

Pedro Filipe Coutinho Cabral d'Oliveira Quaresma

Gramática da Forma da Sistematização da Coluna de Alberti

Volume I

Tese de Doutoramento em Arquitectura, especialidade de Teoria e História da Arquitectura, orientada pelo Senhor Professor Doutor Mário Júlio Teixeira Kruger e Co-orientada pelo Senhor Professor Doutor José Manuel Pinto Duarte e apresentada ao Departamento de Arquitectura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Fevereiro 2014



Universidade de Coimbra.

Pedro Filipe Coutinho Cabral d'Oliveira Quaresma

Gramática da Forma da Sistematização da Coluna de Alberti

Volume I

Tese de Doutoramento em Arquitectura, especialidade de Teoria e História da Arquitectura, orientada pelo Senhor Professor Doutor Mário Júlio Teixeira Kruger e Co-orientada pelo Senhor Professor Doutor José Manuel Pinto Duarte e apresentada ao Departamento de Arquitectura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Fevereiro 2014



Universidade de Coimbra

Ao Guilherme e à Catarina

Agradecimentos

Agradeço ao Professor José Pinto Duarte, que ao longo de estes longos anos vem acompanhando esta aventura que é a procura do conhecimento. Em especial ao Professor Mário Kruger por me ter permitido fazer parte do projecto de investigação Alberti Digital e por ter orientado a tese apresentada.

Aos Professores George Stiny e Terry Knight pela amigável recepção no Design and Computation Group do MIT.

Gostaria igualmente de agradecer aos Professores António Leitão e Pedro Rosas do IST e em especial ao Professor Luís Romão e Luís Mateus da FAUL e à Professora Gabriela Celani da Unicamp.

A todos os investigadores do Alberti Digital assim como ao grupo do DCG, tanto no MIT como na FAUL, com quem tenho vindo a debater diferentes aspectos relacionados com projecto e computação. Em especial lembro os colegas José, Eduardo, Bruno, Pedro, Kathia, Onur que deram contributos preciosos para a minha investigação. À arquitecta Florinda Lixa e Silvia Mestre do Município de Odivelas.

Um agradecimento especial à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) que me concedeu a bolsa de Doutoramento SFRH/BD/81260/2011 usufruída tanto no Departamento de Arquitectura da Universidade de Coimbra como no Massachusetts Institute of Technology, School of Architecture and Planning. O projecto Alberti Digital, sediado no Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra teve financiamento da FCT com a bolsa PTDC/AUR-AQI/108274/2008.

Agradeço à minha irmã Leonor Cabral pela revisão do texto. Dedico igualmente esta tese à minha mãe e a toda a minha família.

Índice

Índice de Figuras. 9

Índice de Diagramas. 15

Índice de Tabelas. 15

Índice de Gráficos. 16

1 - Descrição do Problema. 17

1.1 - Da Elaboração da Tese. 20

1.1.1 -Hipóteses de Trabalho.20

1.1.2 -Problemática. 20

1.1.3 -Tese. 20

Metodologia. 21

Da Organização da Dissertação. 21

2 - Estado da Arte. 24

2.1 - Introdução. 24

2.2 - Tratados e Outros Textos Teóricos com Influência na Arquitectura Portuguesa do Período da Contra-Reforma. 25

2.3 - Gramáticas da Forma de Referência. 35

2.3.1 -Gramática de Palladio. 36

2.3.2 -Transformações em Projecto (design). 37

2.3.3 -Transformações do Estilo Artístico *De Stijl*. 45

3.3.4 -Gramática da Forma do Estilo Arquitectónico *Yingzao fashi*. 47

2.4 - Ferramentas e Técnicas Utilizadas na Construção das Gramáticas. 54

2.4.1 -Estruturação da Gramática da Forma. 55

Desenho Generativo. 55

Gramática da Forma e Sistemas de Produção. 56

Marcadores e Rótulos. 58

As Álgebras da Gramática da Forma. 59

Gramática Descritiva. 60

Corpus. 62

Gramáticas de Transformação. 62

Derivação da Gramática da Forma. 63

Inferência da Gramática da Forma. 63

2.4.2 -Fabrico Digital. Prototipagem Rápida e Controlo Numérico Computorizado (CNC). 64

2.4.3 -Modelação Inversa e Reconhecimento de Forma. 67

2.5 - Conclusões. 69

3 - A Gramática da Forma do Sistema da Coluna do Tratado de Alberti.70

3.1 -	Introdução.	70
3.2 -	Breve Introdução ao Tratado <i>Da Arte Edificatória</i> .	71
	A COLUNA.	76
	O SISTEMA DA COLUNA.	76
3.3 -	Estratégias de Interpretação do Tratado e Formalização das Suas Regras.	78
3.4 -	Desenvolvimento da Gramática da Forma do Tratado. Características Formais. Características Descritivas.	105
3.4.1 -	Alcance e Validação das Gramáticas.	110
3.4.2 -	Emergência de Novas Formas. Formas incorporadas (Embedding).	110
3.5 -	Números. Sistema de Proporções e Parâmetros Descritos no Tratado.	111
	Números das regras da gramática.	116
3.6 -	Aplicação da Gramática da Forma do Sistema da Coluna e Cálculo de Combinações de Elementos da Coluna.	118
	Função <i>Modo Combinatório</i> .	122
3.7-	Representações da Gramática da Forma do Sistema da Coluna: Desenhos, Modelos Digitais e Modelos Físicos.	123
3.8-	Programa para Automação das Regras.	124
3.9-	Conclusões.	127
4 -	Da Gramática do Tratado à Gramática da Forma da Obra Construída de Alberti.	128
4.1 -	Introdução.	128
4.2 -	Do <i>Corpus</i> e a Formalização das Regras.	129
4.3 -	Gramática da Forma da Fachada do Palácio <i>Rucellai</i> em Florença.	140
	Natureza das regras aplicadas nos estágios.	141
4.3.1-	Contexto.	142
4.3.2 -	Regras e Estágios.	145
4.3.3 -	Derivações.	155
4.3.4 -	Transformações.	160
4.4 -	Gramática da Forma do Alçado Lateral da Nave Central da Igreja de <i>Sant`Andrea</i> em Mântua.	165
4.4.1 -	Contexto.	167
4.4.2 -	Regras e Estágios.	170
4.4.3 -	Derivações.	179
4.4.4 -	Transformações.	183
4.5 -	Implementação das gramáticas e fabrico digital da fachada do palácio <i>Rucellai</i> e do alçado lateral da nave central da igreja de <i>Sant`Andrea</i> .	184
4.6 -	Conclusões.	189
5 -	Da Gramática e Alberti à Gramática da Forma da Arquitectura Renascentista e do Período da Contra-Reforma Portuguesa.	189

5.1 -	Introdução.	189
5.2 -	Do <i>Corpus</i> e a Formalização das Regras.	189
5.3 -	Gramática da Forma da Fachada do Palácio <i>Ducal</i> de Vila Viçosa.	191
	Natureza das Regras Aplicadas nos Estágios.	192
5.3.1 -	Contexto.	193
5.3.2 -	Regras e Estágios.	196
5.3.3 -	Derivações.	204
5.3.4 -	Transformações.	210
5.4 -	Gramática da Forma do Alçado Lateral da Nave Central da Igreja De <i>São Vicente de Fora</i> em Lisboa.	216
5.4.1 -	Contexto.	217
5.4.2 -	Regras e Estágios.	219
5.4.3 -	Derivações.	225
5.4.4 -	Transformações.	230
5.5 -	Implementação das gramáticas e fabrico digital da fachada do palácio e do alçado lateral da nave central da igreja de <i>São Vicente de Fora</i> .	235
5.6 -	Conclusões.	239
6 -	Grau de Coincidência entre a Gramática do Sistema da Coluna do Tratado de Alberti e as Gramáticas dos Edifícios de Alberti e os Edifícios Construídos em Portugal no período da Contra-reforma.	240
6.1 -	Introdução.	240
6.2 -	Grau de Coincidência das Regras Aplicadas.	240
6.2.1 -	Sistematização das Regras da Gramática da Forma do Sistema da Coluna do Tratado de Alberti Verificando as Regras que Foram Utilizadas nas Gramáticas dos Edifícios de Alberti.	242
6.2.1.1 -	Valor de Coincidência das Regras do Sistema da Coluna do Tratado de Alberti na Geração da Fachada do Palácio <i>Rucellai</i> .	243
6.2.1.2 -	Valor de Coincidência das Regras do Sistema da Coluna do Tratado de Alberti na Geração do Alçado Lateral da Nave Central da Igreja de <i>Sant`Andrea</i> .	246
6.2.1.3 -	Valor de Coincidência das Regras do Sistema da Coluna do Tratado de Alberti na Geração da Fachada do Palácio <i>Ducal</i> .	247
6.2.1.4 -	Valor de Coincidência das Regras do Sistema da Coluna Tratado de Alberti na Geração do Alçado Lateral da Nave Central da Igreja de <i>São Vicente de Fora</i> .	248
6.2.2 -	Correlações das Variáveis e Transformações.	250
6.3 -	Conclusão do capítulo.	251
7 -	Conclusão.	253
7.1 -	Introdução.	253
7.2 -	Contribuições.	253
7.3 -	Descobertas Levadas a Cabo.	254
7.4 -	Contributos.	255
7.5 -	Outros Contributos.	256

7.6 - Futuras aplicações. 256

7.4.1 - Melhoramentos a efectuar. 257

Bibliografia 259

Índice de figuras

Figura 1. Gravura de planta e alçado de um capitel jónico e entablamento. Fonte Palladio, A. 1997.

Figura 2. Desenho de Andrea Palladio da Villa Malcontenta. Em baixo a planta da vila obtida com a gramática. Fonte Stiny, G. & Mitchell, J. 1978.

Figura 3. Igreja de Santa Maria delle Carceri, de Sangallo. O vocabulário de formas é constituído por dois rectângulos, e a relação espacial é a cruz grega. A forma inicial é um rectângulo e a regra insere um novo rectângulo. Derivação da regra. Fonte Knight, T. W. 1994.

Figura 4. Gramática Paramétrica. Manipulando os quadrados obtém-se diferentes configurações. As transformações (t) utilizadas são a escala (rotação) e adição ou subtração do comprimento dos lados do quadrado. Fonte Stiny, G. 2011.

Figura 5. Transformações de uma Gramática aplicando uma nova regra (2) gerando diferentes desenhos na mesma linguagem. Diagrama da estrutura recursiva da aplicação das regras da gramática. Fonte Knight, T. W. 1994.

Figura 6. Tabela de derivação das gramáticas da forma onde se pode observar os diferentes estágios das pinturas de Glarner. Fonte Knight, T. W. 1989.

Figura 7. A gramática da forma Yingzao fashi. Conjunto imagens e descrições do tratado perfazendo o corpus. Fonte Li, A. 2001.

Figura 8. A gramática da forma Yingzao fashi. Conjunto de regras para preparar o corte σ pertencentes ao estágio b. Estas regras funcionam em paralelo permitindo obter diferentes tipos de informação. Fonte Li, A. 2001.

Figura 9. Tabela de derivação de um projecto, reorganizado por um subprojecto de acordo com as regras da gramática da forma Yingzao fashi. Fonte Li, A. 2001.

Figura 10. Regra 1 bd referente à base dórica. Nesta regra é apresentada a passagem do tratado acerca de como iniciar a base, os parâmetros e as condicionais e uma descrição abreviada dos acontecimentos dentro a regra, ou seja R1 bd: <dado>→<pl, remain 2p>, significando que o lado esquerdo

reconhece um dado, transformando-o num plinto e o resto dividido em 2 partes.

Figura 11. Modelos fabricados com técnicas de prototipagem rápida com impressora 3D (3DZcorp), coluna fabricada por corte a laser e dois modelos fresados em acrílico e poliestireno expandido.

Figura 12. Modelo de nuvem de pontos do levantado através de TLS da Igreja de São Vicente de Fora.

Figura 13. Regra 1 da gramática da forma da base dórica.

Figura 14. Regra 2 e 3 da gramática da forma da base dórica.

Figura 15. Regra 4 e 5 da gramática da forma da base dórica.

Figura 16. Regra 6 e 7 da gramática da forma da base dórica.

Figura 17. Regra 1 da gramática da forma do capitel coríntio.

Figura 18. Regra 2 da gramática da forma do capitel coríntio.

Figura 19. Regra 3 da gramática da forma do capitel coríntio.

Figura 20. Regra 4 da gramática da forma do capitel coríntio.

Figura 21. Regra 5 da gramática da forma do capitel coríntio.

Figura 22. Regra 6 da gramática da forma do capitel coríntio.

Figura 23. Regra 7 da gramática da forma do capitel coríntio.

Figura 24. Regra 8 da gramática da forma do capitel coríntio.

Figura 25. Regra 9 da gramática da forma do capitel coríntio.

Figura 26. Regra 10 da gramática da forma do capitel coríntio.

Figura 27. Regra 1 da gramática da forma do entablamento dórico.

Figura 28. Regra 2 e 3 da gramática da forma do entablamento dórico.

Figura 29. Regra 4 e 5 da gramática da forma do entablamento dórico.

Figura 30. Regra 6 da gramática da forma do entablamento dórico.

Figura 31. Regra 7 da gramática da forma do entablamento dórico.

Figura 32. Regra 8 da gramática da forma do entablamento dórico.

Figura 33. Regra 9 da gramática da forma do entablamento dórico.

Figura 34. Regra 10 da gramática da forma do entablamento dórico.

Figura 35. Regra 11 da gramática da forma do entablamento dórico.

Figura 36. Regra 12 da gramática da forma do entablamento dórico.

Figura 37. Regras 1, 2, 3 e 4 do sistema de LCS.

Figura 38. Regras 5, 6, 7 e 8 do sistema de LCS.

Figura 39. Derivação das regras da gramática da Base dórica.

Figura 40. derivação das regras da gramática da forma do capitel coríntio.

Figura 41. derivação das regras da gramática da forma do entablamento dórico.

Figura 42. derivação do sistema da coluna com base dórica, capitel coríntio e entablamento dórico.

Figura 43. Programa paramétrico gerando coluna com capitel coríntio

Figura 44. Regras do intercolúnio. Colunas adoçadas.

Figura 45. Regras do intercolúnio. Colunas adoçadas, contendo as especificações genéricas da pilastra.

Figura 46. Regras do intercolúnio. Colunas independentes.

Figura 47. Regras do intercolúnio. Colunas independentes afastada da parede.

Figura 48. Regras do intercolúnio para a fachada de casa urbana (dois pisos).

Figura 49. Regras do intercolúnio para a fachada de casa urbana (dois pisos).

Figura 50. Aplicação da regra 2c ad conjuntamente com as suas descrições. formando a base dórica de uma pilastra.

Figura 51. Foto parcial da fachada do palácio Rucellai.

Figura 52. Foto parcial da fachada do palácio Médicis da autoria de Michelozzo e fachada do palácio de Piccolomini da autoria de Rosselino.

Figura 53. Conjunto de planta, alçados e corte esquemático do palácio Rucellai.

Figura 54. Conjunto de regras que reconhecem elementos de um corte de um dado edifício.

Figura 55. Regras que reconhecem elementos de uma planta de um dado edifício.

Figura 56. Conjunto de regras utilizadas no estágio 2 para iniciar uma meta estrutura.

Figura 57. Regras utilizadas no estágio 2 para colocar meta estrutura esquerda.

Figura 58. Conjunto de regras utilizadas no estágio 2 para colocar meta estrutura direita.

Figura 59. Conjunto de regras utilizadas no estágio 2 para colocar meta estrutura vertical.

Figura 60. Conjunto de regras utilizadas no estágio 2 para colocar meta estrutura vertical no 3º piso.

Figura 61. Conjunto de regras utilizadas no estágio 3 para gerar portas e janelas. Os marcadores correspondem a jp (regra das janelas e portas), P (porta), cd(capitel dórico), cc(capitel coríntio), cc1(variação do capitel coríntio).

Figura 62. Conjunto de regras utilizadas no estágio 3 para gerar janelas. Os marcadores correspondem a jp (regra das janelas e portas), P (porta), cd(capitel dórico), cj(capitel jónico), cc(capitel coríntio).

Figura 63. Derivação das regras das gramáticas gerando a fachada do palácio Rucellai

Figura 64. Comparação das variações paramétricas da fachada do palácio Rucellai.

Figura 65. Mudança de configuração das regras. As regras 6cc, 7cc e 8cc pertencem à gramática advinda do tratado. A T6 cc e T7cc são as transformações nas regras com o mesmo número.

Figura 66. Mudança de configuração das regras. As regras 10cc pertencem à gramática advinda do tratado. A T10 cc refere-se à transformações na regra anterior

Figura 67. Fotos do interior da fachada longitudinal da nave central da igreja de Sant` Andrea em Mântua.

Figura 68. Conjunto de planta, alçados e corte esquemático da fachada longitudinal da nave central da igreja de Sant` Andrea perfazendo o corpus de análise.

Figura 69. Conjunto de regras que reconhecem elementos de uma planta e de um corte da fachada longitudinal da nave central da igreja de Sant` Andrea.

Figura 70. Conjunto de regras que aplicam eixos das pilastras e marcadores dos elementos da coluna da fachada longitudinal da nave central da igreja de Sant` Andrea.

Figura 71. Conjunto de regras do estágio 4 aplicadas aos marcadores fornecidos no estágio 2 gerando um elemento do sistema da coluna do alçado lateral da nave central da igreja de Sant` Andrea. Os marcadores referem-se: pd (pilastra

dórica), bd(base dórica), cc (capitel coríntio) e entd (entablamento dórico).

Figura 72. Derivação de regras gerando o alçado lateral da nave central da igreja de Sant`Andrea.

Figura 73. implementação GH das regras das gramáticas gerando a fachada do palácio Rucellai e uma variação de 5 tramos, bem como o alçado lateral da igreja de Sant`Andrea.

Figura 73. Foto da fachada do palácio Ducal de Vila Viçosa.

Figura 74. Modelo da fachada do palácio Rucellai fabricado com impressora 3D e alçado lateral da igreja de Sant`Andrea fabricada com fresadora de 3 eixos.

Figura 75. Foto da fachada do palácio Ducal de Vila Viçosa.

Figura 76. Foto da fachada do palácio Ducal de Vila Viçosa. Fonte Dr.Tiago Salgueiro, Fundação Casa de Bragança

Figura 77. Corpus em análise. Conjunto de planta, alçado, corte e modelo de nuvem de pontos do palácio Ducal de Vila Viçosa.

Figura 78. conjunto de corte e planta que ao ser reconhecido inicia a aplicação da gramática.

Figura 79. Regras utilizadas no estágio 2 para inserir uma meta estrutura.

Figura 80. Regras utilizadas no estágio 2 para inserir uma meta estrutura em direcção à direita.

Figura 81. Regras utilizadas no estágio 2 para inserir uma meta estrutura em direcção à esquerda.

Figura 82. Regras utilizadas no estágio 2 para inserir uma meta estrutura vertical

Figura 83. Regras utilizadas no estágio 2 para inserir uma meta estrutura no 3º piso.

Figura 84. Derivação das regras diferentes gramáticas gerando a fachada do palácio Ducal de Vila Viçosa.

Figura 85. Comparação dos alçados aplicando as regras do intercolúnio (R1 ic floor e R2 ic floor).

Figura 86. Aplicação da regra 2c ad, transformando a planta circular em rectangular e gerando uma pilastra.

Figura 87. Conjunto de regras da base dórica definidas no tratado e as mesmas

regras transformadas.

Figura 88. Regra da base dórica adicionada às regras do capitel jónico gerando o capitel jónico presente na fachada do palácio ducal.

Figura 89. Regra do capitel coríntio transformada gerando o capitel coríntio semelhante ao presente na fachada do palácio Ducal.

Imagem 90. Foto da nave central e do alto coro da igreja de São Vicente de Fora em Lisboa.

Figura 91. Conjunto de planta, alçados e corte esquemático da fachada longitudinal da nave central da igreja de São Vicente de Fora perfazendo o corpus de análise.

Figura 92. conjunto de regras que reconhecem elementos de uma planta e de um corte do alçado lateral da nave central da igreja de São vicente de Fora.

Figura 93. Conjunto de regras que aplicam eixos das pilastras e marcadores dos elementos da coluna da fachada longitudinal da nave central da igreja de São Vicente de Fora.

Figura 94. Conjunto de regras que aplicam eixos das pilastras e marcadores dos elementos da coluna da fachada longitudinal da nave central da igreja de São Vicente de Fora no sentido da direita.

Figura 95. Conjunto de regras que aplicam eixos das pilastras e marcadores dos elementos da coluna da fachada longitudinal da nave central da igreja de São Vicente de Fora no sentido vertical.

Figura 96. Conjunto de regras do estágio 4 aplicadas aos marcadores fornecidos no estágio 2 gerando um elemento do sistema da coluna pertencendo ao alçado lateral da nave central da igreja de São Vicente de Fora.

Figura 97. Derivação de regras gerando o alçado lateral da nave central da igreja de São Vicente de Fora.

Figura 98. Comparação do capitel coríntio com o encontrado através da nuvem de pontos.

Figura 99. Comparação dos perfis da base dórica com o encontrado através da nuvem de pontos.

Figura 100. Comparação do perfil do entablamento dórico com o encontrado

através da nuvem de pontos.

Figura 101. implementação GH das regras das gramáticas gerando a fachada do palácio Ducal e uma variação de 5 tramos, bem como o alçado lateral da igreja de Sant`Andrea.

Figura 102. Modelo da fachada do palácio Ducal fabricado cortadora a laser e alçado lateral da igreja de São Vicente de Fora fabricada com fresadora de 3 eixos.

Índice de tabelas

Tabela 1 - regras com o conjunto de parâmetros e condições.

Tabela 2 - Proporções do Tratado aplicáveis a fachadas.

Tabela 3 - Proporções da fachada do palácio Rucellai.

Tabela 4 - Proporções do alçado lateral da nave central da igreja de Sant`Andrea em Mântua.

Tabela 5 - Proporções da fachada do palácio Ducal de Vila Viçosa.

Tabela 6 - Proporções da fachada longitudinal da nave central da igreja de São Vicente de Fora.

Índice de diagramas

Diagrama 1 - transformações das gramáticas antigas em gramáticas novas podem corresponde a transformações das linguagens antigas em linguagens novas.

Diagrama 2 - Natureza das transformações gramaticais, sendo I o tipo de regra igual de identidade.

Diagrama 3 - diagrama do sistema da coluna de acordo com a passagem do texto do tratado

Diagrama 4 - diagrama do sistema fill in the gaps

Diagrama 5 - combinação de elementos do sistema da coluna perfazendo 900 combinações diferentes.

Diagrama 6 - Sentido das relações de aplicação das diferentes gramáticas

Diagrama 7 - Estágios da gramática e escala dos seus desenhos

Diagrama 8 - Estágios da gramática da fachada longitudinal da nave central da igreja de Sant`Andrea e escala dos seus desenhos

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Recta de regressão linear do MRLS entre o tratado e a fachada do palácio Rucellai

Gráfico 2 - Recta de regressão linear do MRLS entre o tratado e a fachada do palácio Rucellai. No quadrado está identificada a regra correspondente.

Gráfico 3 - Recta de regressão linear do MRLS entre o tratado e o alçado lateral da nave central de Sant`Andrea

Gráfico 4 - Recta de regressão linear entre o tratado e o alçado lateral da nave central de Sant`Andrea. No quadrado está identificada a regra correspondente.

Gráfico 5 - Recta de regressão dos resíduos na MRLS entre o tratado e a fachada do palácio Ducal.

Gráfico 6 - Recta de regressão linear do MRLS entre o tratado e o alçado lateral da nave central da igreja de São Vicente de Fora

Gráfico 7 - Recta de regressão linear entre o tratado e o alçado lateral da nave central da igreja de São Vicente Fora. No quadrado está identificada a regra correspondente.

Capítulo 1

1 – Descrição do problema

Os resultados da investigação que relaciona a teoria de Alberti com a geração de alguns edifícios são apresentados e desenvolvidos nesta tese. A interpretação do tratado *Da Arte Edificatória* de Leon Battista Alberti, nomeadamente os Livros VI, VII, VIII e IX, teve como resultado a construção de uma gramática da forma: gramática da forma do sistema da coluna.

Entende-se a coluna como elemento central do ornamento da arquitectura do Renascimento, utilizando-se as suas partes constituintes (pedestal, base, fuste, capitel e entablamento) como elementos básicos de um vocabulário genérico com o fim de proceder à composição de partes dos edifícios em análise.

A gramática da forma produzida é uma gramática de pormenorização, que propõe a geração de determinadas partes dos edifícios, como as suas fachadas, paredes, tectos e demais elementos construtivos assentes na evocação e manipulação de regras subjacentes aos seus elementos ornamentais, em detrimento da utilização sistemática dos elementos estruturais de edifícios.

O corpus ao qual a gramática se fundamenta para a extracção das suas regras é aquele definido pelos Livros acima mencionados, ou seja o texto de Alberti, bem como alguns elementos de edifícios escolhidos que são amplamente aceites como tendo sido de concepção de arquitectura de Alberti.

A reunião desta informação permitiu encontrar um conjunto de regras que definem a gramática da forma da sistematização da coluna.

A arquitectura, assim como a maior parte das outras manifestações culturais, artísticas, sociais e políticas de origem portuguesa, está presente em vários continentes tendo início esse périplo de divulgação e consolidação de saberes por volta do séc. XIV como consequência da expansão das influências lusitanas levadas pelos navegadores portugueses.

Um dos traços mais marcantes desse período é relativo à difusão da língua portuguesa e também à construção promovida nos locais conquistados.

Para compreender a génese das construções nesses sítios, é também necessário compreender as transformações verificadas no modo de conceber a arquitectura pelos seus operadores além-mar e que, provavelmente, o influenciaram.

A definição desses aspectos relativos à arquitectura portuguesa pressupõe uma atenta observação da controvérsia levantada por alguns autores, nomeadamente Reynaldo dos Santos (1968-1970) para quem a Renascença é um estilo estrangeiro e que não teve implicações no desenvolvimento da arquitectura portuguesa. Opinião semelhante, relativamente à implementação daquele estilo em Portugal, tem Pais da Silva (1966) que sugere uma transição directa entre o estilo Manuelino para o Maneirismo sem conhecimento do período renascentista. No entanto, mais recentemente, Rafael Moreira (1991; 1995) ao estudar um conjunto de edifícios entre o estilo Manuelino e o modo de conceber *a romana* identificou cerca de 150 edifícios que, pelas suas características formais, classificou como pertencentes à orbita renascentista.

A nossa abordagem não sendo histórica poderá, no entanto, contribuir para a clarificação de alguns aspectos referentes ao tipo de estilo adoptado por determinados arquitectos e quais as relações inerentes às soluções arquitectónicas com outros elementos, quer sejam teóricos (no caso do tratado), quer sejam construídos (que, no caso específico desta investigação, advém das especificações do tratado). Deste modo, pretende-se enriquecer o debate fornecendo um modelo que, alicerçado na experiência, permita alcançar um conjunto de dados a utilizar noutras área de conhecimento.

De notar o enquadramento desta investigação no projecto de investigação internacional *Alberti Digital*. Com direcção de Mario Kruger e sede no Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra, contou com inúmeros parceiros institucionais, nomeadamente, o Departamento de Arquitectura da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, a Faculdade de Arquitectura da Universidade de Lisboa, o Instituto Superior Técnico/Inesc id, o Massachusetts Institute of Technology, a Universidade de Campinas no Brasil, entre outras instituições académicas e indústrias da área da transformação da

pedra. Este projecto de investigação pode ser visto como, simultaneamente, uma celebração e uma inovação. Uma celebração no sentido de comemorar a ordem dada por D. João III, em meados do séc. XVI, a André de Resende para traduzir para português o *De Re Aedificatoria* de Leon Battista Alberti. Uma inovação no sentido de utilizar, pela primeira vez, ferramentas computacionais para se entender o impacto cultural deste tratado na arquitectura clássica, tanto em Portugal como no ultramar. O projecto Digital Alberti visou traçar a influência da *Da Arte Edificatória* na arquitectura Portuguesa usando um ambiente computacional para construir uma gramática da forma descodificando o tratado e produzir desenhos ilustrativos, tanto do ornamento como dos templos em análise, visto que o tratado publicado originalmente em 1485 não continha ilustrações. (Kruger, 2011)

Assim, a estratégia escolhida para esta tese também utiliza uma ferramenta generativa que, aplicando de modo recursivo um conjunto de regras procedentes directamente do texto *Da Arte Edificatória* de Alberti, tem a capacidade de gerar os edifícios em análise, permitindo compreender quais as regras que, de modo directo, são consistentes com o edifício produzido e quais são necessárias adicionar, subtrair e transformar de modo a conseguir o seu resultado compositivo.

Neste sentido, propomos olhar para o tratado (em particular para aqueles capítulos dos Livros que descrevem o sistema da coluna) como um algoritmo ou conjunto de algoritmos com a sua estrutura própria. Tomamos a definição de Stiny e Gyps segundo a qual um algoritmo é uma afirmação explícita da sequência de operações necessárias para efectuar uma determinada tarefa. (c.f. Stiny e Gyps, 1980, pp 3).

A estrutura algorítmica permitiu aplicar de modo sólido as instruções descritas por Alberti, gerando diferentes edifícios.

Sugere-se que as prescrições contidas no texto poderão ser passadas entre os arquitectos e reutilizadas por outros tratadistas do mesmo modo que essas mesmas “regras” foram interpretadas e reintegradas na arquitectura renascentista, enquanto novidade relativamente à gótica.

1.1 - Da elaboração da tese

1.1.1 - Hipóteses de trabalho

- 1) É possível transpor as instruções contidas no tratado permitindo proceder ao desenho do sistema da coluna numa gramática da forma que, por sua vez, tem a capacidade de descrever, de forma rigorosa, a geração desses elementos evidenciando a natureza algorítmica de parte do tratado *Da Arte Edificatória*.
- 2) É exequível verificar em que medida alguns exemplares da obra construída de Alberti e de edifícios construídos no período próximo da Contra-Reforma em Portugal (em rigor, de partes destes), nomeadamente a fachada do palácio *Rucellai* em Florença, o alçado lateral da nave central da Igreja de *Sant'Andrea* em Mântua, a fachada do palácio *Ducal* em Vila Viçosa e o alçado lateral da nave central da Igreja de *São Vicente de Fora* em Lisboa, seguem as regras do tratado.
- 3) É possível apurar qual o grau de coincidência entre as regras do sistema da coluna descrito no tratado de Alberti e as regras do sistema da coluna utilizadas na geração de partes de edifícios acima referidos.

1.1.2 - Problemática

Os historiadores têm-se debatido acerca da existência de uma fase renascentista de características semelhantes à Italiana em Portugal, bem como se houve influência de Alberti na arquitectura construída nesse período.

1.1.3 - Tese

Sistematizando as transformações ocorridas nas gramáticas, é possível verificar o grau de coincidência entre a aplicação das descrições do tratado *Da Arte Edificatória* e dos edifícios em análise, constatando-se a coincidência e

concordância na aplicação das prescrições de Alberti, o que sugere que os construtores desses edifícios tinham conhecimento das descrições do tratado.

1.2 - Metodologia

A metodologia empregue é aquela subjacente ao formalismo teórico inerente à construção de uma gramática da forma, gramática descritiva e da implementação de um processo de verificação e avaliação das transformações ocorridas na aplicação da gramática da forma da sistematização da coluna. Quantificou-se (anotando os valores das diferenças entre os elementos existentes na gramática e aqueles necessários para gerar cada elemento arquitectónico pretendido) e qualificaram-se (verificando-se em que estágio de derivação algumas das regras foram transformadas) as diversas aplicações das regras das gramáticas. No entanto, em alguns casos, a geração de elementos dos edifícios em análise não foi passível de serem alcançados alterando somente aspectos de natureza paramétrica, como as relações entre as variáveis associadas à altura, largura ou profundidade dos diferentes elementos, ou da natureza topológica no que respeita aos elementos constituintes da morfologia das diferentes partes. No entanto essas formas, sujeitas a sucessivas transformações, permitiram encontrar novas formas.

1.3 - Da Organização da Dissertação

A presente tese é composta por 7 capítulos:

No primeiro capítulo, efectua-se a introdução à problemática e à hipótese de solução e, finalmente, é apresentada a demonstração da solução obtida.

No segundo capítulo, é feita uma contextualização do tratado *Da Arte Edificatória* entre aqueles que são amplamente considerados como relevantes e estruturantes para a teoria e prática da Arquitectura do Renascimento. O estado

da arte é sistematizado de modo a compreender a validade e actualidade da metodologia e ferramentas utilizadas de modo a dar resposta à problemática. Finalmente, é fornecido um conjunto de conceitos técnicos relativos à construção da ferramenta adoptada para a elaboração da tese, a gramática da forma.

O terceiro capítulo é centrado na construção da gramática da forma do sistema da coluna que advêm directamente das descrições do tratado. Por esse facto expõem-se as especificidades do tratado de Alberti, mostrando o processo de codificação do texto do tratado, além do tratamento das descrições nele contidas e que permitem constituir um conjunto de regras com o fim de gerar os diferentes elementos do sistema da coluna e suas combinações, com o objectivo de as sistematizar nos capítulos consequentes.

O quarto capítulo é dedicado à geração de fachada do palácio *Rucellai* em Florença e do alçado lateral da nave central da igreja de *Sant'Andrea* em Mântua, edifícios considerados como sendo de concepção de Alberti. A maioria das regras advêm da gramática do intercolúnio directamente extraídas do tratado. No entanto, elaborou-se um conjunto de regras de reconhecimento de elementos dados *a priori* e que permitiram iniciar a aplicação das restantes regras. Estas regras de carácter genérico foram utilizadas no capítulo seguinte. No fim da geração das partes dos dois edifícios em análise, compilaram-se as regras transformadas de modo a compreenderem-se as suas aplicações e como ocorrem no correspondente processo de derivação das regras.

O quinto capítulo centra-se na geração da fachada do palácio *Ducal* de Vila Viçosa e do alçado lateral da nave central da igreja de *São Vicente de Fora* em Lisboa. Mostrou-se a derivação das gramáticas e, posteriormente, mostraram-se as transformações efectuadas às regras do tratado necessárias para obter o resultado final.

No sexto capítulo mostra-se o grau de coincidência na aplicação das regras e

que sugerem a possibilidade dos autores das obras arquitectónicas analisadas terem utilizado as regras do tratado, evidenciando-se a influência da teoria de Alberti nas decisões projectuais levadas a cabo com impacto na aplicação da ornamentação nessas edificações.

No sétimo capítulo, elencam-se os contributos e as futuras aplicações dos sistemas e metodologias elaborados.

2 - Estado da arte

2.1 - Introdução

No presente capítulo são apresentados, em três pontos distintos, as principais referências tratadísticas, as ferramentas e técnicas utilizadas transversalmente ao longo da execução da presente investigação, e ainda, o conjunto de técnicas empregues na construção das gramáticas da forma.

São assim abordados aqueles textos que consideramos como as principais referências relativas aos tratados de arquitectura (ou da arte edificatória) existentes à época da contra reforma em Portugal. Este sub capítulo tem como função, não proceder a uma descrição exaustiva de tais textos tratadísticos, nem tão pouco mostrar a sua aplicação na arquitectura portuguesa relativamente à época referida, mas antes proceder a uma verificação e caracterização com base em referências literárias de tais textos, relacionando-os tanto quanto possível com o *Da Arte Edificatória*.

De seguida, focar-se-á aquela que foi a ferramenta eleita para proceder ao trabalho experimental com vista à verificação e refutação da hipótese elaborada. Esta ferramenta está apoiada no formalismo das gramáticas da forma, pelo que se construíram diferentes gramáticas da forma que funcionam de modo paralelo, como verificaremos com mais detalhe nos capítulos 3, 4 e 5.

Finalmente, abordar-se-ão as diferentes técnicas que contribuíram para a construção das gramáticas da forma, ou seja: técnicas de desenho generativo; técnicas de fabrico digital, técnicas de modelação inversa e técnicas de reconhecimento de forma, dando-se uma definição breve acerca das mesmas, bem como uma contextualização da sua utilização na actualidade. De notar que a verificação prática das mesmas será mostrada com casos experimentais das suas aplicações nos capítulos 3, 4 e 5. Deste modo, poder-se-á demonstrar de forma articulada essas utilizações e comprovar a sua utilidade e funcionalidade ao longo desta investigação.

2.2 - Tratados e Outros Textos Teóricos com Influência na Arquitectura Portuguesa do Período da Contra-Reforma.

Para contextualizar o tratado *Da Arte Edificatória* de Alberti e descrever as passagens referentes ao sistema da coluna, o que faremos em lugar mais “adequado” (leia-se no capítulo 3 dedicado exclusivamente à gramática da forma advinda do sistema da coluna do tratado) e do seu impacto na cultura construtiva portuguesa, será necessário contextualizarmos o mesmo relativamente a um conjunto de outros tratados que, com forte probabilidade histórica, condicionaram não só o modo de pensar a arquitectura e o meio construído tanto em Itália como noutros países, mas também contribuíram de modo prático para estabelecer as regras e boas práticas disciplinares. Segundo Rafael Moreira, concordando este com Françoise Choay (Choay, 2007) um tratado deve ser definido por 5 pontos que o constituem: ser um livro apresentado como um conjunto organizado; ser assinado por um autor, o qual reivindica a sua paternidade e escreve na primeira pessoa; o seu discurso deve ser autónomo e não subordinado a nenhuma disciplina ou tradição e ter como objectivo um método de concepção assente na elaboração de princípios universais e de regras generativas que permitem a criação, e não a transmissão de preceitos ou receitas; tais princípios e regras enunciados servem para gerar e cobrir a totalidade de um campo de conhecimento. (c.f. Moreira, 2011, pp. 9)

O tratado de Vitruvius *De Architectura* (Maciel, 2006). dedicado ao Imperador Augusto é dividido em 10 livros que, ao contrário dos de *Da Arte Edificatória*, não têm títulos. Foram escritos essencialmente em Latim e numa mistura de Latim e Grego. (c.f. Palladio, 1997, pp. Vii)

Estes Livros centram-se nas seguintes temáticas: o Livro I é dedicado ao ofício e arte da arquitectura; o Livro II é dedicado aos materiais e sua utilização; o Livro III é dedicado às diferentes tipologias de templos, focando particularmente o de estilo jónico sendo de notar que neste livro são definidos inúmeros elementos relativos às colunas em volta dos templos – picnostilo (o intercolúnio tem um

pequeno espaço entre colunas), sistilo (intercolúnio com largura de dois diâmetros de coluna), diastilo (intercolúnio com largura de três diâmetros de coluna), eustilos (intercolúnio medido na base da coluna e com dimensões bem proporcionadas), areostilos (intercolúnio com grande distancia entre colunas) – e relação das partes dos elementos das colunas especificando os géneros das bases ática e jónicas, os fustes e estrias, os capiteis jónicos, o cimácio, a faixa, a arquitrave e o friso, entre outros; o Livro IV é centrado nos estilos dórico, jónico, coríntio e toscano abordando ainda os templos circulares, as portas dóricas, jónicas e áticas e ainda os altares; o Livro V trata da arquitectura pública civil; o Livro VI edifícios privados; o livro VII aborda as técnicas de revestimento parietal assim como as suas pinturas por meio de fresco; o Livro VIII trata da hidráulica e da distribuição de água; o Livro IX aborda a gnomónica; e finalmente o Livro X trata a engenharia militar e a balística. (c.f. Moreira, 2011, pp. 13 - 15)

O tratado foi provavelmente manuscrito entre 35 e 25 a.C. (c.f. Moreira, 2011, pp. 12) e terá tido publicação posterior quase coincidente com *aeditio princeps* do *De Re Aedificatoria* em 1485. (c.f. Kruger, 2011, pp.19). *Aeditio princeps* do *De Architectura* teve uma primeira impressão de 1486 por Nicolai Lorentii Alamani e uma segunda edição de grande sucesso e aceitação em 1511, editada por Fra Giocondo de Verona.

O tratado de Vitrúvio estabelece as 3 dimensões fundamentais, ou seja: *firmitas, utilitas e venustas* (firmeza, utilidade e beleza). Estas três dimensões serão mais tarde reinterpretadas por Alberti nos seus operadores axiomáticos de *necessidade, comodidade e prazer* que abordaremos em detalhe no próximo capítulo. Quanto às suas características estas constam de ordenação (*ordinatio*), da disposição (*dispositio*), da euritmia (*eurythmia*), da comensurabilidade (*symmetria*), da conveniência (*decor*), e da distribuição (*distributio*). De notar que contrariamente ao *Da Arte Edificatória* tratado de Vitruvius utilizava desenhos como modo de ilustrar as definições textuais como especificado na passagem “...o gráfico e a descrição da legenda...” do *Tratado de Architectura* de Vitruvius no Livro III, Capítulo IV, parágrafo 5.

De realçar que este tratado teve ampla disseminação no séc. XVI na medida em que possibilitou uma interpretação filológica da Antiguidade Clássica, sobretudo das antigas construções, ao contrário de Alberti que propôs a construção e a fundamentação de uma nova linguagem arquitectónica.

Um outro tratadista de grande influência na sua época na Europa foi Sebastiano Sério (1475 - 1554). O conjunto dos seus sete livros impressos de 1537 a 1575 e com publicação conjunta em 1584 tiveram como primeira aparição o Livro IV, a *regole generale* centrado nas ordens da arquitectura. O seu tratado *L'Architectura* teve enorme impacto na teoria da Renascença essencialmente devido à sua função eminentemente prática. O seu texto foi escrito em *Vulgar* ao contrário do texto de Alberti ainda em Latim. (c.f. Curl, 1999, pp, 606 - 607). Era composto por cinco outros tratados (Livros) e um outro publicado postumamente para além daquele inicialmente mencionado. Assim os Livros I e II (1541) referiam-se à *Geometria e Perspectiva* nomeadamente. O Livro III era intitulado de *Le antiquita di Roma* (1540). O Livro IV intitulado *Regole Generali di architectura* (1537). O Livro V, *Tempij sacri* (1547) dedicado às tipologias de igrejas. O Livro VI *Habitatiationi di tutti li gradi degli huomini* (1575) e o Livro VII *Accident, & case per fabricar in villa* (1575) dedicados às tipologias de arquitectura domésticas. Finalmente o *Livro Extraordinário* (1551). De acordo com Dá Mesquita os livros de Serlio tiveram um papel fundacional na literatura de cariz científica, pois evidenciavam uma linguagem acessível onde se articulavam metodicamente imagens e texto. Deste modo, os tratados de Sério por articularem plantas, cortes, alçados e perspectivas podem ser considerados como fazendo parte dos catálogos modernos iniciais. Assim esta “construção da composição” com regras claras assentes numa programática e didáctica sistémicas, ilustradas e de fácil assimilação cativou um público abrangente indo para além daqueles interessados com a arte de construir. (c.f. Mesquita, 2005, pp 31)

De realçar que as obras tratadísticas que contribuíram para organizar e definir o mundo moderno irão tomar duas formas distintas neste período. Por um lado constituíram como seu suporte fundamental o valor do discurso escrito,

transpondo a Arquitectura de uma disciplina alicerçada na experiência para uma outra, a da textualidade, como são o caso absoluto o *De Re Aedificatoria* que não continha intencionalmente algum desenho. Por outro lado, os tratados apresentam-se também como catálogos mais ou menos didácticos, demonstrando soluções construtivas alicerçadas em tipologias de desenho, garantindo deste modo um óptimo meio de mediação entre arquitectos, construtores e mecenas. (c.f. Mesquita, 2005, pp 30)

Em 1562 *La regola delli Cinque Ordini d'Architettura* publicadas por Giacomo Vignolla (1507-1573), (c.f. Curl, 1999, pp 709) arquitecto maneirista com extensa obra construída (entre outro tratado de perspectiva) e de forte impacto no período da contra reforma e em especial nas obra de edifícios religiosos e conventuais levadas a cabo pela ordem de Jesus sendo responsável pelo projecto de *Il Gesù* (com inicio em 1564), sob encomenda do Cardial Farnese e igualmente responsável por completar o *Palácio Farnese*, em Caparola iniciado anteriormente por Peruzzi e Sangallo por encomenda do Cardeal, então Papa Paulo III, durante 1534-49. O *Il Gesù* que, de acordo com Luciano Patteta, não foi concebido como modelo para influenciar o mundo das construções católicas romanas no mundo, ou seja daquelas da Contra-Reforma, é contemporâneo da igreja de S. *Fedele* de Milão da autoria de Pellegrino Tibaldi mandada projectar também pela Companhia de Jesus. Ambos edifícios tiveram forte influência na arquitectura posterior ao Renascimento, ou seja, a de cariz maneirista ou no decorativismo Barroco do séc. XVII e do Rococó do séc. XVIII. (c.f. Patteta, 2003, pp 390-391)

A primeira edição, acima mencionada, era composta por 32 gravuras onde se incluíam o retrato do artista entre outras figuras alegóricas, duas páginas de texto com “direitos de autor” assinalados (II), a dedicatória e prefácio (III) e 29 gravuras devidamente legendadas contendo: a ordem toscana (IV-VIII), a ordem dórica (IX-XIV), a ordem jónica (XV-XX), a ordem coríntia (XXI-XVI), a ordem composta (XVII-XXIX), capitéis com figuras e a base ática (XXX), a construção da êntase, uma coluna em espiral (XXXI), e uma cornija (XXXII). De referir que

entre as inúmeras publicações em vida de Vignolla, são em grande quantidade as versões não autorizadas pelo autor.

