				

Fonte: Idealizado pela autora.

A tabela 25 mostra que praticamente todas as análises estéticas são realizadas no *software* Photoshop, pois esse tipo de produto se enquadra na categoria de *design* de superfícies. As peças possuem uma configuração predominantemente geométrica plana e quando possuem texturas ou relevos são bem suaves.

Pode-se concluir que os processos de prototipagem rápida não apresentam potencialidade para obtenção de modelos físicos nesse segmento, a não ser para obtenção de texturas, porém, foi verificado que as texturas já são obtidas por processos de usinagem CNC ou por punção resinado, sendo este último quase extinto no setor.

Os processos de prototipagem rápida apresentam maior potencialidade de uso para desenvolvimento de placas cerâmicas conformadas por processo de colagem, pois o processo permite explorar texturas com volumes maiores, ou até mesmo poderiam ser utilizados para confecção de ferramentais como estampos.

As avaliações funcionais e técnicas (ensaios normatizados) são realizadas nos protótipos, obtidos na cabeça de série.

4.5.2.4 Cerâmica vermelha – blocos e telhas

Pode-se concluir que nas três empresas visitadas do segmento de cerâmica vermelha, as mudanças ocorridas nos formatos dos produtos (blocos e telhas) acontecem em função de melhorias técnicas e geralmente ligadas a problemas como: trincas, baixa resistência mecânica e empeno. Com relação à estética dos produtos (telhas) a diferença de tonalidade na cor é a única característica relevante. Os modelos de blocos e telhas foram criados há muitos anos e atendem o mercado de forma eficiente. Um exemplo de problema mais específico de projeto no caso de telhas são os encaixes, pois podem surgir problemas de vazamentos.

Como pode ser visto na tabela 25 esse segmento faz todas as análises inerentes ao produto (técnicas e funcionais) nos protótipos.

Tabela 26 – processos analógicos e digitais para obtenção de modelos físicos e categoria de modelos físicos

Processo de obtenção de modelos físicos: Analógico/tecnologias digitais	Categoria de modelos	
	Protótipo	Cabeça de série
Obtido por processo e material especificado no projeto	x	x

Fonte: Idealizado pela autora.

Mesmo que os únicos modelos físicos utilizados nesse segmento sejam os protótipos, encontraram-se considerações muito importantes do ponto de vista do projeto, relacionadas à interface, como:

- A maior preocupação no bloco é de caráter ergonômico, ou seja, é verificado se as dimensões dos septos dos blocos são suficientes para encaixar os

dedos do usuário (pedreiro), permitindo o manuseio seguro, caso se desconsidere tais situações, o produto não oferece interface com o usuário;

- no caso de telhas, a interface se dá no momento da instalação das peças ou em manutenções, e a maior preocupação são os encaixes para que não haja vazamentos.

As empresas de cerâmica vermelha (blocos e telhas) terceirizam o projeto de produto. Os produtos já são desenvolvidos com a ajuda de *softwares* 3D, onde se modela o produto e a boquilha para que esta seja posteriormente obtida por processos convencionais de ferramentaria, usinagem, corte e montagem. Pode-se perceber que o *software* já é utilizado para verificações técnicas (ver tabela 27): complexidade da boquilha; montagem de componentes, desenho técnico.

Tabela 27 – Tipos de avaliações e possibilidades de acordo com a variedade de tecnologias digitais.

Tipos de avaliação e recursos	Tecnologias digitais				
	Modelamento 3D do produto	Modelamento 3D da boquilha	Integração CAD/CAM Usinagem CNC	Processos de prototipagem rápida	Escaneamento digital
Análise da complexidade da boquilha					
Análise de desenho técnico					
Análise estética através de renderização					
Obtenção de modelo físico aparência					
Obtenção de boquilhas					

Fonte: Idealizado pela autora.

Pode-se perceber que os recursos de *softwares* são utilizados para projeto de boquilhas. Foram identificadas possibilidades de explorar os recursos das tecnologias digitais para verificar quais benefícios e contribuições poderiam ser trazidas para esse segmento, quanto ao desenvolvimento de novos produtos.

Considerando-se os dados relevantes obtidos na pesquisa de campo e a forma como são desenvolvidos os produtos, pode-se perceber que os recursos do *software* também poderiam ser mais explorados na tentativa de criar novos produtos para o segmento, por exemplo, recursos de renderização e processos de prototipagem rápida.

Percebeu-se também que os empresários desse segmento desconhecem as tecnologias digitais, por exemplo, processos de prototipagem rápida, e não tem conhecimento dos benefícios que poderiam obter utilizando esse recurso para criar novos produtos, evitando custos altos na obtenção de boquilhas, para posterior avaliação de protótipos.

Uma possível explicação para a existência de poucas propostas de projeto de *design* para esse segmento é o fato de a interface desses produtos (blocos e telhas) com o usuário ser mínima. A valorização de atributos estéticos é praticamente nula para blocos cerâmicos. Porém, no caso das telhas, por ficarem aparentes, este atributo apresenta grande importância, e as mesmas podem ser coloridas através da aplicação de engobes proporcionando acabamento fosco ou aplicação de esmaltes proporcionando acabamento brilhante.

5 CONCLUSÕES

Neste capítulo pretende-se fazer a comparação entre a questão fundamental, que contém o problema da pesquisa, e os subproblemas. Os resultados obtidos foram devidamente evidenciados no decorrer do capítulo 4, confrontando-os com os métodos escolhidos e utilizados, descritos no capítulo 3.

Conforme detalhado no capítulo 3 - Métodos, o propósito da pesquisa qualitativa na modalidade estudos de caso é lançar luz sobre um fenômeno, seja ele um processo, evento, pessoa ou objeto de interesse do pesquisador. Pode ser estudado um único caso quando ele é único e excepcional ou podem ser estudados múltiplos casos para realizar comparações, construir teorias e propor generalizações. Durante esse processo, o pesquisador reúne uma quantidade substancial de dados, a partir de uma ampla variedade de fontes de sistema operacional, para apresentar uma descrição do fenômeno ou experiência a partir da perspectiva dos participantes (Leedy, p.157).

A pesquisa inicia-se com a investigação do uso de modelos físicos no desenvolvimento de produtos na indústria cerâmica por meio de processos analógicos e qual a possibilidade de inserção de tecnologias digitais, apontando benefícios e limitações por meio de comparações entre esses processos e verificando possíveis contribuições para o *design*.

Para a investigação dessa pesquisa foram delineados 4 subproblemas na tentativa de responder a questão fundamental. O método pensado para resolver cada subproblema também está descrito em detalhes no capítulo 3 - Métodos.

O objetivo do primeiro subproblema, de investigar as metodologias aplicadas para confecção de modelos físicos durante o processo de concepção de novos produtos na indústria cerâmica, foi de fundamental importância para a pesquisa, pois a partir dele puderam ser identificados quais segmentos que utilizam modelos físicos como parte integrante do método de projeto de produtos. O método escolhido para investigar esse subproblema foram visitas às fábricas e entrevistas com *designers* e modeladores.

De acordo com Leedy (2009), os pesquisadores de estudo de caso geralmente assumem um papel interativo com seus participantes, tornando-se pessoalmente envolvido com as pessoas e com o fenômeno estudado. Nesta pesquisa, essa postura foi necessária, pois as respostas procuradas somente

poderiam ser obtidas por meio de entrevistas e observação direta, e algumas vezes participativa, além de contar com a formação da pesquisadora como *designer* e técnica em cerâmica, atuando no mercado desenvolvendo projetos com o uso de *softwares* e modelagem física digital.

Foram visitados os segmentos de cerâmica branca (louça sanitária, louça de mesa e objetos decorativos); cerâmica vermelha (blocos e telhas) e placas cerâmicas (pisos e azulejos).

Um fator em comum que pôde ser observado durante a pesquisa de campo foi que a indústria cerâmica permaneceu por muitos anos desenvolvendo seus produtos pelos mesmos processos, e pode-se dizer que o segmento que se modernizou foi o de placas cerâmicas devido a recente chegada — no máximo dois anos — dos processos de decoração digital no Brasil, que há algumas décadas possui automação em sua produção. Outro segmento que também se destacou foi o de cerâmica branca, especificamente as indústrias de sanitário que também se modernizaram. Atualmente, todos os produtos são desenhados em *softwares*, e algumas já utilizaram usinagem CNC para confecção de matrizes, mas grande parte das atividades de desenvolvimento de produto ainda é manual e morosa.

Percebeu-se que para cada segmento são utilizadas categorias de modelos físicos distintos, como pode ser visto na tabela a seguir (tabela 28):

Tabela 28 – Categoria de modelo físico por segmento cerâmico

Segmento cerâmico		Categoria de modelos físicos					
		Modelo físico preliminar	Modelo físico funcional	Modelo físico de aparência	Modelo físico de produção ²¹	Protótipo	Cabeça de série
Cerâmica branca	Louça sanitária						
	Louça de mesa						
	Objetos decorativos						
Cerâmica vermelha	Bloco						
	Telha						
Materiais de revestimentos	Placas cerâmicas						

Fonte: Idealizado pela autora.

Analisando os dados da tabela acima e as conclusões parciais de cada segmento, pode-se perceber que:

- Quanto mais complexo o produto, maior a quantidade e a variedade de modelos físicos utilizados no processo de desenvolvimento;
- quanto mais complexo o produto, maior o tempo para desenvolvimento e maior o número de modelos físicos utilizados.

Pôde-se perceber, com dados atualizados do setor, que alguns fatores fazem com que o processo de desenvolvimento de produtos se transforme ao longo dos anos:

- O surgimento de novas tecnologias no processo produtivo ocasiona mudanças no processo de desenvolvimento de produto, por exemplo, a chegada da decoração digital no segmento de placas cerâmicas;
- surgimento e envolvimento direto de novos personagens no cenário, como por exemplo, *designers/projetistas*, técnicos e engenheiros, o que resultou na multidisciplinaridade e troca de informações entre esses profissionais.

²¹ Modelo físico de produção: é aquele modelo físico que possui todas as compensações referentes à retração do corpo cerâmico e a possíveis deformações geométricas devido à presença de matérias-primas fundentes nas massas cerâmicas.

Segundo pesquisa realizada pela CNI em 2000 com todos os segmentos da indústria cerâmica, o único segmento onde o *designer* atuava era o da indústria de placas cerâmicas. A pesquisa mostrou que as empresas não trabalhavam com *design*, e apenas 3% das empresas já haviam terceirizado projetos de *design*;

- ambiente destinado e apropriado à criação e desenvolvimento de produtos. Pode-se perceber que, quando o desenvolvimento de um novo produto interfere significativamente nas atividades cotidianas da empresa, este deixa de ser viável, por exemplo, no segmento de cerâmica vermelha (telhas), a introdução de um novo produto na linha de produção chega a impactar até 80% do layout da fábrica, ou seja, desenvolver um novo produto implica na necessidade de construção de uma nova planta industrial;

A terceirização completa do projeto distancia o entendimento e a necessidade do *design*;

- desconhecimento da definição de projeto, por alguns segmentos da indústria cerâmica (segmento de cerâmica vermelha e placas cerâmicas);
- os segmentos que pressupõem que os produtos existentes atendem o mercado de forma eficiente gera comodismo retardando o surgimento de produtos com soluções inovadoras. No segmento de cerâmica vermelha foram identificadas preocupações relevantes com relação à configuração dos produtos, no que diz respeito às questões ergonômicas e funcionais. Portanto, pode-se concluir que o projeto, nesse segmento, pode ser muito mais do que um desenho técnico de uma boquilha. Dessa forma, a terceirização completa do projeto de boquilha, deixa lacunas quanto a informações preciosas e que poderiam resultar em produtos inovadores.

Procurou-se conhecer os processos de fabricação de modelos físicos por métodos analógicos. Durante as visitas às fábricas foram entrevistados modeladores e descritas as etapas do processo de obtenção dos modelos físicos por métodos analógicos. Além de entrevistas com modeladores, utilizou-se pesquisa bibliográfica de autores que descrevem as etapas para obtenção dos modelos físicos, ferramentas e materiais. O foco das entrevistas e da observação não participativa direta foi compreender quais tipos de habilidades e competência são necessárias para essa função. Pôde-se concluir que:

- A etapa de confecção de modelos físicos é uma etapa extremamente técnica e que depende de habilidades manuais. Na maioria dos casos, percebeu-se que esse tipo de mão-de-obra é formada internamente na própria empresa por ser considerada extremamente técnica e específica;
- em algumas empresas pode se verificar que o ofício foi passado de geração em geração;
- na maioria das empresas visitadas constatou-se que o modelador possui muitos anos de experiência (entre 15 e 25 anos);
- além de habilidades para modelar, é necessário saber ler e interpretar desenhos técnicos;
- as etapas de construção de modelos físicos, moldes e matrizes também podem ser muito demoradas dependendo da complexidade do produto;
- o processo cerâmico possui muitas variáveis como retrações e deformações, devido à presença de materiais fundentes nas matérias-primas que são difíceis de serem controladas, e a falta de compreensão do processo dificulta extremamente o desenvolvimento de qualquer produto, principalmente no segmento de cerâmica branca.

Também procurou-se conhecer os processos de fabricação de modelos físicos por tecnologias digitais. Utilizou-se o mesmo método empregado no segundo subproblema, de forma a compreender como os modelos físicos poderiam ser confeccionados por tecnologias digitais. Porém, foram coletados dados por meio de entrevistas com *designers* ou projetistas, visitas a empresas que utilizam tecnologias digitais durante o processo de desenvolvimento de produtos e empresas que representam equipamentos com tecnologias digitais. Também foram realizadas entrevistas com coordenadores de centros de pesquisa de tecnologias tridimensionais em busca de opinião imparcial quanto à diversidade de tecnologias disponíveis atualmente, na tentativa de identificar as que teriam melhor aplicação no caso da cerâmica. Ainda fez-se necessária a participação em cursos de modelamento 3D virtual digitais para compreensão das possibilidades reais de aplicação nos segmentos cerâmicos. Concluiu-se que:

- Assim como no processo analógico, o *designer* ou projetista também necessita de habilidades, tais como o modelador, para conseguir executar o modelamento 3D virtual digital;

- a habilidade é consequência da prática que também pode variar de uma pessoa para a outra;
- os conhecimentos das variáveis do processo cerâmico também precisam estar associados a essa atividade;
- o modelamento 3D virtual exige conhecimentos específicos por ser uma tarefa de alta complexidade. Existem diversos *softwares* no mercado, e o *designer* ou projetista precisa ter os conhecimentos das possibilidades existentes e adaptar-se a uma delas;
- é necessário construir mentalmente uma estratégia de criação do desenho, pois, se houver modificações, a sua edição precisa ser feita de maneira prática, rápida e eficaz evitando retrabalhos;
- existe uma série de vantagens quando se adquire prática no modelamento 3D, pois com ele é possível desenvolver geometrias muito complexas, é também possível desenhar molde e matriz virtual;
- através do módulo integrado CAD/CAM é possível criar modelos físicos e matrizes por usinagem CNC; pôde-se perceber através de observação direta e participativa que são necessários conhecimentos de ferramentaria para realizar as simulações de usinagem no *software* e operar o centro de usinagem, este processo não é tão rápido;
- através do módulo CAD/CAE é possível fazer simulações em moldes e matrizes virtuais, isso ajuda o modelador a estudar o molde e a complexidade do mesmo, sem gastar tempo, material e dinheiro, podendo facilitar o trabalho do modelador;
- embora a tecnologia proporcione muitas possibilidades para área de projetos, ela por si só não garante um bom *design*. O *designer* ou projetista precisa passar por treinamentos e praticar bastante até obter conhecimento suficiente para criar e modelar peças com geometrias complexas;

Investigou-se o papel do modelador, *designer* e projetista durante o processo de desenvolvimento de novos produtos. Pôde-se concluir que:

- Cada profissional, modelador, *designer* ou projetista contribui de acordo com suas habilidades, que por sua vez são distintas;
- enquanto o modelador possui a habilidade prática e a vivência na indústria, conhecendo minuciosamente as características do processo cerâmico, o

designer conhece o método de projeto e possui percepções que dizem respeito às configurações do produto, aspectos não só técnicos, mas também ergonômicos funcionais e estéticos e a harmonia dessas qualidades resulta no bom *design*;

- concluiu-se que, quando existe a interação de profissionais de diferentes áreas, os erros são minimizados resultando em um produto melhor em todos os sentidos.

Por fim, após coleta de dados e organização por categorias, tentou-se, por meio do cruzamento de dados, verificar potencialidades do uso de tecnologias digitais na indústria cerâmica. Para isso, fez-se necessária a comparação entre os diversos tipos de tecnologias digitais pesquisadas e as possibilidades de utilização das mesmas de acordo com a categoria de modelos físicos utilizados pelos segmentos da indústria cerâmica, além do tipo de informação que se recolhe dos mesmos em cada fase do projeto:

- Percebeu-se que o segmento de cerâmica branca (louça sanitária) é o que mais utiliza modelos físicos, devido à complexidade do produto e o tempo que se leva para desenvolver o mesmo. Nesse segmento são utilizados modelos físicos preliminares, de aparência, e protótipos, onde são realizadas as avaliações funcionais do produto;
- pôde-se identificar também que a indústria cerâmica utiliza matérias-primas e processos com custos relativamente baixos, por esse motivo, a maioria das empresas opta por obter diretamente o protótipo em material cerâmico, onde são realizadas todas as avaliações no produto: técnicas, estéticas, funcionais e ergonômicas. Devido a esse fato, na maioria das indústrias visitadas foi encontrado basicamente o modelo físico de produção, que é aquele utilizado para obtenção do molde de gesso e que é possível fazer avaliações preliminares no mesmo e os protótipos, onde são realizadas todas as outras avaliações mencionadas acima;
- quanto ao uso de tecnologias digitais, pôde-se averiguar que algumas indústrias utilizam tecnologias digitais para obtenção de matrizes e não de modelos físicos pelo fato dos custos serem altos;
- pôde-se perceber vantagens em utilizar processos de prototipagem rápida (tecnologias 3DP e FDM) para obtenção de modelos físicos para avaliações

estéticas, funcionais e ergonômicas e também para obtenção de moldes em gesso;

- os *softwares* permitem algumas análises que podem ser utilizadas para ajudar o modelador no processo de desenvolvimento do produto, principalmente para estudos de divisão dos tacelos nos moldes e matrizes;
- a utilização do recurso de usinagem CNC faz sentido para obtenção de matrizes e não para obtenção de modelos físicos, como pôde ser visto no subcapítulo 4.5. Nas comparações de viabilidade econômica de cada uma das tecnologias estudadas, existem riscos relacionados a possíveis correções nas matrizes que podem resultar em aumento de custos.

Com todos os dados coletados e análises realizadas, pôde-se perceber que a indústria cerâmica ainda está pautada em técnicas analógicas para obtenção de modelos físicos e que existem possibilidades de utilização das tecnologias digitais, como por exemplo, processos de prototipagem rápida, usinagem CNC e escaneamento digital. Porém, exige-se a presença de outros personagens nesse contexto com outras habilidades e competências, para que o uso dessas tecnologias seja implementado de forma eficaz. Pode-se concluir que para o desenvolvimento de produtos complexos, percebem-se vantagens na utilização de tecnologias digitais. Para produtos com geometria simples percebem-se vantagens na manutenção de técnicas analógicas para a confecção de modelos físicos. O uso de tecnologias digitais, embora esteja mais acessível quando comparado a anos anteriores, ainda é baixo e de custo relativamente alto. A falta de conhecimento por parte das empresas cerâmicas, em relação às vantagens e limitações dos processos digitais para obtenção de modelos físicos, também é algo generalizado.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCERAM. Associação Brasileira de Cerâmica. **Informações técnicas**. Disponível em: <http://www.abceram.org.br/asp/abc_2610.asp>. Acesso em: 22 jul. 2010.