No seu tratado, com explícita influência Serliana usando, como este as 5 ordens características descritas no Livro IV, Vignolla elenca um método para desenhar de modo proporcional correcto as ordens arquitectónicas. Este sistema abarca todos os elementos da coluna descritos e desenhados de modo bastante exaustivo anotando e legendando tanto os diferentes elementos que o compõem como também as devidas cotagens, linhas sombreadas, linhas tracejadas, etc., de modo muito completo e graficamente muito coerente. No entanto, a sua nova concepção das proporções das ordens enquanto modo novo de compreender e fazer arquitectura leva-o a criticar e assumir um novo modo que se demarca das crenças renascentistas na ordem necessária para atingir as proporções perfeitas advindas do estudo dos edifícios antigos e da leitura de Vitruvius. Antes propôs a assunção das proporções dos elementos individuais da coluna através de modelos matemáticos próprios com raiz pragmática e operativa. No seu tratado consolida uma relação sistemática entre os elementos da coluna, desde o pedestal até ao entablamento, aplicado a todas as ordens especificando as relações entre as partes e as suas dimensões individuais parametrizadas em função do raio da coluna, o *módulo*. Assim, garantiu maior flexibilidade de utilização do tratado por parte do leitor de modo a que este pudesse adaptar a ordem desejada relacionando as alturas de modo algébrico. As imagens de grande qualidade e elegância acabaram por se sobrepor às propriedades teóricas do tratado devido à sua eloquência gráfica, cativando um público alargado tendo tido por isso grande número de impressões em diferentes idiomas. (c.f. Thoenes, 1988, pp. 166-169)

Outro dos arquitectos com uma obra excelentíssima, e que contribuiu para a tratadística moderna, é Andrea Palladio (1508-1580). A sua obra tratadística foi das mais seguidas, reinterpretadas e copiadas em toda a história da arquitectura. Uma das razões, para além da boa preservação de grande maioria dos seus edifícios, reside na sua obra teórica e no facto de o tratado ser o depositário das regras com as quais foi possível produzir, com grande nível de

precisão, edifícios com detalhe e estilo semelhantes aos por si construídos. Palladio foi autor do *Il Quatri Libri dell'Architettura* editado pela primeira vez em 1570,(c.f. Watkin, 2000, pp. 243) somente quatro anos após a segunda versão do *De Re Aedificatoria*(1565)ser traduzido para Italiano (a primeira publicação foi traduzida em 1546 por Pietro Lauro mas ainda sem ilustrações) com as ilustrações de Cosimo Bartoli.

O tratado de Palladio ocupava-se não só dos princípios mais gerais da arquitectura das ordens clássicas, mas também da especificação e prescrição da construção de templos, de edifícios civis e palácios, bem como de pontes e *villas*.

Pode ser entendido como um só livro, em contraposição com aqueles sete publicados por Sérlio ainda durante o tirocínio de Palladio, sendo mais pragmático do que evocador de ideias abstractas de acordo com o método prático e objectivo da sua escrita contida, concisa, directa e realista.

O texto representa a síntese da experiência do autor enquanto projectista e construtor, orientando o tratado nesse sentido, tirando partido das experiências da vida real e de obra, sintetizando-as em descrições de elementos construtivos e esquemas desenhados, facilitando a sua compreensão por parte do leitor.

Palladio ao utilizar casos construídos para representar e descrever as regras de simetria e harmonia presentes nos seus desenhos, reinterpreta essas mesmas construções devolvendo então elementos mais refinados, corrigidos e otimizados, dando ao tratado uma grande coesão crítica e didáctica. (c.f. Ackermann, 1954, pp. 3 – 311)

No Livro I são esboçadas as linhas condutoras para se executar a preparação da obra, as fundações e os materiais necessários para começar a obra de construção passando então para uma descrição das ordens de arquitectura. De modo semelhante a Sérlio, Palladio descreve 5 tipos de coluna, descrição essa que vai aumentando em qualidade descritiva de modo incremental da ordem toscana e dórica para a jónica, de que se pode ver a gravura da edição do tratado de 1570 na Figura 1, à coríntia. As suas proporções são apresentadas com relações simples evitando termos Gregos como o vitruviano *entasis*

substituindo por *inchaço ou dilatação* (tradução do termo *swelling* por parte do autor) sendo que Alberti usa para o mesmo elemento *barriga (ou ventre)*. Conclui este livro, dando conta das diferentes partes e dos diferentes quartos de um edifício. O Livro II caracteriza habitações completas, começando pelas casas privadas gregas e romanas, avançando para a ilustração e caracterização de como as suas próprias *villas e palácios* adaptaram tais precedentes através do trabalho com os seus clientes. O Livro III é dedicado às obras públicas como ruas praças, pontes e basílicas e fazendo de novo uma avaliação crítica entre as soluções construídas pelos antigos e aquelas construídas por Palladio. Finalmente no Livro IV, para além de uma descrição do *Tempietto* de Bramante, é dado enfoque aos templos da arquitectura clássica e em especial da antiga Roma.

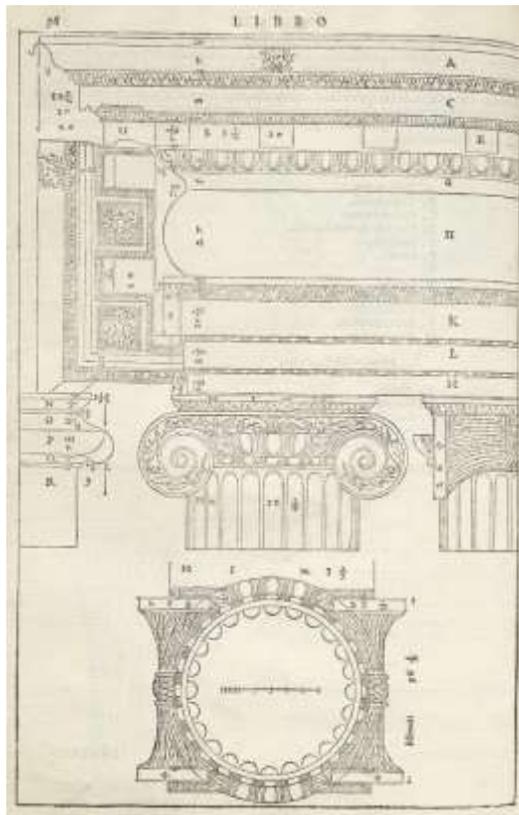


Figura 1. Gravura de planta e alçado de um capitel jónico e entablamento. Fonte Palladio, A. 1997.

A tratadística na Península Ibérica e em Portugal

Nos finais do séc. XV, no séc. XVI e no início do séc. XVII a tratadística em Portugal e na Península Ibérica não acompanharam a produção teórica verificada na Europa e, especificamente, em Itália.

Essa actividade teórica não reflecte a actividade construtiva da arquitectura e mesmo pedagógica e didáctica que se vinha sentindo nas cortes portuguesas, com principal incidência na *Escola do Paço da Ribeira* fundada por Pedro Nunes (1502-1578), e mais tarde transferida para a capital do império filipino originando a *Academia de Matemáticas y Arquitectura* dirigida por Juan de Herrera em Madrid.

Se existem fortes evidências de que a maioria dos tratados de arquitectura de então, e já referidos, foi conhecida por parte dos arquitectos e intelectuais portugueses, não existe evidência de uma sistemática relativa a esses saberes relacionando a arte de construir com as outras artes, no território português. (c.f. Moreira, 1982, pp. n.d.)

É Pedro Nunes, um matemático, geómetra e cosmógrafo que traduz em 1541 o tratado de Vitruvius. A escola do *Paço* assim como um conjunto de arquitectos régios de onde se destaca João de Castilho (1470-1552), Diogo de Arruda (nd-1531), Francisco de Arruda (nd-1547) e Miguel de Arruda (nd - 1563) Benedito de Ravena (c. 1485-1556), António Rodrigues (c.1520-1590), Diogo de Torralva (1500-1566) Manuel Pires (n.d. -1556) são contemporâneos dessas grandes conquistas do humanismo com impacto nas suas concepções arquitectónicas.

No entanto, a não total adesão ao estilo romano por parte dos construtores desta época pode ser consequência das apetências do encomendador, pois ao contrário da maioria da nobreza espanhola que já evidenciava grande receptividade às novas ideias vindas de Itália, a portuguesa estaria mais atenta aquelas vindas do novo mundo, nomeadamente de África. (c.f. Cunha, 2007, pp. 52-59)

A tratadística na península tem o seu provável primeiro texto por Diego de Sagredo (1490- 1528) na sua *Medidas del Romano: Necesárias a los Oficiales que Quieren Seguir las Formaciones delas Basas Colunas, Capiteles, y Otras Pieças delos Edifícios Antíguos* publicado em 1526. Este arquitecto clérigo fez a

sua formação em Espanha e em Itália, onde se dedicou ao estudo das ruínas clássicas de onde trouxe uma vasta colecção de desenhos, particularmente de capitéis observados em Roma e provavelmente Verona.

No seu tratado cita Alberti, Vitrúvio e, entre outros autores clássicos, Plínio e Pitágoras. Este tratado antecipa-se ao de Sérlio no uso de uma língua vernacular, dedicando mais atenção aos ornamentos que Sérlio. Sagredo dá também evidência a algumas formas pouco clássicas, como as colunas geminadas, os frontões curvos e as balaustradas deixando, ao jeito Albertiano, a decisão de utilizar tais elementos ao leitor. De mencionar a tradução editada em Lisboa de a *Raison D`Architctecture* em 1531/1537. (c.f. Bury, 1988, pp. 160-164) Supõe-se que em 1551 André de Resende traduz o *De Re Aedificatoria* entretanto perdido. No entanto, a presença do tratado de Alberti em Bibliotecas Portuguesas é anterior a esse esforço de publicação. Com efeito, uma cópia da primeira edição de 1485 existe na Biblioteca Nacional de Portugal sem no entanto se saber a sua proveniência e a data da mesma.

Além disso parece que o conhecimento do tratado só chega a Portugal em meados do séc. XVI através da edição latina de 1541 (das três existentes no país, uma fazia parte da biblioteca do Mosteiro *de São Vicente de Fora*) e da versão em Italiano de 1565 de Cosimo Bartoli bem como uma outra traduzida para Espanhol por Francisco Lozano em 1582.

É notável a quantidade de 8 cópias dos tratados de Alberti existentes em Portugal, quando comparadas com as 3 cópias do tratado de Sagredo existentes no mesmo período. Isto sugere que o tratado de Alberti teria tido mais procura do que seria de prever, pese embora se tratasse de um texto tão abstracto e de relativa difícil leitura. (c.f. Rodrigues, 2011, pp. 21-35)

De notar que D Teodósio I (um dos encomendadores do *Paço Ducal* de Vila Viçosa) tinha duas cópias do tratado de Sagredo, sendo uma a edição de 1526.

Na sua dissertação de mestrado intitulada *Um Tratado Português de Arquitectura do séc. XVI (1576-1579)* Rafael Moreira sugere a atribuição de um tratado de arquitectura de autor desconhecido a António Rodrigues. Este tratado datado de 1576 contém fortes alusões a Alberti.

É de realçar outros arquitectos de origem portuguesa com textos tratadísticos, e apontados na tabela cronológica apresentada por Rodrigues, aos quais se deverá aprofundar o estudo dos seus textos. Estes autores são os seguintes: Fernando de Oliveira em *Livro da fábrica das naos...* (1580), Luís Serrão Pimentel em *Extracto Iconográfico do Methodo Lusitanico...*(1629). Mateus do Couto em *Tratado de Architectura* (1631).(c.f. Rodrigues, 2011, pp. 21-35).

Juan de Herrera (1530-1597), autor de uma série de edifícios e urbanizações em Espanha, foi o segundo arquitecto do palácio do *Escorial*. Entre 1584-1586 acompanhou Filipe II na sua deslocação a Lisboa tendo por esta altura participado na planificação do *Paço Real* da Ribeira e no projecto preliminar de renovação da Igreja de *São Vicente de Fora* em parceria com Filipe Terzi e acompanhamento em obra de Baltazar Álvares, como veremos com maior detalhe no capítulo V.

Herrera foi responsável por um tratado que não sendo especificamente de arquitectura foi uma reflexão filosófica, o *Discurso Sobre la Figura Cúbica*. De acordo com Fernando Marias (Wiebenson, 1988), entre 1583 e 1589 Herrera desenvolve um conjunto de 13 painéis onde expõe os desenhos técnicos do *Escorial* ou seja; plantas, alçados interiores e exteriores e cortes ortográficos e projecção cavaleira, segundo aquele que era o seu método de representação arquitectónica. Pretendia estabelecer mais do que um “tipo”, um “modelo” que explicava a arquitectura filipina, exemplificando o seu entendimento da arquitectura clássica como sistema formal e significativo com sentido universal, e a partir do qual seria possível derivar inúmeras interpretações.

Mais do que um estilo herreriano, um estilo escorialense tomou forma advindo também da experiência simultânea de representação e construção(c.f. Wiebenson, 1988, citação a Marias, pp.24-26).

A organização do estaleiro após a experiência do Escorial, passa de uma experiência corporativista para uma de cariz sectorial. Deixam de ser feitas empreitadas, antes jornadas, tornando mais eficientes os trabalhos. (c.f. Soromenho, 1995, pp. 24-26)

Filipe Terzi, Baltazar Álvares entre outros, terão tido contacto com a obra construída e teórica de Herrera, sendo particularmente evidente esta relação com os conceitos escorialense na obra da igreja de *São Vicente de Fora*, que evocaremos com mais detalhe no capítulo 5 dedicado à construção da gramática da forma do alçado lateral desta igreja.

2.3 - Gramáticas da Forma de Referência

A gramática da forma é a principal ferramenta generativa utilizada neste trabalho de investigação. Desde a década de 70 que diversas gramáticas da forma têm sido desenvolvidas com diferentes tipos de abordagem e de capacidade geradora. Tradicionalmente as gramáticas da forma dividem-se em dois tipos distintos: gramáticas de síntese e gramáticas analíticas.

As primeiras centram-se na compilação de um conjunto de regras que tenham a capacidade de gerar desenhos sem um estilo prévio, proporcionando desenhos originais de acordo com a intenção do autor. Estas não têm capacidade analítica, pois não contem os diferentes elementos nas suas regras referentes a um *corpus* em análise.

As gramáticas analíticas, pelo contrário, incorporam propriedades de um determinado estilo, formalizadas nas suas regras e que, quando derivadas, permitem gerar desenhos no referido estilo. Estas gramáticas têm capacidade analítica pois é possível aferir se determinado elemento gerado está no estilo proposto, podendo ser observado com rigor as regras aplicadas e aquelas que foram transformadas, como no caso das gramáticas da forma apresentadas nesta tese.

De seguida apresentaremos um conjunto de gramáticas que tomámos como referência na elaboração das nossas gramáticas. De realçar que todas elas são gramáticas analíticas e a sua apresentação tem uma sequência temporal, sendo a primeira apresentada a *Gramática de Palladio*, a primeira gramática analítica construída. Em seguida apresenta-se a obra *Transformações em Projecto*

(*Design*) que, em boa verdade, é uma obra dedicada à questão da transformação das regras gramaticais, expondo diferentes gramáticas da forma. Outra das gramáticas sintetizadas neste subcapítulo é *As Transformações do Estilo Artístico De Stijl* que apresenta de modo muito detalhado a estrutura da gramática da forma de autores do estilo *De Stijl*, mostrando uma análise das alterações verificadas nos estilos dos dois autores deste movimento. Finalmente será apresentada a *Gramática da Forma do Estilo Arquitectónico Yingzao fashi*, que codifica um manual de boas práticas e modos de construir no referido estilo.

2.3.1 - Gramática de Palladio

A *Gramática de Palladio* da autoria de George Stiny e William Mitchell apresentada em 1978 é uma das primeiras gramáticas paramétricas, cujo objectivo era codificar as plantas das *villas* palladianas com o intuito de entender e desenvolver uma definição do estilo Palladiano. (Stiny, 1978)

Os autores da gramática tomaram como *corpus* de análise as *villas* de modo a especificar as regras para os gerar.

Essas regras advêm essencialmente de um conjunto de descrições e ilustrações presentes no tratado *I Quattro Libri dell'Architettura, o tratado de architettura de Andrea Palladio*, focando especificamente os aspectos geométricos das *villas* e não de outros elementos do sistema arquitectónico. Um dos aspectos que restringe as *villas*, enquanto elementos a gerar de modo a entender o estilo de Palladio, em detrimento de outros aspectos do tratado, é aquele sugerido por Wittkower: a característica que distingue as *Villas* é a sistematização das plantas. De notar que o tratado de Palladio é um tratado repleto de representação gráfica que acompanha ou é apresentada em paralelo com as descrições do texto. Stiny e Mitchell na sua gramática de *Palladio* não se sujeitam exclusivamente ao texto, utilizando-o antes de modo combinado com as ilustrações do texto. (c.f. Wittkower, 1952, pp. 70-74)

Tecnicamente, a gramática é composta por oito estágios que correspondem (segundo os autores) a um processo intuitivo de projectar, ou seja: 1) a definição da grelha; 2) a definição das paredes exteriores; 3) o *layout* dos quartos; 4) o realinhamento das paredes interiores; 5) as entradas principais - inflexão das paredes exteriores e os pórticos; 6) colunas - ornamento exterior; 7) portas e janelas; e finalmente 8) regras para terminar a geração.

As plantas das *Villas* que podem ser vistas na Figura 2 são mono axiais. Na gramática de *Palladio* a “grelha” é bilateral, pelo que se pode manipular espacialmente as regras (rotação em torno de um eixo) de modo a adaptar as formas em uso. Os quartos, que são inseridos ao longo da referida grelha, são simétricos ao eixo de simetria da planta e com posicionamento ao longo do bissector Norte/Sul. Os quartos são, ao longo do processo de aplicação das regras, formados por concatenação recursiva dos espaços.

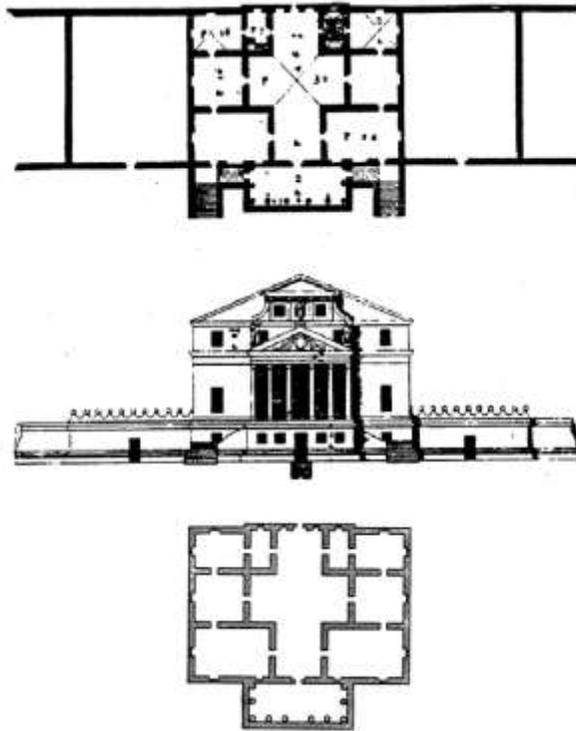


Figura 2. Desenho de Andrea Palladio da Villa Malcontenta. Em baixo a planta da vila obtida com a gramática. Fonte Stiny, G. & Mitchell, J. 1978.

2.3.2- Transformações em Projecto (design)

No livro sobre transformações em projecto (*Transformations in Design*, 1994), Terry Knight reflecte de modo exaustivo acerca da definição de estilo e das transformações do estilo focando o seu estudo em diferentes períodos da actividade criativa.

De acordo com Knight embora os constrangimentos postos aos artistas relativos à lógica da situação de projecto (ou design) sejam enormes, há ainda uma imensa opção de escolha de soluções ou estilos possíveis além daquelas que estes podem alcançar.

Para a autora, se algum progresso tem de ser feito para explicar essas escolhas, (e se essas explicações são possíveis), este dependerá em primeiro lugar por adaptar métodos mais sofisticados para descrever os aspectos de estilo e das mudanças verificadas nesse mesmo estilo.

O estilo pode ser entendido como um modo de agrupar ou classificar coisas, através das propriedades que as distinguem, ou seja, que lhes são comuns. É um princípio de organização que permite que fenómenos e artefactos sejam estruturados, podendo evidenciar uma maneira de os fazer.

De acordo com Knight existem diversos tipos de regras, como: as regras de reorganização (rule reordering) que são usadas para explicarem as mudanças históricas das línguas faladas; as regras de transformação, ou seja, regras para apagar formas, regras de adição e mudança de regras aplicadas a uma forma para produzir novas gramáticas da forma criando então uma nova gramática. Essa nova gramática definirá uma nova linguagem de projecto.

As transformações podem ser restringidas de modo a que as novas gramáticas possam incorporar uma diversidade de mudanças, continuando no entanto com a mesma estrutura recursiva da gramática original.

Uma estrutura recursiva é um sistema subjacente às relações espaciais codificadas nas gramáticas. Elas permitem verificar como são aplicadas as regras, mostrando um padrão de sequência de aplicação. Uma diferente gramática pode ter uma estrutura recursiva igual a outra gramática se se verificar

o mesmo padrão de aplicação das regras denotando-se uma mesma linguagem ou não.

Os determinantes para se ter um projecto (design) numa determinada linguagem são: as relações espaciais entre as formas num determinado vocabulário, e os modos como as diferentes relações espaciais são empregues (como as regras de forma) para gerar desenhos, e que se pode ver na Figura 3.

As transformações de estilo são mapeamentos entre gramaticas, definindo formas individuais em estilos diferentes.

Na primeira gramática da forma de um determinado estilo a gramática preserva a estrutura das relações espaciais, na segunda gramática da forma as transformações preservam a estrutura das relações espaciais, e indirectamente a forma que elas produzem. (c.f. Knight, 1994, pp. 37)

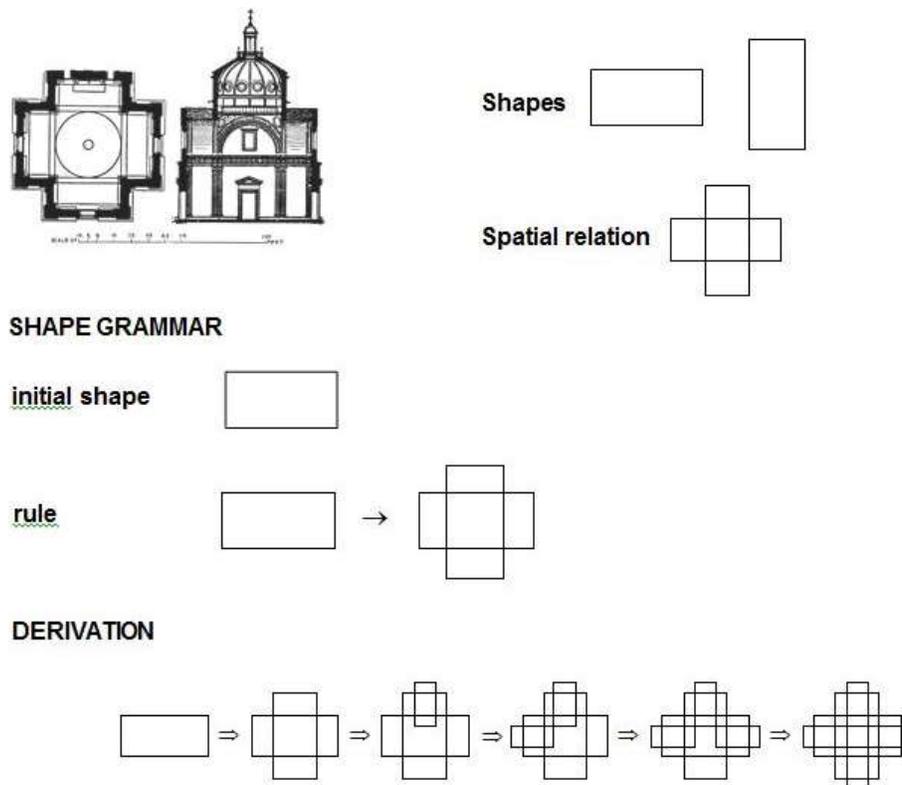


Figura 3. Igreja de Santa Maria delle Carceri, de Sangallo. O vocabulário de formas é constituído por dois rectângulos, e a relação espacial é a cruz grega. A forma inicial é um rectângulo e a regra insere um novo rectângulo. Derivação da regra. Fonte Knight, T. W. 1994.

As transformações gramaticais são transformações de base generativa em detrimento de transformações de paradigma ou das descrições do estilo.

São baseadas nas mudanças da estrutura gramatical de um estilo e não em mudanças das aparências visíveis dos desenhos ou projectos do estilo em causa.

Estilos que não apresentem semelhanças observáveis de modo rápido ou superficial nas suas formas ou composição podem, no entanto, evidenciar semelhanças nas regras usadas para as construir.

Quando os estilos mostram semelhanças óbvias e superficiais, verifica-se quase sempre a mesma semelhança na estrutura gramatical. (c.f. Knight, 1994, pp. 38)

Cada uma das operações de alteração gramatical (regras de adição, regras de apagar e mudanças de regras) podem ser aplicadas a uma gramática para a transformar numa outra ou em várias gramáticas. Cada transformação de uma gramática numa nova gramática pode determinar a transformação das correspondentes linguagens numa nova linguagem, como especificado no diagrama 1

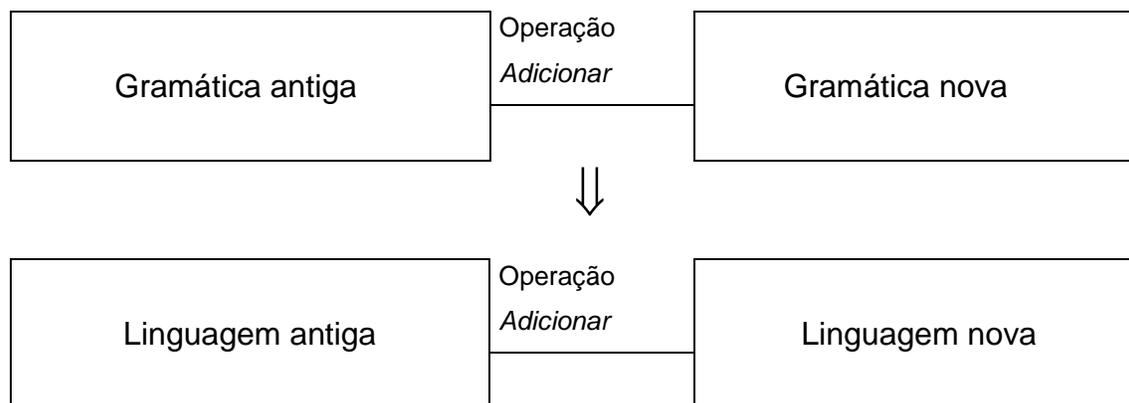


Diagrama 1. transformações das gramáticas antigas em gramáticas novas podem corresponder a transformações das linguagens antigas em linguagens novas.

As relações espaciais são ideias compositivas para executar desenhos.

A estrutura recursiva de uma gramática da forma é uma descrição das relações entre as regras de uma gramática consoante estas são aplicadas para gerar projectos.

A estrutura recursiva da gramática da forma é dada pela relação de um conjunto de regras e uma forma da gramática. (c.f. Knight, 1994, pp. 70)

As estruturas recursivas que se justapõem ou têm partes que se justapõem são consideradas isomórficas. (c.f. Knight, 1994, pp. 76)

Quando as regras adicionadas a uma gramática da forma e as linguagens geradas são estendidas, então a estrutura recursiva da nova gramática não será isomórfica relativamente à estrutura da gramática original.

As regras de uma nova gramática irão então permitir encontrar novos e maior número de projectos (designs) que aqueles alcançados com as gramáticas originais.

As regras de mudança podem alterar as regras da gramática, a forma inicial e os componentes não espaciais (marcadores). Ou seja: os componentes não espaciais que estabelecem as relações espaciais são os marcadores espaciais e os marcadores de estado.

Os marcadores de estados controlam a ordem na qual as regras da gramática são aplicadas nas suas derivações. Eles especificam os vários estágios ou estados em que um desenho pode derivar para estar na linguagem definida pela gramática. (c.f. Knight, 1994, pp. 79)

Os marcadores de estados podem ser aplicados à forma inicial, regras da forma e estado final. Os marcadores espaciais podem unicamente ser associados às regras e à forma inicial.

Nas relações espaciais as regras da forma, assim como a forma inicial podem ser alteradas. Tudo o que for forma pode ser alterado com excepção do estado final.

Na regra de mudança da forma $x \rightarrow y$, a forma x pode ser substituída pela forma y .

Uma regra de mudança aplica a uma subjacente relação espacial, uma regra de uma outra gramática da forma para a mudar numa nova relação espacial. Esta relação espacial pode então ser usada na definição de uma nova regra. As regras de mudança aplicam-se indirectamente a uma regra da forma de uma gramática para a mudar em novas regras da forma.

Mudando as regras da gramática da forma com este tipo de regras, uma nova gramática da forma é produzida que por sua vez gerará novas linguagens de projectos. Ou seja:

$$[A - t(x)] + t(y);$$

tal que $t(x) \leq A$, sendo A uma forma, e $t(x)$ a transformação de parte dessa forma A ; a $t(x)$ pode então ser substituída por $t(y)$. Na figura 4 pode-se verificar a transformação das relações espaciais entre quadrados e posteriormente a derivação de novas formas alcançadas por variações paramétricas. O poder das regras de mudança na produção de relações espaciais é semelhante à de uma regra da forma na produção de projectos.

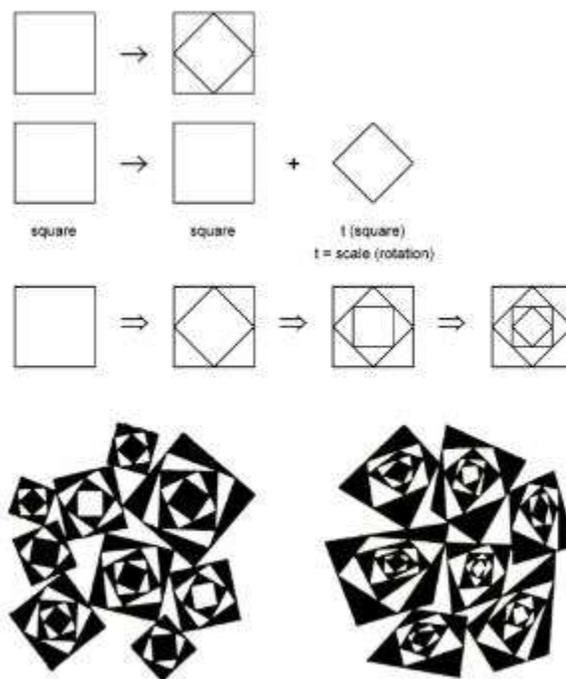


Figura 4. Gramática Paramétrica. Manipulando os quadrados obtém-se diferentes configurações. As transformações (t) utilizadas são a escala (rotação) e adição ou subtracção do comprimento dos lados do quadrado. Fonte Stiny, G. 2011.

Nos casos seguintes pode-se verificar a aplicação de regras de mudança:

$$A \rightarrow A+B \text{ (regras de mudança } A \rightarrow A') \Leftrightarrow A' \rightarrow A'+B$$

$$A \rightarrow A+B \text{ (regras de mudança } B \rightarrow B') \Leftrightarrow A \rightarrow A+B'$$

A relação espacial está dentro da própria regra. As regras de mudança actuam dentro da própria regra. As regras de mudança actuam dentro da regra previamente definida mudando a relação espacial. Actuam directamente na derivação.

Quando a relação espacial das regras de uma gramática são mudadas, a estrutura recursiva de uma nova gramática pode ou não ser isomórfica da estrutura recursiva da gramática da forma inicial. (c.f. Knight, 1994, pp. 102) No entanto o tipo de mudança da regra pode ter impacto na estrutura recursiva. (c.f. Knight, 1994, pp. 104)

As regras podem ser alteradas mudando as relações espaciais e/ou pela mudança dos rótulos.

As relações espaciais podem ser alteradas através da introdução de novas formas, pelo redimensionamento ou pelo reposicionamento das formas. Neste último caso verifica-se igualmente a transposição de formas.

Para se demonstrar as relações entre gramáticas de diferentes linguagens ou estilos, podem ser definidas diferentes operações de transformação que modifiquem não só uma gramática numa outra, mas também que preservem nessa acto de transformação a estrutura recursiva da gramática inicial. Ver diagrama da estrutura recursiva na Figura 5.

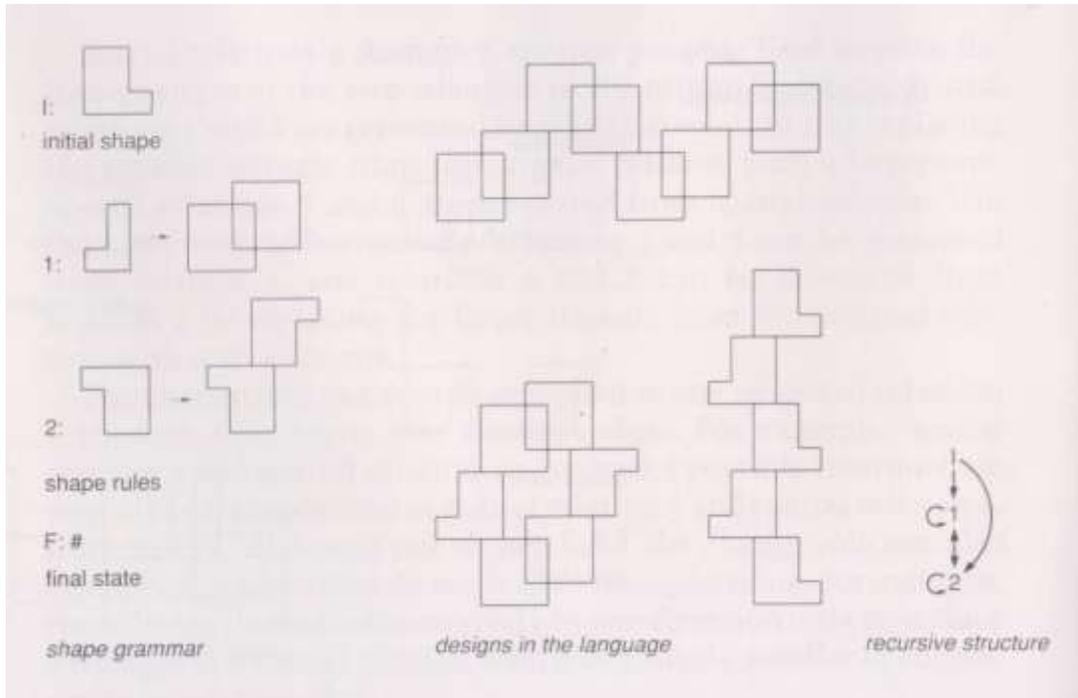


Figura 5. Transformações de uma Gramática aplicando uma nova regra (2) gerando diferentes desenhos na mesma linguagem. Diagrama da estrutura recursiva da aplicação das regras da gramática. Fonte Knight, T. W. 1994.

Quando comparados projectos antigos com actuais, e caso existam proximidades nas relações formais entre estes, pode haver um isomorfismo entre a estrutura recursiva da gramática que gerou estes estilos, e que criou um estilo completamente novo.

Por outro lado poderá proporcionar um isomorfismo da gramática da forma do estilo conhecido com um outro de um estilo novo. Visto a estrutura recursiva, ou parte desta ser preservada, o entendimento de como esta funciona é transferido para a nova gramática da forma.

A estrutura da nova gramática e dos desenhos por ela gerados serão entendidos de modo mais expedito mesmo que os novos desenhos não mostrem semelhanças aos originais.

Se a estrutura recursiva não for mantida e preservada então o resultado das sucessivas mudanças e/ou alterações podem ser mais difíceis de entender visto a estrutura da nova gramática da forma apresentar diferenças significativas da estrutura da gramática original. (c.f. Knight, 1994, pp. 105)

2.3.3. – Transformações do estilo artístico *De Stijl*

O artigo *Transformations of De Stijl art: the paintings of Georges Vantongerloo and Fritz Glarner* apresenta um formalismo para descrever mudanças estilísticas nos processos de projecto. Este formalismo é usado para analisar as transformações verificadas no estilo de pintura *De Stijl* no trabalho destes dois artistas.

No programa estilístico inicial do movimento *De Stijl* a pintura, em oposição à escultura e arquitectura, era o foco central de pesquisa. Um dos objectivos principais era a representação de relações abstractas e universais entre elementos da pintura: forma (ou linha) e cor.

As experiências mais relevantes até então neste estilo foram levadas a cabo por Piet Mondrian e Theo Van Doesburg. Estes usaram um sistema de linhas horizontais e verticais com áreas rectangulares coloridas.

Os estudos referentes aos artistas Georges Vantongerloo e Fritz Glarner correspondem às pinturas produzidas no período 1919 a 1939 no caso do 1º artista e de 1945 a 1969 no caso do segundo artista. Apesar de ambos terem experimentado estilos naturalistas, os anos de 1919 e 1945 marcaram a viragem para o estilo abstracto.

Os anos de 1939 e 1969 marcam o fim de uma série de transformações já efectuadas ao modelo inicial utilizado pelos artistas. Nos períodos analisados, o trabalho destes artistas é dividido cronologicamente em estágios representando um desenvolvimento significativo ou transformações no estilo de cada artista.

Esta verificação dos “estágios” das transformações estilísticas dos artistas Georges Vantongerloo e Fritz Glarner são analisadas para descrever mudanças no estilo desenvolvido por estes. (c.f. Knight, 1989, pp. 51-98)

As características distintas de cada pintura produzidas em cada estágio são representadas em termos de gramática da forma. A relação entre os sucessivos estágios são caracterizados em termos de operações de transformação que evidenciam como a gramática da forma de um estágio pode ser transformada numa gramática da forma dos estágios sucessivos.

Uma gramática da forma tem um formato estandardizado que permite uma mais rápida definição das transformações ocorridas. Consiste pois numa forma inicial, regras de forma e um estado final.

Esta é definida, como já visto anteriormente, em relações espaciais e em mecanismos espaciais controlados por rótulos de estado que controlam a sequência e número de vezes que as regras podem ser aplicadas. O estado final especifica quando um projecto está na linguagem definida pela gramática da forma.

As operações relativas às regras de transformação mudam as regras de uma gramática da forma em novas regras mudando os rótulos de estado ou as formas na relação espacial que define essas regras. A não ser que previamente mencionado, essas operações transformam uma gramática para um estágio numa única gramática nova relativa ao estágio conseqüente.

As regras das diferentes gramáticas que definem os diferentes estágios do trabalho de Georges Vantongerloo e Fritz Glarner são divididas em regras que definem relações entre formas e linhas e regras que definem relações entre cores.

As regras da forma e regras da cor têm funções composicionais específicas. Estas categorias permitem que as regras que tenham funções semelhantes em estágios estilísticos diferentes possam ser comparadas e correlacionadas.

As gramáticas dos diferentes estágios são comparadas numa grelha. Cada estágio é comparado com o anterior focando essa comparação nas operações ocorridas: eliminação, adição e mudança de regra.

Como conclusão do artigo *Transformations of De Stijl art: the paintings of Georges Vantongerloo and Fritz Glarner*, Knight realça que as gramáticas da forma de Georges Vantongerloo são transformadas fazendo mudanças substanciais às regras existentes e apagando regras.

As gramáticas dos estágios finais são mais simples e não têm regras em comum com as gramáticas dos estágios iniciais, ao passo que as gramáticas de Fritz Glarner são transformadas sobretudo através de pequenas mudanças às regras existentes e adicionadas novas regras. As gramáticas dos estágios finais são

mais complexas mas não são diferentes das dos estágios iniciais que podem ser verificadas na Figura 6. Elas contêm quase todo o mesmo tipo de regras ou regras semelhantes das gramáticas iniciais e mais uma serie de novas gramáticas.

	Stage I 1943-50	Stage II 1945-56	Stage III 1956-57	Stage IV 1958-62	Stage V 1961-69
initial shape	1:				
Form rules	1:				
rectangular divisions	2:				
locking pairs of rectangles which comprise larger rectangles	3:				
	4: $O = (a/b)_c$	$O = (a/b)_c$	$O = (a/b)_c$	$O = (a/b)_c$	$O = (a/b)_c$ $P = 0,1$ $q = 1$ $p = 2,3,4$ $q = 4$
	5:				
	6:				
	7:				
	8:				
	9:				
	10:				
oblique and other divisions within rectangles	11:				
	12:				
relations between obliquely divided rectangles	13:				
	14:				
	15:				
	16:				

Figura 6. Tabela de derivação das gramáticas da forma onde se pode observar os diferentes estágios das pinturas de Glarner. Fonte Knight, T. W. 1989.

3.3.4. – Gramática da forma do estilo arquitectónico *Yingzao fashi*

Na tese de doutoramento de Andrew Li defendida em 2001 intitulada *A Shape Grammar for Teaching the Architectural Style of the Yingzao fashi*, o autor começa por contextualizar o estado da arte com uma posição crítica relativamente a três gramáticas específicas: a gramática da forma de *Queen Anne*, de *Moghul* e das *Casas de Taiwan*, mostrando que por vezes é difícil gerar objectos que vão ao encontro dos requisitos de um dado problema. No

caso da gramática de *Queen Anne*, os parâmetros estavam mutuamente constringidos.

No caso das *Casas de Taiwan* os constringimentos são simples sendo relativamente trivial gerar edifícios dentro das requisições (corpus). Nesta gramática as dificuldades verificadas baseiam-se nas complexas decisões a levar a cabo pelos utilizadores. Segundo Li este conjunto de gramáticas deveria ter sido construído de modo ao utilizador poder tomar decisões de modo mais simples e de maneira mais intuitiva.

A gramática da forma de *Yingzao fashi* não é uma enumeração de um problema específico, mas antes uma definição (ou formulação) generativa parcial.

O autor sugere que a definição da gramática da forma enquanto gramática generativa advém das qualidades do texto ser também generativo. E evita a definição enumerativa, ou seja aquela que advém do corpus, presente em parte na Figura 7, representativa de edifícios existentes no estilo.

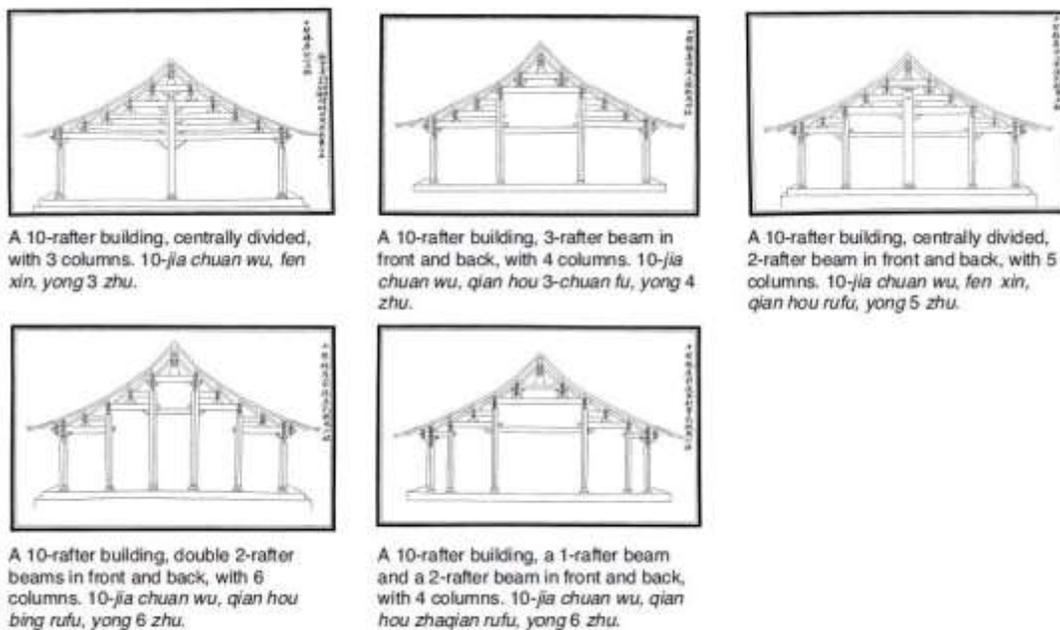


Figura 7. A gramática da forma *Yingzao fashi*. Conjunto imagens e descrições do tratado perfazendo o corpus. Fonte Li, A. 2001.

Um dos objectivos de Li é investigar a forma como os humanos interagem com as gramáticas. Não pretende uma definição completa do tratado *Yingzao fashi*, antes usar as condições do texto e as suas indefinições. No entanto, Li não concretiza mais do que uma intenção neste aspecto. Uma das razões para tal prende-se com o facto da sua gramática da forma ter como objectivo o ensino. Assim sendo, esta pretende gerar *todos e não só* (mais do que...) “*all and not only – more than*” os tipos de projecto na linguagem de *Yingzao fashi*.

A gramática de *Yingzao fashi*, produz projectos imperfeitos cabendo ao estudante avaliá-los. Este aspecto difere da típica abordagem analítica em que o autor é também o juiz da legalidade dos desenhos, buscando uma definição determinista.

Um outro aspecto importante da abordagem de Li prende-se com o facto de a gramática de *Yingzao fashi* estar organizada com o objectivo de ser facilmente usada pelo utilizador, eliminando os parâmetros com constrangimentos múltiplos, pretendendo-se proporcionar a sensação de este estar a desenhar um edifício.

A gramática da forma tenta ser um guia para o utilizador e não uma máquina para produzir projectos.

O autor pretende uma gramática da forma semelhante à da gramática de *Ice Rayde* George Stiny, considerada pelo seu autor de “simples e intuitivamente apelativa” (Stiny, 1977).

A gramática de *Yingzao fashi* tem duas dimensões: Primeiro o número de elementos que constituem o projecto, ou seja: 7 desenhos e 9 descrições; (c.f. Li, 2001, pp. 15) Segundo a computação: o utilizador cria um projecto com 16 partes, em 7 passos diferentes.

Os aspectos técnicos são: projecto com partes múltiplas; descrições e álgebras combinatórias no produto cartesiano. Dados os conjunto A e B, o seu produto (AxB) é o conjunto dos pares ordenados, tal que todos os primeiros elementos pertencem ao conjunto A e os segundos ao conjunto B, ou seja: $(A \times B) = \{ (a,b); a \in A \wedge b \in B \}$. (c.f. Stiny, 1980, pp. 343-351) (c.f. Stiny, 1990, pp. 97-103)(c.f. Stiny, 1992, pp. 413-430)

Os projectos têm 7 desenhos e 9 descrições - projecto em 16 partes e 7 estágios:

- o – diagrama da planta
- r – diagrama de corte
- p – planta
- e – alçado parcial
- d – corte pelo telhado
- s – corte
- f – alçado (total)
- u – número de vãos (largura do diagrama em vãos)
- v – número de vigas (profundidade do diagrama em vigas)
- w – número de pavimentos (altura do diagrama em pavimentos)
- b – disposição das traves
- c – número de coluna em profundidade
- x – largura dos vãos ; $m = (u+1)/2$; $x = (E1, E2...Em)$
- y – comprimento das vigas
- z – altura das colunas
- l – elevação das madres $e = (e1, e2...en)$ $n = v/2$ (33) (c.f. Li, 2001, pp. 18)

A gramática da forma *Yingzao fashi* compreende 3 conjuntos. Λ'' , Λ' , Λ .

Λ'' corresponde à linguagem legal de *Yingzao fashi*. Contem *todos e somente* os projectos (designs) de *Yingzao fashi* e é um subconjunto de Λ' que é uma linguagem com formação correcta. Os desenhos e as descrições de um projecto bem formado coincidem. Por exemplo, um design λ_1 com um diagrama de planta de 7×6 e descrição $u_1 = 7$ e $v_1 = 6$ é um desenho bem construído e é um membro do conjunto Λ' .

Um design λ_2 com um diagrama de planta 7×6 e descrição $u_1 = 8$ e $v_1 = 5$ não é um desenho bem formado e não é membro de Λ' . De facto λ_2 não é um desenho, só um 16-tuplo (uma sequência de n elementos de modo ordenado em que: uma enupla ou n -tuplo pode conter um objecto mais de uma vez; e os

objectos são representados necessariamente na ordem dada. De realçar que n -tuplo não é um conjunto.

$\Lambda^`$ contem *todos mas não só* os desenhos legais do projecto. E é um subconjunto de Λ que é o produto cartesiano, de $OxRxPxExDxSxFxUxVxWxBxCxXxYxZxL$ onde O, R, P, E, \dots, Z, L são o conjunto dos valores de o, r, p, e, \dots, z, l

Nem todos os 16-tuplos em λ são desenhos pelo que Λ não é uma linguagem.

No entanto Λ tem interesse pois deve ser vasto o suficiente para definir um $\Lambda^`$ útil.

A diferença entre $\Lambda^`$ (linguagem de desenhos bem formados) e $\Lambda^{``}$ (linguagem legal) permite ao aluno (o utilizador alvo) definir $\Lambda^{``}$. Assim, a gramática foi construída de modo a reflectir as imperfeições do texto e daí especificar uma versão imperfeita de $\Lambda^{``}$, ou seja $\Lambda^`$, que é a linguagem de trabalho dos alunos.

O aluno ao avaliar a linguagem de desenhos gerados tentará especificar $\Lambda^{``}$, a linguagem alvo. Pode-o fazer de modo generativo, refinando a gramática. Poderá também definir ou modificar as restrições nos 16 elementos ou somente em parte deles.

Um desenho de projecto especificado por λ com 16 partes (o, r, p, e, \dots, z, l) pode então ser redefinido como um membro da relação entre os 7 sub desenhos:

ω - diagrama da planta

ρ - diagrama do corte

π - planta

ε - fachada parcial

δ - corte pelo telhado

σ - corte

ϕ - fachada completa

Cada um destes 7 sub desenhos é membro de uma relação m -aria (como quaternária, octonária, etc.) entre um desenho, e as descrições do tipo $m-1$. Por exemplo, o sub desenho (design) ω - diagrama da planta - é um elemento numa

relação ternária entre o diagrama do corte σ , o número de vãos u (ver a inserção destes elementos na Figura 8) e o número de vigas v .

Se especificarmos os sub desenhos (subdesigns) ω , ρ , π , ε , δ , σ , ϕ então podemos especificar o projecto λ .

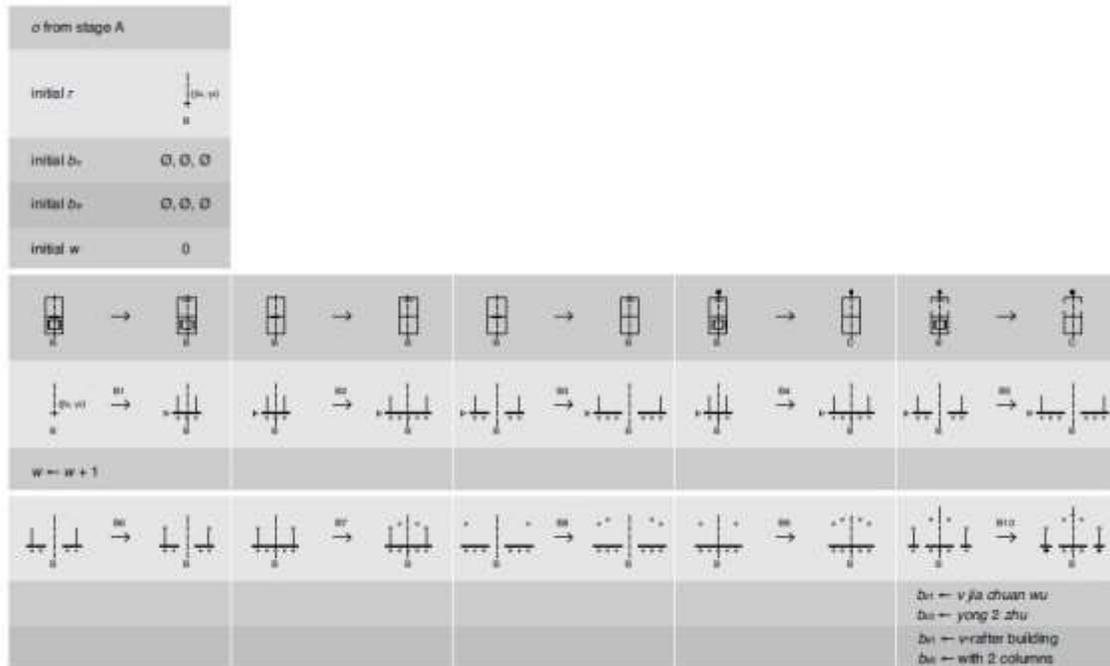


Figura 8. A gramática da forma Yingzao fashi. Conjunto de regras para preparar o corte σ pertencentes ao estágio b. Estas regras funcionam em paralelo permitindo obter diferentes tipos de informação Fonte Li, A. 2001.

Cada sub desenho k está para λ como K, K', K'' está para $\Lambda, \Lambda', \Lambda''$. K é o produto cartesiano do conjunto de valores constituintes de k . K' é a sublinguagem de trabalho utilizada pelos estudantes, constituída por *todas as linguagens mas não só*.

De notar que o autor mostra de forma exaustiva uma matriz que relaciona os elementos constituintes de cada subdesenho como por exemplo $\varepsilon = e, u, w, x, z$ que por sua vez define uma linguagem λ , que por sua vez pertence a Λ' que é a sublinguagem de trabalho e *contem todos os subdesigns e não só*. (c.f. Li, 2001, pp. 20)

Li define como utilizar a gramática da forma do seguinte modo: o projectista constrói o seu projecto criando um subdesenho de cada vez. Quando este cria um subdesenho, não só está a especificar um membro da sublinguagem como o está também a definir na respectiva linguagem de trabalho (Λ) de uma classe equivalente de desenhos. Criando uma sucessão de subdesenhos, o projectista define ele próprio uma linguagem mais pequena e concisa de trabalho que poderá ter um só desenho. Deste modo, define o próprio conjunto de desenhos operativos do projecto. Concretamente o processo resume-se a:

1º. O utilizador cria um diagrama da planta $\omega_1 = \langle o_1, u_1, v_1 \rangle$. Isto define em Λ a classe Q_1 equivalente dos desenhos $\lambda = \langle o, u, \dots, l \rangle$ para os quais $o = o_1, u = u_1$ e $v = v_1$ e Q passa a ser a nova linguagem de trabalho. De seguida o projectista cria um diagrama de corte $\rho = \langle r_2, v_1, w_2, b_2, c_2 \rangle$; assim já tem o $v = v_1$ do diagrama da planta do subdesenho. Deste modo definiu Q_1 ou seja a classe equivalente a Q_2 dos desenhos para os quais $o=o_1, r=r_2, u=u_1, v=v_1, w=w_2, b=b_2, c=c_2$.

De modo, semelhante o projectista poderá criar a planta $\pi_3 = \langle p_3, u_1, v_2, b_2, c_2, x_3, y_3 \rangle$ que define Q_3 ; σ subdesenho da fachada parcial $\varepsilon_4 = \langle u_1, w_2, x_3, z_4 \rangle$; que define Q_4 ; o corte pelo telhado $\delta_5 = \langle v_5, y_1, l_5 \rangle$ que define Q_5 o corte $\sigma_5 = \langle v_1, w_2, b_2, c_2, y_1, z_4, l_5 \rangle$ que define Q_6 ; e uma fachada completa $\phi = \langle f_7, u_1, w_2, x_3, z_4, l_5 \rangle$ que define Q_7 . Esta classe Q_7 contém então o desenho único $\lambda = \langle o_1, r_2, p_3, e_4, d_5, s_6, f_7, u_1, v_1, w_2, b_2, c_2, x_3, y_3, z_4, l_5 \rangle$

A gramática de *Yingzao fashié* constituída em 7 estágios diferenciados:

A – subprojecto da planta

B - subprojecto do corte

C – subdesenho da planta

D – subdesenho do alçado

E, F, G – subdesenhos do corte do telhado, corte e alçado completo

Um ponto espacial é definido por (α_i, β_j) em que i e j são os índices que enumeram os vãos e vigas.

De notar que são usados rótulos e marcadores como:

1º Marcadores de expansão (triângulos);

Marcadores de enchimento (segmentos de recta longos que indicam onde se pode adicionar células tanto no fim dos T invertidos - triângulos - como no canto interior- segmentos de recta longos.

2º Rótulos de estado: garante que só regras pertencentes ao estado são aplicadas. O rótulo do estado é o símbolo A no estado A, B no estado B, etc.

3º Marcadores de célula (quadrado) e marcadores de vãos e vigas (segmentos de recta curtos) que não são usados até aos estágios B e C. Estes andam pelo diagrama da planta.

Uma derivação desta gramática pode ser vista na Figura 9.

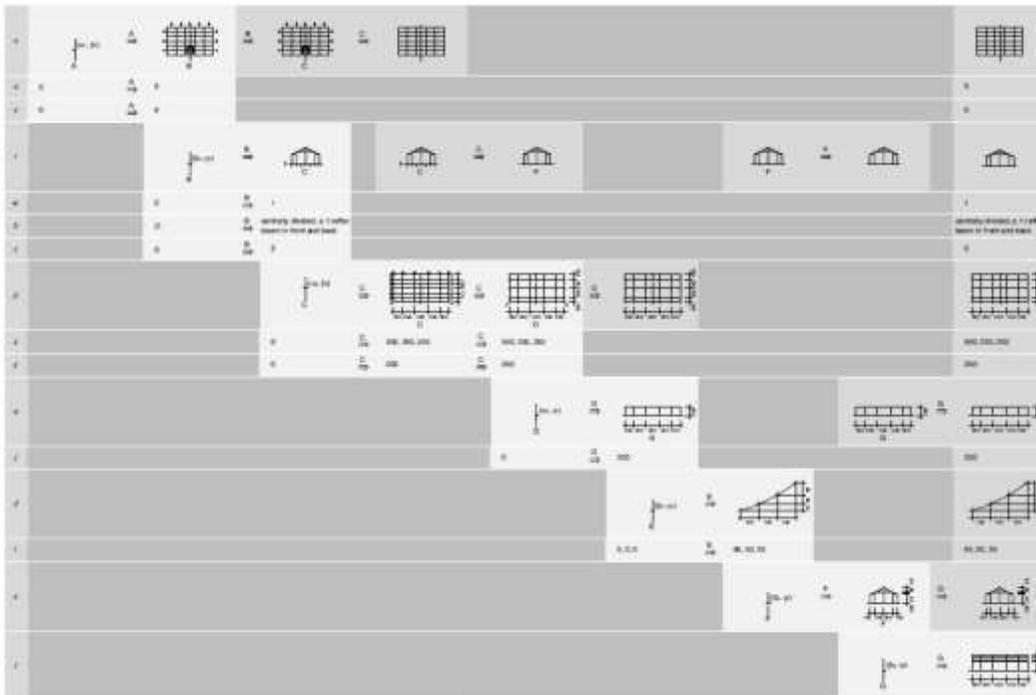


Figura 9. Tabela de derivação de um projecto, reorganizado por um subprojecto de acordo com as regras da gramática da forma Yingzao fashi. Fonte Li, A. 2001.

2.4- Ferramentas e técnicas utilizadas na construção das gramáticas

Embora a teoria da gramática da forma já esteja bastante sedimentada e testada - o seu artigo fundador *Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture* foi publicado por George Stiny e James Gyps em 1971 - não existe um método único para a construir. (c.f. Stiny, 1972, pp. 125-135)

Neste subcapítulo, elenca-se um conjunto de ferramentas e técnicas que foram utilizadas na construção da gramática da forma advinda do tratado *Da Arte Edificatória*.

2.4.1 Estruturação da gramática da forma

Desenho Generativo

O desenho generativo é um método de desenho no qual as acções do projectista estão especificadas num conjunto de regras e não numa definição concreta. Como vimos, nas *transformações em projecto* e na gramática de *De Stijl*, Terry Knight (Knight, 1989 e 1994) dá-nos uma adequada definição de um processo generativo para concretizar um desenho. Este consiste na alteração da estrutura interna das regras em utilização, mudando as relações espaciais do lado direito da regra.

O processo de regra de mudança (*rule change*) tem particular interesse na construção de uma gramática, poiso que é alterado não são as regras mas a sua estrutura interna. Essas alterações podem ser geométricas, topológicas ou do espaço de representação, etc.(c.f. Kolarevic, 2003, pp. n.d.)

De acordo com Françoise Choay o tratado de Alberti tem valor generativo implícito pois o autor, ao recusar ilustrar o tratado com desenhos, está a defender o valor generativo das regras e do método aplicado para as definir, evitando o poder sedutor das imagens. (c.f. Choay, 2007, pp. 121)

As prescrições de Alberti contêm todo o potencial generativo, particularmente o seu sistema da coluna.

Este consiste num conjunto de definições estruturadas de modo sequencial e acompanhado das relações proporcionais das partes, permitindo ao leitor gerar um determinado elemento constituinte da coluna.

O desenho generativo compreende a manipulação de entidades geométricas tanto formais como descritivas, pelo que a gramática da forma, por ser uma ferramenta com poder algorítmico e generativo, revelou-se adequada para a codificação das regras do tratado de Alberti.

Gramática da Forma e Sistemas de Produção

Tradicionalmente uma gramática da forma pode ser vista como um processo generativo da classe dos sistemas de produção de Post, (c.f. Post, 1943, pp. 197-215).

De acordo com Gips e Stiny no artigo *Production Systems and Grammars: An Uniform Characterization* (1988), estes sistemas são definidos por uma sequência de caracteres (strings) consistindo em símbolos de um determinado vocabulário.

As produções são usadas para alterar uma sequência específica numa nova sequência.

Uma produção tem a forma $v \rightarrow u$, em que tanto v como u são sequências compreendendo símbolos num vocabulário específico e variáveis. As variáveis que aparecem em v aparecem também em u . Uma produção aplica uma sequência w sempre que as sequências podem ser atribuídas às suas variáveis de modo que u é idêntico a w .

O resultado de aplicar a produção deste modo, permite substituir w com u . A geração de uma sequência começa com uma sequência inicial e procede aplicando repetidamente diferentes produções.

Por exemplo, o sistema de produção mostrado por Stiny e Gips evocando Minsky (Minsky, 1967) gera todas as sequências bem formadas de parêntesis.

Tendo:

Vocabulário = (,); Variáveis = a, b ; a Sequência inicial = (), geramos as seguintes produções:

- 1 $a \rightarrow (a)$
- 2 $a \rightarrow aa$
- 3 $a()b \rightarrow ab$

As gramáticas da forma têm um comportamento semelhante ao dos sistemas de produção de Post. Um dos aspectos que as diferencia é o facto de as primeiras utilizarem formas compostas por pontos, linhas, planos e sólidos, enquanto as últimas, como vimos, utilizam sequências de caracteres num determinado vocabulário.

Uma gramática da forma é tradicionalmente identificada como um formalismo computacional que opera (através do reconhecimento e reposição controlada por regras) com formas. Um conjunto de regras de transformação aplicadas recursivamente a uma regra inicial pode gerar ou replicar novos desenhos existentes.

As gramáticas da forma apresentadas nesta investigação contêm gramáticas paramétricas e gramáticas que funcionam sem esse tipo de especificações.

Uma gramática paramétrica pode ser descrita por uma sequência de elementos ou tuplos (S, L, T, G, I), em que S é um conjunto de regras de forma $A \rightarrow B$, especificando que sempre que uma forma A é encontrada no desenho, pode ser substituída por uma forma B. L é um conjunto de marcadores que são usados para controlar as computações (operações de transformação). T é um conjunto de transformações euclidianas e/ou não euclidianas como a rotação, a translação, a escala, a reflexão, e as operações topológicas como união, subtracção e intersecção. G é um conjunto de funções que atribui valores aos parâmetros nas regras, como comprimento, largura ou altura, etc.

Este tipo de transformações, em conjunto com as suas funções, determina as condições pelas quais a parte esquerda da regra pode ser substituída durante a aplicação das regras ao desenho que está sendo gerado.

Por último, a forma inicial é aquela na qual a primeira regra será aplicada iniciando a computação.

O processo de aplicação sucessiva e recursiva das regras gerando um desenho chama-se derivação.

Uma equação representativa do formalismo da gramática da forma pode ser dado por:

$$C_{n+1} = [C_n - t(g(A))] + t(g(B)), n > 0$$

em que C_n é a forma do desenho no passo n ; ($n > 0$). No passo seguinte à transformação da gramática da forma no passo anterior $t(g(A))$ é adicionada uma transformação da gramática da forma $t(g(B))$, ocorrendo esta no lado direito da regra. (c.f. Stiny, 1980. Citação a Duarte, 2007. Pp, 49-50)

Marcadores e rótulos

Nas gramáticas da forma, as relações espaciais entre os diferentes elementos, são por vezes de difícil entendimento caso não se utilize alguns apetrechos que facilitam a percepção de onde ocorreram ou podem ocorrer determinadas transformações. Nesse sentido são utilizados marcadores que permitem etiquetar as formas facilitando as diferentes transformações. Estes podem ser de vária ordem: de posicionamento, indicadores de sentido de aplicação de regras, de amarração da próxima regra, etc.

Os rótulos indicam-nos o estágio, ou estado, referente a determinada regra. Poderá indicar qual o estágio em que a regra poderá ser aplicada. Os rótulos têm particular importância pois são eles que permitem dar sequência às derivações quando é necessário mudar de gramática ou de estágio de gramática.

Num determinado estágio da gramática, existe um tipo específico de regras com características semelhantes.

No caso das gramáticas apresentadas nesta tese, os estágios, ou estados, são referentes ao tipo de acção levadas a cabo pelas regras.

Por exemplo, no caso da fachada de um palácio, existe um conjunto de regras que reconhece uma planta e um corte. Este estágio, ou estado, é designado de escala grande.

Um outro conjunto de regras reconhece marcadores de pedestal dórico colocando um eixo de coluna e um conjunto de marcadores localizadores do

ponto de inserção futura de elementos do sistema da coluna. A este estado chamamos de escala média.

Finalmente um conjunto de outras gramáticas perfazendo a gramática do sistema da coluna será inserido nos marcadores mencionados no estado anterior. Este estado é identificado como de detalhe ou escala pequena. Veremos mais em detalhe a funcionalidade dos estágios nos próximos dois capítulos.

As álgebras na gramática da forma

O tuplo (S, L, T, G, I) pode ser entendido como um conjunto das diferentes álgebras interrelacionadas. No artigo *The Algebras of Design*, Stiny sugere que as formas em geral podem ser alcançadas através da conjunção de pontos, linhas, planos e sólidos.

Sejam quais forem os elementos básicos envolvidos, as formas têm sempre partes que podem ser distinguidas umas das outras, podendo mesmo ser combinadas ou alteradas, subtraindo ou adicionando elementos básicos, ou através de operações de translação, reflexão ou escala.

Estas definem algumas propriedades das álgebras da forma, cada qual ordenada por uma relação espacial, que pode ser dividida como se entender, e manipulada por operações de adição, subtração e transformação euclidianas. (c.f. Stiny, 1991, pp. 171-181)

Tipicamente nas gramáticas da forma existem as Álgebras U, V, W. Funcionam com os índices i e j relativos ao tipo de geometria e ao espaço que representa. As álgebras U referem-se às formas, as V aos marcadores e os W aos pesos atribuídos aos elementos básicos constituintes das formas. Visto não haver razão para manipular condições das linhas dos desenhos (por exemplo espessura de linhas ou outros elementos similares), a álgebra W não é utilizada nesta investigação.

O índice i é referente ao conjunto maximal que define a forma. Se o $i=0 \Rightarrow$ ponto; $i=1 \Rightarrow$ linha; $i=2 \Rightarrow$ plano e $i=3 \Rightarrow$ sólido.

Quanto ao índice j este representa a dimensão espacial em que são definidos os elementos básicos da forma ou seja $j=0 \Rightarrow$ dimensão 0; $i=1 \Rightarrow$ dimensão 1; $j=2 \Rightarrow$ dimensão 2 e $j=3 \Rightarrow$ dimensão 3. Se tivermos a álgebra $U01$ significa que temos uma forma que é um ponto no espaço de dimensão 1. Se tivermos uma álgebra $U22$ significa que a forma é um plano na dimensão 2.

A utilização de álgebras permite-nos manipular elementos geométricos em modo simultâneo dando sentido organizacional a essas mesmas operações. Assim, como caso de exemplo, um cubo não tem operabilidade na dimensão 0, bem como o desenho de um alçado deve ser operado conjuntamente com um elemento da sua dimensão de representação, ou seja, num plano semelhante e numa dimensão tal que $j \geq i$. Isto significa que o desenho dum determinado alçado pertence no mínimo a $U11$ (contendo linhas na dimensão 1) e que uma axonometria pertence pelo menos a $U23$.

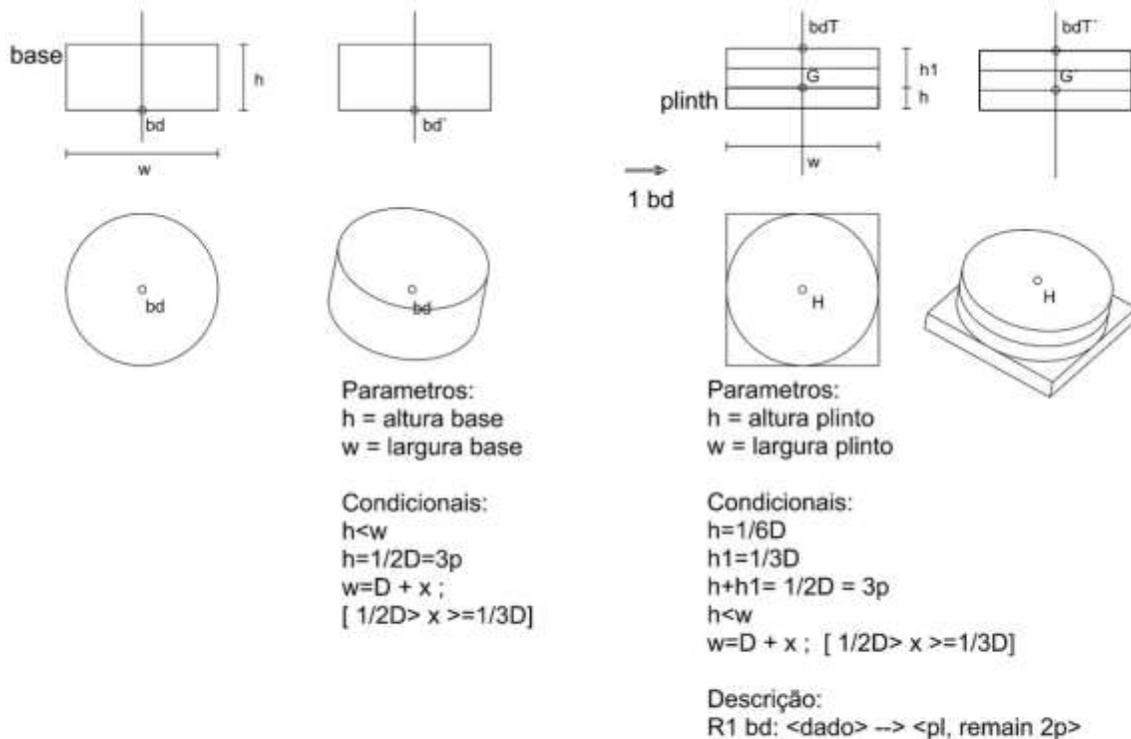
Gramática descritiva

Uma dos aspectos relacionados com o formalismo das gramáticas da forma é que ela permite gerar ou clarificar a composição de desenhos ou projectos proporcionando descrições destes em termos diferentes. Em muitos aspectos é difícil prover informação não recorrendo a descrições informais e mesmo verbais de modo a conseguir alcançar uma satisfatória definição das regras.

Em muitos casos é necessário atribuir significado a determinados desenhos, como no exemplo de um conjunto de linhas maximais (que representam um quarto, uma parede ou outro elemento arquitectónico) dando a estes uma função difícil de expressar só pelos seus componentes espaciais. (c.f. Stiny, 1981, pp. 257-267) Nesta investigação recorre-se a dois tipos de descrições que complementam as regras desenhadas.

Uma referente ao texto do tratado que em si contem a descrição da regra e a estrutura generativa da própria regra. Um outro descrevendo com precisão os acontecimentos dentro da regra de modo abreviado como se pode ver em detalhe na Figura 10.

O primeiro aspecto é novidade na área da gramática da forma uma vez que, apesar de já terem existido outras gramáticas advindas de textos, como as gramáticas de *Palladio* e de *Yingzao fashi*, esta é a primeira que oferece ao mesmo tempo o texto gerador enquanto descritor da regra, e enquanto *corpus* a gerar e a ser construído.



"Todo o cálculo das medidas foi deduzido a partir do diâmetro da extremidade inferior I da coluna; e foram os Dórios que, no princípio, assim as instituíram. Com efeito, deram à altura da base metade do diâmetro da extremidade inferior da coluna; nessa base quiseram que todos os lados do plinto tivessem de largura a medida do diâmetro completo da extremidade inferior da coluna e mais uma parte do mesmo diâmetro, não superior a metade, nem inferior a um terço." LIVRO VII, CAPÍTULO VII, pp 450

Figura 10. Regra 1 bd referente à base dórica. Nesta regra é apresentada a passagem do tratado acerca de como iniciar a base, os parâmetros e as condicionais e uma descrição abreviada dos acontecimentos dentro a regra, ou seja $R1 \text{ bd: } \langle \text{dado} \rangle \rightarrow \langle \text{pl, remain } 2p \rangle$, significando que o lado esquerdo reconhece um dado, transformando-o num plinto e o resto dividido em 2 partes.

Corpus

O *corpus* é o conjunto de elementos analisados com o objectivo de codificar as respectivas regras geradoras. No caso do presente estudo o *corpus* é simultaneamente um texto e a formalização desse texto bem como um determinado conjunto de edificações.

O *corpus* tem grande utilidade pois permite verificar se o mesmo pode ou não ser reproduzido com um conjunto determinado de regras, validando desse modo a gramática.

Gramáticas de transformação

As transformações gramaticais podem ser efectuadas através de regras adicionadas, regras subtraídas e regras alteradas. Estas são relativas a formas nas regras que são redimensionadas e reposicionadas, abrangendo as consideradas de transpostas. Um outro tipo de regra de transformação é a regra igual, ou identidade, como é ilustrada no diagrama 2 que advém do diagrama apresentado no livro *Transformations in Design*(Knight, 1994).



Diagrama 2. Natureza das transformações gramaticais, sendo I o tipo de regra igual de identidade.

A regra igual ou identidade difere da transposta, pois não há alteração de localização por parte dos seus componentes espaciais.

No caso das gramáticas apresentadas nesta investigação este aspecto é importante.

A ocorrência deste tipo de transformação pode evidenciar o grau de coincidência entre as gramáticas do tratado e as demais gramáticas.

Derivação da gramática da forma

O processo de derivação de regras diz respeito à aplicação sequencial ou recursiva. Pode ser uma aplicação determinista, em que a ordem como se aplica as regras está implícita na própria gramática por meio de marcadores de estágio ou marcadores de inserção de elementos, correspondendo a restrições de aplicação de regras. Pode ser não determinista, significando que a escolha de aplicação das regras fica estritamente ao cargo do interpretador das gramáticas. Neste último caso é essencial que o *Corpus* ou elemento a gerar seja bem conhecido por parte do interpretador, caso contrário, poder-se-á atingir um desenho sem semântica (não tendo o sentido pretendido) embora contendo uma sintaxe válida (pois o vocabulário usado é legal).

Durante a construção das gramáticas, a derivação das regras revela-se como uma acção fundamental, pois é neste processo que se verifica se o conjunto de regras aplicadas consegue gerar o desenho pretendido. Caso não consiga, o construtor da gramática terá de prover a mesma com novas regras.

Entendemos que, até a gramática estar finalizada, a derivação da mesma contem características generativas, pois permite uma avaliação e posterior transformação da gramática, não sendo estritamente um fim no processo de construção da gramática da forma.

Inferência da gramática da forma

Como resultado do processo de derivação das regras gerando um edifício que pertence ao *corpus*, um conjunto de conclusões poderão ser tomadas, nomeadamente quanto ao grau de coincidência das diferentes gramáticas, como se poderá verificar no 6º capítulo. As premissas a ter em conta são portanto aquelas referentes às regras que tiveram de ser adicionadas, subtraídas e transformadas, bem como à verificação e avaliação da natureza de tais operações ocorridas nas gramáticas subseqüentes.

2.4.2- Fabrico digital. Prototipagem rápida e controlo numérico computadorizado (CNC)

Ao longo deste trabalho foram diversos os elementos produzidos e fabricados na construção das diferentes gramáticas de modo a visualizar o objecto gerado. Tais artefactos ajudaram-nos a validar os diferentes elementos da gramática. Estes elementos físicos permitiram-nos ter um melhor entendimento dos elementos que estavam a ser gerados com as gramáticas.

De acordo com Pupo existem dois campos diferenciados: o fabrico digital e a prototipagem digital.

O fabrico digital centra-se sobretudo em ferramentas de controlo numérico e nas técnicas específicas que permitem a produção em escalas maiores, tendo por isso um forte impacto industrial. (c.f. Pupo, 2009, pp. 34-136)

No fabrico dos artefactos foram utilizadas técnicas de prototipagem rápida e fabrico digital que podem ser caracterizadas pela utilização sistemática de métodos de sobreposição, desbaste ou conformação de diferentes matérias-primas.

Usou-se a impressão pelo depósito de polímero numa camada de pó. A máquina usada foi uma impressora 3D da Zcorp.

Procedeu-se também à conformação de plástico em camadas Fused Deposit Modeler- FDM -que as marcas Stratasys e Makerbot comercializam. Efetuou-se o corte a laser com uma cortadora comercializada pela Universal e Epilog.

Foram utilizadas diferentes fresadoras de 3 eixos com controlo numérico. Uma série de modelos fabricados nestas diferentes técnicas podem ser vistos na Figura 11.

A impressora Zcorp 3D consiste de uma cuba com a profundidade de cerca de 25 cm e 25x20 cm de lado onde uma plataforma, ou elevador, se desloca no sentido descendente, no eixo z, onde o pó vai sendo depositado. Uma cabeça de impressora instalada na plataforma móvel, movimenta-se nos eixos x e y depositando no pó que repousa no elevador um material endurecedor de

características poliméricas. No fim da impressão e do endurecimento da parede polimérica, afastando o pó remanescente, o artefacto está fabricado.

A impressora FDM tem um maquinismo semelhante à Zcorp, contendo igualmente uma plataforma onde serão depositadas as camadas de plástico do tipo ABS ou PLA (aqueles experimentados) e uma cabeça extrusora do plástico aquecido segundo movimentações da cabeça em coordenadas relativas às abcisas e ordenadas no plano horizontal, bem como no plano vertical, depositando continuamente dois materiais. Um que serve de material suporte ou parede portante e um outro de parede definitiva. Quando finalizada a impressão a parede portante é retirada através da imersão num líquido contido num receptáculo que gera frequências hertzianas. Estas alteram as propriedades físicas do material de suporte, desfazendo-o, libertando o artefacto pretendido. Estas duas técnicas são técnicas aditivas pois produzem um determinado artefacto adicionando material.

Outra técnica utilizada foi a substractiva que se centra na extracção ou corte de material à matéria-prima (elemento do qual se irá obter o artefacto após maquinação).

A cortadora a laser, consiste num feixe de laser disparado por um cabeçote que se movimenta somente entre os eixos x e y cortando a matéria-prima em elementos bi dimensionais.

A fresadora é simultaneamente uma ferramenta de corte e desbaste. As utilizadas, contêm 3 eixos (ou 2 eixos e meio. Não permite fresar em zonas de sombra, aquela que está para além da intercepção da face convexa relativamente ao plano vertical, como a fresadora de 4 ou 5 eixos, ou o braço robótico que geralmente contem 7 eixos).

Consiste num controlador numérico (CNC) independente, onde é operada a máquina e carregados os modelos a maquinar, através de passagens programadas em código de máquina (Gcode), gerados por técnicas de manufacturação assistida por computador (CAM); uma mesa (com vácuo ou não); e um pórtico onde uma cabeça rotativa pode receber diferentes ferramentas, como fresas, brocas, pistolas de colagem, de pintura etc. Esta

cabeça funciona simultaneamente nos eixos x,y e z permitindo, através de desbaste, diferentes tipos de soluções formais.

Finalmente a técnica formativa consiste na conformação da matéria prima a um molde, adquirindo aquela a sua configuração plástica.

Os modelos fabricados nas diferentes técnicas poderão ser vistos mais em detalhe e extensão no volume II da tese.



Figura 11. Modelos fabricados com técnicas de prototipagem rápida com impressora 3D (3DZcorp), coluna fabricada por corte a laser e dois modelos fresados em acrílico e poliestireno expandido.

2.4.3- Modelação Inversa e Reconhecimento de Forma

Duas técnicas diferentes foram utilizadas de modo a constituir modelos dos edifícios a gerar e a avaliar com as gramáticas, nomeadamente a fachada do palácio *Duval* de Vila Viçosa e da fachada longitudinal da nave central da igreja de *São Vicente de Fora* em Lisboa.

A primeira técnica relacionou-se com modelação inversa. A utilização destas técnicas visaram construir um modelo 3D digital através de informação vinda directamente do edifício existente. Nesse sentido foi executado um levantamento por varrimento terrestre a laser (TLS) utilizando para o efeito um scanner laser Faro Focus 3D. Como resultado deste levantamento obteve-se um modelo de nuvem de pontos. Este modelo era constituído por 29 nuvens de pontos diferentes, cada uma constituída por pontos que por sua vez continham coordenadas cartesianas do ponto (x,y,z) e um conjunto RGB relativo às cores vermelhas (R), verde (G) e azul (B). Conjuntamente, foi produzido pelo sistema milhares de fotos do edifício referenciados aos pontos. Estas nuvens foram então unidas perfazendo todo o interior do edifício como pode ser visto na Figura 12. Secções de pilastras e outras partes do ornamento do edifício foram posteriormente transformadas em superfícies tipo *Mesh* (modo de racionalização de uma superfície através de uma triangulação de pontos). Deste modo, garantiu-se a constituição de diferentes elementos do sistema da coluna do edifício em análise que posteriormente foram comparados com os da gramática do sistema da coluna através de uma técnica de reconhecimento de forma. (c.f. Coutinho, 2013, pp. 655-663)

As técnicas de reconhecimento de forma permitem identificar determinados componentes de uma forma, ou parte dela, evidenciando elementos comuns e com um determinado tipo de semelhança. Neste caso específico, o reconhecimento operou-se ao nível dos componentes de uma base. Pretendeu-se compreender como, de modo automático, se poderia reconhecer elementos topológicos de tais elementos. No caso específico desta experiência tentou-se reconhecer os elementos fronteira constituintes de um toro.

Fez-se uma secção coincidente com o raio maior e o raio menor do toro, retirando então meia secção da intersecção de um dos lados. No arco resultante foi calculado um número x de pontos pertencentes a esta secção e comparada a distância entre estes e o mesmo número e ordem de pontos de um arco canónico (previamente embebido no sistema). (c.f. Stiny, 2011, pp. 15-47) (c.f. Krishnamurti, 2004, pp. n.d. from 1-25) (c.f. Keles, 2010, pp. 664-681). Ver o código rm detalhe no Volume II.