ANDRADE, Júlio Maia de. **Os elementos tridimensionais de representação como instrumental básico e suas aplicações no desenvolvimento de projetos de desenho industrial**. 1988. 142 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

AUN, Cristiane R. **Proposta de uma metodologia de projeto para louça utilitária de uso doméstico**. 2000. 239f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

BALA. G. SOARES. H. **Entrevista concedida a Fernanda Moreira**. Rio Claro - SP 17 out. 2013.

BARBOSA, BERTOLDI, C. **Modelos físicos para desenho industrial**. Material de apoio para Disciplina AUP 475 Modelos físicos para desenho industrial – Curso de Design da FAU – Universidade de São Paulo, 2010.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto**. Tradução: Itiro Iida. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1998.

BERTOLDI, Cristiane. **Proposta de nova linguagem de projeto para revestimento cerâmico aplicado às fachadas para o uso doméstico e/ou comercial**. 2005. 283 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

BONSIEPE, Gui. **Teoria e prática do desenho industrial**. Barcelona. Gustavo Gili, 1978.

CEETEPS. **Série metódica para aulas de fresadora**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABIOIAI/apostila-fresadora-enco-f1>>. Acesso em: 19 set. 2014.

CEUSA. **Fabricante de revestimento cerâmicos**. Disponível em: <www.ceusa.com.br>. Acesso em: 22 set. 2013.

CHAVARRIA, Joaquim. **Moldes**. Barcelona: Parramon Ediciones S.A., 2006.

CRESWELL, John W. **Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. Thousand Oaks (Califórnia): Sage, 2009.

CRUSE. **Digitalizador de imagens de grande formato**: catálogo. Junho de 2010.

CULLEN, C. O.; HALLER, L. **Design secrets: products 2: 50 real-life projects uncovered**. Gloucester: Rockport Publishers, 2004.

DECA. Disponível em: <<http://www.deca.com.br/produtos/bacia-ccaixa-acoplada-izy-3/?cat=4003>>. Acesso em: 04 ago. 2013.

DESIGNBRASIL. Disponível em: <<http://www.designbrasil.org.br/entrevista/marcos-roismann>>. Acesso em: 16 mar. 2013.

DUALIBI, J. **Entrevista concedida a Fernanda Moreira**. Itaboraí -RJ, 14 OUT. 2013.

ECHENIC, Marcial. **Modelos matemáticos de la estructura espacial urbana: aplicaciones em latino américa**. Buenos Aires: ediciones nueva vision AS, 1975.

EUROTOP. **Soluções em telhas**, grupo Estrutural: catálogo. Mar. 2011.

GERMER PORCELANAS. **Linhas de produtos**. Disponível em: <<http://www.germerporcelanas.com.br:8080/germer/index.html>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

GORNI, A. A. **Introdução a prototipagem rápida e seus processos**. Disponível em: <<http://www.gorni.eng.br/protrap.html>>. Acesso em: 31 jul. 2010.

GOULART, E. S. **Apostila de modelagem industrial**. São Bernardo do Campo, dez. 2011.

GOULART, E. S. **Entrevista concedida a Fernanda Moreira**. São Bernardo do Campo, 21 dez. 2011.

HOLARIA. Disponível em: <<http://www.holaria.com.br/holaria/produtos.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

HOSKINS, S. **Entrevista concedida a Fernanda Moreira**. Bristol - Inglaterra, 24 set. 2012.

HUDSON, Jennifer. **Pocess: 50 product designs from concept to manufacture**. London: Laurence King Publishing Ltd, 2008.

HUSON, D. **Entrevista concedida a Fernanda Moreira**. Bristol - Inglaterra, 24 set. 2012.

IWAKAMI, M. **Design em cerâmico e prototipagem rápida: novas possibilidades para o arranjo produtivo local de louças de campo largo – PR. 2012. 126 f.** Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Paraná, 2012.

KASPAR, G. **Entrevista concedida a Fernanda Moreira**. Itú – SP, 05 mar. 2013.

KOLAREVIC, B. **Architecture in the digital age. Design and manufacturing**. Oxford: Taylor & Francis, 2005.

LEEDY, Paul D. e ORMROD, Jeanne E. **Practical research: planning and design**. Upper Saddle River (Nova Jérsei): Prentice Hall, 2009.

LEFTERI, C. **Materials for inspiration design – ceramics**. Roto Vision, 2003.

LOPES, J. **Entrevista concedida a Fernanda Moreira**. Campinas – SP, 24 set. 2013.

MENEZES, J. B. **Modelos físicos aplicados ao desenho industrial**. Apostila de apoio para Disciplina AUP 2418 – Modelos Tridimensionais. Curso de Design da FAU, 2007.

MORAIS, P. **Entrevista concedida a Fernanda Moreira**. Jundiaí – SP, 21 set 2013.

MOREIRA, F. **Anotações em aula** – disciplina AUP 5892-1 – Introdução à metodologia de pesquisa em design ministrada pelo Prof. Dr. Luís Claudio Portugal do Nascimento e Profa. Dra. Denise Dantas no curso de pós-graduação da FAU USP, de março a julho de 2011.

MOREIRA, F. Os cursos de cerâmica do SENAI e o curso de ceramista modelador no período de 1962 a 1990 – monografia elaborada para a disciplina AUH5857-1 História Social do Design no Brasil, ministrada pelo Prof. Dr. Marcos Braga.

MUNARI, Bruno. **Das coisas nascem coisas**. Trad. J. Manuel de Vasconcelos. São Paulo. Martins Fontes, 1981.

NIVOLONI, L. **Entrevista concedida a Fernanda Moreira**. Itú - SP 21 jan. 2013.

PAULETTO, P. **Entrevista concedida a Fernanda Moreira**. Itú - SP 21 jan. 2013.

PELLANDA, L. **Entrevista concedida a Fernanda Moreira**. Campo Largo - PR, 18 mar. 2012.

PEREIRA, J, A. **O virtual digital na projeção de produtos e a qualificação profissional**. 2009. 150 f. Dissertação (Mestrado em Educação) Universidade Federal do Paraná, 2009.

PORCELANA TEIXEIRA. Disponível em:
<<http://www.porcelanateixeira.com.br/produtos.asp>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

QUINN, A. **Ceramic design course: principles practice and techniques**. Thames e Hudson, 2007.

ROBTEC, **Desenvolvendo produtos, garantindo o futuro, equipamento sinterstation HIQ: catálogo**, 2011.

ROCA. Disponível em: <<http://www.br.roca.com>>. Acesso em: 21 set. 2012.

RODRIGUES, F. **Entrevista concedida a Fernanda Moreira**. São Bernardo do Campo, 23 nov. 2012.

SELECTA BLOCOS. Disponível em:
<http://www.selectablocos.com.br/ae_intro.html>. Acesso em: 21 jan. 2013.

SHIMIZU, Yoshiharu & outros. **Models & prototypes clay, plaster, styrofoam, paper**. Tokyo: Graphic-sha Publishing Co., 1991.

SOARES, H. **Entrevista concedida a Fernanda Moreira.** São Bernardo do Campo, 21 jan. 2013.

SOLIDTHINKING. **Where ideas take shape:** catálogo, 2011.

STRATASYS. **Fortus 3D production systems, fortus systems e material overview:** catálogo, 2011.

STRATASYS. **Sistema de impressão 3D de múltiplos materiais tecnologia polyjet matrix:** catálogo, 2012.

TEIXEIRA, P. **Entrevista concedida a Fernanda Moreira.** São Caetano do Sul, 15 mar. 2013.

TERSTIEGE, Gerrit. **The making of design. From the first model to the final product.** London: Birkhauser, 2009.

UWE. University of West of England. Centre for fine print research. Disponível em: <<http://www.uwe.ac.uk/sca/research/cfpr/>>. Acesso em 12 ago. 2012.

VENÂNCIO, C. J. **Entrevista concedida a Fernanda Moreira.** São Bernardo do Campo, 21 dez. 2011.

VIANA, A. **Entrevista concedida a Fernanda Moreira.** Itú – SP, 05 mar. 2013.

VOLPATO, Neri. **Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações.** São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

XAAR. **O guia Xaar para Inkjet Industrial:** catálogo. DESKTOP a sua revista de artes gráficas.

ZCORPORATION. **The Fastest, Most Affordable color 3D Printing:** catálogo. Zprinter Product Line, 2009.

ZONIS, H. **Entrevista concedida a Fernanda Moreira.** Rio de Janeiro - RJ, 14 out. 2013.

YIN, Robert. **Estudo de caso: planejamento e método.** Porto Alegre: Bookman, 2004.

7 APÊNDICE

Roteiro de entrevista

1 Dados: cartela de produtos no segmento de banho

2 Dados: Empresa/formação de equipe de design/ criação/desenvolvimento de produto

Possui planta industrial em quais estados:

Quais delas possuem departamentos de projetos de design:

A equipe de design é composta por um grupo de profissionais de quais áreas do conhecimento?

Como é o processo de criação de um produto (ideia/seleção de ideias)? É seguido um briefing, este briefing é passado por quem?

As coleções são criadas inspiradas em um tema? Quem determina essas diretrizes? Existe um departamento que faz pesquisas relacionadas à tendência, para auxiliar no desenvolvimento de produto?