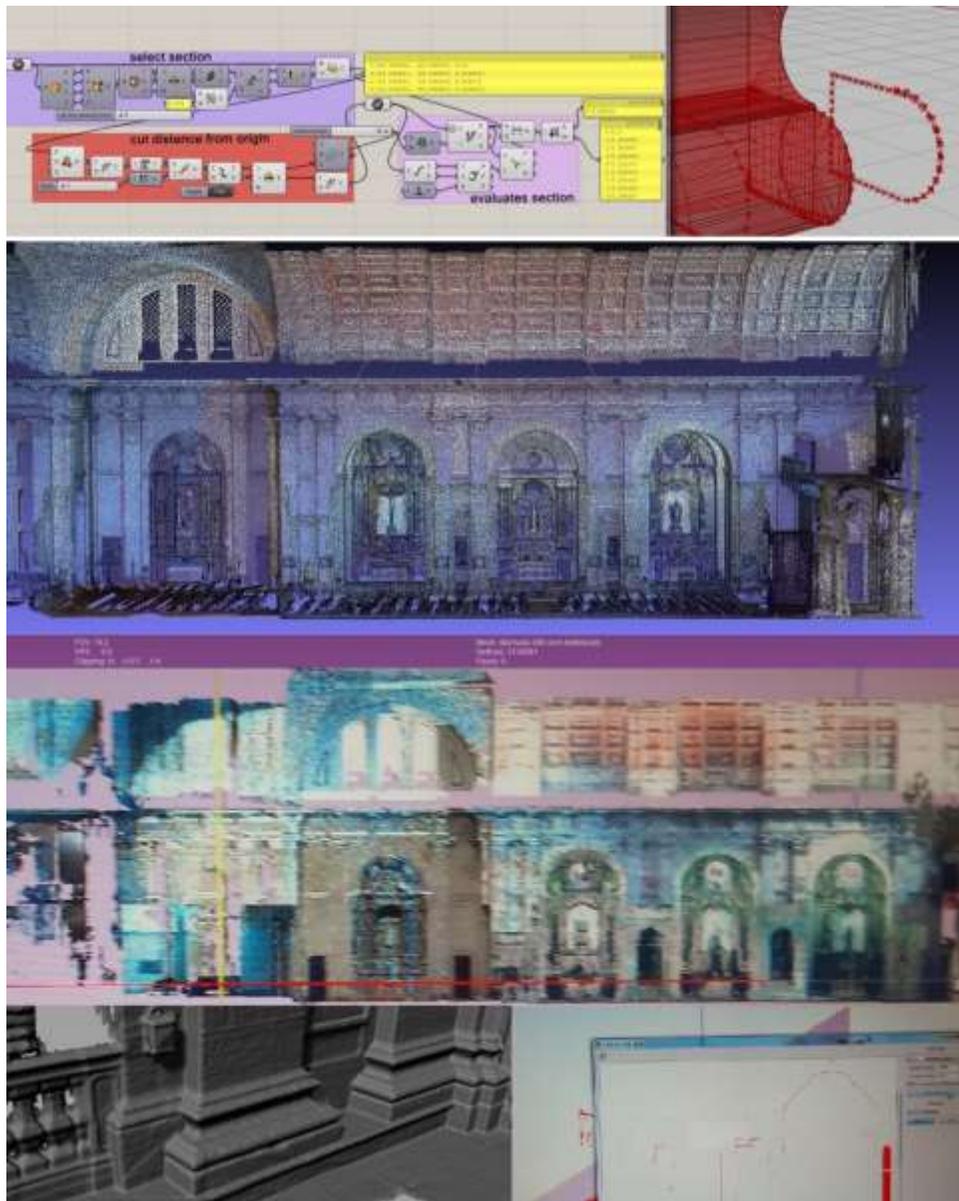


Figura12. Algoritmo de reconhecimento. Modelo de nuvem de pontos do levantado através de TLS da Igreja de São Vicente de Fora.

2.5- Conclusões

A presente investigação enquadra-se nos estudos de gramáticas da forma abordando-se neste capítulo alguns aspectos técnicos relativos ao seu formalismo.

Partindo de um tratado, e sem nunca deixar de apresentar conjuntamente as descrições, o troço de texto às quais as regras correspondem, recorre-se a diferentes técnicas para tornar as gramáticas o mais informadas e rigorosas possíveis.

No próximo capítulo apresenta-se a gramática do sistema da coluna referente às descrições do Livro VI, VII e VIII, bem como o conjunto de números e proporções presente no Livro IX.

A gramática da forma do sistema da coluna, é uma gramática de pormenorização onde são definidos os diferentes elementos constituintes do sistema da coluna, e estará presente nas gramáticas demonstradas nos capítulos 4 e 5 referentes à sistematização da gramática da forma do sistema da coluna.

3. A gramática da Forma do Sistema da Coluna do Tratado de Alberti

3.1 - Introdução

Neste capítulo é feita uma introdução breve do tratado *Da Arte Edificatória* mostrando os Livros que descrevem o sistema da coluna e a sua sistematização, nomeadamente os Livros VI, VII, VIII e, finalmente, o Livro XIX dedicado especificamente à definição de concinidade e da beleza de acordo com as consonâncias musicais.

Mostra-se o método e estratégias de construção da gramática da forma do sistema da coluna utilizando as prescrições de Alberti presentes no tratado. Para esta construção foi necessário formalizar um processo de interpretação do texto de modo a compreender e conformar um conjunto de regras a serem posteriormente utilizadas de acordo com o formalismo da gramática da forma.

Com esse conjunto de regras procedeu-se ao desenvolvimento da gramática da forma do sistema da coluna do tratado e, posteriormente, a um conjunto de derivações gerando, deste modo, os diferentes elementos da coluna.

Estas regras foram construídas compreendendo um conjunto de álgebras U e V. Sempre que necessário apresentou-se um conjunto de parâmetros, funções e descrições de modo a tornar as regras mais completas e articuladas com o texto do tratado. Deu-se particular enfoque às proporções e parâmetros encontrados nas descrições de Alberti para construir de modo sequencial, ou seja, obedecendo à passagem literária do texto, os elementos da coluna relacionando-os com os sistemas proporcionais presentes no Livro IX Capítulo V, VI e VII.

Apresentam-se algumas soluções e combinações geradas pela gramática, bem como alguns modelos físicos e digitais ilustrativos das derivações da gramática. Finalmente, é descrito um programa de geração automática das regras utilizando um programa visual - Grasshopper (GH), que permite manipular parametricamente os respectivos códigos.

3.2. Breve introdução ao tratado *Da Arte Edificatória*

“Começa a obra *Da Arte Edificatória*

de Leon Battista Alberti

Sê Feliz na Leitura”

L. B. Alberti, *Prólogo, Da Arte Edificatória*

Começa deste modo promissor o prólogo do tratado. Um pouco mais à frente, as primeiras palavras do Livro I, capítulo I dizem “*Sendo o nosso propósito escrever sobre o delineamento dos edifícios, compilaremos e incluiremos nesta obra o que de melhor e mais belo foi escrito pelos maiores especialistas que nos precederam e o que notarmos ter sido observado na construção das próprias obras*”. Num parágrafo Alberti evoca aqueles aspectos que irão ser estruturantes em todo o tratado, ou seja: o *delineamento; a beleza; a construção*.

De acordo com Kruger e Santo (Alberti, 2011. Citação a Kruger, pp. 15-16) este texto de arquitectura é aquele que inaugura o discurso disciplinar, sem no entanto ser um texto nem científico nem literário, antes centrado na sua função clarificadora do que é executar uma descrição disciplinada da *res aedificatoria* ou *arte de construir* valorizando como fim último a arquitectura.

Ainda de acordo com Kruger na arte edificatória há que ter em conta o modo como se expõe as matérias e também o ritmo adequado para essa exposição, tendo em consideração que este texto não é nem prosa científica (aquela prosa que tem a função de explicitar de imediato as ideias), ou literária (em que é necessário atender ao ritmo das descrições).

No entanto, o texto deve apresentar qualidades literárias de modo a elevar esse saber disciplinar com equilíbrio e harmonia. (c.f. Alberti, 2011. Citação a Kruger, pp. 15-16)

Ao contrário do *De Architectura* de Vitrúvio, o *Da Arte Edificatória* não é um tratado sobre a antiguidade mas antes um texto que pretende elucidar os futuros

patronos e pessoas cultas acerca de uma nova forma de fazer arquitectura tendo como referência a antiguidade clássica.

O tratado de Alberti em dez Livros foi inicialmente dedicado a Federigo di Montefeltro, Duque de Urbino, tendo Ângelo Poliziano convencido o responsável pelo seu testamento e primo Bernardo Alberti a posteriormente dedica-lo a Lourenço de Médicis. (c.f. Alberti, 2011, pp. 135)

O livro é composto por dez livros, nomeadamente o Livro I acerca do delineamento, o Livro II acerca dos materiais, o Livro III sobre a construção, o Livro IV acerca dos edifícios para fins universais, o Livro V acerca dos edifícios para fins particulares. O Livro VI acerca do ornamento, o Livro VII dedicado ao ornamento de edifícios sagrados, o Livro VIII sobre o ornamento de edifícios públicos profanos, o Livro IX sobre o ornamento de edifícios privados e, finalmente, o Livro X é dedicado ao restauro de obras.

O tratado de Alberti à semelhança do de Vitrúvio assenta em três dimensões fundamentais a que a arquitectura deve obedecer como: *necessitas, commoditas e voluptas* (necessidade, comodidade e prazer) diferenciando-se das definidas por Vitruvius de *firmitas, utilitas e venustas* (firmeza, utilidade e beleza).

Estas dimensões têm sentidos diferentes. Pertencem no entanto a campos semânticos semelhantes significando o que, segundo Kruger (c.f. Alberti, 2011. Citação a Kruger. Pp. 23), Alberti requalifica como sendo as dimensões vitruvianas, demarcando-se destas, sugerindo que só faz sentido o esforço de *construir* se for para resolver alguma *necessidade*, que a *utilidade* só tem significado se proporcionar ao utilizador *comodidade*, e promover a *beleza* deve ter como objectivo dar *prazer*.

No entanto, cada uma destas dimensões só pode ser aplicada no campo específico do discurso de cada um dos autores.

Verifica-se que para Vitruvius o seu tratado é vocacionado aos elementos produzidos pela arquitectura, enquanto para Alberti esses são essencialmente aplicáveis aos processos de concepção da *DaArte Edificatória*. (c.f. Alberti, 2011. Citação a Kruger, pp. 23-24)

É possível então estabelecer uma relação entre as dimensões Albertianas e a forma como o tratado está organizado se fizermos corresponder os Livros I, II e III à *necessitas* que apresenta uma teoria da construção com enfoque na materialização e na forma do edificado, os Livros IV e V referindo-se à *commoditas* centrando-se nos desejos e necessidades que influem a concepção arquitectónica, e os Livros VI, VII, VIII e IX à *voluptas* se se considerar que estes são relativos à definição de beleza e aos ornamentos dos edifícios sagrados e dos edifícios públicos profanos e privados.

Em vários aspetos o tratado de Alberti é semelhante tanto na organização como nos propósitos ao tratado de Vitruvius. No entanto, algumas diferenças são de mencionar, nomeadamente o modo unitário como as ordens arquitetónicas são apresentadas no *De Architectura*.

Alberti apresenta as ordens arquitetónicas inseridas no contexto do sistema da coluna, ou seja, o pedestal, a base, a coluna, o capitel, a arquitrave, as traves, o friso e cornija. Este conjunto de elementos quando utilizado em simultâneo perfaz a sistematização da coluna. Esta sistematização por sua vez dá corpo ao conceito de *columnatio*.

Vitruvius por seu lado apresenta não as partes do sistema da coluna mas antes os géneros dórico, jónico, coríntio, compósito e itálico.

Um outro aspeto diferenciador da teoria de Vitruvius relativamente à de Alberti é que para o primeiro o arquiteto deve unir a prática à reflexão, sendo que para o segundo a esta condição deve o arquiteto dar maior valor à ação intelectual precedendo este aspeto à execução da obra de arquitetura.

As relações proporcionais para Vitruvius têm uma organização modular assente nas ópticas (*eurythmia* vitruviana) enquanto para Alberti essas relações emergem de um todo que tenha concinidade. Este conceito é aliás central na definição de belo para Alberti, sendo concinidade constituída por *numerus*, *finitos* e *collocatio*.

Numerus refere-se às quantidades e qualidades numéricas das proporções das partes, a *finitio* à delimitação do todo constituído por aquelas partes, e finalmente a *collocatio* definida pelas partes do edifício e deste com o todo.

Relativamente a esta composição ternária utilizada por Alberti para definir a concinidade, é de referir outras que poderão ter tido influência no pensamento de Alberti, como aquela de Cícero em que relaciona “qualquer coisa de perfeito em todos os elementos e em todas as partes”,(c.f. Cicero, 2004) a concepção cosmológica de Santo Agostinho, em que Deus criou o mundo com *numerus, pondus et mensura*, ou seja número, peso e medida,(c.f. Agostinho, 2007) e a de Santo Tomás de Aquino que afirma que “a medida refere-se à substância limitada pelos princípios construtivos, o número à espécie e o peso à ordem...” (c.f. Aquino, 2001-2006)

Alberti define no Livro I capítulo II que a edificação consiste em 6 partes ou operações: a região, a área, a compartimentação, a parede, a cobertura e a abertura nomeadamente. (c.f. Choay, 2007, pp. 118)

Segundo Françoise Choay pode-se dividir os operadores do *Da Arte Edificatória* em duas categorias: uma teórica e outra prática. Os primeiros são 5 e são chamados de axiomas, e os segundos são 3 e são designados de princípios. (c.f. Choay, 2007, pp. 117)

O 1º Axioma é necessidade, comodidade e prazer, que estabelece os 3 níveis da actividade arquitectural: lógicos, cronológicos e axiológicos (estudo dos valores ou uma teoria geral, compreendido no sentido moral quando se tenta estabelecer uma hierarquia de valores).

O 2º Axioma é descrito por “qualquer edifício é um corpo” e contém 3 corolários: metodológico, estrutural e orgânico. No 1º corolário “como qualquer corpo, qualquer edifício é composto por forma e matéria” definindo os três primeiros livros do tratado.

O 2º corolário (estrutural) é relativo a “como qualquer ser vivo o edifício é composto por uma ossatura (elementos de sustentação), por tendões (preenchimento) e pele (revestimento) ”.

O 3º corolário (orgânico) “os músculos são solidários entre si e estão subordinados à organização do corpo inteiro compreendendo a adaptação do edifício a diferentes fins, assim como da sua harmonia”.

O 3º Axioma diz respeito à “diversidade dos humanos e as suas exigências não

tem limites...”no processo de programação, ela exige ser integrada num enquadramento taxonómico arbitrário. As suas propriedades são oposições binárias universal/particular, público/privado, sagrado/profano, urbano/rural, lazer/trabalho.

4º Axioma: “a edificação consiste em 6 partes...”, estas 6 operações em conjunto com os axiomas 1 e 3 perfazem o conjunto das regras de edificação.

5º Axioma: “...a beleza de um edifício resulta do jogo de três operações relativas ao número das suas partes, proporções destas e à sua localização.”

Os três princípios consistem em: Princípio da economia: “o edifício deve ser reduzido aquilo a que não se pode subtrair nele”. Princípio da duração: “qualquer projecto deve ser amadurecido, reexaminado e questionado”. Princípio dialógico: “o processo de edificação implica vários actores numa relação verbalizada” (c.f. Choay, 2007, pp. 119)

De acordo Choay a língua não é um simples interpretante, mas sim prioritária, tendo o discurso verbal no tratado um papel central na sua construção. A recusa do desenho e da ilustração prende-se com esta centralidade do discurso verbal poder ser interpretado como um meio de defesa do valor generativo das regras e do método albertiano contra o poder redutor das imagens

Num 3º sistema temos a beleza como fonte de prazer, ou seja o da poética. Depois de ter sido subordinado e ordenado pelo sistema da língua e pela semântica do discurso verbal, a arquitectura pode ter condições de significar através dos seus meios próprios e específicos. (c.f. Choay, 2007, pp. 121)

Alberti opõe beleza intrínseca a beleza acrescentada. Existem no tratado duas abordagens relativamente à noção de beleza, que se relacionam com o facto de haver duas estéticas evidenciadas no Livro IX, sendo uma mais naturalista centrada na noção do corpo, e uma outra mais matemática assente na noção de numerus que propõe um sistema de normas estilísticas. (c.f. Choay, 2007, pp. 118)

A coluna

O método de Alberti utilizado na construção do seu tratado é, contrariamente ao de Vitruvius, aristotélico pois relaciona o todo com as partes, o geral com o particular, partindo da ideia abstracta para o exemplo concreto. Da projectação para a realização.

No tratamento da ornamentação inverte a pirâmide hierárquica começando do templo para a casa privada. (c.f. Frommel, 2007, pp. 696)

No Livro I, sobre o delineamento, é dividida toda a arquitectura em 3 elementos distintos: muro, abertura e tecto.

Neste Livro o capítulo IX é dedicado à partição da casa, ou seja, o muro que divide a área da casa. Só no capítulo X é definida aquela que é a parte mais digna do muro, a coluna. (c.f. Frommel, 2007, pp. 697)

A coluna é mencionada no livro III (aquele dedicado à construção) mas de forma abstracta. No capítulo XIII deste livro é descrita detalhadamente a trave com arco. De acordo com Alberti além da coluna, a trave e o arco derivam da haste de uma árvore, representando a ossatura do muro, ainda em referência directa à actividade da carpintaria.

O livro VI é dedicado ao ornamento em geral. Alberti, admitindo que não é fácil distinguir o ornamento da beleza, evidencia que este deve ter como finalidade exaltar a beleza, devendo ser aplicado de modo equilibrado. No capítulo XII, Alberti aborda o problema da falsa abertura (um das grandes problemáticas levantadas desde a arquitectura pós-helenística pois questiona a constituição estrutural do edificado). Alberti define que este tipo de abertura faz parte do ornamento.

O sistema da coluna

Se no Livro I é distinguida a coluna como parte do muro, e o entablamento como fazendo parte do tecto, no contexto do ornamento estes dois elementos compõem uma única articulação sintáctica, ou seja, o sistema da coluna (formado pelo pedestal, base, fuste ou coluna, arquitrave, friso e cornija).

Estes elementos são apresentados detalhadamente no livro VII sendo o capítulo VII dedicado às bases dórica e jónica, o capítulo VIII aos capitéis dórico, jónico, coríntio e compósito.

O capítulo IX é dedicado aos entablamentos (arquitrave, friso e cornija) dórico, jónico e coríntio.

A abstracção do capitel bem como os outros elementos representa uma invenção albertiana pois a função do capitel, não dependendo da função do edifício, ou tão pouco da coluna, não depende também do seu ornamento.

No capítulo VIII do livro VII, Alberti esclarece que a coluna e o capitel não formam uma entidade única, são antes unidades autónomas com as suas leis próprias.

O sistema da coluna com entablamento é hierarquicamente superior ao que apresenta um arco, que por sua vez, é melhor e, em geral, mais adequado que aquele com arcada sobre pilastra. (c.f. Alberti, 2011, pp 446)

A beleza pura (aquela representada por números) e a sua relação com o ornamento e o sistema da coluna são evocados no Livro IX. Alberti faz uma hierarquização do seu uso, sendo que no topo da pirâmide da aplicação está o templo, seguido dos arcos triunfais, os teatro e finalmente as habitações privadas.

As casas de cidadãos proeminentes poderão possuir no seu frontão (de referência ao *Septizonium*) e na fachada posterior ornamento em tudo semelhante ao dos templos. (c.f. Frommel, 2007, pp. 723)

Como veremos no capítulo 4, onde se descreve a gramática da forma da fachada do palácio *Rucellai*, as proporções do sistema da coluna não é aquele descrito no Livro IX capítulo IV referente à aplicação da ornamentação na habitação de homens ricos, sendo notável como a aplicação das diferentes combinações de capitéis e proporções do fuste permitem alcançar um desenho de fachada único no contexto Florentino da época.

3.3- Estratégias de Interpretação do Tratado e Formalização das suas Regras.

Ao longo do texto do tratado encontramos, para o trabalho específico de codificação em regras das prescrições de Alberti, dois tipos de descrição: um em que o autor claramente dá instruções muito detalhadas de como executar determinado tipo de elemento, como na passagem da descrição da base dórica do Livro VII, capítulo VII, pp. 435 “, ...*deram à altura da base metade do diâmetro da extremidade inferior da coluna; nessa base quiseram que todos os lados do plinto tivessem de largura a medida do diâmetro completo da extremidade inferior da coluna e mais uma parte do mesmo diâmetro, não superior a metade, nem inferior a um terço. Dividiram a altura da base em três partes, das quais atribuíram uma parte à altura do plinto. A altura total da base era, pois, o triplo da altura do plinto, e a largura do plinto era também o triplo da altura da base.*”

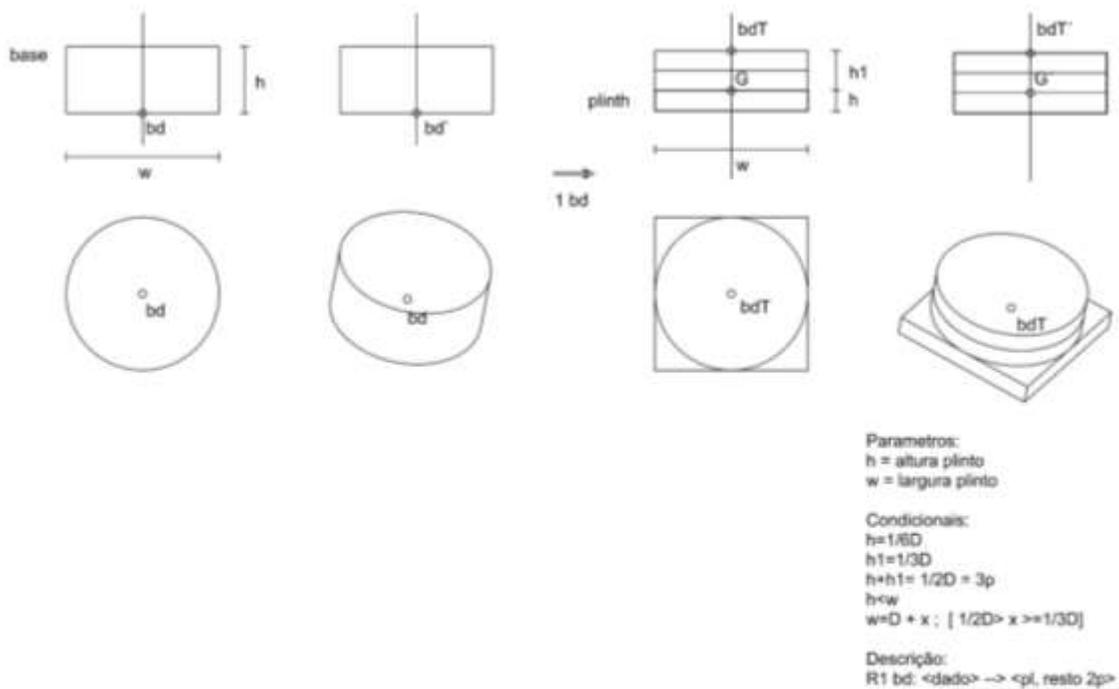
O outro tipo de descrição menos detalhado nas sequências de composição dos elementos representados no texto é aquele presente no Livro IX, capítulo IV pp. 590: “*O frontão das residências privadas não será feito de modo a aspirar em algum aspecto à imponência do templo. Todavia, o vestíbulo será dignificado com uma fachada um pouco mais elevada e com a imponência de um frontão. O resto do muro será coroado de ambos os lados com uma crista não muito elevada. E sobretudo contribuirá para a elegância, que os ângulos principais do edifício se elevem sobre uma crista algo mais majestosa.*”

No primeiro tipo de abordagem há claramente um esforço de quantificar os elementos representados.

No segundo tipo, a abordagem é mais qualitativa deixando em aberto os valores proporcionais dos elementos construtivos. Embora este tipo seja mais generativo, pois propõe ao leitor uma interpretação mais aberta e menos orientada, o primeiro tipo proporcionou-nos uma formulação mais objectiva do conjunto de regras a usar na gramática da forma de modo quase directo como se pode ver nas regras que geram a base dórica apresentadas nas Figuras 13 a

16, o capitel coríntio apresentadas nas Figuras 17 a 26 e o entablamento dórico apresentadas nas Figuras 27 a 36.

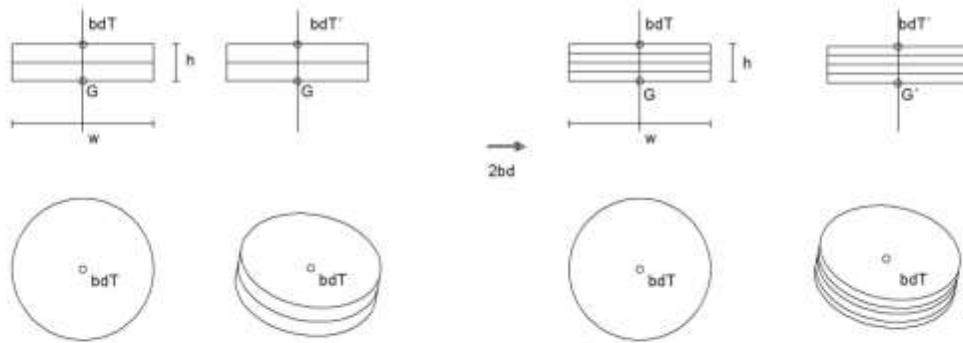
O conjunto de todas as gramáticas podem ser vistas no Volume II da tese dedicado à gramática da forma do sistema da coluna bem como à sua derivação.



"Todo o cálculo das medidas foi deduzido a partir do diâmetro da extremidade inferior I da coluna; e foram os Dórios que, no princípio, assim as instituíram.

Com efeito, deram à altura da base metade do diâmetro da extremidade inferior da coluna; nessa base quiseram que todos os lados do plinto tivessem de largura a medida do diâmetro completo da extremidade inferior da coluna e mais uma parte do mesmo diâmetro, não superior a metade, nem inferior a um terço." LIVRO VII, CAPÍTULO VII, pp 450

Figura 13. Regra 1 da gramática da forma da base dórica.

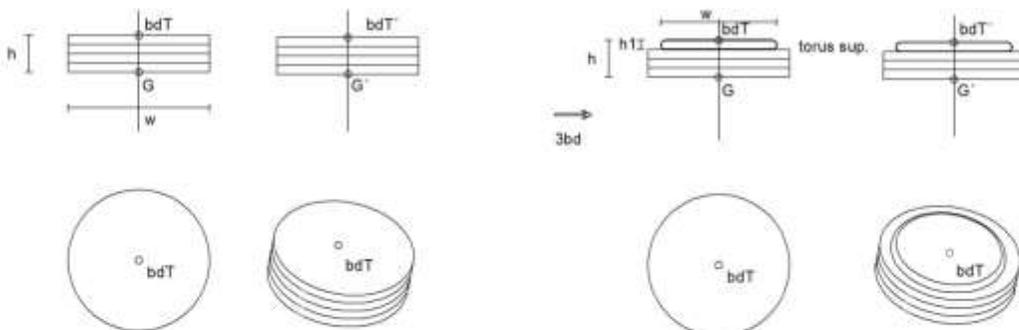


Parametros:
 h = altura base
 w = largura base

Condicionalis:
 $h < w$
 $h = 1/3D$
 $w = D + x ; [1/2D > x \geq 1/3D]$

Descrição:
 R2 bd: <resto 2p> → <cilindro 4p>

"Excluido o plinto, dividiram o que restava da altura na base em quatro partes,..." LIVRO VII, CAPÍTULO VII, pp 450



Parametros:
 h = altura base
 w = largura base

Condicionalis:
 $h < w$
 $h = 1/3D$
 $w = D + x ; [1/2D > x \geq 1/3D]$

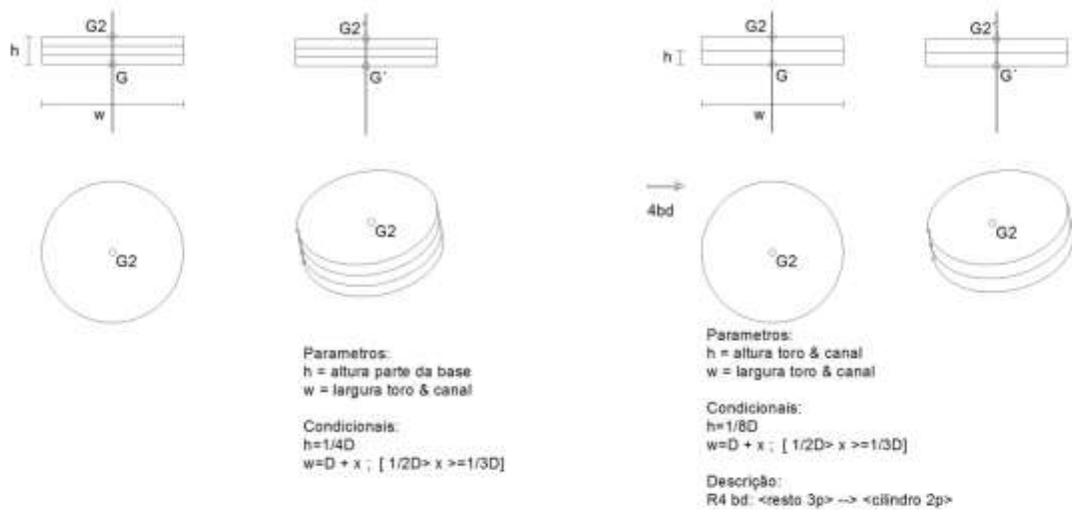
Parametros:
 h = altura plinto
 w = largura plinto

Condicionalis:
 $h = 1/3D$
 $h1 = D/12$
 $w = D - D/4$

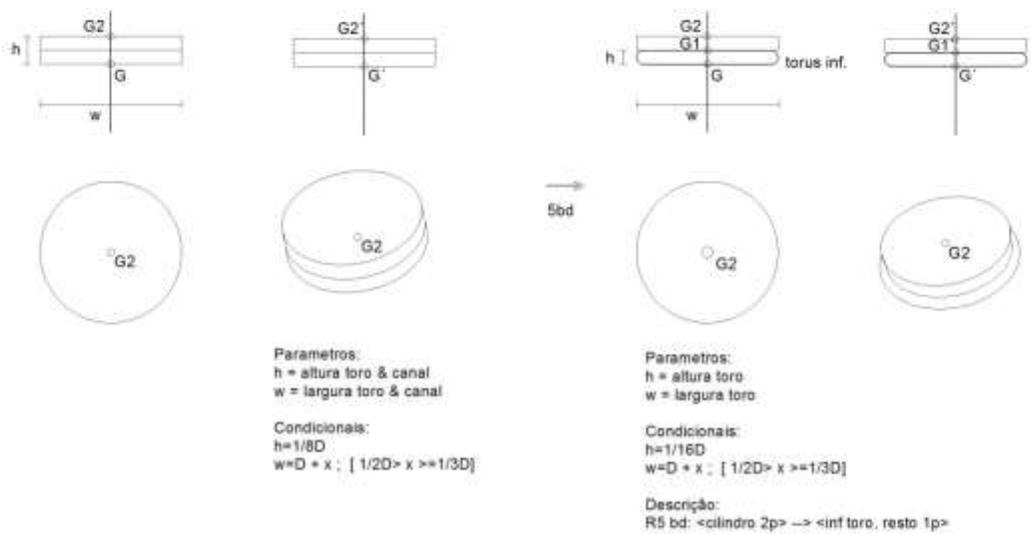
Descrição:
 R3 bd: <cilindro 4p> → <toro sup, resto 3p>

"...das quais destinaram a de cima ao toro superior." LIVRO VII, CAPÍTULO VII, pp 450

Figura 14. Regra 2 e 3 da gramática da forma da base dórica.

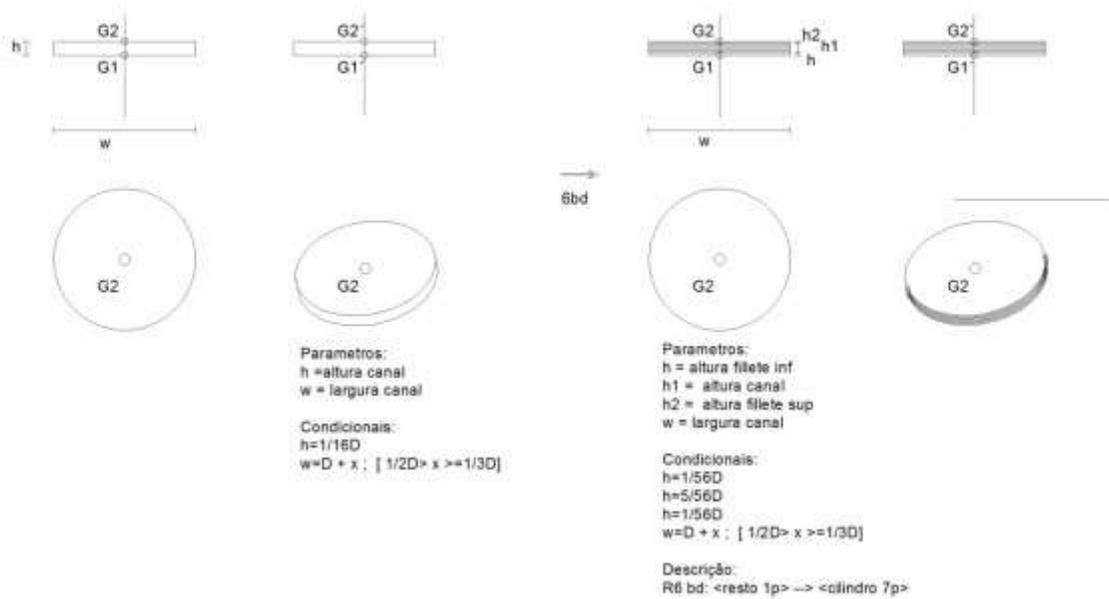


"A altura que fica no meio, entre o toro por cima e o plinto por baixo, dividiram-na ainda em duas partes, ..." LIVRO VII, CAPÍTULO VII, pp 450-451

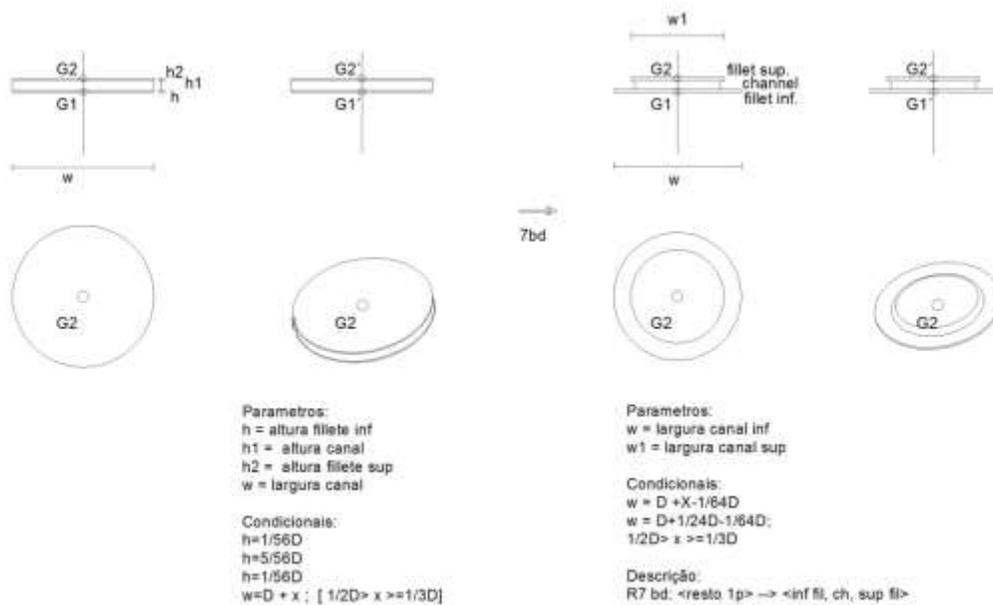


"...das quais atribuíram a inferior ao toro inferior e vazaram a superior para a Escócia que está comprimida entre ambos os toros." LIVRO VII, CAPÍTULO VII, pp 451

Figura 15. Regra 4 e 5 da gramática da forma da base dórica.

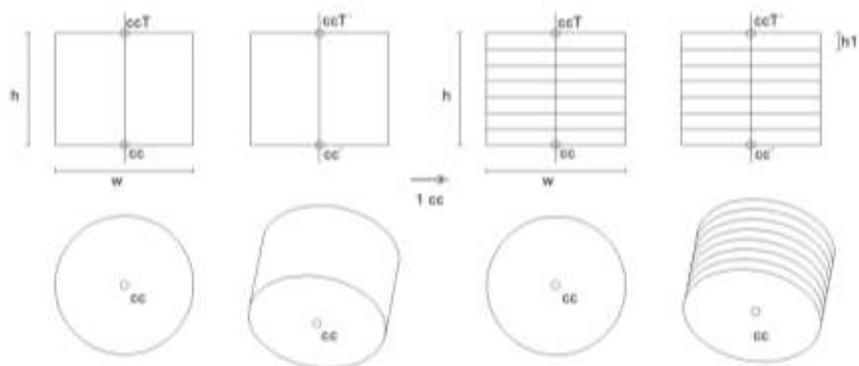


"A escócia consta de um canal vazado e de dois filetes que rodeiam os bordos do canal. Ao filete deram a sétima parte,..." LIVRO VII, CAPÍTULO VII, pp 451



"...e vazaram o resto." LIVRO VII, CAPÍTULO VII, pp 451

Figura 16. Regra 6 e 7 da gramática da forma da base dórica.



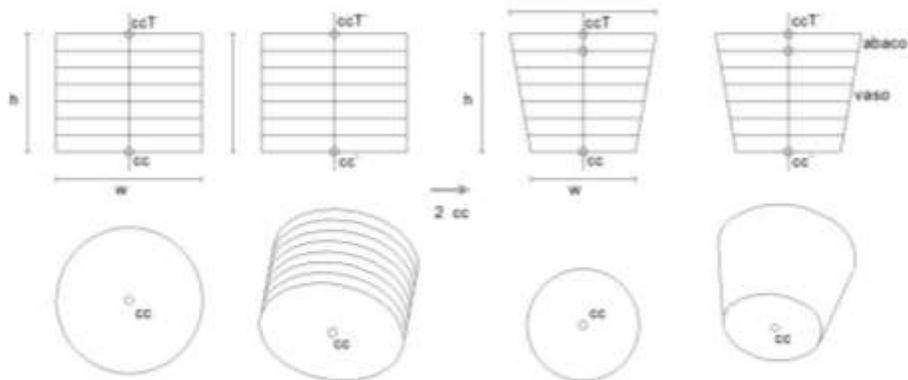
Parametros:
 h = altura capitel
 h1 = altura de parte capitel
 w = largura capitel

Condicionais:
 $h = D = 7p$
 $h1 = 1/7 D$
 $w = 10p$

Descrição:
 R1 cc: <dado> --> <cilindro 7p>

"Nos capitéis coríntios, a sua altura ocupa dois raios da extremidade inferior da coluna.
 Toda essa altura é dividida em sete módulos." LIVRO VII, CAPÍTULO VIII, pp 458

Figura 17. Regra 1 da gramática da forma do capitel coríntio.



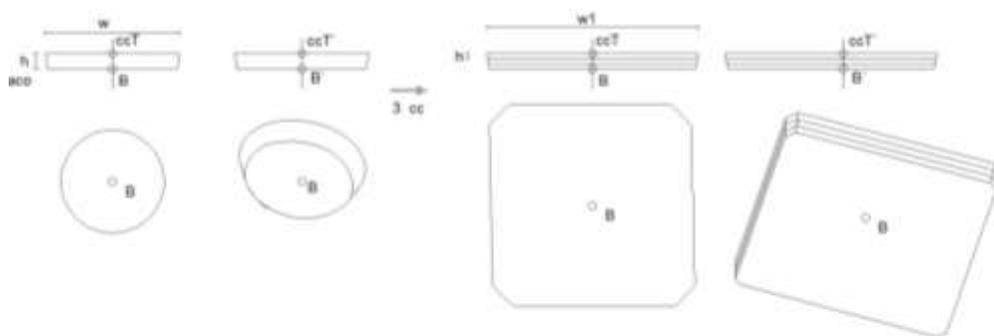
Parametros:
 h =altura capitel
 w=largura do capitel inf
 w1=largura do capitel sup

Condicionais:
 h=D
 w=Dimoscapo
 w1=Dsumoscapo

Descricao:
 R2 cc: <cilindro 7p> --> <rebordo>

"A espessura do ábaco toma um módulo, o vaso ocupa os restantes; o diâmetro do fundo é igual ao da coluna na extremidade superior, excluídas as saliências; o seu rebordo superior é igual à dimensão do diâmetro inferior da coluna."
 LIVRO VII, CAPÍTULO VIII, pp 458

Figura 18. Regra 2 da gramática da forma do capitel coríntio.



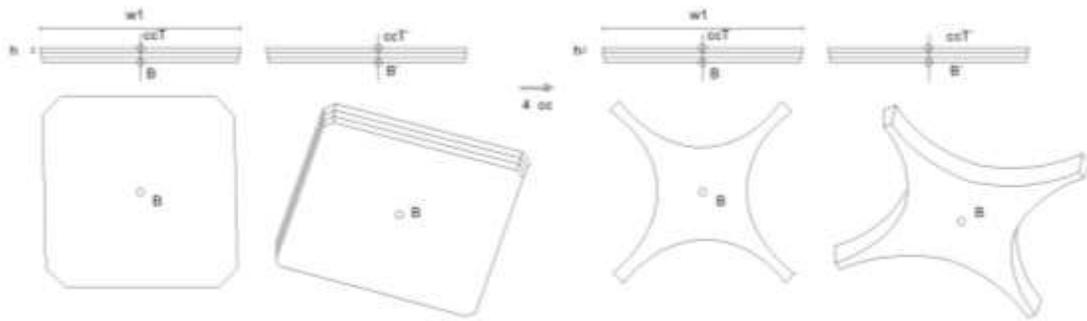
Parametros:
 h = altura ábaco
 w, w1=largura do ábaco

 Condicionais:
 h=1/21D
 w=Dsumoscapo
 w1=10p

 Descrição:
 R3 cc: <ábaco> --> <rebordo>

"A largura do ábaco preenche dez módulos; mas as diagonais cruzam-se a um módulo e meio de cada lado." LIVRO VII, CAPÍTULO VIII, pp 458

Figura 19. Regra 3 da gramática da forma do capitel coríntio.



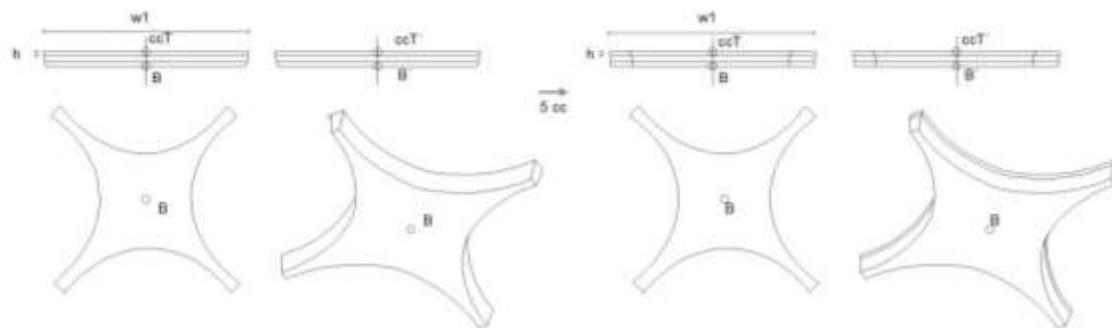
Parametros:
 h =altura ábaco
 w=largura do ábaco

Condicionalis:
 h=1/21D
 w=10p

Descrição:
 R4 cc: <ábaco> --> <inflexão>

"Os ábacos dos outros capitéis são formados por linhas rectas; os ábacos dos capitéis coríntios inflectem para dentro até que as inflexões distem entre si a medida do diâmetro do fundo do vaso."
 LIVRO VII, CAPÍTULO VIII, pp 458

Figura 20. Regra 4 da gramática da forma do capitel coríntio.



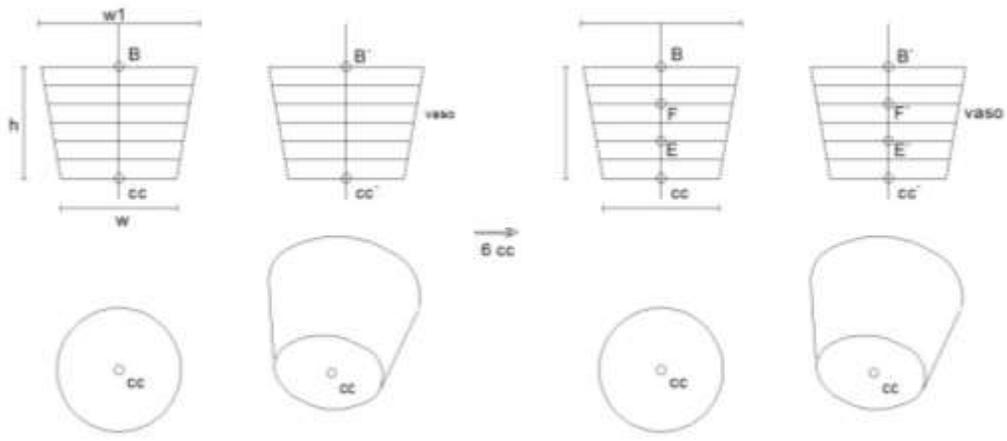
Parametros:
 h = altura ábaco
 w = largura do ábaco

 Condicionais:
 h = 1/21D
 w = 10p

 Descrição:
 R5 cc: <abaco> -> <inflexao>

"O cimácio do ábaco terá um terço da altura deste; os seus delineamentos serão como aqueles que usamos nos sumoscapos das colunas." LIVRO VII, CAPÍTULO VIII, pp 458

Figura 21. Regra 5 da gramática da forma do capitel coríntio.

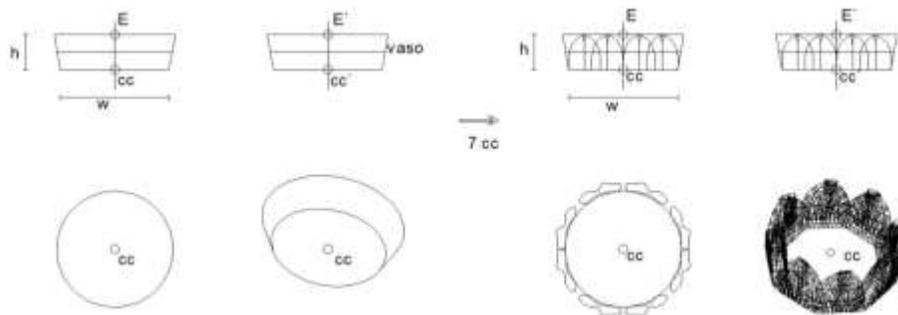


Parametros:
 h =altura vaso
 w=largura do vaso inf
 w1=largura do vaso sup

Condicionais:
 h=D=6p
 w=D imoscapo c/proj
 w1=D sumoscapo s/ proj

Descrição:
 R6 cc: <vaso> --> <vaso 6p>

Figura 22. Regra 6 da gramática da forma do capitel coríntio.



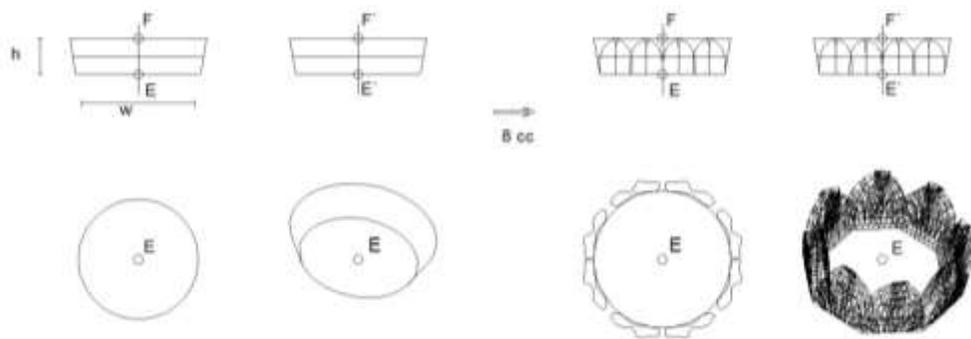
Parametros:
 h = altura vaso sup
 w = largura do vaso inf

Condicionais:
 $h = 1/3D = 2p$
 $w = D$ imoscapo c/proj

Descrição:
 R7 cc: <vaso 2p> --> <folhas>

"Um filete e um cordão revestem o vaso, e entre ambos brotam duas séries de folhas; a cada série são atribuídas oito folhas." LIVRO VII, CAPÍTULO VIII, pp 458

Figura 23. Regra 7 da gramática da forma do capitel coríntio.



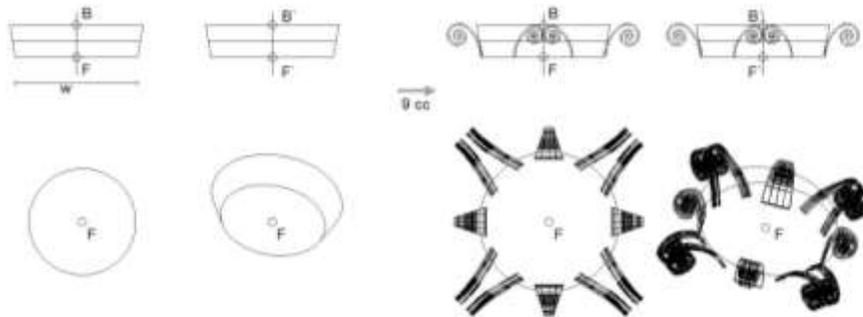
Parametros:
 h = altura vaso sup
 w = largura do vaso inf

Condicionais:
 $h = 1/3D = 2p$
 $w = D$ imoscapo c/proj

Descricao:
 R8 cc: <vaso 2p> --> <folhas>

"...as da segunda série elevam-se igualmente à altura de dois módulos;..." LIVRO VII, CAPÍTULO VIII, pp 458

Figura 24. Regra 8 da gramática da forma do capitel coríntio.



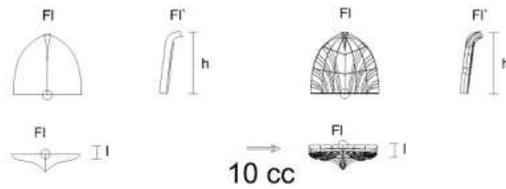
Parametros:
 h = altura vaso sup
 w = largura do vaso inf

Condicionalis:
 $h = 1/3D = 2p$
 $w = D$ imoscapo c/proj

Descrição:
 R9 cc: <resto vaso 2p> --> <cauliculos>

"...os restantes módulos são atribuídos aos cauliculos que emergem das folhas e sobem até à altura do vaso. Os cauliculos são em número de dezasseis: quatro deles entrelaçam-se em cada face do capitel, dois do lado direito ligados num único laço, dois do lado esquerdo ligados em outro laço, estendendo-se de tal maneira que os das pontas ficam pendentes por baixo dos ângulos do ábaco imitando um caracol, ao passo que os do meio, no centro da frente do capitel, se ligam uns aos outros pelas extremidades superiores, enrolando-se também em espiral."
 LIVRO VII, CAPÍTULO VIII, pp 458

Figura 25. Regra 9 da gramática da forma do capitel coríntio.



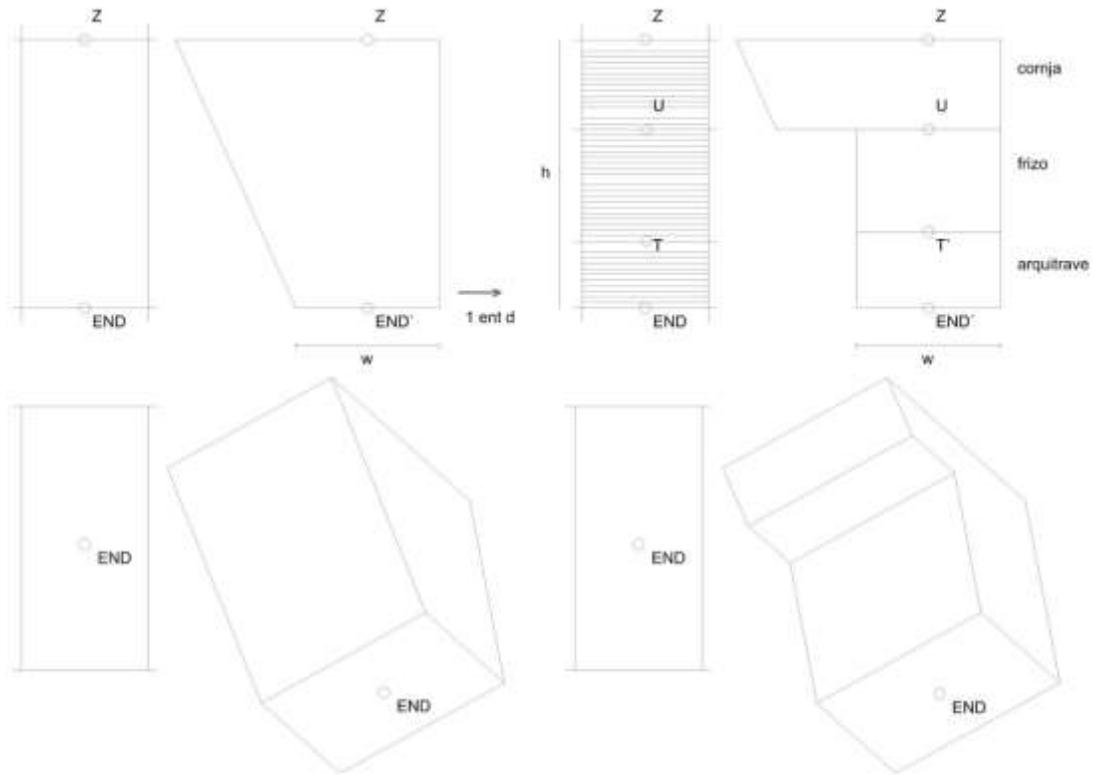
Parametros:
 h =altura folha
 l= comprimento da folha

Condicionais:
 $h=1/3D=2p$
 $l=1/12D=1/2p$

Descrição:
 R10 cc: <folhas> --> <nervuras folhas>

"As espirais das folhas são divididas em cinco dedos ou, se aprouver, em sete. As extremidades das folhas caem meio módulo para diante."
 LIVRO VII, CAPÍTULO VIII, pp 458

Figura 26. Regra 10 da gramática da forma do capitel coríntio.



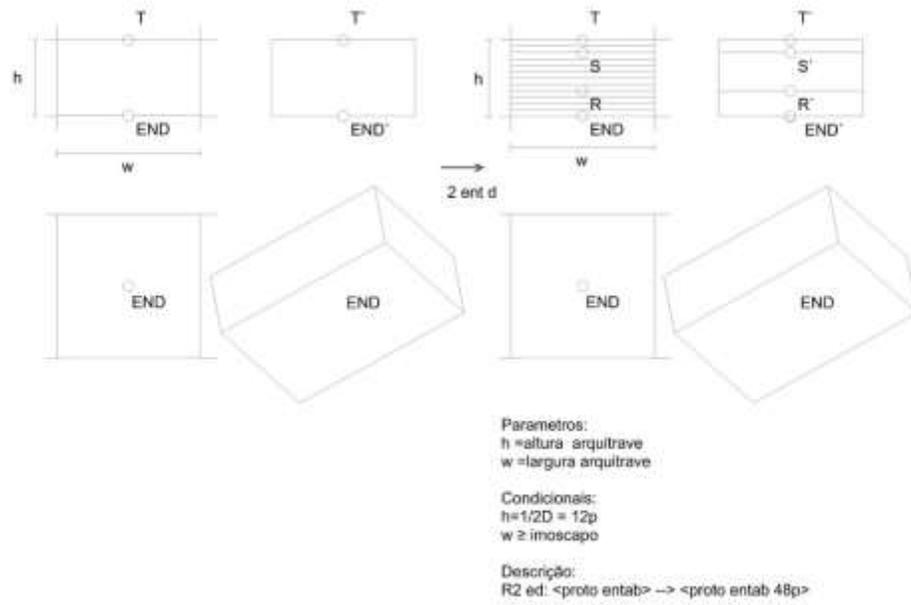
Parametros:
 h = altura entablamento
 w = largura entablamento

 Condicionais:
 h=2D = 48p
 w ≥ 1m escopo

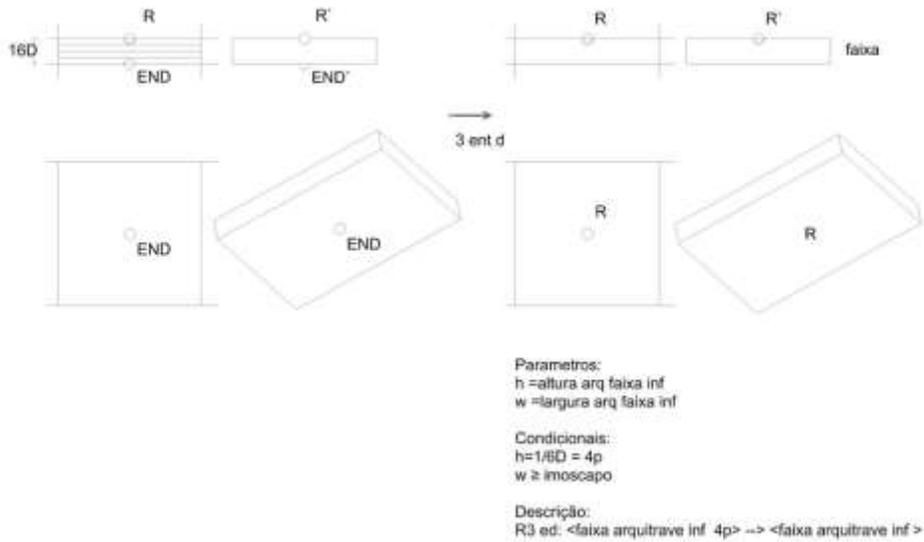
 Descrição:
 R1 ed: <proto entab> → <proto entab 48p>

"Os Dórios fizeram, pois, a arquitrave com uma espessura não inferior ao raio da extremidade inferior da coluna. Na arquitrave existem três faixas, por debaixo da primeira faixa superior dispunham-se algumas réguaas pequenas cravadas, de cada uma das quais pendiam seis cavilhas espetadas na parte inferior, a fim de fixarem as traves, cujas extremidades ressaltam do muro ao nível das réguaas."
 LIVRO VII, CAPÍTULO IX, pp 462

Figura 27. Regra 1 da gramática da forma do entablamento dórico.

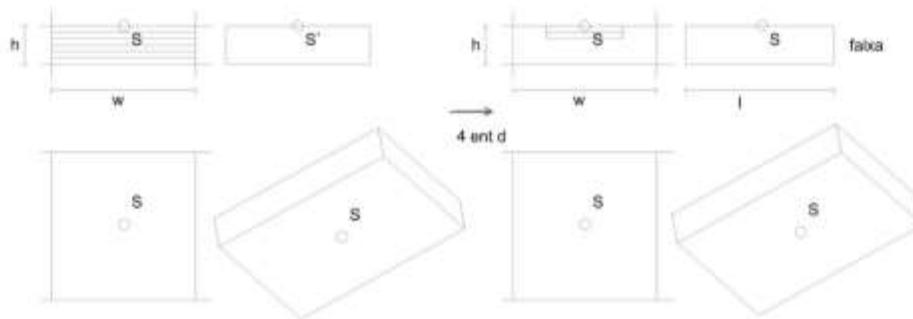


"Dividiram a altura total da arquitrave em doze módulos, pelos quais módulos são calculadas as medidas das molduras que se seguem." LIVRO VII, CAPÍTULO IX, pp 462



"À primeira faixa inferior atribuíram quatro módulos;..." LIVRO VII, CAPÍTULO IX, pp 462

Figura 28. Regra 2 e 3 da gramática da forma do entablamento dórico.

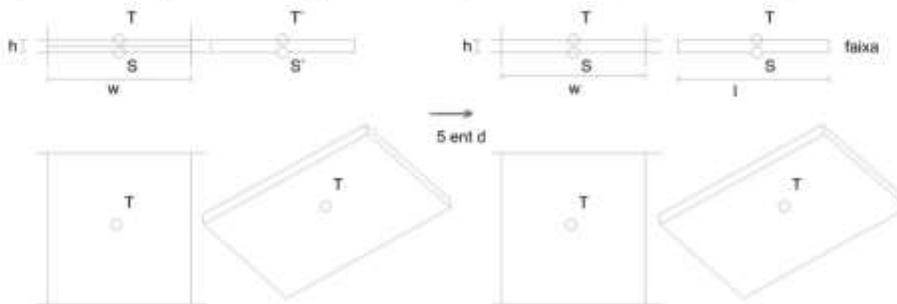


Parâmetros:
 h = altura arq faixa meio
 w = largura arq faixa meio
 l = comprimento arq faixa meio

Condiçõais:
 $h = 1/4D = 6p$
 $w \geq 1/3\text{mascapo}$
 $l = 49/48D$

Descrição:
 R4 ed: <faixa arquitrave meio 6p> --> <faixa arquitrave meio >

"...; à faixa mais próxima desta, que é a do meio, atribuíram seis;..." LIVRO VII, CAPÍTULO IX, pp 462



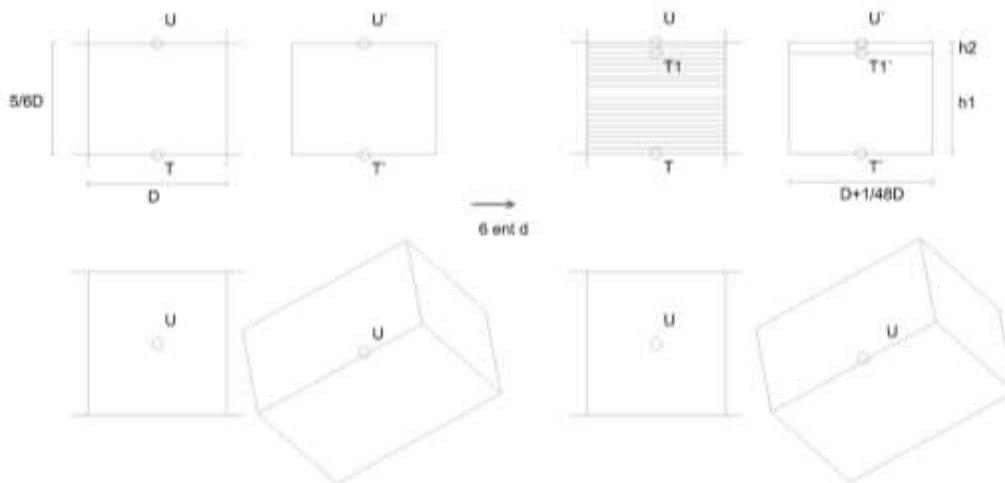
Parâmetros:
 h = altura arq faixa meio
 w = largura arq faixa meio
 l = comprimento arq faixa meio

Condiçõais:
 $h = 1/4D = 6p$
 $w \geq 1/3\text{mascapo}$
 $l = 49/48D$

Descrição:
 R4 ed: <faixa arquitrave meio 6p> --> <faixa arquitrave meio >

"...; para a superior restaram dois módulos." LIVRO VII, CAPÍTULO IX, pp 462

Figura 29. Regra 4 e 5 da gramática da forma do entablamento dórico.



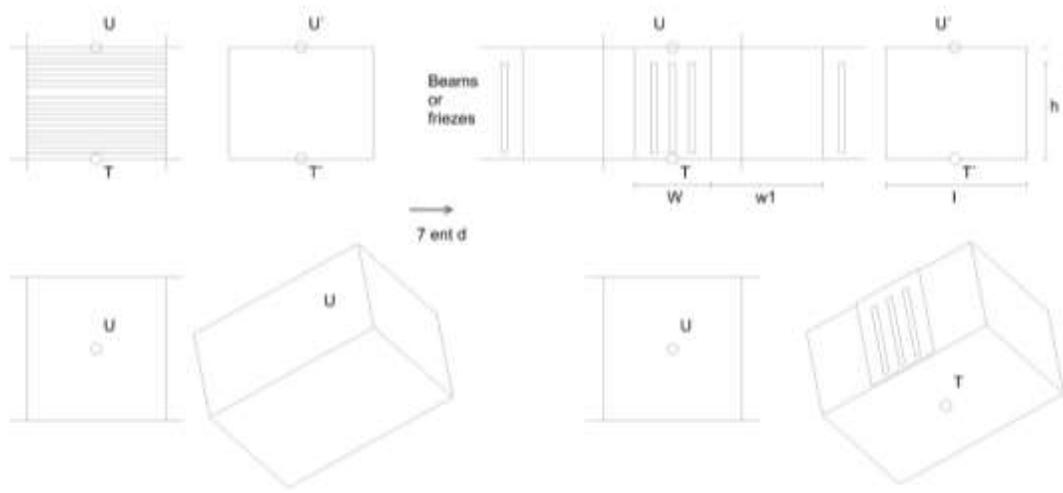
Parametros:
 h = altura faixa meio
 h1 = altura cavilhas
 h2 = altura régua
 w = largura faixa meio
 l = comprimento faixa meio

Condicionais:
 $h = 5/6D = 20p$
 $h1 = 3/4D = 18p$
 $h2 = 1/12D = 2p$
 $w \geq 1$ moscaço
 $l = 49/48D$

Descrição:
 R6 ed: <fax m 20p> -> <re, cav>

"E dos seis módulos da faixa do meio, o módulo superior foi dado às régua e outro às cavilhas pendentes por baixo delas. O comprimento das régua era de doze módulos."
 LIVRO VII, CAPÍTULO IX, pp 462

Figura 30. Regra 6 da gramática da forma do entablamento dórico.



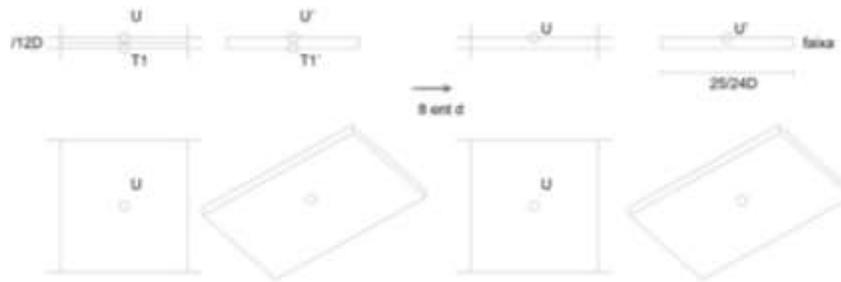
Parametros:
 h=altura régua
 w=largura régua
 w1=largura entre régua
 l=comprimento faixa meio

Condicionais:
 $h = 3/4D = 18p$
 $w = 1/2D$
 $w1 = 3/4D$
 $l = 49/48D$

Descrição:
 R7 ed: <faixa meio 18p> -> <regua, 3 triglifos>

"Os espaços que ficaram livres entre as extremidades das régua mediam dezoito módulos."
 LIVRO VII, CAPÍTULO IX, pp 463

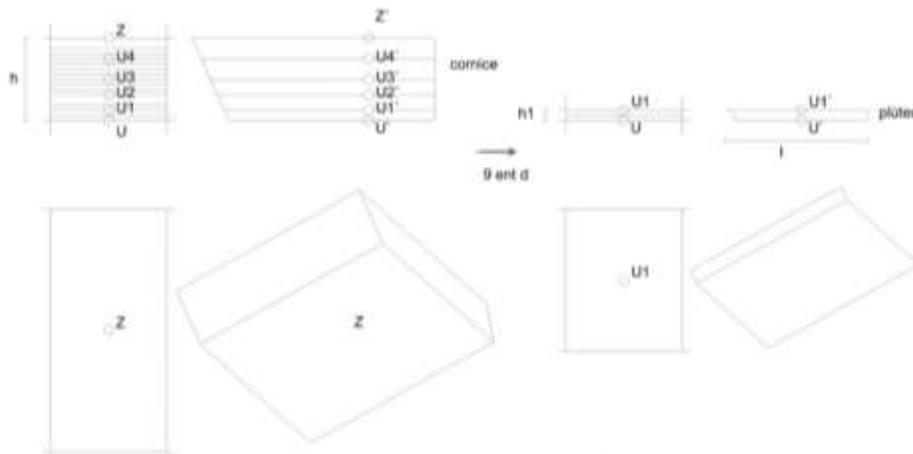
Figura 31. Regra 7 da gramática da forma do entablamento dórico.



Parametros:
 h = altura faixa sup
 l = comprimento faixa sup
 Condicionais:
 $h = 1/12D = 2p$
 $l = 25/24D$
 Descrição:
 R8 ed: <faixa superior meio fp> -> <faixa superior meio>

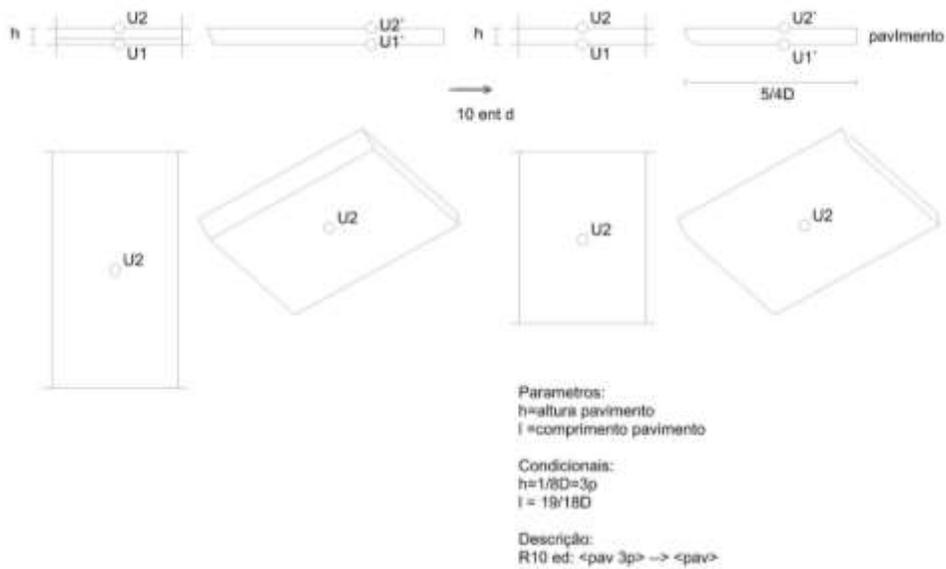
"Nas arquitraves assentam as traves, cujas extremidades, cortadas em ângulo recto, sobressaem meio módulo do lado de fora. A largura das traves será igual à altura da arquitrave, mas à altura acrescenta metade da sua largura, o que faz com que chegue aos dezoito módulos."
 LIVRO VII, CAPITULO IX, pp 463

Figura 32. Regra 8 da gramática da forma do entablamento dórico.



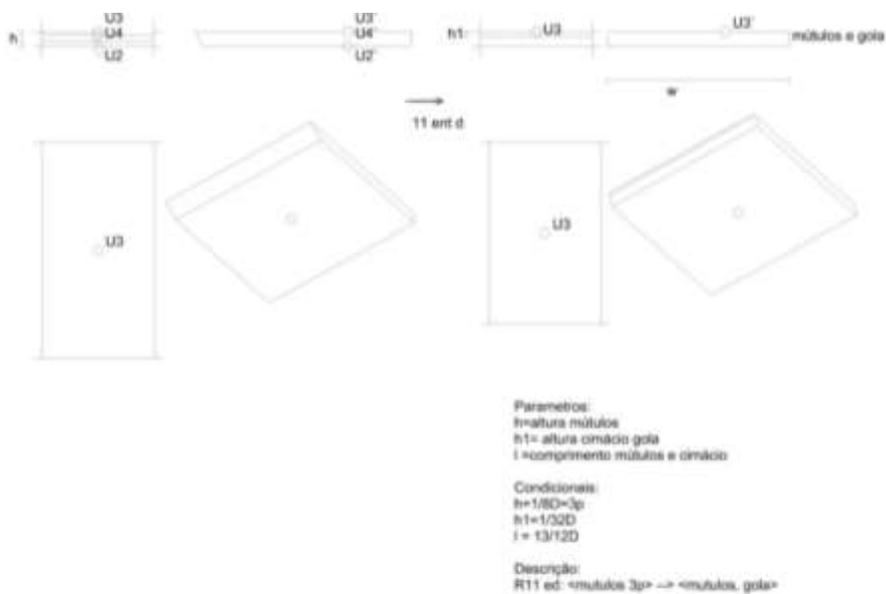
Parametros:
 h = altura cornija
 h1 = altura plúteo
 l = comprimento plúteo
 Condicionais:
 $h = 17/24D = 16p$
 $h1 = 1/12D = 2p$
 $l = 19/18D$
 Descrição:
 R9 ed: <cor 16p> -> <plú>

Figura 33. Regra 9 da gramática da forma do entablamento dórico.



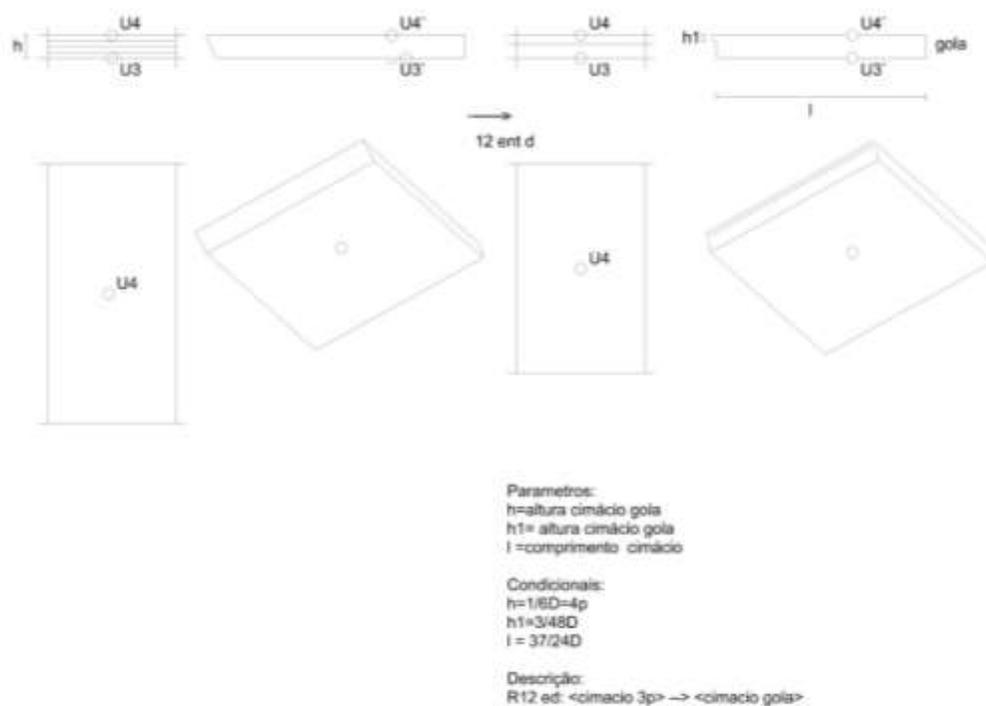
"...os seus delineamentos são um caveto. Sobre o plúteo — é essa a minha interpretação — estende-se um pavimento com a espessura de três módulos. Os seus ornamentos são — se não erro — traçados à imitação dos seixos que, nos pavimentos, emergem da massa de cimento."
 LIVRO VII, CAPÍTULO IX, pp 463

Figura 34. Regra 10 da gramática da forma do entablamento dórico.



"Sobre isso colocam mûtulos com a mesma largura das traves e com a mesma espessura do pavimento;..." LIVRO VII, CAPÍTULO IX, pp 463

Figura 35. Regra 11 da gramática da forma do entablamento dórico.



"Em cima dos mútulos coloca-se a cornija da obra e ocupa quatro módulos. A cornija é formada por uma faixa e um cimácio de gola. A gola ocupa um módulo e meio."
 LIVRO VII, CAPÍTULO IX, pp 463

Figura 36. Regra 12 da gramática da forma do entablamento dórico.

Quanto ao segundo tipo de descrições, em virtude do seu carácter algo vago, foi utilizado para a sua descodificação o sistema *fill in the gaps* que abordaremos mais à frente.

Os elementos do sistema da coluna (pedestal, base, fuste, capitel e entablamento) e as suas aplicações apresentadas pelo texto (colunas adossadas, independentes e intercolúnio) foram conseqüentemente gerados a partir das descrições constantes nos Livros VI, VII e VIII. Estas descrições foram codificadas em regras dividindo o texto em partes de parágrafos contendo instruções específicas acerca de como desenhar determinado elemento ou parte

deste.

Por isso foi efectuado um diagrama ilustrando o aparecimento das descrições dos diferentes elementos do sistema da coluna.

Este diagrama teve a função de guiar a produção dos respectivos elementos seguindo a sequência do texto. Ver diagrama 3

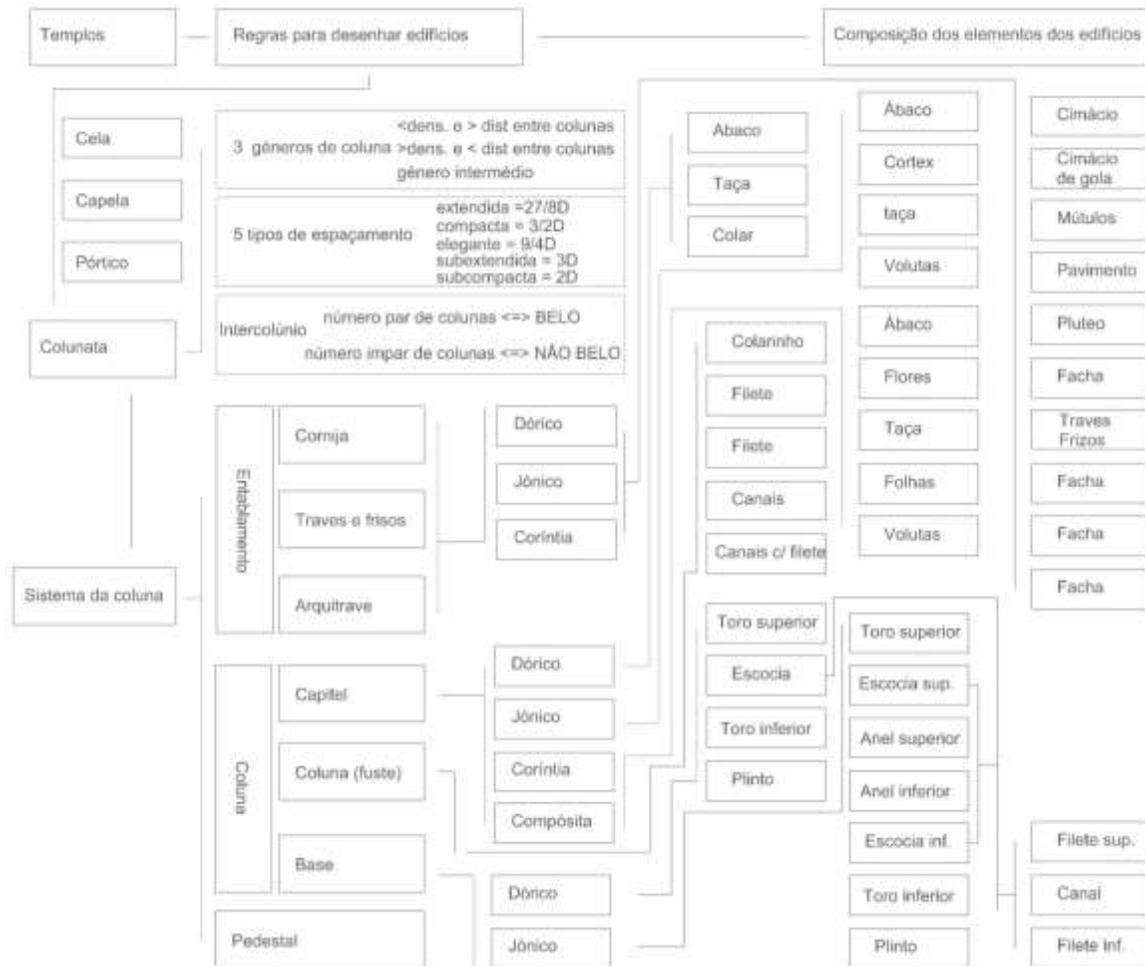


Diagrama 3 - diagrama do sistema da coluna de acordo com a passagem do texto do tratado.

Um problema encontrado no processo de descodificação relacionou-se com algumas ambiguidades, contradições ou inexistência de partes do texto.

Estes aspectos levaram-nos à elaboração de uma estratégia intitulada *Fill in the Gaps* (c.f. <http://curry.tugraz.at/portal/1/watch/182.aspx>) ilustrado no diagrama 4

que previa compilar um conjunto de informação alternativa como o sistema LCS, os números inatos, proporções referentes às consonâncias musicais e informação imanente dos edifícios construídos a utilizar sempre que se verificou necessário colmatar lacunas encontradas no texto.

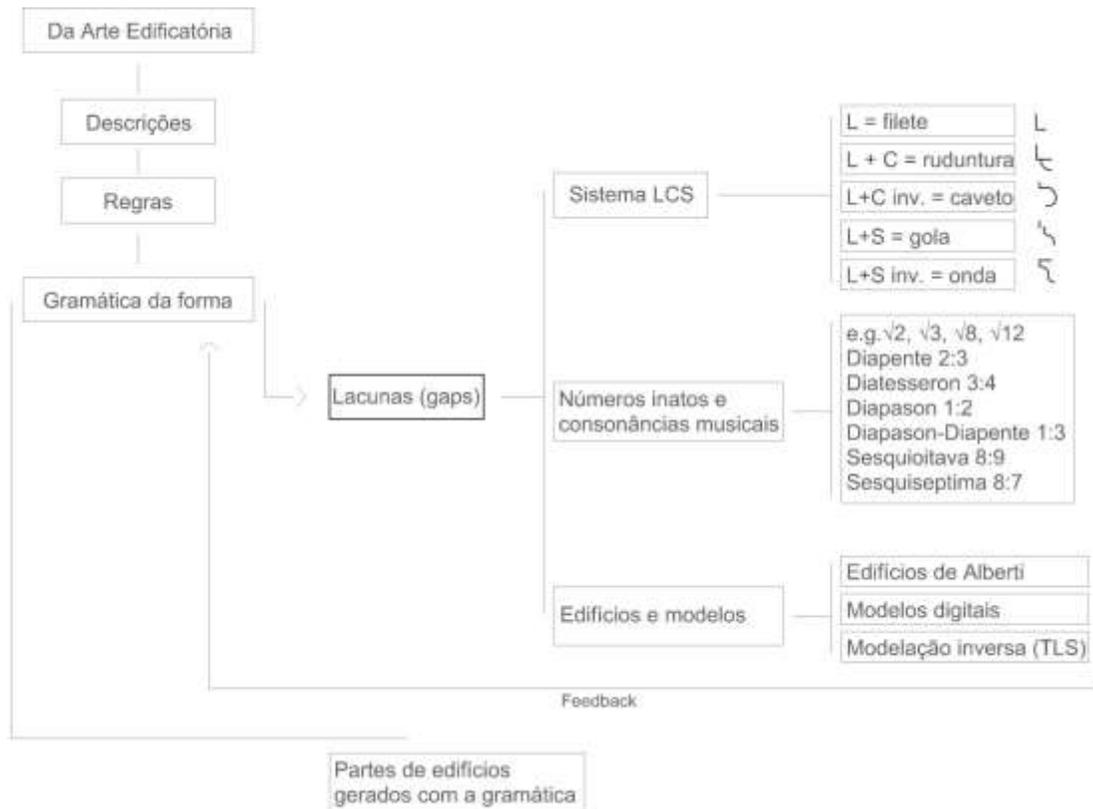


Diagrama 4 - diagrama do sistema fill in the gaps.

O sistema LCS é um vocabulário mínimo definido por Alberti no Livro VII capítulo VII, constituído pelas letras L, C e S conjuntamente com variações destas últimas, nomeadamente, um C e um S invertidos respectivamente.

Com estas letras Alberti define as molduras, localizando nas suas partes a sua ornamentação específica.

Ou seja, que uma *faixa* é um L com um *filete* mas mais largo, que o *ressalto* é uma *faixa* mas muito saliente (saída para fora do plano de projecção do alçado), uma *ruduntura* é a conjunção de um L com um C, o *cordão* é variação paramétrica da anterior, o *caveto* é a conjugação da letra L com o C invertido; a

letra L com a letra S perfaz uma *gola*; e finalmente a *onda* que consiste num L com um S invertido.

É neste conjunto de elementos que se aplicará o último nível de detalhe, nomeadamente: na *faixa* esculpem-se conchas, volutas e até inscrições, no *ressalto* denticulos; na *rudentura* óvulos e folhagens; no *cordão* contas ligadas com fios; na *gola* e na *onda* usa-se folhas. O filete é o único elemento que não contém ornamento.

Inicialmente foram executados desenhos 2D ilustrativos das regras presentes no tratado perfazendo um conjunto de desenhos, condições e parâmetros.

Estes desenhos foram então transformados em modelos digitais 3D através de operações de extrusão e/ou revolução de linhas de superfície dos elementos da coluna.

As partes de determinados elementos foram geradas através de operações de adição.

De notar que as partes da base dórica são o *plinto*, o *toro* inferior, dois *filetes* e uma *escócia*, *otono* superior que poderão ser decompostas num conjunto de elementos definidos com o sistema LCS. (c.f. Coutinho, 2011, pp. 788-798)

.



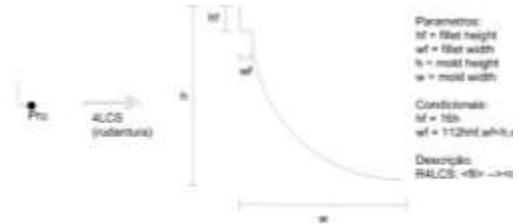
Com efeito, o delineamento da faixa imita a letra L; a faixa é o mesmo que o filete, mas mais larga. Livro VII, Capítulo VII pp 453



Com efeito, o delineamento da faixa imita a letra L; a faixa é o mesmo que o filete, mas mais larga. Livro VII, Capítulo VII pp 453



O ressalto é uma faixa muito saliente, Livro VII, Capítulo VII pp 453

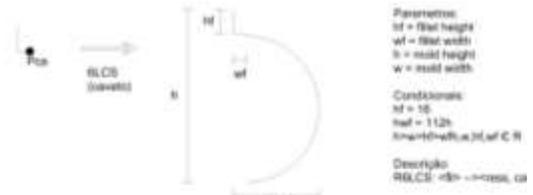


Hesitei se não devia chamar hera à rudentura: na verdade adere à medida que se estende; e o delineamento da sua saliência é como a letra C ligada a seguir à letra L. Livro VII, Capítulo VII pp 453

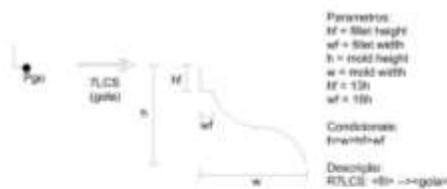
Figura 37 – Regras 1, 2, 3 e 4 do sistema de LCS.



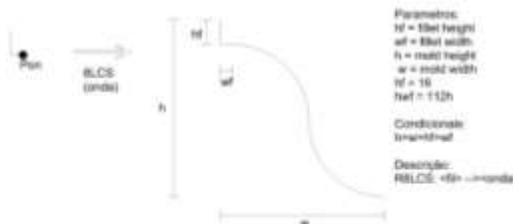
E o cordão é uma rudentura reduzida. Livro VII, Capítulo VII pp 453



Esta letra C, quando se liga em posição invertida à letra L, assim (...), formará um caveto. Livro VII, Capítulo VII pp 453



Mas se se ligar um S a seguir à letra L, assim (...), chama-se gola: pois imita a gola de um homem. Livro VII, Capítulo VII pp 453



Se, porém, a seguir à letra L se acrescenta um S deitado e em posição invertida, assim chamar-se-á onda, devido à semelhança da inflexão. Livro VII, Capítulo VII pp 453

Figura 38. Regras 5, 6, 7 e 8 do sistema de LCS.