Os produtos são desenvolvidos em coleções? Qual o tempo de desenvolvimento de um determinado produto ou de uma coleção?

O que exatamente é levantado em uma pesquisa de tendência (Baseado em que, é possível supor que as pessoas vão gostar de determinado produto)?

Qual a periodicidade do lançamento de coleções? Ou catálogos?

Onde (quais eventos) são lançados os produtos da Deca?

A empresa registra patente dos produtos desenvolvidos? As Patentes se estendem para outros países?

3 Dados: Processo de desenvolvimento de produtos

Os produtos são desenhados com auxílio de softwares de modelagem 3D?

Quais softwares são utilizados?

Estes softwares são utilizados para desenvolver somente os desenhos, ou também são realizados testes de desempenho nos modelos virtuais gerados, como por exemplo, testes de resistência mecânica nos produtos?

São consultadas normas técnicas ou manuais de ergonomia para o desenvolvimento de produto?

Qual a faixa de tolerância dimensional exigidas nos produtos cerâmicos desenvolvidos?

São utilizados modelos físicos no processo de desenvolvimento de produtos?
Estes modelos físicos são confeccionados em que tipo de material?

A Deca utiliza prototipagem rápida para desenvolver modelos físicos? Se utiliza, qual a tecnologia utilizada?

Quais tipos de averiguações são realizadas nos modelos físicos? (Forma/ergonomia e outros)?

Aproximadamente quantos modelos físicos são confeccionados até aprovação final do modelo para fabricação do produto? Qual o tempo de duração desta fase?

São confeccionados modelos de aparência (Conceituais) (que representam fielmente o produto com cores e todos os detalhes de acabamento)/ dos produtos desenvolvidos para apresentação do projeto para a empresa Roca?

Os modelos físicos são utilizados em algum momento para realização de pesquisas referente à interface deste produto com possíveis usuários?

Acredita que a prototipagem rápida poderia melhorar em quais aspectos o desenvolvimento de produtos desta área?

Visita Empresa: Roca

Data: 10/09/2012

Apontamentos:

Histórico Empresa Roca

1917 - Ano da fundação da empresa na Espanha como Roca Radiadores S.A;

1936 - entrou par o mercado de Porcelana sanitárias na Espanha;

1954 - começou a fabricar torneiras;

1962 – Foi inaugurada a 2ª fábrica de porcelana em Alcalá de Henares (Madrid);

1963 – entrou no mercado emergente de ar condicionado;

1968 – Foi inaugurada a terceira fábrica de porcelana em Sevilla

1974 – foi inaugurada a fábrica de banheiras de aço esmaltado;

Nas décadas de 80 e 90 a empresa inclui-se ativamente no mercado de cerâmica. A fábrica de cerâmica Del Froix, passou a ser subsidiária, foi o início da área de negócios atual da cerâmica. Durante estas duas décadas, de acordo com a determinação de expansão, abriram-se filiais e são consolidadas acordos com

empresas líderes em seus mercados, enquanto materializam-se aquisições e operações corporativas;

1999 - a Roca entrou definitivamente no mercado brasileiro, ao adquirir a **Keramik Holding AG Laufen**, detentora das marcas **Incepa e Celite**, que já era, então, líder nacional em louças sanitárias.

2012 – Possui 68 fábricas em 18 países, presença comercial em 115 países;

2012 – Áreas de atuação: criação e produção de :

- **Louças sanitárias;**
- **Metais para cozinha e banheiro;**
- **Banheira e coluna de hidromassagem;**
- **Revestimentos cerâmicos**

1 Dados: cartela de produtos no segmento de banho

Louça sanitárias/ lavatórios/ Cubas/Assentos especiais e Mictórios

Rocca – linhas europeias – desenho espanhol

Celite

Locasa

Incepa

Desenho Nacional

2 Dados: Empresa/formação de equipe de design/ criação de produtos e coleções

A Roca no Brasil é encontrada em quais estados:

SP – Jundiaí – Linha Luxo

ES – Linha Popular

PE – Recife – Linha Popular/Luxo

MG – Santa Luzia – Popular/Médio

Quais delas possuem departamentos de projetos de design: Jundiaí – Departamento de Desenvolvimento de Produto e de Marketing.

R- No site podemos verificar que a Roca conta com projetos de renomados designers, arquitetos e escritórios de arquitetura e design. A Roca no Brasil também cria/desenvolve projetos de design.

- Projeto p/Europa – São contratados designers que assinam alguns produtos.

- No Brasil – Linha Sig Bergamin / Ruy Ohtake – projeto de desenho não desenvolvido.

A equipe de design é composta por um grupo de profissionais de quais áreas do conhecimento?

R- Responsável pelo setor de desenvolvimento de projeto – Marcos Mazoni: Modelador 23 anos de experiência, trabalhou na celite e depois na Roca: Realizou os seguintes cursos: metalúrgica e projetista.

Nivaldo – Modelista treinado na equipe – realizou treinamento em software de desenho 3D.

Os produtos são desenvolvidos em coleções? Quem as desenvolve? Qual o tempo de desenvolvimento de um determinado produto ou de uma coleção?

R- São criadas pelo menos duas coleções por ano.

As coleções são criadas inspiradas em um tema? Quem determina essas diretrizes? Existe um departamento que faz pesquisas relacionadas à tendência, para auxiliar no desenvolvimento de produto?

O que exatamente é levantado em uma pesquisa de tendência (Baseado em que, é possível supor que as pessoas vão gostar de determinado produto)?

Qual a periodicidade do lançamento de coleções? Ou catálogos?

R- Duas coleções por ano e mais cubas avulsas (ultimamente é um produto com alto número de vendas)

Onde são lançados os produtos da Roca?

R- Revestir e Kitchen and Bath

A Roca tem registro de patente dos produtos desenvolvidos? As Patentes se estendem para outros países?

R- Não possui patentes

3 Dados: Processo de desenvolvimento de produtos

Como é o processo de criação de um produto (ideia/seleção de ideias)? É seguido um briefing, este briefing é passado por quem?

R- Short Briefing e reuniões com Diretores de Marketing/Produção/Logística

Quais critérios são levados em consideração para analisar a viabilidade das ideias?

R- Facilidade de produção

Os desenhos (skecths) que representam as ideias iniciais são criados manualmente?

R- Não obtivemos resposta. Porém conseguimos averiguar que alguns produtos são criados a partir de intervenções em modelos físico de gesso já existentes.

Os produtos são desenhados com auxílio de softwares de modelagem 3D?

R- Sim.

Quais softwares são utilizados? Software NX, utilizado na GM.

R- Estes softwares são utilizados para desenvolver somente os desenhos, ou também são realizados testes de desempenho nos modelos virtuais gerados, como por exemplo, testes de resistência mecânica nos produtos? Não

São consultadas normas técnicas ou manuais de ergonomia para o desenvolvimento de produto?

R- Sim. São utilizadas normas técnicas para exportação, não são utilizados manuais de ergonomia e sim consulta a especialistas.

Qual a faixa de tolerância dimensional exigidas nos produtos cerâmicos desenvolvidos?

R- São utilizados modelos físicos no processo de desenvolvimento de produtos? Estes modelos físicos são confeccionados em que tipo de material?

Como materiais são utilizados gesso e cerâmica para desenvolvimento dos modelos de louças sanitárias.

R- Os modelo de sifão são confeccionados por prototipagem rápida, com a tecnologia FDM, em ABS.

A Roca utiliza prototipagem rápida para desenvolver modelos físicos? Se usa, qual a tecnologia utilizada?

R- Sim. FDM, o modelo é confeccionado em ABS. Somente modelo de sifonagem.

Quais tipos de averiguações são realizadas nos modelos físicos? (Forma/ergonomia e outros)?

R- Deformações nos modelos, escoamento, arraste de dejetos, fluxo de água e consumo de água, produção e desforma.

O fluxo de água tem que funcionar em alta pressão e em baixa pressão.

O consumo de água estabelecido por norma é de 5,8 Litros a cada descarga.

Aproximadamente quantos modelos físicos são confeccionados até aprovação final do modelo para fabricação do produto? Qual o tempo de duração desta fase?

R- Fase de protótipo: 3 alterações de deformações

+/- 6 pequenas alterações de processo, furo e rebarba.

São confeccionados modelos de aparência (conceituais) (que representam fielmente o produto com cores e todos os detalhes de acabamento)/ dos produtos desenvolvidos para apresentação do projeto para a empresa Roca?

R- Não. Para confeccionar um modelo de aparência levaria o mesmo tempo que para fazer o produto, então é mais viável fazer direto o protótipo.

Os modelos físicos são utilizados em algum momento para realização de pesquisas referente à interface deste produto com possíveis usuários?

R- Em feiras de lançamento, e em alguns casos, alguns usuários são convidados para analisar o produto em questão. Como por exemplo: louça sanitária para deficientes físicos.

Acredita que a prototipagem rápida poderia melhorar em quais aspectos o desenvolvimento de produtos desta área?

R- Entende-se que neste tipo de indústria a prototipagem rápida não seria utilizada para propor soluções nos aspectos de design relacionados as questões estéticas do produto, pois o modelo seria inviável economicamente. Porém para solucionar problemas técnicos funcionais, como por exemplo, desenvolver modelos de sifão, esta tecnologia é perfeitamente aplicada.

Empresa: holaria

Data: 12/03/2013

Entrevistado: Luiz

1 Dados: cartela de produtos:

R- Produtos para o segmento de objetos decorativos, alguns revestimentos de parede e alguns utilitários.

2 Dados: Empresa/formação de equipe de design/ criação de novos produtos ou redesign

Possuem departamentos de projetos de design/Ferramentaria:

R- Sim. Escritório em Curitiba.

A equipe de projetos é composta por um grupo de profissionais de quais áreas do conhecimento?