3.4- Desenvolvimento da Gramática da Forma do Tratado de Alberti. Características Formais. Características Descritivas

As passagens do texto onde foram destacadas as regras para a construção da gramática da forma do sistema da coluna foram sobretudo aquelas compostas por valores relativos a proporções.

Estes valores foram tomados para uma primeira representação formal das descrições encontradas no tratado e para uma primeira aproximação “genérica” da forma dos elementos do sistema da coluna descrita por Alberti. Optou-se por representar estes primeiros elementos como sólidos primitivos.

Olhemos novamente para a passagem presente no Livro VII, capítulo VII pp 435 “Com efeito, deram à altura da base metade do diâmetro da extremidade inferior da coluna;...”. Neste caso tomámos como forma genérica da coluna um cilindro. Continuando na mesma passagem do texto, “...nessa base quiseram que todos os lados do plinto tivessem de largura a medida do diâmetro completo da extremidade inferior da coluna e mais uma parte do mesmo diâmetro.”

De acordo como esta passagem entendemos o plinto como um elemento paralelepípedo ou prisma quadrangular.

Nesta lógica de entendimento do tratado optou-se, sempre que possível, por representar os elementos descritos recorrendo a formas primitivas.

Este processo de interpretação e representação, definido previamente, permitiu construir as regras de modo mais linear uma vez que as qualidades plásticas dos elementos primários das regras (tanto do lado esquerdo, como do lado direito) apresentavam grande simplicidade geométrica.

A gramática da sistematização da coluna de Alberti consiste num conjunto de gramáticas que se centram no sistema da coluna e no intercolúnio. Assim sendo, existe uma gramática para o fuste, uma gramática para a base dórica com as suas duas variações, uma gramática para a base jónica, uma gramática para o capitel dórico com as suas duas variações, uma gramática para o capitel jónico, uma gramática para o capitel coríntio com variação compósita, uma gramática para o entablamento dórico, uma gramática para o entablamento jónico com as

suas variações e uma gramática para o entablamento coríntio (que, em rigor, só apresenta duas novas regras relativamente ao entablamento jónico).

Foi executada uma gramática do pedestal baseada nas descrições do pedestal da coluna comemorativa presente no Livro VIII, capítulo III, pp 518. Finalmente, executou-se a gramática do Intercolúnio.

Cada uma destas gramáticas contém 3 vistas (planta corte e alçado) e uma axonometria, como excepção à gramática do intercolúnio que contém somente duas vistas (planta e alçado). As álgebras das gramáticas do sistema da coluna e do intercolúnio são representadas pelo produto cartesiano, nomeadamente:

$$\left[\begin{array}{l} sc : < U_{12} V_{12} U_{13} U_{33} V_{13} > \\ ic : < U_{12} V_{12} > \end{array} \right]$$

sendo as álgebras $U_{i,j}$ aquelas representantes das formas (U) com o índice i representando geometria (ponto, linha, plano e sólido) e o índice j a dimensão de representação (dimensão0, dimensão1, dimensão2, dimensão3) respectivamente. As álgebras V representam os marcadores nos índices i e j .

No capítulo 4 apresentaremos o conjunto das gramáticas presentes nesta tese, com excepção daquelas referentes à gramática da fachada de palácios e alçados longitudinais da nave central de igrejas presentes em território nacional desenvolvidas no Capítulo 5.

Conjuntamente com as regras desenhadas é apresentado: o troço do texto do tratado que deu origem à respectiva regra; um conjunto de descrições das variáveis destacadas do texto como o h = altura, o w = largura, o l = comprimento, e o D = diâmetro do imoscapo (secção inferior da coluna antecedente da base); os parâmetros respeitantes às variáveis ou restrições (como a variação paramétrica do plinto da base dórica acima mencionado $1/2 \leq x \leq 1/3$; $x = h$ plinto) presentes no tratado e que são utilizados na parametrização dos desenhos.

São utilizados igualmente um conjunto de funções e um conjunto de equações explicitando a expressão matemática referente ao conjunto de variáveis presentes em determinada regra como veremos em detalhe no capítulo 4 e 5.

Finalmente uma descrição é apresentada sempre que necessário explicitando as transformações ocorridas na regra evidenciando as alterações verificadas entre parte esquerda e a parte direita da regra, isto é, entre a forma antecedente e a forma consequente, tornando mais fácil a sua leitura e compreensão.

Com o conjunto de regras específicas de cada elemento da coluna é executada uma derivação dessas regras no sentido de verificar se estas geram o elemento do sistema da coluna desejado podendo-se validar se aquilo que é produzido com as regras representa o *corpus* desejado.

No presente capítulo é apresentada uma derivação de base dórica que, por ter sido originada pelas descrições do tratado, são expostas as transformações de nenhuma ordem, significando por isso que o resultado das derivações apresentadas nas figura 39, 40 e 41 do capítulo 3 são a nossa interpretação, nomeadamente, da base dórica, do capitel coríntio e do entablamento dórico de acordo com o tratado.

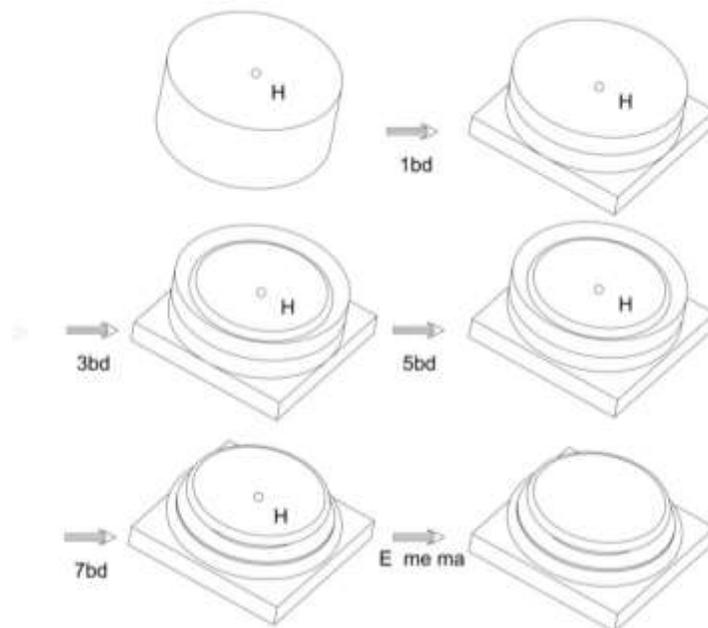


Figura 39. Derivação das regras da gramática da base dórica.

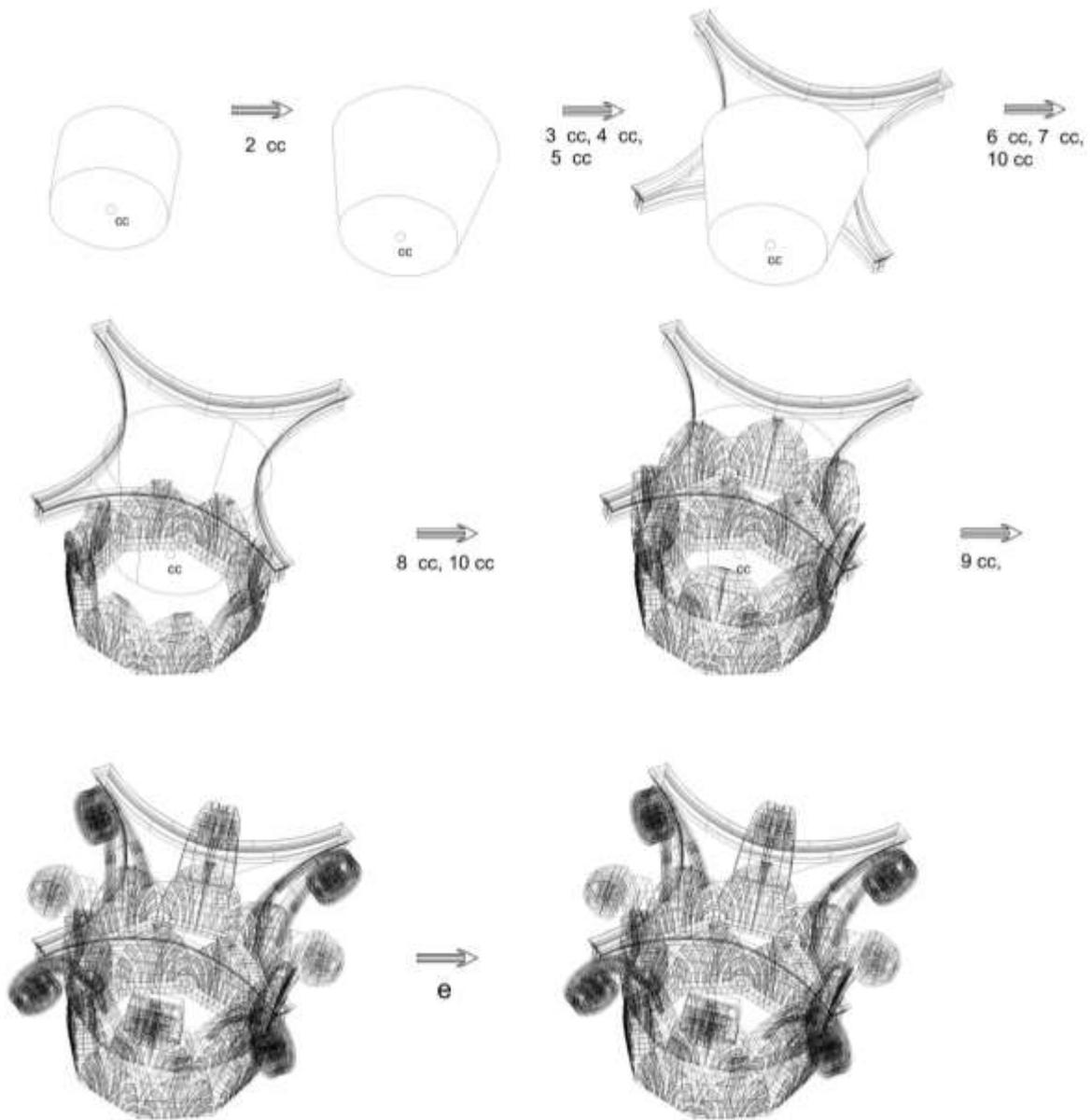


Figura 40. Derivação das regras da gramática da forma do capitel coríntio.

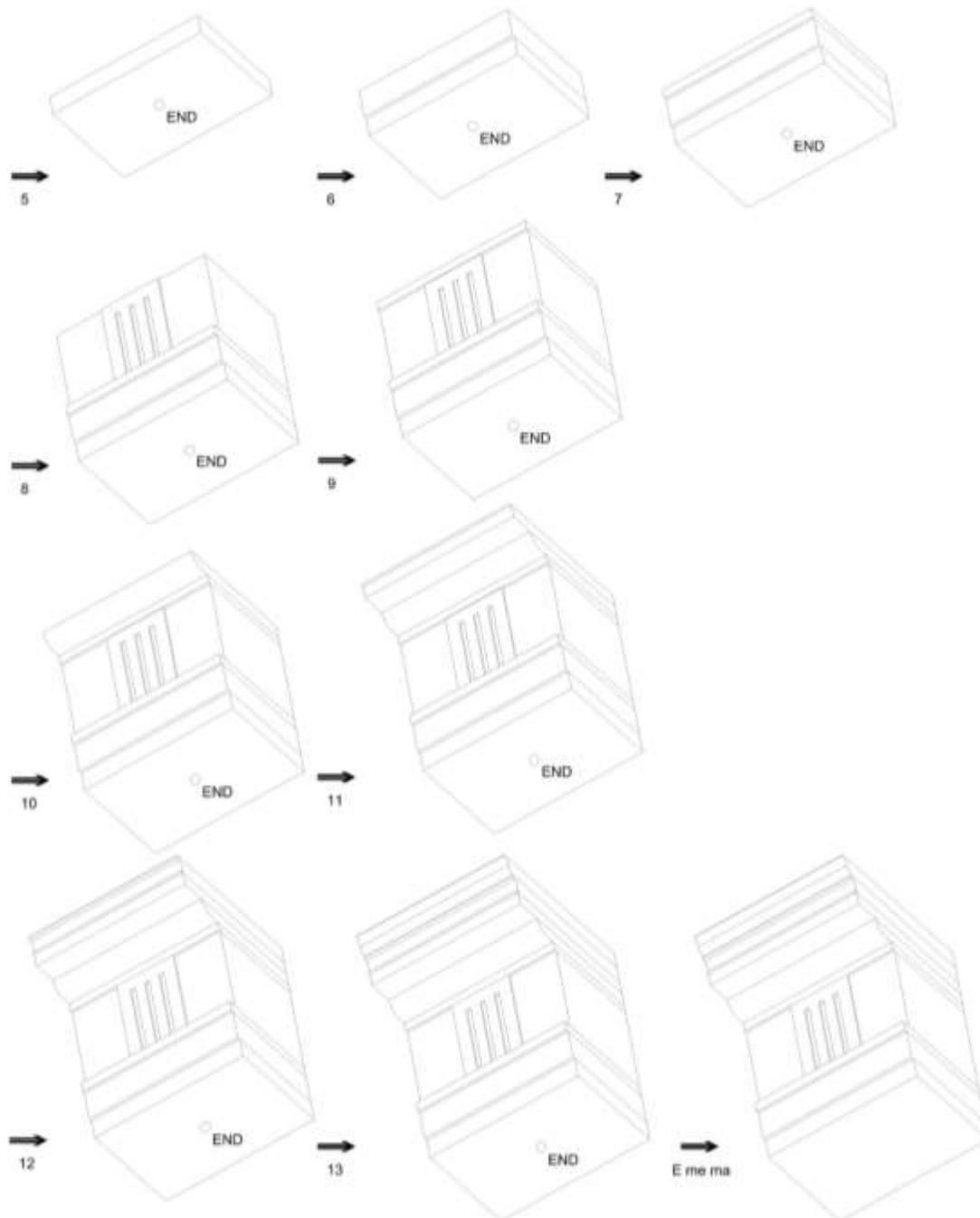


Figura 41. Derivação das regras da gramática da forma do entablamento dórico.

De mencionar que as alterações e transformações da gramática ocorrerão sempre após a derivação e geração dos elementos contidos nas regras. Caso estes não produzam os efeitos pretendidos então operar-se-á um conjunto de

transformações de modo a alcançar o conjunto na linguagem pretendida, nomeadamente, aquela de um determinado edifício de Alberti ou da Arquitectura portuguesa do período da contra reforma como verificaremos em detalhe no capítulo 4 e 5 desta tese.

3.4.1. Alcance e Validação das Gramáticas.

Stiny e Mitchell definiram três testes que têm a missão de validar a capacidade explanatória e predicativa da gramática. Esses 3 testes são:

- 1- Teste descritivo. A gramática deve ter capacidade de gerar desenhos com as características do corpus.
- 2- Teste analítico. A gramática deve prover as especificidades da linguagem que permitem gerar um dado edifício na linguagem.
- 3- Teste sintético. A gramática deve ter a capacidade de gerar novos projectos com a mesma linguagem. (c.f. Stiny, 1978, pp. 5-18)

Propomos um novo teste relacionando as transformações verificadas com os estágios da gramática dos edifícios propostos com o intuito de compreender o grau de coincidência de aplicação das regras e a natureza das transformações explicitando a influência do tratado, como veremos mais em detalhe no Capítulo 6.

3.4.2. Emergência de novas formas. Formas emersas (embedding)

Uma das características das gramáticas da forma em geral, e as apresentadas nesta tese em particular, é que a composição de elementos gerados pelas regras definidas podem gerar novos elementos os quais não estavam totalmente previstos e não eram o objectivo inicial dessas gramáticas.

De acordo com Terry Knight uma forma emergente é uma forma que não estava predefinida na gramática mas que emerge da aplicação das regras.(c.f. Knight, 2003, pp. 127) As gramáticas podem conter emergência prevista (ou antecipada), não prevista (ou não antecipada) e possível (podem ocorrer ou não).

As gramáticas apresentadas, particularmente nos próximos dois capítulos mostram um conjunto de regras particulares para gerar os elementos pretendidos. O *input* básico foi o conjunto de regras do tratado, conjuntamente com aquelas regras advindas do método *fill in the gaps*. O *output* resultante foi um conjunto de regras encontradas através das transformações das regras predefinidas pelo tratado.

Como veremos mais em detalhe, os fenómenos de novidade constatados aconteceram em diferentes escalas (ou estágios da derivação) de aplicação das regras.

Um dos aspectos que é garantido pelo tratado de Alberti prende-se com a liberdade de aplicação dos diferentes elementos do sistema da coluna, de modo livre e que, em si, contém emergência, aliás reflectindo o processo de múltiplas direcções que, de acordo com Schon, caracteriza a actividade do projectista. (Schon, 1987)

O significado subjacente à análise destas gramáticas e das suas transformações podem igualmente fazer emergir um padrão de comportamento dos projectistas dos edifícios gerados nesta tese, demonstrando que estes estavam cientes das regras de Alberti explicitadas no seu tratado.

Essa informação está contida na aplicação dos elementos constituintes dos edifícios. Consequentemente se a gramática conseguir (pelo menos) gerar esses edifícios, então essa informação estará também incluída na gramática. (c.f. Knight, 2003, pp. 125-155)

3.5 - Números. Sistema de proporções e parâmetros descritos no tratado.

Lionel March na obra *Architectonics of Humanism: Essays on Number in Architecture*(March, 1998) relaciona as proporções das 4 ordens descritas por Alberti com a relação 30:5:3 ou seja as proporções da arca descritas no Genesis (5: 6.13-16).

Nesse conjunto de números é possível deduzir aqueles referidos nas descrições de Alberti que estabelecem as proporções das seguintes ordens: toscana, ou

itálica de 6:1, a compósita de 10:1; a jónica que é a expressão de 10 e 6 na sua proporção de 8:1, sendo a dórica a média entre a toscana e a jónica ou seja de 7:1; enquanto a coríntia tem a mesma relação entre a jónica e a compósita em 9:1. Outro valor significativo a derivar das proporções da arca de Noé é 5:3. (c.f. March, 1998, pp. 115)

No Livro IX, capítulos V, VI e VII, Alberti faz a descrição de todos os aspectos constantes em “todos os géneros de beleza e ornamentos,...que dimanam do princípio universal da beleza”. (c.f. Alberti, 2011, pp. 591)

À necessidade de explicação da beleza através de tão elaborado processo, Alberti não esconde que esta pesquisa não é nada fácil e nada evidente. Especificamente estes aspectos de relações entre os números, os seus significados e as suas relações são mesmo confusos e complexos devido ao elevado número de partes envolvidas na arte edificatória, onde são vários os géneros de ornamentos empregáveis.

A distinção entre os números ímpares leva o autor a evidenciar o número 3, 5, 7 e 9. Repara também que, por exemplo, $1/9$ do ano solar é igual a 40 dias. Quanto aos números pares evoca o número quaternário, 4, como aquele divino e o senário, 6, como aquele perfeito pois compreende a soma de todos os seus divisores inteiros $6=1+2+3$.

Evoca o número 8 e o 10, como considerado por Aristóteles o mais perfeito pois o seu quadrado é formado pela soma dos primeiros quatro cubos, ou seja, $10^2=1^3+2^3+3^3+4^3$.

Alberti restringe ao número 10 o número máximo de janelas a aplicar, e 9 o número limite a utilizar (deprendemos) de intercolúnios no caso de templos. (c.f. Alberti, 2011, pp. 597)

A delimitação é constituída pelas linhas com que se medem as grandezas como o comprimento, a largura e a altura.

No entanto, Alberti relaciona directamente este princípio de delimitação directamente à música e aos princípios que a rege, no sentido de esta se tornar agradável ao nosso ouvido, dando-nos prazer.

As consonâncias musicais podem ser sintetizadas como:

Diapente ou sesquiáltera – proporção de 2:3

Diatesseron ou sesquitércia – proporção de 3:4

Diapason ou consonância dupla – proporção de 1:2

Diapason-diapente ou consonância tripla – proporção de 1:3

Sesquioitava – proporção de 8:9 (sendo a diferença entre uma quinta 2:3 e uma quarta 3:4, ou seja, $2:3/3:4=8:9$)

Disdiapason ou quadrupla (ou duas oitavas) – proporção de 1:4

De acordo com Kruger (c.f., Alberti, 2011. Citação a Kruger, pp.600) os diferentes intervalos associados às consonâncias anteriormente representadas derivam dos números 1, 2, 3 e 4.

Estas unidades se representadas de modo equidistante, podem ser vistas como um triângulo equidistante formado por 10 pontos. A este triângulo os pitagóricos chamaram tetractys.

Estas proporções devem então ser devidamente utilizadas depreendendo duas delimitações (por exemplo largura e comprimento perfazendo uma representação em duas dimensões), fazendo corresponder uma terceira (no exemplo anterior associando a altura de acordo com a harmonia) de modo a prescrever o espaço ambicionado pelo arquitecto.

As áreas são definidas por Alberti como pequenas, médias e amplas.

As pequenas são as quadradas (lados iguais), a sesquiáltera (2:3) e a sesquitércia (3:4) correspondendo a áreas simples. As áreas médias são compostas por uma dupla (1:2), uma sesquiáltera duplicada (8:9) e duas vezes a sesquitércia, $9/16$ que pode ser decomposto do seguinte modo $1/2 : 9/16 = 16/18 = 8/9$.

As áreas amplas resultam da soma de uma dupla com uma sesquiáltera, isto é, $1/2 \times 2/3 = 2/6 = 1/3$, ou uma dupla a uma sesquitércia, ou seja, $1/2 \times 3/4 = 3/8$. Combinando as razões 3:4:6:12 obtém-se uma oitava dupla (3:12) formada por uma oitava entre duas notas graves (6:12), seguida de uma quinta (4:6) e de uma décima segunda mais grave (4:12) e uma quarta no topo (3:4).

As proporções inatas são um outro sistema de relações entre medidas utilizado

por Alberti. Estas não se conseguem determinar através de números mas sim através de raízes e potências. Assim “As raízes são os lados dos quadrados dos números, as potências das raízes são as áreas dos mesmos quadrados. Da elevação das áreas nascem os cubos.

O primeiro dos cubos cuja raiz é a unidade, foi consagrado à divindade pelo facto de que, produzido todo ele a partir da unidade, também ele é uno.” (c.f. Alberti, 2011. Citação a Kruger, pp.603)

Esta definição da origem do número, neoplatónica (c.f. Alberti, 2011, citando Kruger, pp.604), em que o primeiro número não é um número mas uma dualidade visto, de acordo com Boécio, (Boécio, 1983) cada número ser a metade da soma do seu antecedente com o seu conseqüente. A unidade, não tendo antecedente, é igual ao dobro do seu número.

As raízes depreendidas do texto são as $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{8}$, $\sqrt{12}$ e $\sqrt{16} = 4$.

O uso destas proporções consiste em atribuir a medida mais curta à largura da área e a mais comprida ao comprimento e as médias à altura.

Alberti adverte que neste sistema se deve usar as proporções com flexibilidade pois “às vezes permutar-se-ão, tendo em conta a comodidade dos edifícios.” (c.f. Alberti, 2011. Citação a Kruger, pp.606)

Uma outra forma de delimitação são as mediedades que, de acordo com Alberti (Livro IX, Capítulo V) não são inerentes quer às harmonias musicais quer aos elementos físicos. Estas dimensões são associadas em grupos de três. Um princípio geral dado pelo autor é de que tendo uma obtém-se um número médio advindo dos termos externos dados segundo uma determinada proporção ou relação de parentesco entre os diferentes números.

No tratado, Alberti define a mediedade entre três números, sendo que aquele de uma ponta (termo maior) terá de ser maior que o da ponta inversa (termo menor) e um terceiro, o intermédio, corresponde a uma relação equivalente entre o termo médio os extremos.

Na divisão aritmética, sejam a, b e c os valores em operação de mediedade, sendo $a > c$ e $a > b > c$. Tomando estas condições, e sabendo que $a = 4$ e $c = 8$ e $a + c = x$; $x/2 = b$, temos que as mediedades são entre 4 como termo menor e 8

como termo maior. Se tomarmos $4+8 = 12$ e dividirmos este pela sua metade temos que $12:2 = 6$ sendo este valor a mediedade de $4:6:8$.

Na divisão geométrica achamos a mediedade do seguinte modo: multiplica-se o termo menor pelo maior. A raiz do resultado será então a mediedade. Ou seja. $a*c = x$; $\sqrt{x} = b$ ou seja tomando $a = 4$ e $c = 9$ temos que $4*9 = 36$; $\sqrt{36} = 6$ logo a mediedade de $4:9$ é 6 , verificando $4:6:9$.

A terceira mediedade é a musical. Ela é obtida achando a proporção existente entre os termos maiores e menores relativamente ao mediano.

No exemplo do tratado Alberti define a que a relação que existe entre as extremidades é a dupla, ou seja, $1:2$. Tomando as condição $a>c$ e $a>b>c$ temos que: $a = 1/2c$, o que nos dá a relação dupla; $c-a = x$; $x/3 = k$, e finalmente temos que $a+k=b$.

Verifiquemos estas expressões aplicando às variáveis os valores sugeridos por Alberti (c.f. Alberti, 2011, pp.606) $a=30 \wedge c=60$. Aplicando as expressão $c-a = x$ temos que $60 - 30 = 30 \Leftrightarrow x=30$; $x/3 = k \Leftrightarrow K=10$. Se $a+k=b \Rightarrow b = 40$. Verificando $30:40:60$.

As mediedades servem para achar partes de um todo e para “elevar a medida da altura”.

De acordo com este sistema, e partindo da definição da coluna jónica como aquela derivada da proporção do homem compreendendo a relação relativamente à sua largura que é $1:6$ da sua altura a relação da distância entre o rim e o umbigo que é igual a $1:10$ da sua altura, encontra-se a relação entre 10 e 6 , ou seja, $5:3$ que mencionámos no início deste subcapítulo.

Atendendo à mediedade de 10 e 6 temos 8 , sendo $1/8$ da altura da coluna o diâmetro da coluna Jónica. Quanto a este valor 8 e aquele menor de 6 encontramos 7 . $1/7$ da altura é o diâmetro da coluna dórica.

Tomando o termo maior jónico 10 como o valor de referência, encontra-se na soma de 8 com 1 o numero 9 sendo $1/9$ da altura o diâmetro da coluna coríntia. Assim, obtiveram-se as proporções das três colunas a partir da coluna jónica.

Um outro aspecto definido por Alberti no Livro IX capítulo VII prende-se com a definição da boa composição das partes do edifício que deve obedecer a um

princípio de simetria, em que de um lado esquerdo do edifício deve corresponder o lado direito, e o de cima deve corresponder o de baixo.

O conjunto de descrições numéricas ou de proporções do tratado, especificamente nas passagens dedicadas ao sistema da coluna, foram sendo sistematizadas simultaneamente à construção das regras das gramáticas.

Nem todas essas proporções ou sistema de proporções apresentadas sequencialmente por Alberti se inserem no sistema de números e proporções apresentados no Livro IX, capítulos V, VI e VII onde são definidos o conceito de concinidade e também de Beleza, ou seja: número, delimitação e disposição (c.f. Alberti, 2011, pp.593).

Números das regras da gramática

Compilou-se o valor dos parâmetros de cada regra de modo a verificar a relação dessas proporções com as de Alberti. Esta lista de dados será utilizada na análise com o Modelo de Regressão Linear Simples que será apresentado no capítulo 6, dedicado a medir o grau de influência dos valores desta lista, com os valores dos edifícios analisados e gerados nos capítulos 4 e 5.

Na Tabela1 é apresentado um exemplo da verificação das proporções do fuste e da base dórica albertiana. Na presente tabela consta na coluna da direita a identificação da regra, na coluna central o conjunto de proporções da regra e finalmente na coluna da esquerda a sua validação, ou não, significando em caso positivo que esta se insere no conjunto dos números e proporções de Alberti acima mencionados.

Identificação da regra	Parâmetros e condições	Verificação das proporções de Alberti
Fuste		
Rfuste3	$h=1/24D$	verifica
Rfuste4	$h=1/12D$ $d1=6/7D$ ou seja $(D-1/7D)$	verifica
Rfuste6	$h=1/8D$	verifica

	$h_1=7D$ $h_2=27/5D$ $D=24P$	
Rfuste7	$h=1/9D$ $h_1=4/81$ $h_2=2/81$ $d_1=73/81D$ $d=8/9D$	verifica
Rfuste8	$h=1/9D$ $d=8/9D$	verifica
Base dórica		
R 1bd	$h=1/16D$ $w=D+x; [1/2D > x \geq 1/3D]$	verifica
R 2bd	$h=1/3D$ $w=D+x; [1/2D > x \geq 1/3D]$	verifica
R 3bd	$h=1/3D$ $h_1=D/2$ $w=D-D/4$	verifica
R 4bd	$h=1/8D$ $w=D+x; [1/2D > x \geq 1/3D]$	verifica
R 5bd	$h=1/16D$ $w=D+x; [1/2D > x \geq 1/3D]$	verifica
R 6bd	$h=1/56D$ $h=5/56D$ $h=1/56D$ $w=D+x; [1/2D > x \geq 1/3D]$	verifica
R 7bd	$w = D + X - 1/64D$ $w = D + 1/24D - 1/64D;$ $1/2D > x \geq 1/3D$	verifica

Tabela 1. Regras com o conjunto de parâmetros e condições. Verificação das regras com as proporções albertianas

3.6 - Aplicação da gramática da forma do sistema da coluna e cálculo de combinações de elementos da coluna.

Como já vimos no ponto 3.2 e 3.3 a gramática da forma do sistema da coluna é o conjunto de outras subgramáticas. Tomámos a definição de “género” de Alberti em contraponto com a de “tipo” de coluna Vitruviano.

A definição de sistemas de colunas, ou seja de sistematização dos diferentes sistemas a que as descrições do Livro VII capítulo VII se referem, constituíram diferentes pequenas gramáticas que, uma vez derivadas, nos possibilitam gerar partes dessas colunas (bases, fustes, capiteis, entablamentos, etc.) nos diferentes géneros (dórico, jónico, coríntio e compósito).

Todas estas gramáticas advêm directamente das descrições do texto como já foi afirmado anteriormente. No entanto, não existe um conjunto de descrições no *Da Arte Edificatória* que estabeleça que tipo de combinações devem ser feitas. Não existem portanto restrições ao seu uso.

Este aspecto leva-nos a constatar o poder generativo do tratado, pois dando-nos uma serie de possibilidades não restringe a aplicação das mesmas. Isto pode ser notado por exemplo no Livro VII capítulo IX pp 464 quando, referindo-se às partes constituintes da arquitrave jónica, Alberti alude que *“Houve quem não atribuisse cimácio às faixas, imediatamente sobre o cimácio. Nas obras dos Antigos encontrarás, além disso, delineamentos transpostos ou compostos de vários estilos de obras, que não debes condenar inteiramente; ...”*.

Com sentido semelhante a respeito das diferenças de opinião e de autonomia de escolha do leitor, no Livro IX capítulo VI pp 592 Alberti alerta para que *“Talvez te agrade a formosura de uma esposa que não imite em magreza os doentes, nem os lutadores campestres na grossura dos seus membros, mas tanto nela se salvasse a beleza, possa ser acrescentado aos primeiros e tirado aos segundos. Porquê assim? O facto de preferires uma ou outra, não implica que aches que as restantes não são de aspeto gracioso e dignas, mas qualquer coisa fez com que essa agrade mais em comparação com as restantes:...”*.

Partindo do princípio de que não existem combinações de elementos da coluna

pré definidas pelo tratado, calculámos um número previsível de combinações dos diferentes elementos, presentes no diagrama 5, perfazendo o número de 900 variações de elementos da coluna.

No entanto o número pode subir exponencialmente caso consideremos variações topologias ou da natureza das linhas maximais de composição dos diferentes elementos.



Diagrama 5. Combinação de elementos do sistema da coluna perfazendo 900 combinações diferentes.

Sendo dadas as gramáticas dos diferentes elementos da coluna é igualmente dado um conjunto de nomenclaturas de combinações ordenadas e que serão empregues nas gramáticas apresentadas nos dois próximos capítulos.

A função de tais nomenclaturas é que o utilizador possa utilizar as gramáticas dos elementos da coluna previamente combinadas de modo a as poder inserir mais tarde nas fachadas desenvolvidas.

Assim, este conjunto de combinações pertencerá a um determinado estágio de derivação de cada uma das gramáticas das fachadas, que podem ser verificados no diagrama 6 de inferências das diferentes gramáticas.



Diagrama 6. Sentido das relações de aplicação das diferentes gramáticas

Os elementos combinados serão então uma coluna composta para:

Fachada do Palácio Rucellai

- base dórica<bd>, fuste liso<fl>, capitel dórico<cd>, entablamento dórico <entd>
- base dórica<bd>, fuste liso<fl>, capitel coríntio1<cc1>, entablamento dórico <entd>
- base dórica<bd>, fuste liso<fl>, capitel coríntio<cc>, entablamento jónico <entj>

Fachada longitudinal da nave central da igreja Sant `Andrea

- pedestal<ped>, base dórica<bd>, fuste liso<fl>, capitel coríntio<cc>, entablamento dórico <entd>

Fachada do Palácio Duca

- pedestal1<ped1>,base dórica <bd>, fuste liso<fl>, capitel dórico<cd>, entablamento dórico<entd>
- pedestal1 <ped1>,base dórica1<bd1>, fuste liso<fl>, capitel jónico<cj>, entablamento dórico<entd>
- pedestal1<ped1>, base dórica1<bd1>, fuste liso<fl>, capitel coríntio2<cc2>, entablamento dórico<entd>

Fachada longitudinal da nave central da igreja de São Vicente de Fora

- base dórica<bd>, fuste liso<fl>, capitel coríntio<cc1>, entablamento dórico <entd>

Estes elementos contêm marcadores de inserção que terão de coincidir com o respectivo marcador à qual esta gramática de detalhe evocará.

Estes marcadores de identificação do respectivo elemento do sistema da coluna estão localizados na primeira regra de cada elemento da coluna.

Na derivação final de cada elemento da coluna, teremos pelo menos um marcador apto para poder ser utilizado na inserção dos elementos do sistema da coluna como se pode ver na figura 42.

De notar que os elementos capitel coríntio1<cc1>, pedestal1<ped1>, base dórica1<bd1> e capitel coríntio2<cc2> são aqueles elementos em que a gramática foi transformada através de regras de mudança.

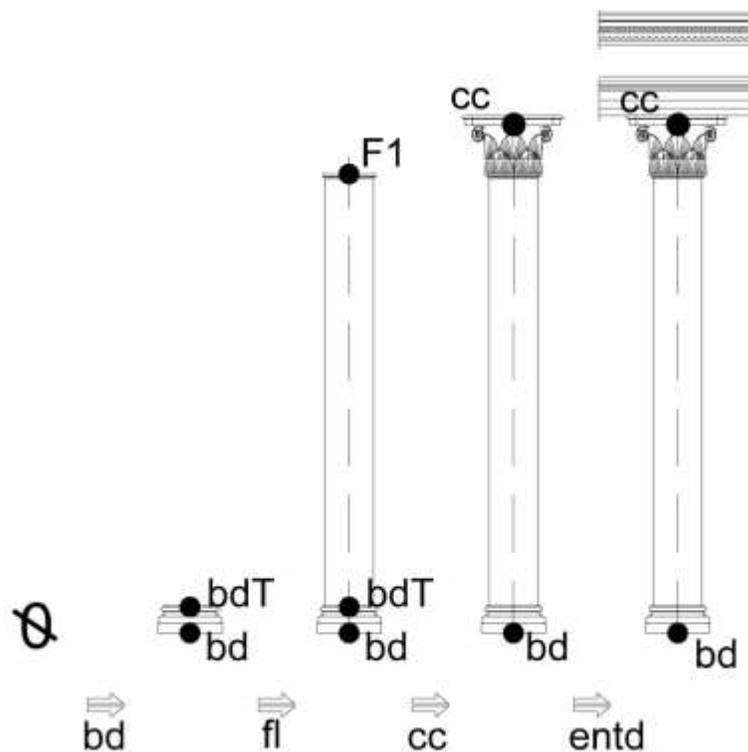


Figura 42. Derivação do sistema da coluna com base dórica, capitel coríntio e entablamento dórico.

Função modo combinatório

O Diagrama 5 apresenta-nos três árvores distintas com vértice inicial na base dórica, na base dórica 1 (variação) e na base jónica. A estes elementos são adicionados os fustes, os capitéis, os entablamentos. O pedestal tem igualmente 2 variações (do soco e do cimácio).

Finalmente os elementos produzidos com estas associações podem ser duplicados consoante decidimos escolher o diâmetro da coluna - o modulo base de geração D - no apófige ou no listelo, isto é, na base da coluna.

A função aqui apresentada pretende sistematizar a aplicação dos diferentes elementos através de uma função matemática que gere diferentes combinações de elementos de coluna.

Não sendo o caso universal (compreendendo todas e não só combinações possíveis), apresentamos a aplicação a três colunas com 3 alturas diferentes, ou seja: coluna h = 7; coluna h = 8; coluna h = 9.

Cada uma destas alturas compreende um conjunto de pares ordenados, tais que:

$$se\ h = 7 \subset \begin{cases} (bd, cd) \\ (bd, cj) \\ (bd, cc) \\ (bd, cm) \end{cases} \quad se\ h = 8 \subset \begin{cases} (bd, cj) \\ (bd, cc) \\ (bd, cm) \\ (bj, cj) \\ (bj, cc) \\ (bj, cm) \end{cases} \quad se\ h = 9 \subset \begin{cases} (bd, cc) \\ (bd, cm) \\ (bj, cc) \\ (bj, cm) \end{cases}$$

$$Temos\ a\ função\ f(h) = \begin{cases} K(h)\ se\ h = 7 \\ L(h)\ se\ h = 8 \\ N(h)\ se\ h = 9 \end{cases}$$

Tal que:

$$g(h) = [\{(bd, cj)\} + l(h)]$$

$$m(h) = [\{(bj, cc), (bj, cm)\}]$$

$$l(h) = [\{(bd, cc), (bd, cm)\}]$$

e

$$K(h) = [\{(bd, cd)\} + g(h)]$$

$$L(h) = [\{(bj, cj)\} + g(h) + m(h)]$$

$$N(h) = [l(h) + m(h)]$$

representando $f(h)$ a função que permite combinar e articular diferentes tipos de bases e capiteis a um fuste dado, de modo a perfazer diferentes colunas albertianas.

Esta função será então implementada no programa computacional apresentado no ponto 3.8.

3.7- Representações da Gramática da Forma do Sistema da Coluna: Desenhos, Modelos Digitais e Modelos Físicos.

Foram desenvolvidos vários modelos, tanto digitais como físicos, de modo a compreender operativamente os ganhos relativos á utilização da gramática da forma enquanto meio generativo, o que permitiu fabricar partes de edifícios que foram construídos digitalmente usando diferentes técnicas relativas aos métodos de produção como sejam a adição e a subtracção de matéria-prima a modelar.

Utilizou-se para esse fim uma cortadora a laser, uma impressora FDM, uma impressora 3d com pó (Zcorp) e uma fresadora de 3 eixos com controlo numérico.

Um dos objectivos pretendidos com o fabrico destes artefactos prendia-se com a análise levada a montante e que permitiu clarificar alguns aspectos formais e tectónicos relativos à aplicação do sistema da coluna. Assim, após a análise dos protótipos elaborados, novos elementos foram reconfigurados e de novo aplicados às regras da gramática optimizando-as.

Estas experiências (c.f. Coutinho, 2013a, pp.509-512) centram-se na fabricação de protótipos referentes a um capitel coríntio, entre outros. O capitel coríntio tem diferentes níveis de complexidade morfológica. As folhas contêm uma geometria assente numa superfície regrada com dupla curvatura e diversas nervuras contidas nessa superfície. Por outro lado as volutas e os caulículos continham novas questões a resolver.

As primeiras foram construídas usando uma espiral com dois centros explicado no tratado na secção dedicada ao capitel jónico. Os caulículos foram gerados

usando curvas *Nurbs* (Non Uniform Rational Basis Spline) alcançadas pela observação directa de capitéis reais e testadas nos protótipos produzidos.

Na segunda experiência levada a cabo foi fabricada uma coluna e arco da *Loggia Rucellai*. Esta coluna é o somatório de uma base dórica, fuste liso e capitel coríntio e o arco composto por moldura de arquitrave dórica. A coluna tem um *latastrum* fazendo a transição das descargas entre o arco e o capitel coríntio. Este elemento conecta o ábaco à secção inicial do arco.

Foram realizados diferentes experiências para compreender a melhor forma de ligar estes elementos e de os melhor produzir.

Este protótipo ajudou-nos a detectar alguns erros de concepção relativos ao correcto posicionamento dos arcos tanto da fachada como de suporte do tecto e telhado, e de como melhor poderiam descarregar e ser construídos num contexto real (ao nível dos conhecimentos da época as peça de transição teriam de ser fabricadas a partir de um bloco de pedra único).

Outros elementos foram construídos e verificadas as suas exequibilidades num contexto mais didáctico e não tão relacionado com a construção da gramática do tratado de Alberti, tendo sido parte integrante das unidades curriculares Alberti Digital I e II ministradas tanto no Departamento de Arquitectura da Universidade de Coimbra como na Faculdade de Arquitectura da Universidade de Lisboa. (c.f. Coutinho, 2012, pp.211-215)

3.8- Programa para Automação das Regras

A aplicação do lado direito da gramática usando o programa computacional Grasshopper (GH), permitiu automatizar a sistematização da gramática e alcançar diferentes soluções formais através da manipulação de parâmetros pré-definidos.

A implementação das gramáticas da forma no ambiente GH, corresponde a um sistema paramétrico que simula a capacidade generativa (derivação) das gramáticas da forma inferidas do tratado.

Criou-se um conjunto de sistemas de avaliação de escala média (focado nos

elementos do sistema da coluna) e escala pequena (focado nas partes constituintes dos elementos do sistema da coluna).

Este conjunto de sistemas visou contribuir para a construção futura de um interpretador que é um sistema de aplicação de um conjunto de regras de modo automático com o intuito de gerar novos elementos com a gramática, denotando um comportamento com valor semântico e sintáctico, podendo proporcionar o surgimento de formas não previstas.

O sistema de escala média teve o objectivo de proceder à verificação das transformações ocorridas de elementos através do código GH.

Este compara listas de elementos de determinada gramática e do tratado, seleccionando os que estão a mais por meio de uma operação booleana efectuando a diferença entre duas listas de elementos, resultando na identificação daqueles que seria necessário transformar (neste caso adicionar) no sentido de gerar o objecto pretendido.

O sistema de escala pequena tem o objectivo de proceder ao reconhecimento e identificação de elementos através de um código GH.

Este código analisa e compara partes de elementos de coluna, nomeadamente secções de curvas, tendo como objectivo determinar se essa curva pertence ou não a um *corpus* predefinido. (c.f. Coutinho, 2013c, pp.655-663)

Este sistema funciona em três fases distintas: a primeira fase compreende a extracção de curva (b) de secção de uma superfície aplicando-se a regra do tipo $x \rightarrow \text{part}(x)$; na segunda fase efectua-se a comparação entre este segmento de curva (b) e uma curva canónica (B), previamente definida no código GH, através da análise das distâncias entre os pontos de controlo das referidas curvas tendo em conta que $b > 0$; $B > 0$, $b \in B$; $B \in \text{LCS}$.