R- Luiz e Aleverson. Os dois são formados em Desenho Industrial pela UFPR - Universidade Federal do Paraná. Ano de formação 2003.

Existe a Criação de novos produtos neste segmento industrial? Como poderíamos quantificar em número de lançamento por ano (média).

R- Sim. Existe a necessidade de averiguar o cronograma da produção com a fábrica para o desenvolvimento de novos produtos. O custo para confeccionar as matrizes em centros de usinagem CNC (aproximadamente R\$ 3000,00) também torna inviável o desenvolvimento de muitos produtos por ano.

Como é o processo de criação de um produto (ideia/seleção de ideias)? É seguido um briefing, este briefing é passado por quem? Existem dados referentes a pesquisas relacionadas à tendência, para auxiliar no desenvolvimento de produto?

R- Não. São peças de design autoral. Não existe briefing, as peças são criadas e modeladas virtualmente pelo próprio empresário que é designer de produto.

Qual o tempo de desenvolvimento de um determinado produto?

R- 1 ano. Em função do cronograma de produção da fábrica, mas poderia ser menor.

A holaria tem registro de patente dos produtos desenvolvidos? As Patentes se estendem para outros países?

R- Possuem patentes de dois produtos. Um dos produtos é a linha "Pingada" de xícaras. Produto desenvolvido em 2009 e que será produzido este ano (2013) após lançamento na feira Gift Fair.

3 Dados: Processo de desenvolvimento de produtos

Quais considerações/cuidados são levantados para o desenvolvimento de produtos (dimensionais, normativas, estéticas)?

R- As limitações de processo estão associadas as deformações que as massas sofrem durante o processo de sinterização, como consequência algumas geometrias, principalmente as planas podem sofrer deformações geométricas que precisam ser compensadas nos moldes. A dimensão dos fornos e dos tornos roller também devem ser levadas em consideração no desenvolvimento de novos produtos.

Os produtos são desenhados com auxílio de softwares de modelagem 3D? Quais softwares são utilizados?

R- As peças são desenhadas com auxílio de softwares de modelagem tridimensional Rhinoceros e Solidworks.

Estes softwares são utilizados para desenvolver somente os desenhos, ou também são realizados testes de desempenho nos modelos virtuais gerados, como por exemplo, testes de resistência mecânica nos produtos?

R- Os softwares também são utilizados para realizar testes de desempenho do material. São feitas simulações na tentativa de identificar os pontos críticos na geometria que poderão sofrer amolecimento durante o processo de sinterização e consequentemente deformações. É utilizado o módulo de engenharia do software Solidworks para realizar estes testes.

Ex: O modelo é desenhado no software em três dimensões e é aplicado o material com propriedades de borracha. No módulo de engenharia é aplicada uma força no topo da peça, fazendo com que a mesma se deforme, dessa forma os pontos críticos de deformação são identificados pelo gráfico gerado no simulador de testes. A partir dos resultados tenta-se desenvolver uma peça estruturada mecanicamente.

CASE: Numa certa ocasião, uma peça desenvolvida virtualmente foi produzida e sofreu muitas deformações após processo de sinterização. Foi realizado estudo da peça sinterizada (com deformações) juntamente com o modelo virtual, onde foram aplicadas forças na peça até que o modelo chegasse próximo da estética final da peça real. Este estudo foi realizado na tentativa de compreender o fato e identificar padrões de deformações, que poderiam ser utilizados em outros desenvolvimentos.

Os produtos que sofrem deformações são os pratos e travessas, pois possuem superfícies muito planas (> 30cm), portanto precisam de contrapé, para não levantar o fundo ou empenar. As abas dos pratos também tendem a cair.

São consultadas normas técnicas ou manuais de ergonomia para o desenvolvimento de produto?

R- Não.

São utilizados modelos físicos no processo de desenvolvimento de produtos?

R- São criados modelos tridimensionais virtuais e são realizados sketches renderizados destes possíveis produtos e os mesmos são apresentados para a

diretoria. Após aprovação do produto, são realizadas as matrizes (material: remshape) em centros de usinagem CNC (empresa terceirizada) dos produtos e posteriormente são confeccionados os moldes e assim os produtos.

A Holaria utiliza prototipagem rápida para desenvolver modelos físicos? Se utiliza, qual a tecnologia utilizada?

R- Não utiliza prototipagem rápida, mas utiliza tecnologia digital no desenvolvimento de produtos como modelamento 3D virtual e usinagem CNC para confecção das matrizes. O software também é utilizado para testes de desempenho do material e para analisar ângulos de saída dos moldes.

São confeccionados modelos de aparência (Conceituais) (que representam fielmente o produto com cores e todos os detalhes de acabamento)/dos produtos desenvolvidos para apresentação do projeto?

R- Não. As peças são analisadas na produção piloto.

Acredita que a prototipagem rápida poderia melhorar em quais aspectos o desenvolvimento de produtos desta área?

R- Sim. No desenvolvimento de geometrias, que são complicadas/complexas para serem confeccionadas por métodos tradicionais.

Empresa: Germer

Data: 12/03/2013

Entrevistado: Luiz Pellanda, Maria

1 Dados: cartela de produtos

R- Produtos para o segmento de louça de mesa (pratos, travessas, xícaras, pires)

2 Dados: Empresa/formação de equipe de design/ criação de novos produtos ou redesign

Possuem departamentos de projetos de design/Ferramentaria:

R- Sim. Departamento de Projetos.

A equipe de projetos é composta por um grupo de profissionais de quais áreas do conhecimento?

R- Maria (Ano de formação 2009), Luiz (Ano de formação 2003) e Aleverson (Ano de formação 2003). Os três são formados em Desenho Industrial pela UFPR - Universidade Federal do Paraná.

Existe a Criação de novos produtos neste segmento industrial? Como poderíamos quantificar em número de lançamento por ano (média).

R- No máximo duas linhas por ano. Uma linha possui aproximadamente 30 peças (pratos raso e fundo, sobremesa e????)

Como é o processo de criação de um produto (ideia/seleção de ideias)? É seguido um briefing, este briefing é passado por quem? Existem dados referentes a pesquisas relacionadas à tendência, para auxiliar no desenvolvimento de produto?

R- São frequentadas feiras nacionais e internacionais para coleta de macro tendências. São visitadas determinadas regiões (Estados Brasileiros) na tentativa de identificar os valores culturais que estão presentes subjetivamente nos produtos, e que fazem com que os usuários tenham suas preferências, ou seja, “do que os as pessoas gostam”.

A partir das pesquisas de campo, são criados banco de imagens.

A Germer possui três públicos com perfis distintos:

1º Hotelaria

2º Restaurantes

3º Varejo

O projeto de design pode ser dividido em design de produto (formatos das peças) e design de superfície (decalques - decoração)

Qual o tempo de desenvolvimento de um determinado produto?

1 ano

2.6 A Germer tem registro de patente dos produtos desenvolvidos? As Patentes se estendem para outros países?

R- Não.

3 Dados: Processo de desenvolvimento de produtos

Quais considerações/cuidados são levantados para o desenvolvimento de produtos (dimensionais, normativas, estéticas)?

R- As limitações de processo estão associadas as deformações que as massas sofrem durante o processo de sinterização, como consequência algumas geometrias, principalmente as planas podem sofrer deformações geométricas que precisam ser compensadas nos moldes. A dimensão dos fornos e dos tornos roller também devem ser levadas em consideração no desenvolvimento de novos produtos.

Os produtos são desenhados com auxílio de softwares de modelagem 3D? Quais softwares são utilizados?

R- As peças são desenhadas com auxílio de softwares de modelagem tridimensional Rhinoceros e Solidworks.

Estes softwares são utilizados para desenvolver somente os desenhos, ou também são realizados testes de desempenho nos modelos virtuais gerados, como por exemplo, testes de resistência mecânica nos produtos?

R- Os softwares também são utilizados para realizar testes de desempenho do material. São feitas simulações na tentativa de identificar os pontos críticos na geometria que poderão sofrer amolecimento durante o processo de sinterização e consequentemente deformações. É utilizado o módulo de engenharia do software Solidworks para realizar estes testes.

Ex: O modelo é desenhado no software em três dimensões e é aplicado o material com propriedades de borracha. No módulo de engenharia é aplicada uma força no topo da peça, fazendo com que a mesma se deforme, dessa forma os pontos críticos de deformação são identificados pelo gráfico gerado no simulador de testes. A partir dos resultados tenta-se desenvolver uma peça estruturada mecanicamente.

Os produtos que sofrem deformações são os pratos e travessas, pois possuem superfícies muito planas (> 30cm), portanto precisam de contrapé, para não levantar o fundo ou empenar. As abas dos pratos também tendem a cair.

As peças verticais não tendem a sofrer grandes alterações na geometria.

São consultadas normas técnicas ou manuais de ergonomia para o desenvolvimento de produto?

R- Não.

São utilizados modelos físicos no processo de desenvolvimento de produtos?

R- São criados modelos tridimensionais virtuais e são realizados sketches renderizados destes possíveis produtos e os mesmos são apresentados para a diretoria. Após aprovação do produto, são realizadas as matrizes em centros de usinagem CNC (empresa terceirizada) dos produtos e posteriormente são confeccionados os moldes e assim os produtos.

A Holaria utiliza prototipagem rápida* para desenvolver modelos físicos? Se utiliza, qual a tecnologia utilizada?

*Prototipagem rápida = Fabricação digital por métodos aditivos em camadas (VOLPATO).

R- Não utiliza prototipagem rápida, mas utiliza tecnologia digital no desenvolvimento de produtos como modelamento 3D virtual e usinagem CNC para confecção das matrizes.

São confeccionados modelos de aparência (Conceituais) (que representam fielmente o produto com cores e todos os detalhes de acabamento)/dos produtos desenvolvidos para apresentação do projeto?

R- Não. As peças são analisadas na produção piloto.

Acredita que a prototipagem rápida poderia melhorar em quais aspectos o desenvolvimento de produtos desta área?

R- Sim. No desenvolvimento de geometrias, que são complicadas/complexas para serem confeccionadas por métodos tradicionais.

A empresa Frequenta algum tipo de feira nacional e internacional para buscar inovações em seus produtos?

R- As feiras nacionais frequentadas são: Paralela Gift, Gift Fair, Equiphotel, Feiras internacionais frequentadas são: The New York Table Show (Feira de Porcelanas e Cristais).

Qual tipo de inovação é possível fazer neste segmento de produto cerâmico.

No formato/design dos produtos através de recursos de softwares de modelagem 3D virtual digital.

Empresa: Porcelana Teixeira

Data: 14/03/2013 e 15/03/2013

Entrevistado: José Pedro Teixeira

Formação: Técnico em cerâmica

1 Dados: cartela de produtos

Segmento de louça de mesa e objetos decorativos (mercado de presentes) e ateliê Industrial (prestação de serviços em processo de produtos de produtos cerâmicos para projetos autorais de designers).

2 Dados: Empresa/formação de equipe de design/ criação de novos produtos ou redesign

Possuem departamentos de projetos de design/Ferramentaria:

Não. Mas as ideias para desenvolvimento de novos produtos podem surgir através de qualquer colaborador da empresa, seja da área técnica ou comercial. Alguns inclusive têm habilidades para trabalhar com software Corel. A porcelana Teixeira, possui uma nova marca que se chama Exea, e que é totalmente diferente da marca tradicional, com peças projetadas por designers.

A equipe de projetos é composta por um grupo de profissionais de quais áreas do conhecimento?

Linha Porcelana Teixeira: Produtos tradicionais em estilo Português. A empresa existe há 74 anos. A equipe de desenvolvimento de produto é composta pelos próprios empresários, que desenvolvem os modelos físicos para fabricação industrial dos produtos.

- José Teixeira
- José Pedro Teixeira
- Rogério Teixeira
- Quando necessário é solicitada mão-de-obra terceirizada, para desenvolvimento dos modelos e moldes.

Linha Exea: Linha que apresenta produtos contemporâneos projetados por diversos designers e escritórios de design.

Escritórios envolvidos na marca Exea:

- Studio Manus
- Bar Design
- Rachel Roshino
- Marcos Pretel

Design autoral:

- Marcos Roimann

Cases: Embalagem de cerâmica da Linha Ekos da Natura.

Existe a Criação de novos produtos neste segmento industrial? Como poderíamos quantificar em número de lançamento por ano (média). Quem cria estes produtos?

A Criação de novos produtos surge por demanda.

Alguns produtos podem ser criados em uma semana, tudo depende da complexidade do produto, outros podem demorar meses.

A linha Exea, vai começar a trabalhar com um cronograma de lançamento de produtos para participação em feiras e divulgação dos produtos.

De forma geral não são lançados muitos produtos por ano, logo que o tempo para desenvolvimento de moldes e matrizes é consideravelmente extenso e trabalhoso envolvendo várias etapas, dependendo do produto levam-se alguns meses até a produção piloto iniciar. A empresa necessita de um tempo para ter retorno do investimento, e a maturação do produto pelo mercado consumidor. A empresa acredita que o mercado ainda não consegue assimilar o valor do design.

Como é um segmento de mercado (utilitários) onde o ciclo de vida do produto pode ser longo, não existe obrigatoriamente a necessidade da reciclagem por novos produtos, geralmente o tempo para lançamento de novos produtos varia de acordo com as feiras que existem para o setor de objetos utilitários.

Embora existam muitas feiras para este setor: Gift Fair, Paralela Gift, Abup, Equiphotel, as empresas programam-se para participar de algumas, já que alguns eventos acontecem muito próximos, e acaba tornando-se inviável o lançamento de novos produtos para todos estes eventos.

Outro fator importante e considerável no segmento de produtos utilitários, é o fato de que existem outros materiais como: plásticos e vidros que são fortes concorrentes do material cerâmico. Ressaltando também a invasão por produtos importados que competem e impactam significativamente no setor cerâmico nacional.

Como é o processo de criação de um produto (ideia/seleção de ideias)? É seguido um briefing, este briefing é passado por quem? Existem dados referentes a pesquisas relacionadas à tendência, para auxiliar no desenvolvimento de produto?

O cliente passa o briefing, fotografia ou muitas vezes leva um mock-up feito em argila (modelo físico da idéia), adaptado em produtos que já existem no mercado com algumas alterações. A ideia também pode vir através de um croqui ou desenho técnico.

Qual o tempo de desenvolvimento de um determinado produto?

De uma semana à meses.

A Porcelana Teixeira tem registro de patente dos produtos desenvolvidos? As Patentes se estendem para outros países?

Não possuem essa experiência.

3 Dados: Processo de desenvolvimento de produtos

São utilizados modelos físicos no processo de desenvolvimento de produtos? Estes modelos são feitos por modeladores? Quantos anos de experiência este profissional possui?

Sim. Os modelos físicos são modelados pelos próprios empresários.

Quais considerações/cuidados são levantados para o desenvolvimento de produtos (dimensionais, normativas, estéticas)?

São consideradas as dimensões, geometrias das peças para avaliar ângulos de saída, e eventuais deformações que as peças tenham durante o processo de sinterização.

Os produtos são desenhados com auxílio de softwares de modelagem 3D? Quais softwares são utilizados? Estes softwares são utilizados para desenvolver somente os desenhos, ou também são realizados testes de desempenho nos modelos virtuais gerados, como por exemplo, testes de resistência mecânica nos produtos?

Não são utilizadas tecnologias digitais os modelos físicos são todos modelados artesanalmente.

São consultadas normas técnicas ou manuais de ergonomia para o desenvolvimento de produto?

Não.

São confeccionados modelos de aparência (Conceituais) (que representam fielmente o produto com cores e todos os detalhes de acabamento)/dos produtos desenvolvidos para apresentação do projeto para a porcelana Teixeira?

São confeccionados protótipos em porcelana, pois a partir do modelo que pode ser confeccionados em diferentes materiais, como: gesso, argila, madeira, resina é gerado uma forma original, de onde são confeccionados os protótipos, a partir da aprovação são geradas matrizes para produção dos moldes e posteriormente das peças. Este modelo, nem sempre apresentam as características fidedignas (com todos os detalhes, como os decalques) do produto em questão.

Quais tipos de averiguações são realizadas nos modelos físicos? (Forma/ergonomia e outros)?

Ergonomia, forma, dimensões em função das retrações que o material sofre que é de 15%.

A Porcelana Teixeira utiliza prototipagem rápida para desenvolver modelos físicos? Se utiliza, qual a tecnologia utilizada?

Já utilizou em 2007 com a produção de peças para o Designer Marcos Roismann. Linha Eclipse (jogo de banheiro)

Acredita que a prototipagem rápida poderia melhorar em quais aspectos o desenvolvimento de produtos desta área?

Sim. Na área de Modelagem.

A empresa Frequentia algum tipo de feira nacional e internacional para buscar inovações/inspirações em seus produtos?

Não. Nacional frequentou a Equiphotel, em parceria com o SEBRAE.

Qual tipo de inovação é possível fazer neste segmento de produto cerâmico.

Acredita que pode ter inovação no design (formatos/ergonomia) dos produtos e principalmente no design de superfície das peças. Um problema encontrado é a modelagem dos produtos, que é uma tarefa complexa e exige habilidade da pessoa que irá executar tal função. Por mais que o modelador tenha habilidade, nem sempre a modelagem é fidedigna a ideia, e isso impacta no design dos produtos. Embora não conheça a fundo tecnologias digitais, pela pouca experiência que teve com a prototipagem rápida, acredita que, embora não vá resolver completamente os problemas enfrentados por este segmento da cerâmica, pode contribuir na questão da falta de mão-de-obra qualificada para a atividade de modelagem e para o desenvolvimento de geometrias que são difíceis de serem confeccionadas artesanalmente.

Cases da empresa: Utilização de prototipagem rápida para desenvolvimento de produtos cerâmicos.

O produto abaixo linha/conjunto para lavabo intitulado de Eclipse, foi desenvolvido com auxílio de processos de prototipagem rápida para obtenção de modelo físico. A criação é do Designer Marcos Roismann, que contratou a empresa Porcelana Teixeira para executar o projeto.

Empresa: Selecta blocos

Data: 07/03/2013

Entrevistados: Luciano Vecchiato e Guilherme Kaspar

Cargo: Coordenador de Fábrica e coordenador de laboratório

Formação Profissional (Técnica ou graduação):

Guilherme Kaspar: Técnico em Cerâmica, Engenharia Química – incompleto.

Observação: Durante a entrevista foram coletadas também informações da empresa Eurotop, fabricante de telhas (empresa que faz parte do grupo Selecta).

Departamento de Projetos

1 Dados: Cartela de produtos no segmento de cerâmica estrutural (construção civil)

- Telhas: 2 modelos: Americana e Romana (Os dois produtos possuem patentes)
- Peças p/acabamentos p/ telhado: meia-telha/cumeeira/final de cumeeira e final de espigão.
- Modelo de telha de concreto. (Possui patente)
- Blocos de vedação e estrutural: 48 modelos (Não possuem patentes)

Os blocos estruturais, tem a função de suportar sobrecargas como, as das lajes e dos próximos andares. Estes blocos possuem furos, fazendo o papel das colunas (furos são preenchidos com massa e ferro) que a construção precisa conter, são os pontos de apoio da estrutura da obra. Este tipo de bloco torna a construção planejada e racionalizada, minimizando os custos da obra, minimizando o uso de madeira e ferro. Os furos também são utilizados para a passagem de tubulações e fiação elétrica. Este tipo de parede é estrutural, não pode sofrer alteração no layout da obra.