A esta fase aplicar-se-á uma sequência regrada do tipo $x \rightarrow b(x)$.

Na fase final é operada a diferença dos valores das distâncias sendo rejeitada aquela que não estará incluída no domínio de variação a definir previamente.

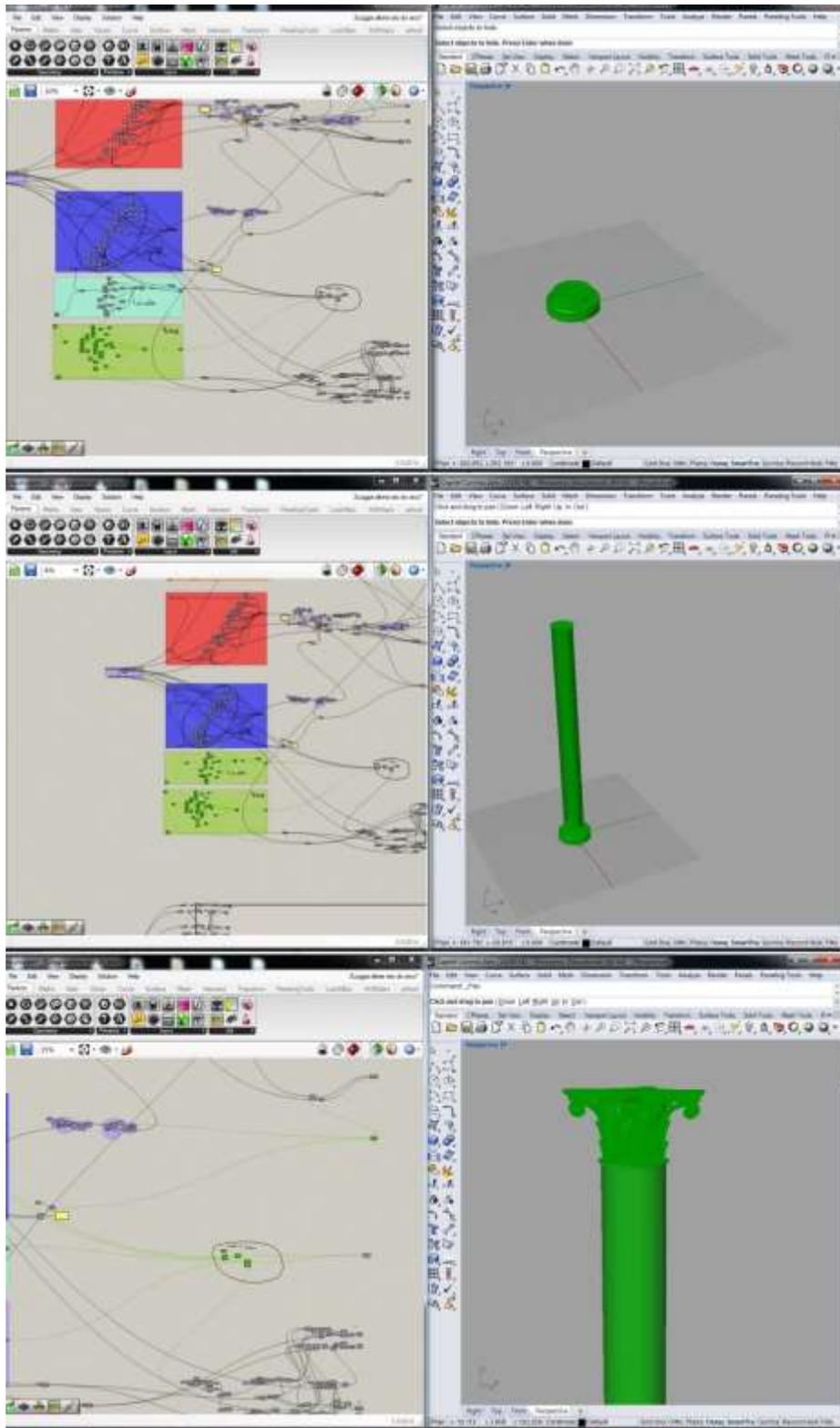


Figura 43. Programa paramétrico gerando coluna com capitel coríntio.

3.9- Conclusões

Os elementos do sistema da coluna foram compilados em regras tendo-se dado particular importância à estreita articulação entre a representação das regras e as passagens do texto do tratado, de modo a garantir uma fiel representação e codificação nesta gramática da forma do sistema da coluna.

Deste modo, a presente gramática está em condições de poder ser aplicada nas gramáticas dos próximos capítulos, ou seja na gramática de alguns dos edifícios concebidos por Alberti e nos edifícios do período da Contra-Reforma situados no território português.

No capítulo 4 será apresentada a gramática de alguns edifícios da Alberti construídos com condicionantes específicas.

Essas condicionantes são: a pré-existência da estrutura de um edifício no local da obra realizada, como é o caso da fachada do palácio *Rucellai*; a substituição de um pequeno local de culto como terá acontecido no caso da construção da igreja de *Sant'Andrea*.

Em ambos, a afinidade tipológica associada ao tipo de ornamentação presente validou a escolha destes edifícios

Pretende-se verificar, através da aplicação da gramática do sistema da coluna e da consequente geração das partes de edifícios em estudo, quais as regras que foram necessárias transformar de modo a alcançar esses elementos do *corpus* de análise.

4 - Da Gramática do Tratado à Gramática da Forma da Obra Construída de Alberti

4.1 - Introdução

No presente capítulo apresentam-se duas gramáticas distintas.

A primeira diz respeito à gramática da fachada do palácio *Rucellai* em Florença de autoria atribuída a Alberti.

A segunda é referente ao alçado lateral da nave central da igreja de *Sant'Andrea* em Mântua. Ambas as gramáticas são compostas por regras na grande maioria advindas do tratado *Da Arte Edificatória*.

No entanto, e como já antes referido, nem todas as regras necessárias para a geração destes edifícios estão contidas no tratado pelo que foi necessário providenciar um conjunto de novas regras em fases distintas, ou estágios, da gramática.

Como veremos no desenvolvimento deste capítulo e conseqüentemente no capítulo seguinte, as gramáticas partem de um *corpus* que tentam reproduzir. O *corpus* é apresentado previamente ao conjunto das regras.

As regras estão organizadas em diferentes conjuntos, sendo evocadas em estágios específicos. Estes verificam-se igualmente na sequência com que a gramática é derivada estando, por este motivo, directamente relacionados com o modo e ordem de aplicação da gramática.

Finalmente, é na derivação das regras que se gerará as porções dos edifícios em análise.

Não será possível desenhar os edifícios ambicionados aplicando só e exclusivamente as regras recolhidas no tratado de Alberti pelo que no final deste capítulo se mostrará um conjunto de regras de transformação de forma a obter a gramática do tratado e a gramática dos edifícios.

Estes dados serão então comparados no capítulo 6 onde se mostrará o grau de coincidência das regras do tratado *Da Arte Edificatória*, tanto as directamente utilizadas como as transformadas, utilizadas na geração dos dois edifícios de

Alberti descritos neste capítulo e dois edifícios portugueses analisados no capítulo seguinte.

4.2 - Do *Corpus* e da Formalização das Regras

A coluna tem um papel central na obra e pensamento arquitectónico de Alberti. É o elemento que pode ser não só definidor do ornamento de um edifício, mas também aumentar a sua beleza. (c.f. Alberti, 2011, Livro VI, capítulo13)

Este elemento arquitectónico passa a ter um papel independente dos outros elementos constituintes da arquitectura dos edifícios, nomeadamente em relação à sua estrutura construtiva.

De acordo com Wittkover no seu livro *Architecture Principles in The Age of Humanism*, ao atribuir à coluna a categoria de ornamento, Alberti toca num dos problemas basilares da arquitectura renascentista.

A coluna destaca-se da parede enquanto constituinte fulcral da arquitectura da renascença, passando a ter um carácter sobretudo de ornamentação.

Isto deve-se ao facto de Alberti não ter presente que a coluna foi o elemento fundamental da arquitectura grega. O seu modelo arquitectónico foi a arquitectura romana que era o modelo existente entre os períodos Helénico e gótico, que precederam o renascentista. (c.f. Wittkover, 1971, pp 34)

As duas gramáticas que apresentamos de seguida constituem um modo de sistematizar a coluna gerando partes de edifícios, nomeadamente fachadas de palácios com as características formais semelhantes ao palácio *Rucellai* em Florença e alçados laterais de naves centrais de igrejas com características semelhantes às da igreja de *Sant`Andrea* em Mântua.

Dado a limitação inerente a um trabalho de investigação desta natureza, e às características inovadoras de análise arquitectónica com esta metodologia que implica gerar as partes dos edifícios com as regras de uma gramática da forma, decidiu-se concentrar o estudo somente num restrito conjunto de edifícios tendo em conta aqueles exemplares que poderiam servir de objecto de análise.

A escolha do palácio de *Rucellai* deve-se ao facto de haver maiores semelhanças formais e no processo construtivo com a fachada do palácio *Ducal* de Vila Viçosa. As mesmas razões levaram à escolha da igreja de *Sant'Andrea* e da igreja de *São Vicente de Fora*. As medidas das fachadas dos edifícios italianos foram retiradas da tese de doutoramento de Tavernor e reconfirmadas nas obras pelo autor da tese (Tavernor, 1985) e de documentos relativos (Tavernor, 2011).

Mais do que as características tipológicas e funcionais deste conjunto de quatro edifícios, foi a constatação da natureza da ornamentação neles existentes que deu peso à decisão de construir estas gramáticas.

Quando a fachada do palácio *Rucellai* começou a ser construída e ornamentada, já a estrutura do palácio estava em avançado estado de edificação. Alberti, do mesmo modo que já tinha acontecido no *Templo Malatestiano* em Rimini (1450-1453) e posteriormente na fachada da igreja de *Santa Maria Novella* em Florência (1470-1478), evidencia uma experiência arquitectónica de adaptabilidade a uma pré existência quando comissionado para efectuar estes projectos.

A igreja de *Sant'Andrea* terá começado a ser construída após a morte de Alberti, levantando assim algumas questões acerca do método de interpretação do projecto de Alberti no que diz respeito à aplicação do ornamento.

As gramáticas apresentadas codificam as regras de geração de ornamentos de fachadas segundo dados fornecidos previamente, no caso planta e corte, sendo estas aplicadas em fachadas de palácios e fachadas de igrejas com nave central. Posteriormente é implementado o sistema da coluna advindo directamente do tratado *Da Arte Edificatória*.

Pretende-se verificar que transformações ocorrem quando se gera uma determinada parte dos edifícios em estudo.

Existe um conjunto de regras advindas do tratado que serão aplicadas em estágios diferenciados, como veremos em pormenor nos pontos seguintes, e um outro conjunto que é consequência da nossa interpretação e que tem funções mais restritas, embora aplicáveis ao conjunto das fachadas em estudo. As regras

advindas do tratado são aquelas referentes à gramática do sistema da coluna já abordado no capítulo 3 e à gramática do intercolúnio.

A gramática do intercolúnio é apresentada por um conjunto de regras de modo semelhante à gramática do sistema da coluna. Contém um conjunto de vistas, de descrições e o correspondente texto do tratado.

Embora apresentada em conjunto, ela advém de diferentes Livros e capítulos do tratado, nomeadamente: do Livro VI, capítulo XII no que se refere às colunas adossadas e independentes; do Livro VII, capítulo XV onde são definidos os intercolúnios dos templos (e como estes variam em altura e em número de colunas em profundidade); do Livro VIII, capítulo VII no que se refere à descrição da fachada do teatro; do Livro IX, capítulo IV referente a inserção das colunas nos diferentes pisos de uma fachada de um palácio.

A regras do intercolúnio são aquelas descritas no tratado de Alberti e têm a função de ser aplicadas aos templos e, eventualmente, à eventualidade, à ornamentação das casas de homens nobres. A gramática do intercolúnio pode ser vista na sua totalidade no Volume II da tese.

As regras apresentadas nas figura 44 são referentes a descrições presentes no Livro VI, capítulo XII e que dizem respeito às colunas adossadas, ou seja as regras *1 c ad*, *2 c ad*, *3 c ad* e *4 c ad*. Estas colunas estão integradas parcialmente na parede tendo no entanto secções diferentes, i.e. circulares ou rectangulares variando igualmente no entablamento.

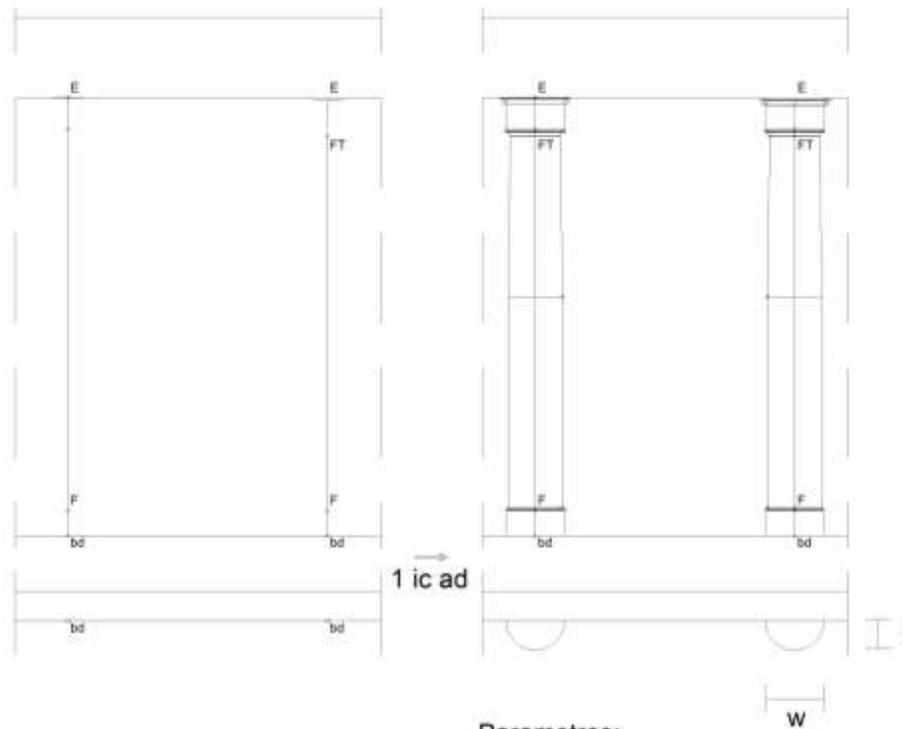
A regra *2 c ad* é aquela que estabelece as proporções das pilastras que devem ter $\frac{1}{4}$ da largura da coluna de espessura.

As regras *1 c ind*, *2 c ind* dizem respeito a colunas independentes, ou seja, aquelas colunas que se afastam da parede portante do edifício, em duas variações. A primeira com a coluna encostada à parede e a segunda com um afastamento de $\frac{1}{4}$ da largura da coluna.

Um outro conjunto de regras *1 ic*, *2 ic*, *3 ic*, *4 ic*, *5 ic* e *6 ic*, estabelece o modo de construir o pórtico de um templo de acordo com as descrições do Livro VII capítulo XV.

Estas regras contêm as definições de como gerar um pórtico com arquitrave composta por um arco, assim como as especificações de pórticos paralelos, em rigor, com duas colunatas paralelas e contendo mais do que um piso.

As regras *1 ic piso* e *2 ic piso*, representam um conjunto de proporções presentes no Livro IX, capítulo IV que estabelece a forma como utilizar o sistema da coluna na fachada da residência de um cidadão ilustre, estabelecendo as regras que especificam como variar a espessura das colunas à medida que se vai ornamentando os edifícios dos pisos acima situados.



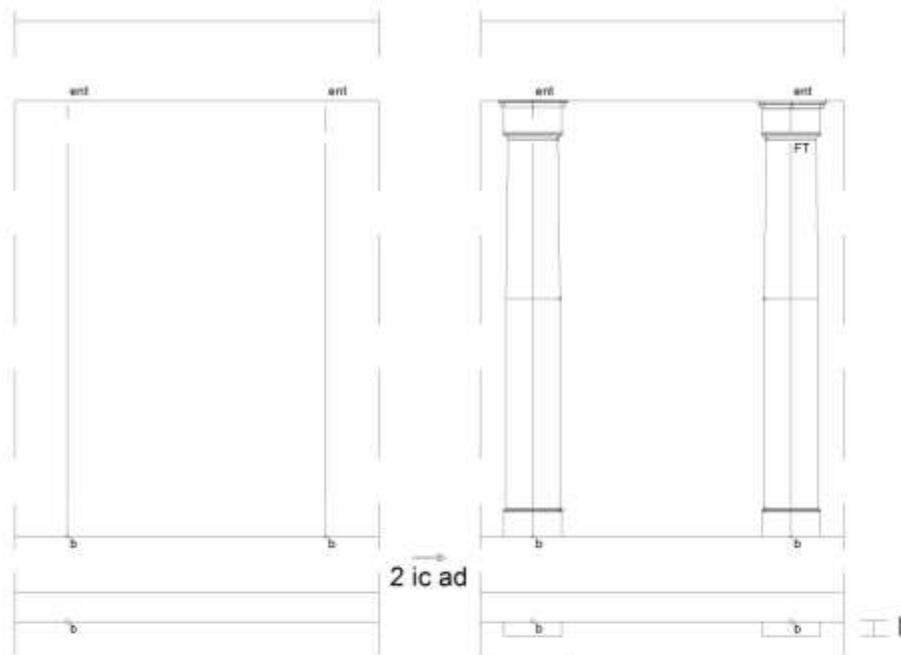
Parametros:
 $w = \text{largura } c$
 $l = \text{profundidade } c$

Condicionais:
 $w = 2l$

Descricao:
 $R1 \text{ ic ad: } \langle \text{parede} \rangle \rightarrow \langle 2\text{colunas} \rangle$

"Nas aberturas falsas adossadas as colunas serão ou redondas ou rectangulares. As colunas devem ser salientes não mais nem menos do que metade do seu diâmetro;..." Livro VI, CAPÍTULO XII pp 402

Figura 44. Regras do intercolúnio. Colunas adossadas.



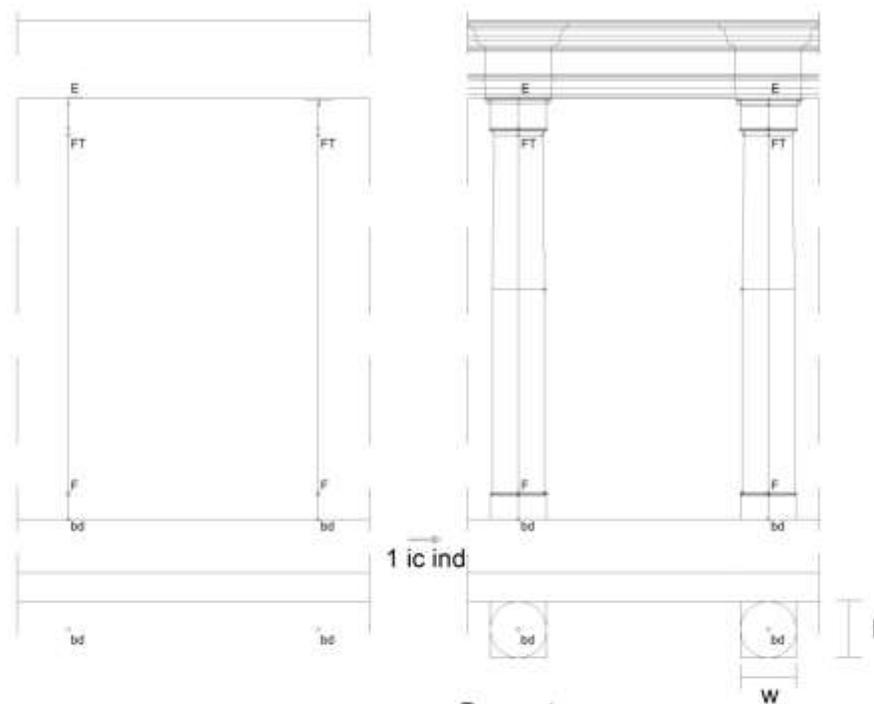
Parametros:
 w= largura c
 l=profundidade c
 b c {bd, bj, cd, cc, ccm}
 ent c {entd, entj, entcc}

Condicionais:
 l c [1/6w; 1/4w]

Descrição:
 R2 ic ad: <parede> → <2colunas>
 <bd> → <S(bd)>
 <bj> → <S(bj)>
 <f> → <S(f)>
 <cd> → <S(cd)>
 <cc> → <S(cc)>
 <ccm> → <S(ccm)>

"...as rectangulares nem mais do que um quarto do seu lado,
 nem menos que um sexto." Livro VI, CAPÍTULO XII pp 402

Figura 45. Regras do intercolúnio. Colunas adoçadas, contendo as especificações genéricas da pilastra.



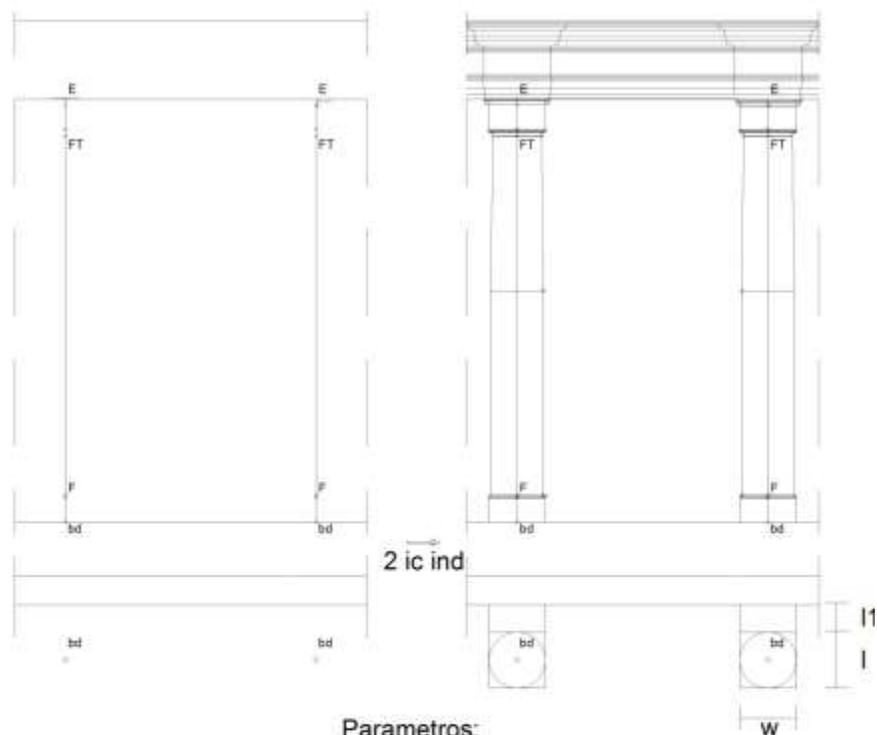
Parametros:
 w= largura c
 l=profundidade c

Condicionais:
 $l \in]0; 1/4w]$

Descrição:
 R1 ic ind: <parede> --> <2colunas>

"Nas aberturas falsas independentes as colunas em nenhum caso se devem separar da parede mais do que toda a base e um quarto e nunca menos do que é preciso para que toda a coluna e a base estejam fora do muro. Naquelas que estão separadas do muro por uma base e um quarto, deve corresponder-lhes uma coluna quadrangular saliente do muro." Livro VI, CAPÍTULO XII pp 402

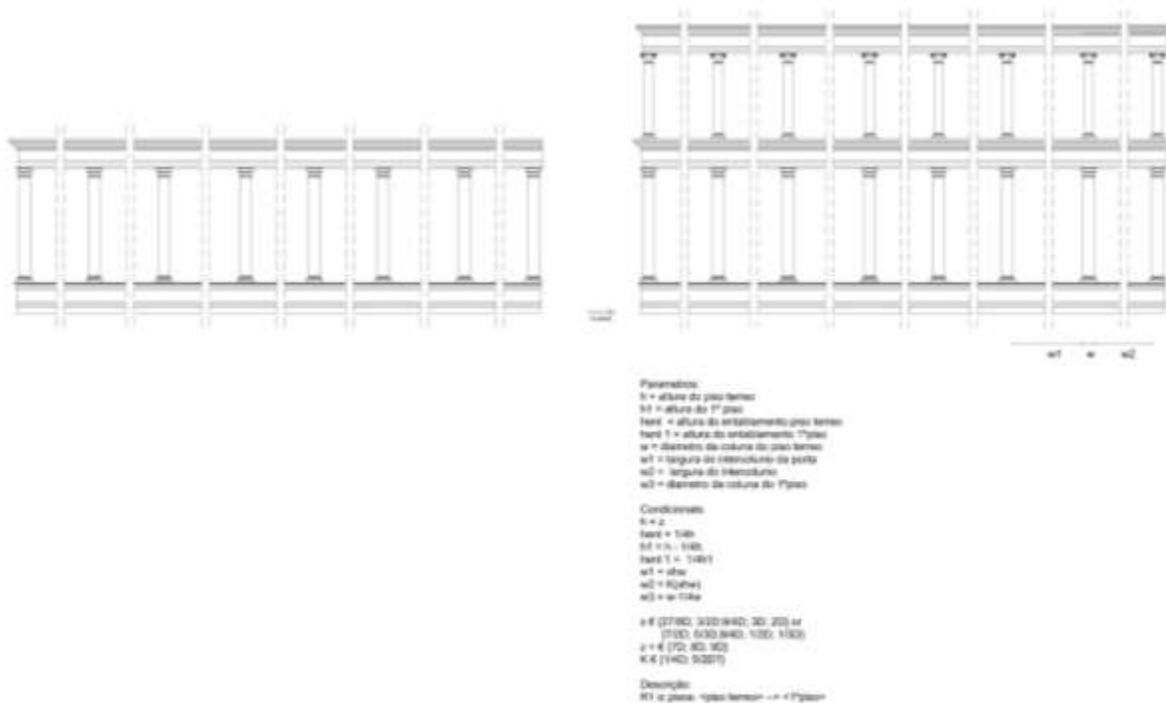
Figura 46. Regras do intercolúnio. Colunas independentes.



Parametros:
 w= largura c
 l= profundidade c
 l1 = profundidade entre parede e coluna
 Condicionais:
 $l1 = 1/4w$
 Descrição:
 R2 ic ind: <parede> --> <coluna afasta parede>

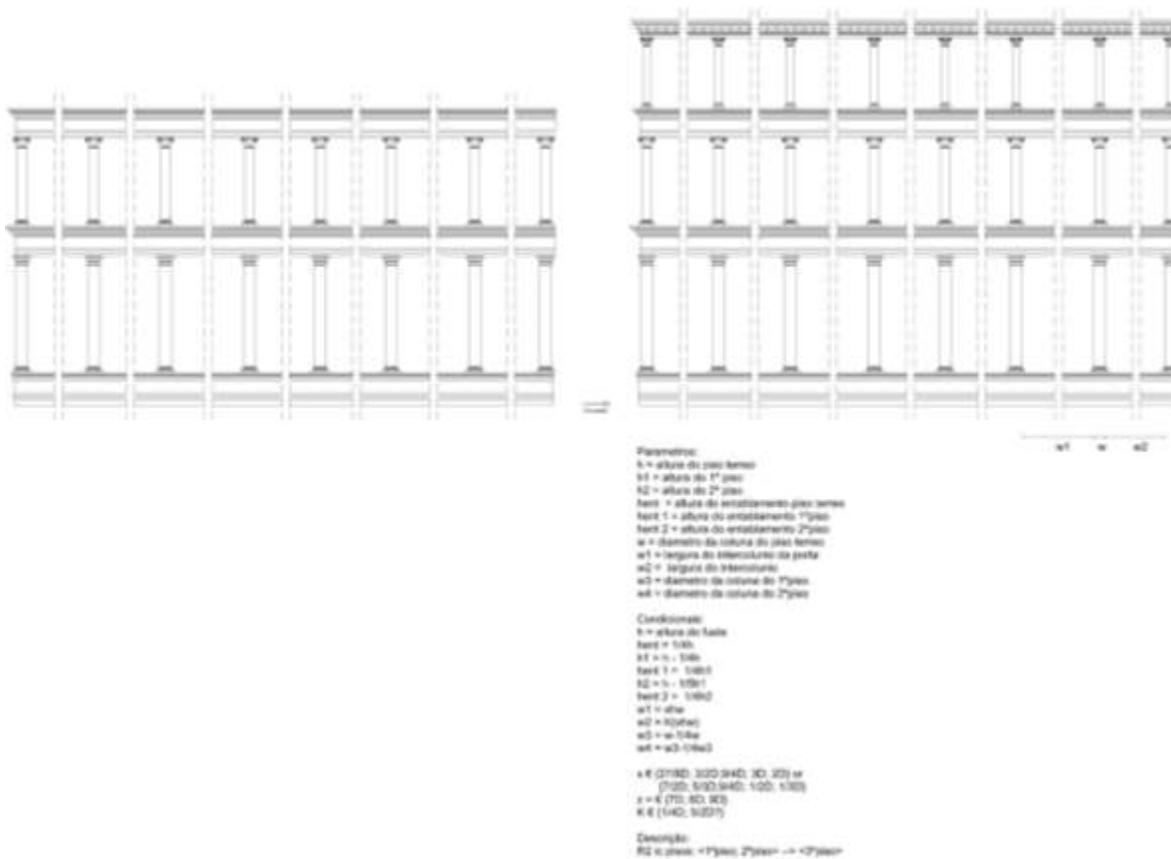
"Ainda nas aberturas falsas independentes não deve prolongar-se uma arquitrave contínua ao longo da fachada do muro, mas será interrompida em ângulos rectos e ao nível das colunas, a fim de que as extremidades das traves interiores que ressaltam do muro se prolonguem até assentar nos capitéis de cada uma das colunas. As cornijas, que ornamentam a arquitrave do muro, também ornamentarão a toda a volta essas extremidades prolongadas."
 Livro VI, CAPÍTULO XII pp 402

Figura 47. Regras do intercolúnio. Colunas independentes afastada da parede.



"A casa urbana nas suas partes interiores em nada cederá às casas de uma quinta, no que diz respeito ao ambiente alegre dos aposentos e das salas de jantar. Mas nas partes exteriores, como o pátio e o vestibulo, não buscará tanto ar festivo que pareça esquecer-se da gravidade. Todavia, convém que o pátio dos cidadãos mais importantes seja em arquitrave, e os de média condição em arco; em ambos ficará bem uma cobertura em abóbada. Os ornamentos, formados pela arquitrave e pelas cornijas, que se colocam sobre as colunas, ocuparão um quarto da altura da colonata. No caso de se sobreporem às primeiras colonatas, as segundas serão um quarto mais curtas que as primeiras;..." LIVRO IX, CAPÍTULO IV Pp.590

Figura 48. Regras do intercolúnio para a fachada de casa urbana (dois pisos).



mas no caso de se colocar por cima uma terceira série de colunas, estas serão um quinto mais curtas do que aquelas que lhes ficam porixo. Em cada urna delas, os dados e os plintos que se põem por baixo das colunas, terão uma quarta parte da respectiva coluna. Quando contentar com apenas uma colunata, acomodar-se-á às normas dos edifícios públicos profanos." LIVRO IX , CAPITULO IV Pp.590

Figura 49. Regras do intercolúnio para a fachada de casa urbana (dois pisos).

De salientar que a regra 2 *ic ad* é a regra que é aplicada em todas as gramáticas apresentadas neste capítulo e no capítulo 5.

Esta regra contém um conjunto de descrições que permitem manipular as regras do sistema da coluna de modo a adaptar os diferentes elementos da coluna a uma pilastra. Assim temos as seguintes descrições:

R2 c ad: <wall>→<2col>;

<bd>→<S(bd)>; (transforma o elemento de revolução onde a base dórica está inscrita num elemento circunscrito num rectângulo);

<bj>→<S(bj)>; (transforma o elemento de revolução onde a base jónica está inscrita num elemento circunscrito num rectângulo);

<f>→<S(f)>; (transforma o elemento de revolução onde o fuste está inscrito num elemento circunscrito num rectângulo);

<cd>→<S(cd)>; (transforma o elemento de revolução onde o fuste está inscrito num elemento circunscrito num rectângulo);

<cc>→<S(cc)>; (transforma o elemento de revolução onde o capitel coríntio está inscrito num elemento circunscrito num rectângulo);

<ccm>→<S(ccm)>(transforma o elemento de revolução onde o capitel compósito está inscrito num elemento circunscrito num rectângulo); sendo S a regra que aplica uma extrusão de uma linha de secção específica em torno de uma curva definida (por exemplo: o rectângulo de limite da pilastra).

Podemos ver então a aplicação da regra 2c ad à base dórica na Figura 50.

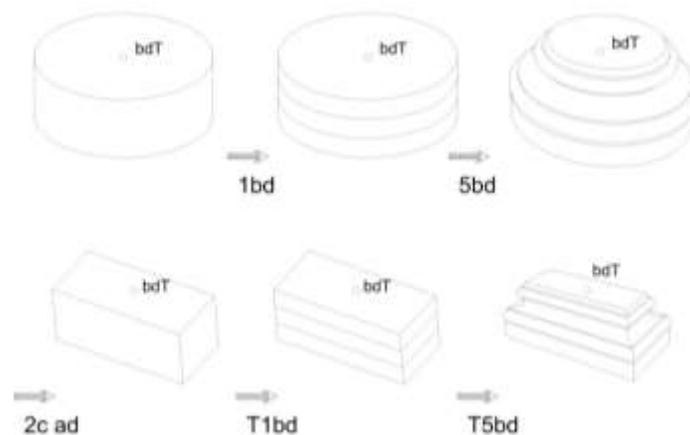


Figura 50. Aplicação da regra 2c ad conjuntamente com as suas descrições formando a base dórica de uma pilastra.

4.3 - Gramática da Forma da Fachada do Palácio *Rucellai* em Florença

A gramática da forma da fachada do palácio *Rucellai* é implementada obedecendo a uma determinada sequência de estágios representados no diagrama 7, nomeadamente:

Estágio 1 - Compreende um conjunto de regras que reconhecem secções de uma planta e de um corte. A gramática neste primeiro estágio é uma gramática paralela pelo que estará a ser aplicada simultaneamente em dois planos: horizontal e vertical.

Estágio 2 - É aplicada uma meta estrutura compreendendo um conjunto de eixos e pontos de inserção de elementos de outras gramáticas (ex: gramática de aplicação de janelas, sistema da coluna, etc.). A constituição de tal gramática revela a necessidade de esses mesmos eixos de inserção do ornamento poderem ser independentes da estrutura interna do edifício.

Estágio 3 – Colocação de janelas. Um conjunto de regras estabelecem o modo como colocar diferentes tipos de janelas, tanto para a fachada do palácio *Rucellai* bem como na fachada do palácio *Ducal* de Vila Viçosa.

Estágio 4 – Regras do intercolúnio. Neste caso é especificada a regra das colunas adossadas onde são dadas as definições da pilastra, bem como aplicadas as regras da descrição S.

Estágio 5 – Inserção do sistema da coluna. Os diferentes elementos da coluna serão inseridos em pontos na fachada previamente definidos no estágio 2, ornamentando-a.

Natureza das regras aplicadas nos estágios.

As gramáticas contêm 3 categorias de regras que entre si possuem propriedades semelhantes. Estas categorias são referentes à escala de informação que cada uma processa. Assim, temos regras da escala *grande*, i.e., regras de reconhecimento, eixos e pontos de inserção futura do sistema da coluna (nas escalas seguintes), relacionando este com a ossatura do edifício. Estas regras são aplicadas nos estágios 1, 2 e 3;

Escala *média* referente às janelas e aos elementos do conjunto do sistema da coluna, i.e., coluna completa com diferentes combinações de bases, fustes, capitéis e entablamentos. Estas regras verificam-se no estágio 4 e 5.

Finalmente a escala *pequena* ou de *detalhe* que se refere aos elementos constituintes de cada elemento da coluna, i.e., toro, escócia, folhas de acanto, volutas, córtex, entre outros elementos. Estas derivações verificam-se no estágio 5.



Diagrama 7. Estágios da gramática e escala dos seus desenhos

4.3.1 - Contexto



Figura 51. Foto parcial da fachada do palácio *Rucellai*.

Nos registos de propriedade dos palácios de *Piccolomini* em Pienza, e *Rucellai* em Florença, aparece como arquitectoresidente responsável por estas obras o arquitecto Bernardo Rossellino. (c,f, Tavernor, 1998, pp 81)

Este de acordo com Preyer citada em Kent terá sido o arquitecto do interior do palácio, (Kent, 1981) onde é de notar a presença do pátio com colunata e arquiteira em arco, mas sem *latastrum*, elemento utilizado pelo mesmo arquitecto na *Catedral de Pienza* que, de acordo com o encomendador Pio II, terá sido utilizado para corrigir um erro de construção e de perspectiva, e não

por opção consciente daquilo que os antigos usavam. De notar que este elemento era muito utilizado por Brunelleschi, nomeadamente na igreja de *San Lourenzo* ou no *Ospedale degli Innocenti* em Florença.

A fachada do palácio *Rucellai* em muito se diferencia do modelo de fachada protagonizado no palácio *Médicis* em Florença de Michelozzo visto serem utilizadas pilastras e sobre estas um entablamento, demarcando-se a fachada do palácio *Rucellai* do que então era construído em Florença.



Figura 52. Foto parcial da fachada do palácio Médicis da autoria de Michelozzo e fachada do palácio de Piccolomini da autoria de Rossellino. Fontes www.helloimcody.com e it.wikipedia.org.

As novas formas arquitectónicas levadas a cabo no período renascentista, onde os palácios também se englobavam, exigiam novas fundamentações tanto arquitectónicas como intelectuais.

Estas construções de escala mais monumental eram apoiadas por argumentos tanto verbais como visuais.

A vaga de novas construções contemporâneas a Alberti, embora alvo de críticas quanto à sua opulência e imponência, eram também vistas (particularmente por aqueles que ambicionavam a construção do seu próprio palácio) como exercícios “magníficos” procurando muitos patronos, como Giovanni Rucellai, justificativas em Aristóteles e Cícero.

O próprio Alberti, na sua obra *Da Família*, admite que um certo luxo não é completamente desfasado na casa dos cidadãos ricos. (c,f, Grafton, 201, pp 269)

Giovanni Rucellai tinha em Brunelleschi o arquétipo do arquitecto intelectual e artista a quem confiar a obra do palácio por si desejado.

O processo de aquisição dos lotes urbanos para construir o palácio está concluído somente por volta de 1446 -1447.

Brunelleschi morre em 1446 e a obra é dirigida inicialmente por Bernardo Rucelino.

Giovanni Rucellai aproveita uma das estadias em Florença de Alberti, quando em visita à sua propriedade de *S. Martino* em Gangalandi, para lhe comissionar a obra da fachada do palácio. Alberti é aliás neto de Benedetto Alberti, rico e politicamente influente patrício florentino com palácio na Via de Benci em Florença a qual será devolvida a Alberti no fim da sua vida cerca de 1469. (c,f, Preyer, 2009, pp 23)

A solução para a concepção e construção da fachada do palácio de Geovanni Rucellai foi entregue não só a um arquitecto e teórico considerado pelos seus pares, mas também a um arquitecto com raízes familiares na cidade de Florença e com óptimo conhecimento crítico do lugar.

Giovanni Rucellai no seu *Zibaldone* descreve o processo de aquisição das diferentes parcelas urbanas que foram constituindo o lote onde edificar o palácio. Esta aquisição por fases acabou por ter como consequência a fachada incompleta e assimétrica hoje verificável. (Kent et al, 1981)

Analisando em detalhe a estrutura do edifício e a localização das pilastras é notável uma certa independência entre a localização das pilastras e a estrutura do edifício, que pode ser verificado na Figura 53.

O palácio *Rucellai* começou a ser construído por volta de 1451, estando o seu interior completo cerca de 1455 mas ainda sem a sua fachada terminada, que começou a ser construída e ornamentada por volta de 1461.

Parte da fachada e da *Loggia* situada na praça da *Via della Vigna* estariam provavelmente completas para o casamento de Nannina Medici e Bernardo Rucellai, filho de Giovanni, em 1466. (Kent et al, 1981)

Para fazer corresponder o piso térreo com o piso nobre, Alberti coloca a colunata inferior num embasamento com pedestal.

Deste modo faz parecer o piso térreo mais alto. Este esquema não tem reflexo no interior, como se verifica aliás no palácio de *Parte Guelfaem* Florença com participação de Brunelleschi (que foi encarregue da sua ampliação).

O entablamento da fachada da planta inferior do palácio de *Rucellai* está descentrado relativamente ao parapeito da janela, motivando que o pavimento do piso funcione numa cota mais baixa, sendo necessário subir alguns degraus para se poder ver a rua.

O friso do entablamento do piso térreo não contém traves dóricas, e é semelhante ao friso do piso nobre.

O capitel do piso nobre segue o modelo do capitel angular do *Mausóleo de Adriano*. (c,f, Frommel, 2009, pp 61-67).

Este género de capitel coríntio é um dos elementos do sistema da coluna que analisaremos em detalhe, pois sofre transformações nomeadamente nas suas folhas. De notar que um capitel semelhante é aplicado também nos alçados da nave central da igreja da igreja de *São Vicente de Fora* que abordaremos no capítulo 5. Um conjunto de fotos dos elementos do sistema da coluna existentes nos edifícios em análise podem ser vistos no volume II da tese.

4.3.2 - Regras e estágios

Pretende-se verificar que transformações ocorrem quando se gera uma determinada parte de um edifício, neste caso a fachada do palácio *Rucellai*, A fachada do palácio configura o *corpus* a reproduzir e é apresentado na Figura 53 com o conjunto das regras da gramática da forma da fachada do palácio *Rucellai*.



Figura 53. Conjunto de planta, alçados e corte esquemático do palácio Rucellai

Organizou-se um conjunto de regras em cada estágio do seguinte modo:

Estágio 1

Existe um conjunto de regras que foram construídas com o intuito de proceder ao reconhecimento da informação recebida previamente, ou seja, uma planta e um corte. Operando com estes elementos reconhecidos, a gramática insere um conjunto de elementos de modo a constituir uma proto estrutura do edifício referente às suas paredes autoportantes internas e externas e dos pisos. Esta gramática gera dois marcadores: o marcador A referente a um vértice da fachada do edifício e um ponto P referente a uma dada porta como ponto gerador da fachada. (ver Figura 54 e 55) Escolheu-se estes dois pontos pois o primeiro identifica o final da fachada e o segundo representa um dos elementos funcionais do edifício, a porta principal de entrada do palácio, existente anteriormente ao início do projecto de Alberti. São assim dois pontos que tomámos como potenciais elementos considerados por Alberti no início do seu projecto.

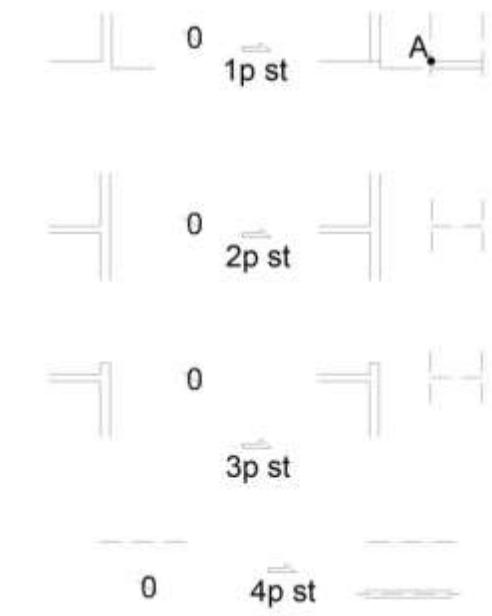


Figura 54. Conjunto de regras que reconhecem elementos de um corte de um edifício.