Os blocos de vedação, não possuem a característica de suportar sobrecargas adicionais a não ser a da própria parede. Os blocos de vedação permitem que fios sejam passados e permite a obra certa flexibilidade, já que são paredes que não tem a função estrutural, e podem ser quebradas permitindo modificações no layout da obra.

A seguir exemplos de blocos estruturais e de vedação.

Produtos

Modulação 15 - Largura 14cm

BE15 - Bloco Estrutural de 15cm - 1/2 Peça

Produtos

Largura 9cm

BV9 - Bloco de Vedação 9cm

Detalhes Construtivos

Ligação pilar/parede

Nos encontros entre paredes, deve se fazer, uma ligação por amarração direta, uma vez que este tipo de solução é o que apresenta melhor desempenho por permitir a redistribuição das tensões atuantes na alvenaria. Quando não for possível uma ligação por amarração direta, a união entre paredes e a ligação pilar parede deverá ser feita pela colocação de telas metálicas eletrosoldadas nas juntas de argamassa.

2 Dados: Empresa/formação de equipe de design/ criação de novos produtos ou redesign

Possuem departamentos de projetos de design/Ferramentaria?

Não. Os projetos são realizados em empresa terceirizada.

As Boquilhas para produção dos tijolos (Vedação ou estrutural) são projetadas e fabricadas na **Crisda**. Os moldes para telhas são projetados e fabricados na empresa Autograph.

A equipe de projetos é composta por um grupo de profissionais de quais áreas do conhecimento?

Etapa Terceirizada

Existe a Criação de novos produtos neste segmento industrial? Como poderíamos quantificar em número de lançamento por ano (média). Como é o processo de criação de um produto (ideia/seleção de ideias)? É seguido um briefing, este briefing é passado por quem? Existem dados referentes a pesquisas relacionadas à tendência, para auxiliar no desenvolvimento de produto?

As mudanças podem surgir por dois canais distintos:

- Na própria produção do produto, onde em função de eventuais problemas técnicos que aparecem durante a produção dos mesmos como: trincas em excesso, espessuras diferentes, problemas que podem ser controlados com ajustes de velocidade dos septos ou freios da boquilha. Quando tais problemas não são solucionados, existe a necessidade de modificar as geometrias internas das peças.
- A área comercial também indica a necessidade da criação ou modificação dos produtos. A área comercial recebe informações de diversos canais: construtores/ lojas de revenda do produto/ participação na feira FEICON. Geralmente são mudanças relacionadas à: mudança da norma técnica; vazamentos (para caso de telhas); encaixes, ou dimensionamentos dos espaços internos do bloco (espaços entre os septos).

Qual o tempo de desenvolvimento de um determinado produto?

Aproximadamente três meses, o desenvolvimento começa com a equipe de projetos (terceirizada), a boquilha é testada, são produzidos certa quantidade de peças para aprovação. Após todos os controles técnicos de produção e testes realizados (normas técnicas), a boquilha é aprovada e então liberada para produção, ou retorna para empresa terceirizada para realizar ajustes de ferramentaria.

A Selecta tem registro de patente dos produtos desenvolvidos? As Patentes se estendem para outros países? As mesmas boquilhas são vendidas para várias empresas.

Sim (somente para telhas).

3 Dados: Processo de desenvolvimento de produtos

Quais considerações/cuidados são levantados para o desenvolvimento de boquilhas (dimensionais, normativas, estéticas)?

- Normas Técnicas
- A ABNT dispõe das seguintes normas para o uso de blocos cerâmicos para alvenaria:
- NBR 15270:1 - Componentes cerâmicos - Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos.
- NBR 15270:2 - Componentes cerâmicos - Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural - Terminologia e requisitos.
- NBR 15270:3 - Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaios.

Os produtos são desenhados com auxílio de softwares de modelagem 3D? Quais softwares são utilizados?

Etapa realizada em empresa terceirizada. São utilizados softwares 3D como: Solidworks e Catia.

Estes softwares são utilizados para desenvolver somente os desenhos, ou também são realizados testes de desempenho nos modelos virtuais gerados, como por exemplo, testes de resistência mecânica nos produtos?

Somente desenho. Pois os testes necessários para aprovação da boquilha somente podem ser analisados com precisão após a realização da produção piloto.

São consultadas manuais de ergonomia para o desenvolvimento de produto?

Não

São utilizados modelos físicos no processo de desenvolvimento de produtos?

Não.

A Selecta utiliza prototipagem rápida para desenvolver modelos físicos? Se utiliza, qual a tecnologia utilizada?

Utilizou uma vez, em produto que precisou passar por engenharia reversa para ajustar encaixes e posteriormente foi prototipado em gesso . (único caso)

São confeccionados modelos de aparência (Conceituais) (que representam fielmente o produto com cores e todos os detalhes de acabamento)/dos produtos desenvolvidos para apresentação do projeto para a empresa?

Não

Acredita que a prototipagem rápida poderia melhorar em quais aspectos o desenvolvimento de produtos desta área?

Acreditam que a estrutura é muito cara para ser mantida na própria empresa e isto pode ser feito de maneira terceirizada.

Existe algum estudo de caso da telha, que o Adilson poderia explicar melhor, é isso, não é?

R- Sim, Adilson poderá explicar.

A empresa Frequenta algum tipo de feira nacional e internacional para buscar inovações em seus produtos?

A empresa participa da FEICON.

Qual tipo de inovação é possível fazer neste segmento de produto cerâmico.

Uma inovação recente é a telha de revestimento (produzida com massa cerâmica de revestimento). Estas telhas estão sendo produzidas na região de Rio Claro, pois a matéria-prima local permitiu o desenvolvimento deste tipo de produto. Benefícios: vantagem com relação ao tempo de produção do produto, a telha de revestimento, é prensada e pode ser produzida em um dia, quanto a de cerâmica vermelha, que é extrudada e prensada demora aproximadamente 3 dias para ser produzida.

A estética da telha é muito boa, já que o acabamento também é um fator positivo, permitindo também ser vidrada.

Empresa: Eurotop

Data: 15/03/2013

Entrevistado: Adilson Viana

Função: Supervisor de produção.

Formação: Técnico em mecânica pelo Senai de Sorocaba e curso superior incompleto de Engenharia mecânica.

Experiência profissional: mais de 15 anos em empresa de Siderurgia e 7 anos de experiência na Eurotop.

1 Dados: cartela de produtos:

Segmento de cerâmica vermelha – Telhas

- **Telhas de cerâmica** : 2 modelos: Americana e Romana (Os dois produtos possuem patentes)

- **Peças p/acabamentos p/ telhado:** meia-telha/cumeeira/final de cumeeira ou final de espigão.
- **Telha de concreto:** Linha Pirineus (modelo único, também possui patente)

Diferencial. Todos os modelos de telha tanto as de cerâmica quanto de concreto, são utilizadas 10 telhas/m². As telhas das empresas concorrentes utilizam de 13 a 17 telhas/m².

2 Dados: Empresa/formação de equipe de design/ criação de novos produtos ou redesign

Possuem departamentos de projetos de design/Ferramentaria:

Não.

A equipe de projetos é composta por um grupo de profissionais de quais áreas do conhecimento?

Os projetos são realizados em empresa terceirizada. Empresa Autograph com projetista Sidinei, empresa localizada em sorocaba.

O que é considerado projeto na empresa Eurotop é o desenho técnico da telha que é utilizado posteriormente para efetuar patente de perfil. Estes desenhos também são utilizados nos catálogos, para elaborar a ficha técnica dos produtos.

Existe a Criação de novos produtos neste segmento industrial? Como poderíamos quantificar em número de lançamento por ano (média).

Não existe. Pois estes modelos de telhas foram criados há muitos anos e atende o mercado de forma eficiente. As mudanças que foram realizadas ao longo dos anos nestes produtos estão relacionadas a melhorias nos encaixes pois as vezes surgem reclamações de vazamentos nos telhados. Geralmente os problemas que aparecem neste tipo de produto, são todos técnicos, como por exemplo: Trincas e baixa resistência mecânica.

Como é o processo de criação de um produto (ideia/seleção de ideias)? É seguido um briefing, este briefing é passado por quem? Existem dados referentes a pesquisas relacionadas à tendência, para auxiliar no desenvolvimento de produto?

Não existe briefing, pois não é comum a prática de desenvolvimento de produto. As modificações que existem nos produtos são em função de problemas técnicos, como: trincas, baixa resistência mecânica, empeno, diferença de tonalidade na cor dos produtos.

Qual o tempo de desenvolvimento de um determinado produto?

Mais de uma ano, pois o desenvolvimento de um novo produto significa o projeto de um novo layout de fábrica. Neste segmento cerâmico, quando se almeja inovar em termos de configuração de produto, dificilmente se aproveita maquinário atual, pois é inviável parar a produção atual para testar um novo produto. Todo o maquinário (módulo de automatização) disposto na fábrica é planejado em função da configuração do produto atual.

Exemplo: desenvolver um novo produto significa mudança de molde/perfil e dimensão do bastão/largura da calha/posição das ventosas para segurar os produtos/dimensão de vagonetas/sistemas de apoio nas vagonetas para não danificar o produto.

O Desenvolvimento de um novo modelo de telha na empresa impactaria 80% do layout atual da empresa.

A Eurotop tem registro de patente dos produtos desenvolvidos? As Patentes se estendem para outros países? As mesmas boquilhas são vendidas para várias empresas.

Sim. Somente para o Brasil

Dados: Processo de desenvolvimento de produtos

Quais considerações/cuidados são levantados para o desenvolvimento de moldes (dimensionais, normativas, estéticas)?

Encaixes e tolerâncias dimensionais definidas pela própria empresa.

Com relação a estética dos produtos, os mesmos podem ser coloridos, no caso das telhas de concretos a massa é pigmentada .

No caso de telhas cerâmicas, as peças podem ser engobadas passando por uma segunda queima.

Os produtos são desenhados com auxílio de softwares de modelagem 3D?Quais softwares são utilizados?

São desenhados em Auto cad. Desenhos técnicos.

Estes softwares são utilizados para desenvolver somente os desenhos, ou também são realizados testes de desempenho nos modelos virtuais gerados, como por exemplo, testes de resistência mecânica nos produtos?

Não são utilizados softwares tridimensionais virtuais na Eurotop.

São consultadas normas técnicas ou manuais de ergonomia para o desenvolvimento de produto?

Sim. São utilizadas normas técnicas:

13510:2009 especificação e métodos de ensaio – Telha de cerâmica

13858-2:2009 especificação e métodos de ensaio – Telha de Concreto

São utilizados modelos físicos no processo de desenvolvimento de produtos?

Quais tipos de averiguações são realizadas nos modelos físicos? (Forma/ergonomia e outros)? São confeccionados modelos de aparência (Conceituais) (que representam fielmente o produto com cores e todos os detalhes de acabamento)/dos produtos desenvolvidos para apresentação do projeto para a empresa Eurotop?

Quando houve a readequação dimensional que passou de 13telhas/m² para 10 telhas/m², um funcionário da empresa que possuía habilidades manuais artesanais, executou o modelo físico em argila, por métodos tradicionais de modelagem até chegar num modelo ideal. Este modelo posteriormente foi passado para a empresa Bruca (Localizada em Itú), que desenvolveu o molde da telha em caixa de madeira com areia para fundição do mesmo.

De forma geral não se utilizam modelos físicos, pois não é comum o desenvolvimento de novos produtos neste segmento cerâmico.

A Eurotop utiliza prototipagem rápida para desenvolver modelos físicos? Se utiliza, qual a tecnologia utilizada?

Não.

Acredita que a prototipagem rápida poderia melhorar em quais aspectos o desenvolvimento de produtos desta área?

Sim, se houvesse um departamento de projetos na empresa. O departamento de projetos também poderia contribuir não só para desenvolvimento de novos produtos, mas também para fazer engenharia reversa de componentes de máquinas que necessitam de reposição. Hoje os desenhos são feitos em Auto Cad, e as peças de reposição são produzidas em ferramentaria terceirizada. A manutenção neste tipo de fábrica é comum e intensa, e as peças precisam ser repostas com muita frequência.

A empresa Frequenta algum tipo de feira nacional e internacional para buscar inovações em seus produtos?

Feiras nacionais do setor de construção civil, Feicon e eventos técnicos na própria região de Itú.

Qual tipo de inovação é possível fazer neste segmento de produto cerâmico.

Acredita que é possível fazer inovação nos produtos, porém o custo no desenvolvimento de produto implica em construir uma nova fábrica para produção do novo modelo.

Empresa: Boquilhas Crisda

Data: 31/01/2013

Entrevistado: Pedro Pauletto Junior

1 Dados: cartela de produtos:

Desenvolvimento de boquilhas para o segmento de cerâmica vermelha, construção civil. Boquilhas para confecção de blocos por processo de extrusão. Desenvolvem projeto e ferramental de boquilha de vedação e estrutural, lajes, canaletas, telhas, piso e mini boquilhas. Também prestam serviços de reparos em boquilhas.

Formação: Engenheiro de automação e controle

2 Dados: Empresa/formação de equipe de design/ criação de novos produtos ou redesign

Possuem departamentos de projetos de design/Ferramentaria: [Sim](#)

A equipe de projetos é composta por um grupo de profissionais de quais áreas do conhecimento?

A equipe é composta por um técnico em projeto de máquinas, três desenhistas e um engenheiro.

Existe a Criação de novos produtos neste segmento industrial? Como poderíamos quantificar em número de lançamento por ano (média).

Depende do uso da boquilha (em função da quantidade de peças produzidas), e da gama de produtos que a empresa possui. Em média as empresas encomendam três boquilhas por ano.

Como é o processo de criação de um produto (ideia/seleção de ideias)? É seguido um briefing, este briefing é passado por quem? Existem dados referentes a pesquisas relacionadas à tendência, para auxiliar no desenvolvimento de produto?

As modificações ou a criação de novos formatos de boquilhas geralmente são realizadas em função de problemas técnicos (troca de massa/ empeno nas peças/rachaduras nas paredes) que surgem durante o processo de produção dos blocos.

Em algumas situações o briefing pode ser passado pela construtora, e a criação de novas boquilhas pode surgir em função das dimensões das aberturas que os blocos possuem no seu interior, para facilitar a passagem de canos, ferros para construção de vigas, fiações e colunas.

Qual o tempo de desenvolvimento de um determinado produto?

Ajuste e projetos simples em média dois dias.

Projetos novos e complexos no máximo duas semanas.

A Crisda tem registro de patente dos produtos desenvolvidos? As Patentes se estendem para outros países? As mesmas boquilhas são vendidas para várias empresas.

As empresas deste segmento da cerâmica não costumam fazer patentes de seus produtos. Cada empresa possui seu próprio projeto de boquilha.

3 Dados: Processo de desenvolvimento de produtos

Quais considerações/cuidados são levantados para o desenvolvimento de boquilhas (dimensionais, normativas, estéticas)?

Tolerâncias dimensionais para blocos:

- Comprimento, largura e altura - Tol. +/- 3 mm com relação ao tipo de bloco (Dimensão declarada)

- Espessura: Vedação: externa maior ou igual a 7,0 mm
septo maior ou igual a 6,0 mm

- Espessura: Estrutural: externa maior ou igual a 8,0 mm
septo maior ou igual a 7,0 mm

Os produtos são desenhados com auxílio de softwares de modelagem 3D? Quais softwares são utilizados?

Os novos projetos são desenhados com o auxílio de softwares como o Solidworks para Desenhos 3D, AutoCad 2D e NX para programação de torno CNC para usinagem.

Modelo 3D de Boquilha, desenvolvido no software Solidworks.

Programação de usinagem desenvolvido no software NX.

A empresa possui 3 centros de usinagem (sendo 2 de 3 eixos e 1 de 4 eixos), 1 torno CNC, 1 eletroerosão a fio e máquinas convencionais como fresa, furadeira, torno, etc.

Estes softwares são utilizados para desenvolver somente os desenhos, ou também são realizados testes de desempenho nos modelos virtuais gerados, como por exemplo, testes de resistência mecânica nos produtos?

Os softwares são utilizados para desenvolver os desenhos tridimensionais e desenhos técnicos. Não são utilizados para fazer testes de desempenho nos materiais pois existem muitas variáveis no processo o que não demonstraria com confiabilidade os resultados que seriam obtidos, por exemplo, a simulação do

desgaste do caracol da maromba. São consultadas normas técnicas ou manuais de ergonomia para o desenvolvimento de produto?

São Consultadas Normas Técnicas.

ABNT NBR 15270-1 / 15270-2 / 15270-3

São utilizados modelos físicos no processo de desenvolvimento de produtos?

Não

A Crisda utiliza prototipagem rápida para desenvolver modelos físicos? Se utiliza, qual a tecnologia utilizada? Não

Quais tipos de averiguações são realizadas nos modelos físicos? (Forma/ergonomia e outros)?

Tolerâncias Dimensionais exigidas nas normas, grau de amassamento, dimensões (caber os dedos) nos furos para facilitar o manuseio do bloco.

São confeccionados modelos de aparência (Conceituais) (que representam fielmente o produto com cores e todos os detalhes de acabamento)/dos produtos desenvolvidos para apresentação do projeto para a empresa Roca?

Não são confeccionados modelos físicos e nem protótipos. Neste tipo de produto o procedimento é:

O Fabricante passa um desenho (croqui) feito a mão do que se pretende ou em AutoCad. O projetista faz o desenho do bloco no Solidworks (3D), e a partir do desenho técnico do bloco projeta a boquilha. As boquilhas são compostas por: placa/moldura/ macho/Cavalete (onde são fixados os machos).

Componentes de boquilha: placa.

Componentes de boquilha: Moldura.

Componentes de boquilha:
Macho.

Componentes de boquilha:
Cavalete.

São levadas em consideração:

- Tolerâncias dimensionais: estabelecidas em normas,
- Grauteamento: Levar em consideração os espaços entre os blocos no processo de grauteamento para que os furos internos dos blocos mantenham-se alinhados quando empilhados. No caso de blocos estruturais.
- Ângulos para correção de grau de amassamento, ou seja, na boquilha é previsto um grau de angulação nas arestas inferiores do tijolo para compensar o amassamento/danificação dos mesmos no percurso de esteira durante o processo de produção.

Grauteamento: Sobreposição de blocos para mostrar os espaços entre os blocos e o encaixe na sobreposição dos mesmos.

Grau de amassamento.

Detalhe do grau de amassamento.

Comparação do perfil superior e inferior. Detalhe do grau de amassamento.

Boquilha e Projeto de boquilha de telha extrudada.

Acredita que a prototipagem rápida poderia melhorar em quais aspectos o desenvolvimento de produtos desta área?

Não para este tipo de produto (bloco) onde é mais prático desenvolver a boquilha e fazer os ajustes na produção do produto. Talvez para produtos especiais, onde a característica estética também seja importante no produto.

A empresa Frequenta algum tipo de feira nacional e internacional para buscar inovações em seus produtos?

Sim. Nacional, Feira da mecânica. Internacional Tecnargila.

Qual tipo de inovação é possível fazer neste segmento de produto cerâmico.

EX: Inovação no formato da boquilha, que passou de plana para cônica. Esta mudança pode aumentar em até 20 % a produção dos blocos.