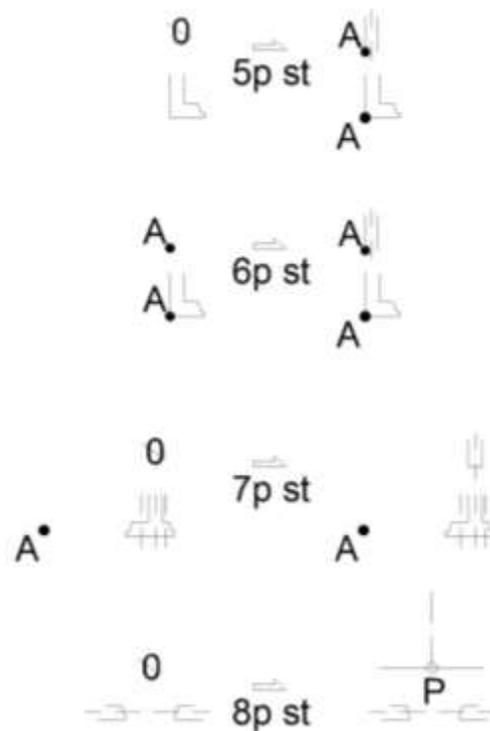


Figura 55. Regras que reconhecem elementos de uma planta de um dado edifício.

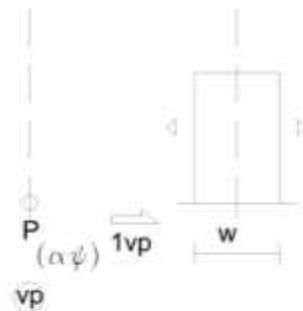
Estágio 2

A gramática da meta estrutura presente na Figura 56 a 60, a aplicar no estágio 2, é constituída por um conjunto de eixos e marcadores de inserção de elementos da fachada constantes nas regras a aplicar nos próximos estágios. Estes eixos podem ser posicionados com inserção independente à organização interna e externa do edifício. Por este facto, estes elementos verticais têm no ponto P o ponto de inserção inicial. As regras seguintes (regra 2 e 3) têm um conjunto de equações que define o modo como esses elementos verticais devem ser utilizados e localizados em cada regra. Por exemplo: a regra 2 contém uma descrição dos parâmetros tais que: w = largura do intercolúnio; w_c = largura da coluna e L = módulo da fachada sendo D = diâmetro coluna. Estes parâmetros têm as condições: $w_c = D + 1/4D = 5/4D$; $w_{cdor} = 13/12D$; $w_{cjon} = 8/9D$; $w_{ccor} = 10/7D$, sendo $w_{ic} < w_c$. De modo a colocar esses eixos e sabendo que $w = w_{ic} + w_c$ e $w' = w + 1/4w_c$ temos então a equação $L = 1/2w' + k*w + 1/2w_c$, que

define o modo e a relação paramétrica de colocação dos eixos e dos marcadores a utilizar no estágio seguinte. As regras compreendem igualmente uma descrição semelhante à utilizada na regra 2, ou seja, R2vp: <1/2door>→<pd; bd> significando que onde é reconhecida meia porta (resultante da inserção desta no ponto P), é colocado um eixo com os pontos pd (ou seja, pedestal dórico) e bd (base dórica). A regra 3 pode ser dada pela expressão $L = 1/2w + k*w + w + r$, e o somatório das duas expressões será:

$$\left(\sum_{j=1}^{k1+k2} w \right) 2w + \frac{1}{2}wc + r; \forall \{w, wc, c, r\} \in \mathbf{R} \wedge k \in \mathbf{N}$$

Este conjunto de regras absorve informação decorrente das regras 1 ic piso e 2 ic piso que estabelecem a altura das colunatas quando utilizadas em pisos diferentes. De realçar que a regra 4 insere uma variação do capitel coríntio <cc1>, visto esta se verificar no *corpus* tendo então a descrição R4vp: <pd>→<pd, pcc1> significando que onde é reconhecida uma pilastra com capitel dórico é inserida uma pilastra com capitel da variação coríntia.



Parametros:

w = largura da porta

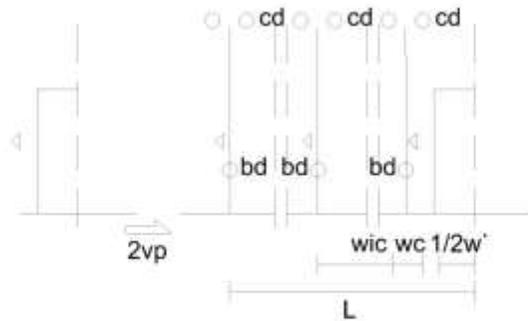
Condições:

w = 6D

Descrição:

R1vp <P> --> <porta, label>

Figura 56. Conjunto de regras utilizadas no estágio 2 para iniciar uma meta estrutura.



Parametros:

wic = largura do intercolunio

wc = largura da coluna

L = módulo de fachada

D = diametro da coluna

Condições:

$wc = D + 1/4D = 5/4D$;

[$wcdor=13/12D$; $wcjon=8/9D$; $wccor=10/7D$]

$wic < wc$

Equações:

$w = wic + wc$

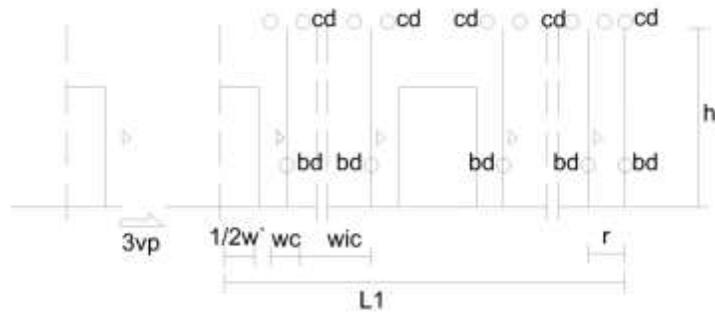
$w' = w + 1/4wc$

$L = 1/2w' + \kappa w + 1/2wc$;

Descrição:

R2vp: $\langle 1/2porta \rangle \rightarrow \langle bd; cd \rangle$

Figura 57. Regras utilizadas no estágio 2 para colocar meta estrutura esquerda.



Parâmetros:

wic = largura do intercolunio

wc = largura da coluna

$L1$ = módulo de fachada

D = diametro da coluna

Condições

$wc = D + 1/4D = 5/4D$;

$[wcdor=13/12D; wjjon=8/9D; wccor=10/7D]$

$wic < wc$

$r \geq 1/2wc$

Funções:

$w = wc + wic$

$w' = w + 1/4wc$

$L = 1/2w' + w' + \kappa \cdot w + r$

Descrição:

R3vp: <1/2porta> --> <pd; dp;r>

Figura 58. Conjunto de regras utilizadas no estágio 2 para colocar meta estrutura direita.

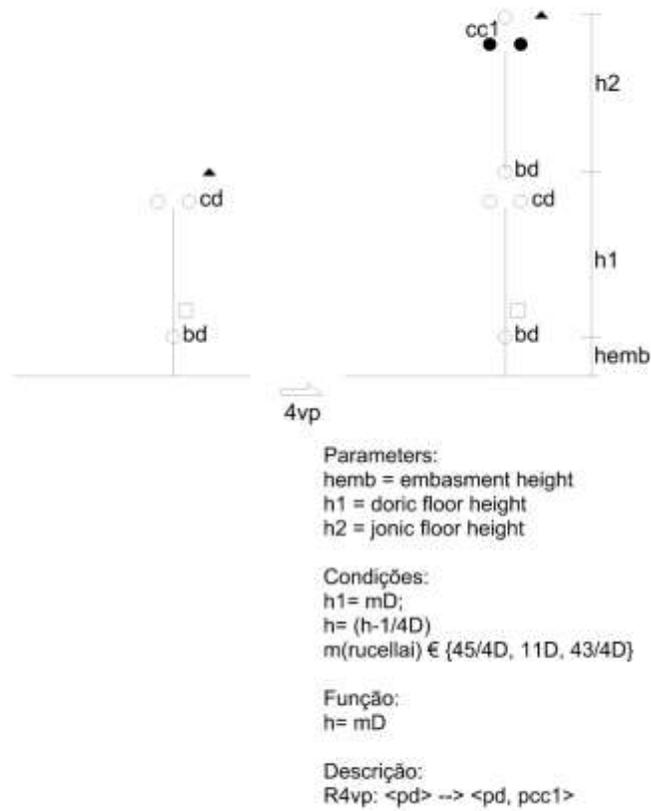


Figura 59. Conjunto de regras utilizadas no estágio 2 para colocar meta estrutura vertical.

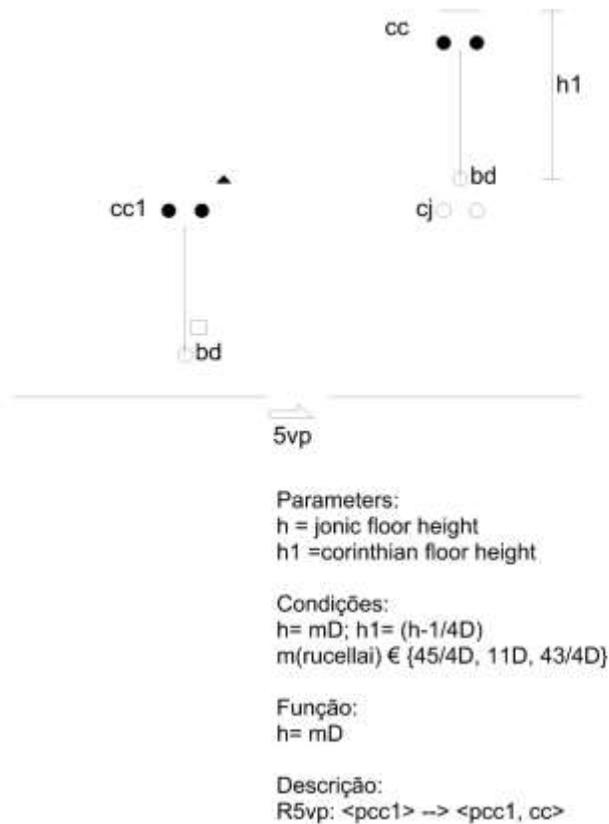


Figura 60. Conjunto de regras utilizadas no estágio 2 para colocar meta estrutura vertical no 3º piso.

Estágio 3

O conjunto de regras referentes ao estágio 3 referem-se às regras para inserir janelas e as pormenorizar. Estas regras partem de pontos de inserção criados no estágio anterior colocando nestes um conjunto de portas detalhando-as (ver regras 1jp a 4jp da Figura 61), acontecendo o mesmo para as janelas (ver regras 5jp a 10jp Figura 62).

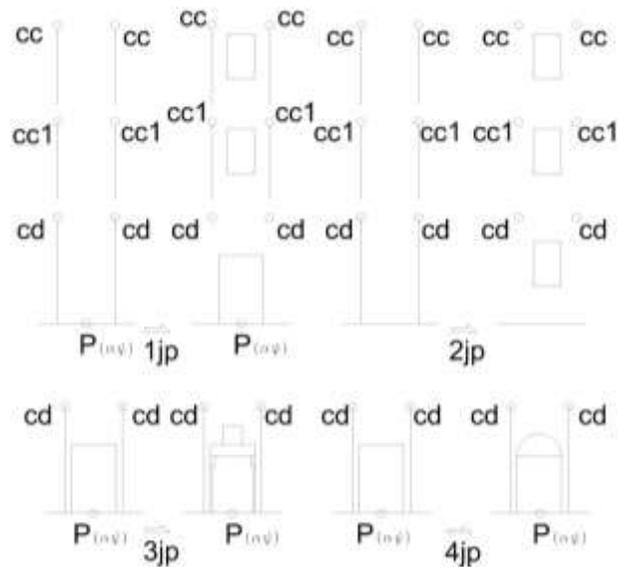


Figura 61. Conjunto de regras utilizadas no estágio 3 para gerar portas e janelas. Os marcadores correspondem a *jp* (regra das janelas e portas), *P* (porta), *cd*(capitel dórico), *cc*(capitel coríntio), *cc1*(variação do capitel coríntio).

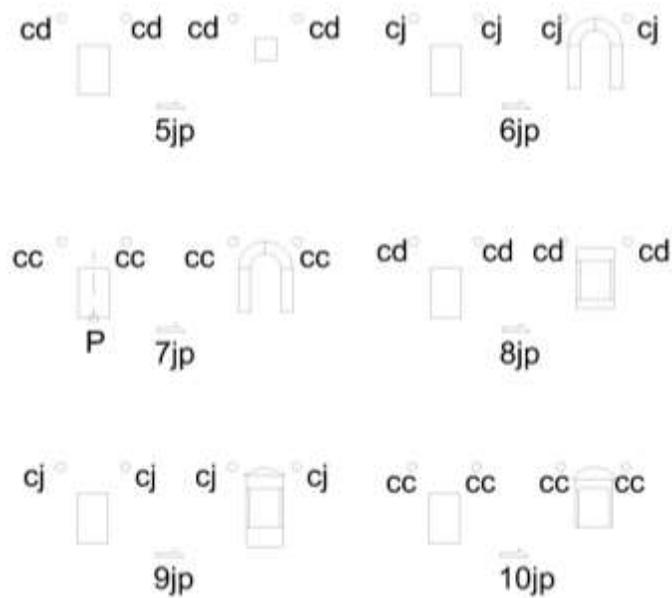


Figura 62. Conjunto de regras utilizadas no estágio 3 para gerar janelas. Os marcadores correspondem a *jp* (regra das janelas e portas), *P* (porta), *cd*(capitel dórico), *cj*(capitel jónico), *cc*(capitel coríntio).

Estágio 4

No estágio 4, um conjunto de regras dão a especificação quanto à utilização de pilastras. Esta definição é referente à gramática do intercolúnio, mais concretamente às colunas adossadas e colocação de colunas em fachadas de edifícios residenciais privados já mostrada na Figura 47.

Estágio 5

O estágio 5 é referente à colocação dos elementos da coluna sendo para esse efeito evocada a gramática do sistema da coluna já mencionada no capítulo anterior (ver Figura 42), perfazendo deste modo a sistematização da coluna de acordo com Alberti.

4.3.3 - Derivações

No processo de derivação das regras aplica-se, de modo recursivo, uma regra a uma forma inicial. Essa gramática começa por um conjunto algébrico associado a uma vista específica que deve perfazer um conjunto vazio. Este conjunto vazio será então substituído após a inserção de uma determinada forma e/ou descrição de modo a ser iniciada a geração. Na Figura 63 está presente a aplicação das diferentes regras já anteriormente elencadas. A primeira regra (1p st) aplica uma linha de terra e dois eixos de contenção da fachada colocando um ponto A nas suas intercepções, e que será utilizado para a colocação do ponto P referente à localização das portas. A regra 2p st coloca os eixos dos pisos. A regra 3p st coloca o eixo do piso antecedente à cobertura. A regra 4p st é referente à espessura dos pisos. As regras 6p st e 7p st geram as paredes exteriores e interiores estruturais do edifício. A regra 8p st coloca os marcadores e o ponto P definidor do ponto de inserção da porta. O estágio 1 está portanto completo estando elaboradas as paredes autoportantes do edifício.

Inicia-se então o estágio 2 referente à colocação de vãos e eixos das pilastras, ou seja, da meta estrutura para colocar o ornamento (que recordamos é independente da estrutura do edifício). A regra 1vp coloca a configuração das

portas. As regras 3vp, 4vp e 5vp colocam pontos de inserção do sistema da coluna e das janelas. A regra 1jp detalha as portas jônicas da fachada. As regras 2jp, 5jp e 8jp colocam uma série de janelas diferenciadas nos pontos de inserção desenvolvidos no estágio anterior detalhando-as. Este conjunto de regras fez o estágio 3.

O estágio 4 é referente a uma regra que altera a configuração das regras do sistema da coluna para pilastras. Esta regra, como já referido anteriormente, pertence à gramática do intercolúnio. Finalmente, as regras aplicadas de seguida são aquelas referentes ao sistema da coluna pertencentes ao estágio 5.

Uma regra final ϵ apaga todos os marcadores e etiquetas.

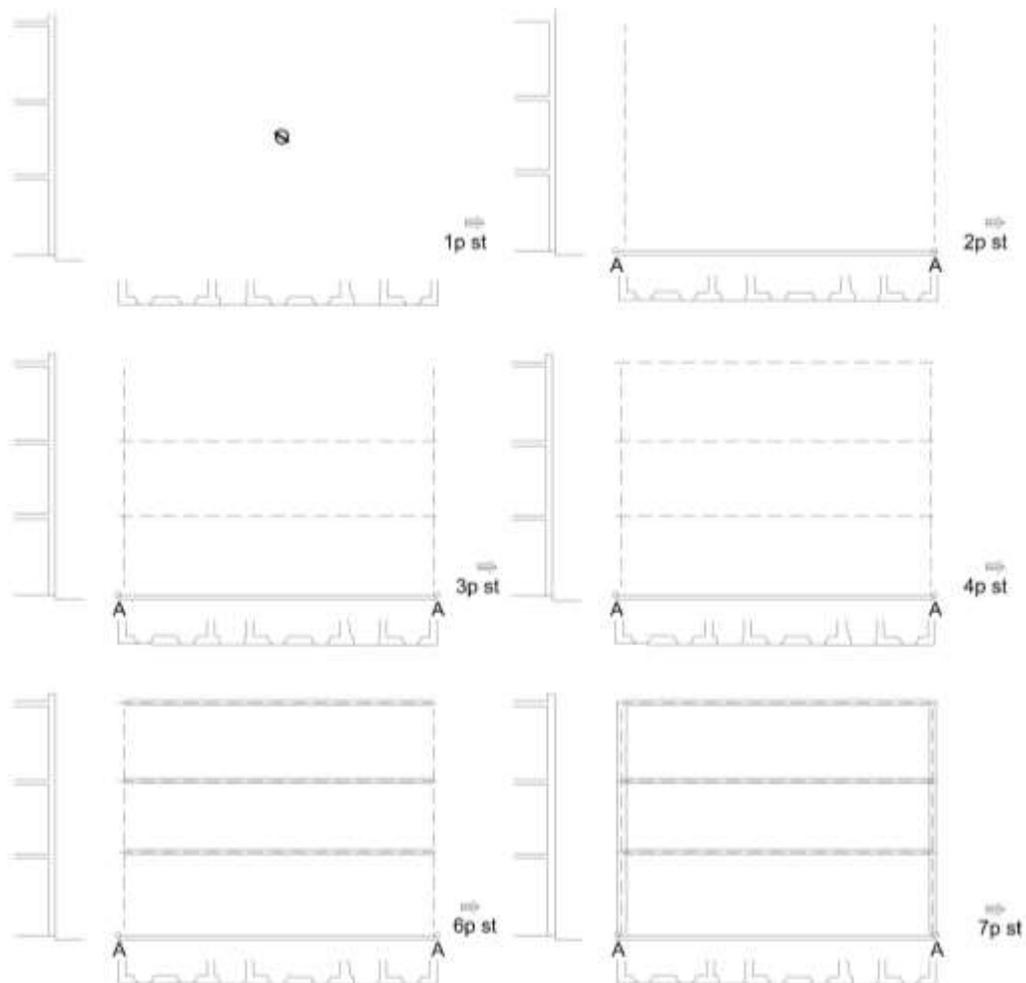


Figura 63. Derivação das regras das gramáticas gerando a fachada do palácio Rucellai.

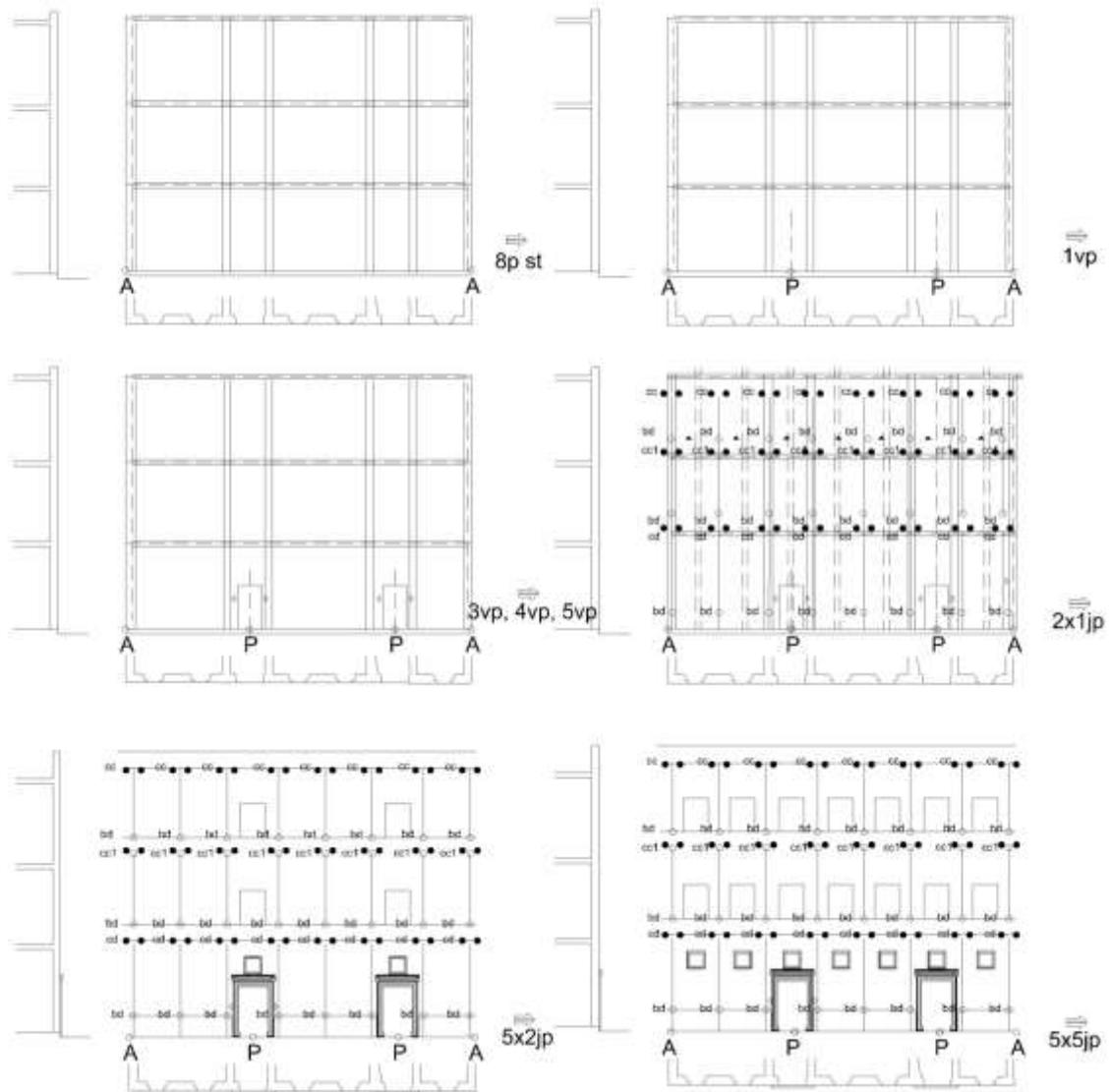


Figura 63(cont.). Derivação das regras das gramáticas gerando a fachada do palácio Rucellai.

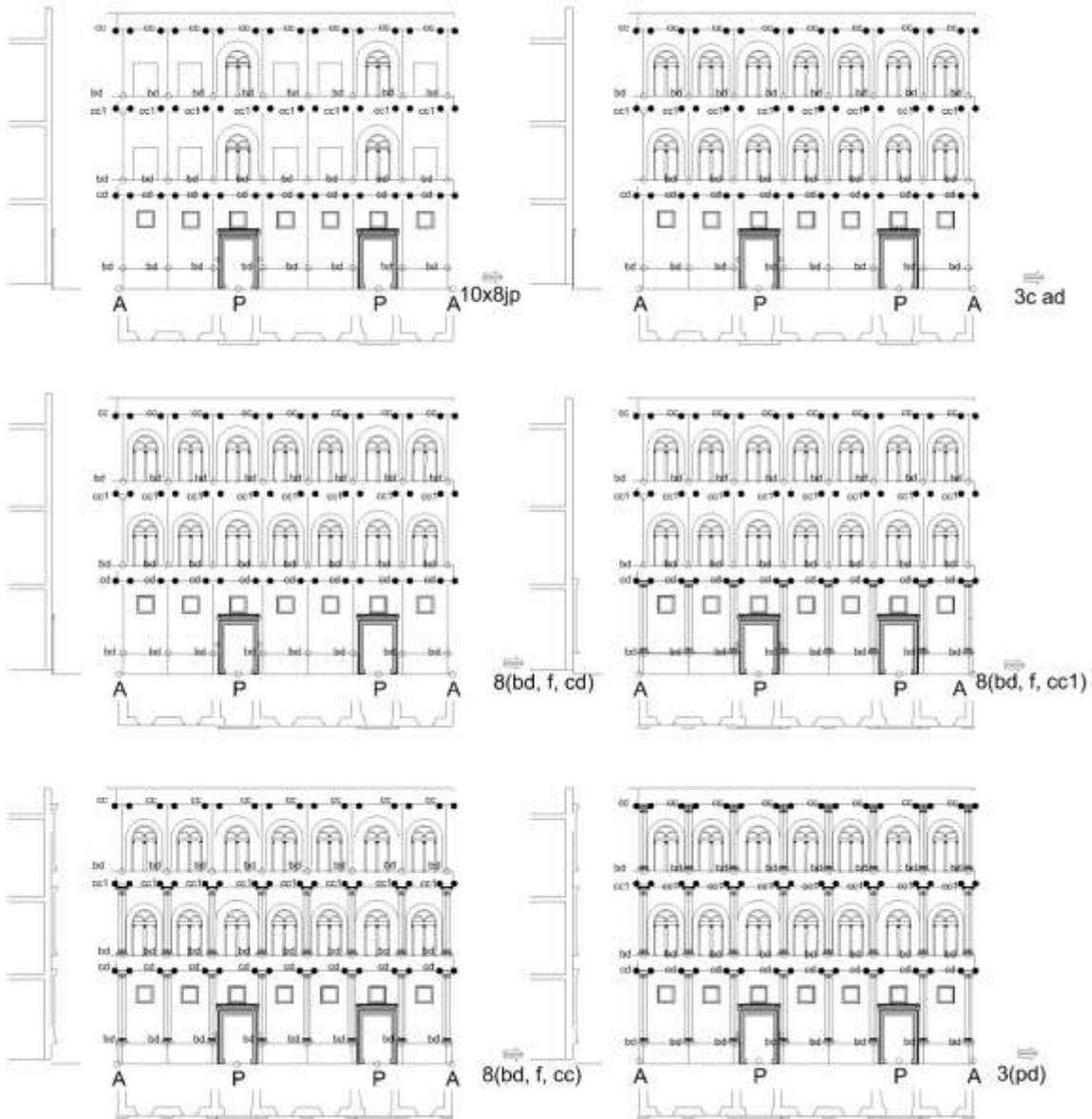


Figura 63(cont.). Derivação das regras diferentes gramáticas gerando a fachada do palácio Rucellai.

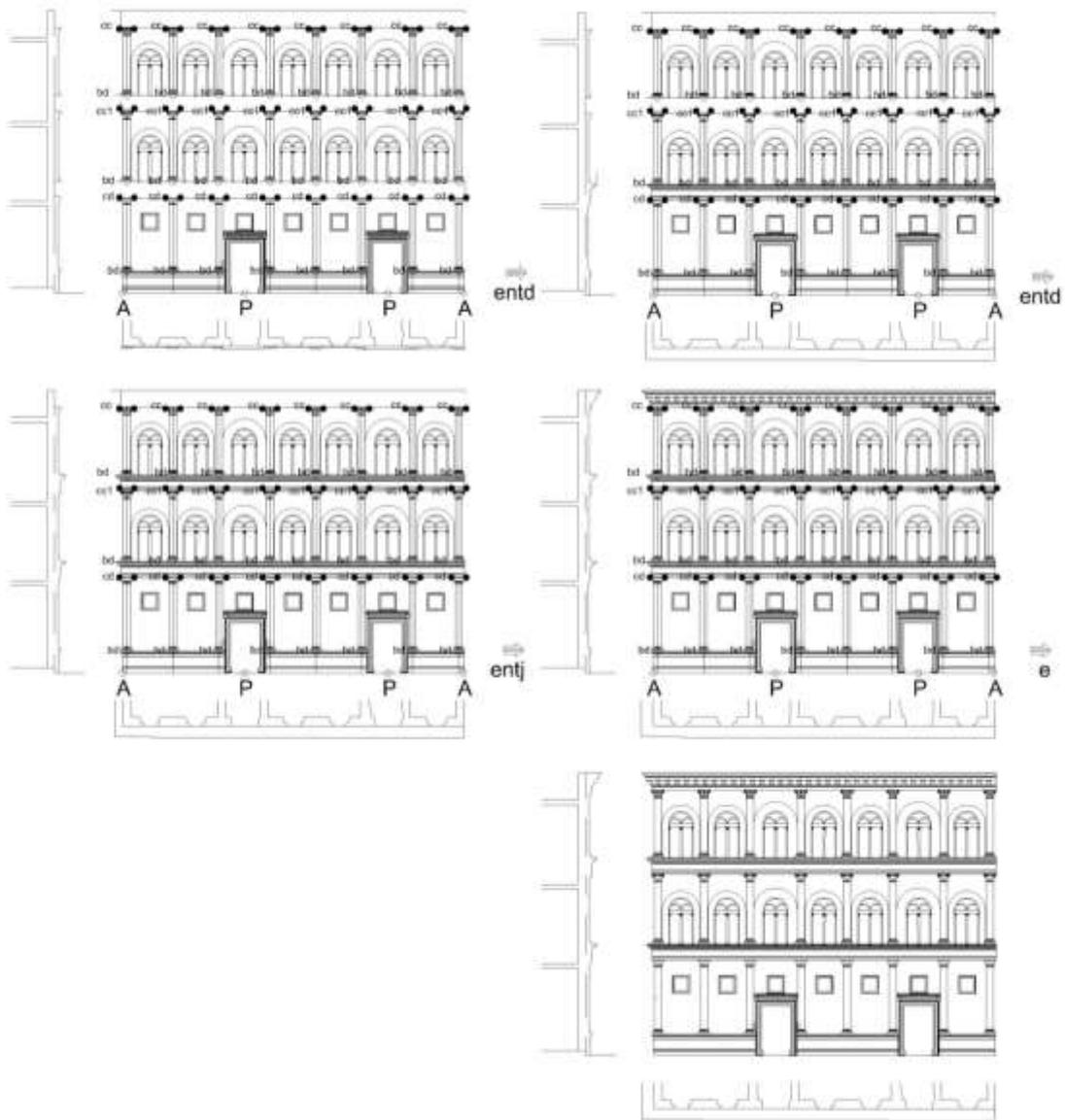


Figura 63(cont.). Derivação das regras diferentes gramáticas gerando a fachada do palácio Rucellai.

4.3.4 - Transformações

As transformações verificadas ocorreram em diferentes estágios da derivação.

No estágio 2, as condições descritas nas regras 1ic piso e 2ic piso referentes à altura das colunatas, quando utilizadas em pisos diferentes, sofreram uma variação paramétrica na altura das colunas da fachada.

Esta pode-se verificar na Figura 64 onde são visíveis as diferentes composições de fachadas comparando as suas proporções (do tratado e do edifício real).

De acordo com a passagem do Livro IX, capítulo IV pp. 590, as proporções da fachada do palácio devem variar do seguinte modo: tomando a altura da coluna do piso térreo h , dar-se-á $\frac{1}{4}$ dessa altura à altura do entablamento ($h_{ent} = \frac{1}{4}h$); quanto à altura da coluna do 1º piso, dar-se-á a altura da coluna localizada no piso térreo $\frac{1}{4}$ ou seja ($h_1 = h - \frac{1}{4}h$); quanto ao entablamento do primeiro piso dar-se-á $\frac{h}{4}$ da altura da coluna desse piso ($h_{ent1} = \frac{1}{4}h_1$).

Finalmente no piso acima deste dar-se-á a altura da coluna do primeiro piso menos $\frac{1}{5}$ da sua altura ($h_2 = h_1 - \frac{1}{5}h_1$).

Quanto ao entablamento dar-se-á $\frac{1}{4}$ da altura da respectiva coluna ($h_{ent 2} = \frac{1}{4}h_2$). Estas são as definições dadas por Alberti. No entanto constata-se que estes valores não são coincidentes com as proporções existentes na fachada do palácio *Rucellai* que são: a altura do primeiro piso é de $9 + \frac{1}{3}D$, o segundo de $9 + \frac{6}{7}D$ (estando próximo da proporção jónica de $9 + \frac{5}{6}D$) e o terceiro de $9 + \frac{1}{2}D$.

Neste piso podemos depreender que se utiliza a proporção igual à do tratado. Cada uma das colunas varia de acordo com um diâmetro que se mantém igual nos três pisos não havendo diminuição, ou adaptações dos respectivos diâmetros de acordo com as prescrições de Alberti.

Quanto às variações do intercolúnio são muito próximas a $\sqrt{4}$. Estas são as alterações consideradas de escala grande representada anteriormente no diagrama 7.

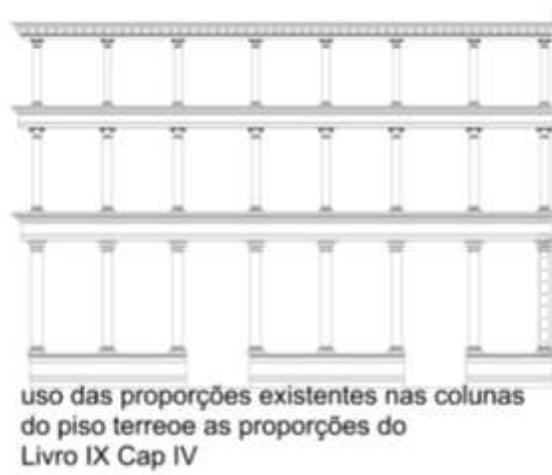
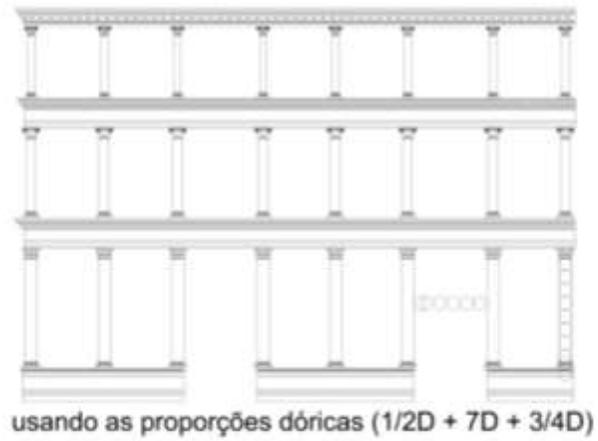


Figura 64. Comparação das variações paramétricas da fachada do palácio Rucellai.

No estágio 3 verificou-se a transformação das portas jónicas.

No tratado as mesmas são especificadas do seguinte modo. Divide-se a largura por 6 partes do intercolúnio. Dá-se 15 partes á altura. Verifica-se no entanto que a altura no edifício real é de $13 \frac{1}{2}$ partes.

Quanto à orelha da porta esta tem uma altura de 1 parte quando o tratado recomenda 2 partes, verificando-se neste caso transformações paramétricas destes elementos.

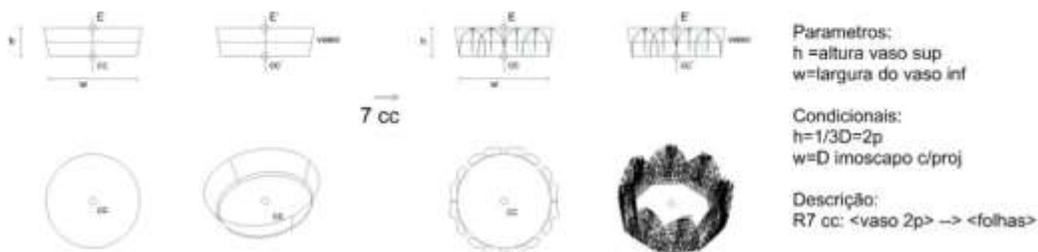
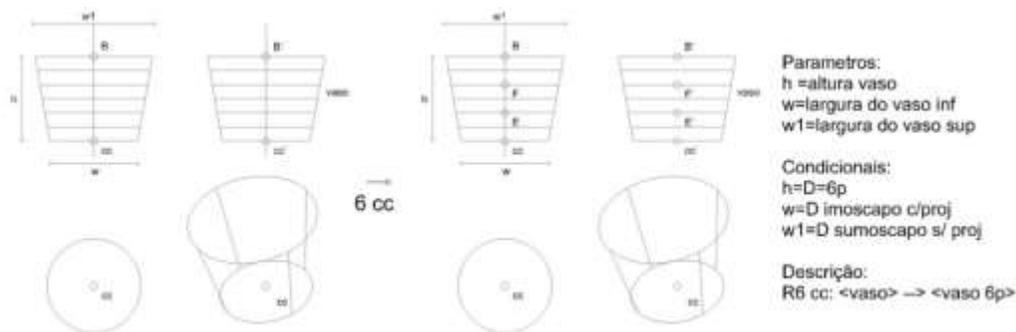
No estágio 4 há transformação da espessura da pilastra. De acordo com o tratado esta espessura deverá ser $\frac{1}{4}D$ (sendo D o diâmetro da projecção do imoscapo).

Na fachada do palácio esta espessura é quase inexistente pois a face exterior da pilastra está contida praticamente no mesmo plano das placagens de revestimento da fachada. Estas são as transformações de escala média.

No estágio 5 há transformação topológica do capitel coríntio do primeiro piso, visto este ser formado somente por duas folhas de acanto que se estendem nas duas laterias pela altura do cesto do capitel.

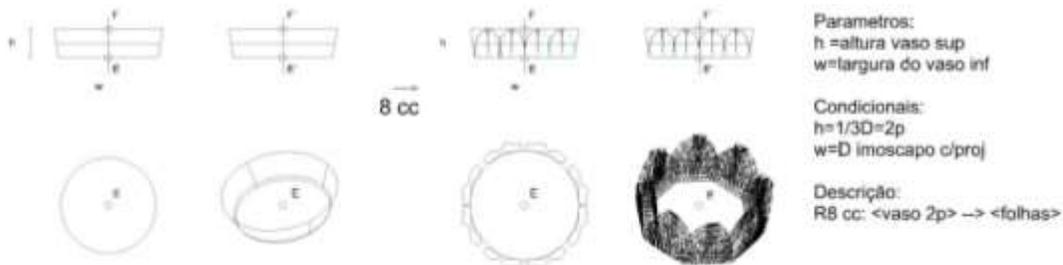
Recordamos que o capitel coríntio descrito no tratado é composto por 2 ordens de 4 folhas cada.

Estas transformações estão representadas nas Figuras 65 e 66, e são de escala pequena.



Um filete e um cordão revestem o vaso, e entre ambos brotam duas séries de folhas; a cada série são atribuídas oito folhas.

LIVRO VII, CAPÍTULO VIII, pp 458



as da segunda série elevam-se igualmente à altura de dois módulos; LIVRO VII, CAPÍTULO VIII, pp 458

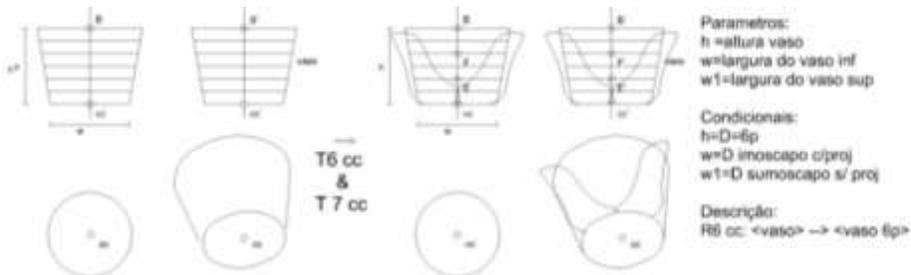


Figura 65. Mudança de configuração das regras. As regras 6cc, 7cc e 8cc pertencem à gramática advinda do tratado. A T6 cc e T7cc são as transformações nas regras com o mesmo número.



As espirais das folhas são divididas em cinco dedos ou, se aprover, em sete.
 As extremidades das folhas caem meio módulo para diante.
 LIVRO VII, CAPÍTULO VIII, pp 458

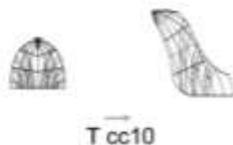


Figura 66. Mudança de configuração das regras. As regras 10cc pertencem à gramática advinda do tratado. A T10 cc refere-se às transformações na regra anterior.

Algumas das transformações mencionadas neste ponto podem ser comparadas de modo mais sistemático nas tabelas 2 e 3 referentes às proporções do tratado e às proporções genéricas da fachada do palácio.

	Dórica	Jónica	Coríntia	Compósito
Entablamento	2D	2*1/6D	2*1/6D	
Capitel	1/2D ou 3/4D (B.VII;IX)	1/3D	1D	1D
Fuste	7D	9D ou 8D (B.VII;IX)	8D ou 9D (B.VII;IX)	9D
Base	1/2D	1/2D		
Pedestal	Circa 2D			
Intercolúnio do pórtico	5 tipos Livro VII: compacto 1/2D; ampliado 27/8D; elegante 9/4D; subcompacto 2D; subampliado 3D. Vitruvio: aerostilo (h=8;L=n.d.); picnostilo (h=10; L=3/2D); eustilo (h=9*1/2D; L=9/4D); (diastilo h=8*1/2D; L= 3D), sistilo (h=9*1/2D; L=2D)			

Tabela 2. Proporções do Tratado aplicáveis a fachadas.

	Dórica	Coríntia1 (variação)	Coríntia
Entablamento	2D	2D	Circa 2D
Capitel	3/4D	1D	1D
Fuste	8D	7D+1/2D	7D +1/4D
Base	1/2D	1/2D(Dórico pilastra Jónica)	1/2D (Dórico pilastra Coríntia)
Pedestal	Circa 2D		
Intercolumnio	$5D+1/2D = 11/2D$ no vão da porta e $5D+1/8D=41/8D$ nos restantes		

Tabela 3. Proporções da fachada do palácio Rucellai.

4.4 - Gramática da Forma do Alçado Lateral da Nave Central da Igreja de Sant`Andrea em Mântua



Figura 67. Fotos do interior da fachada longitudinal da nave central da igreja de Sant`Andrea em Mântua.

A gramática da forma do alçado lateral da nave central da igreja de *Sant`Andrea* é implementada aplicando as suas regras de modo semelhante à gramática da forma da fachada de palácios, com a diferença de que nestas gramáticas da

forma de alçados laterais de naves centrais de igrejas (*Sant'Andrea* e *São Vicente de Fora*) o estágio referente às janelas não existe, resumindo-se por este motivo a quatro estágios, que se podem ver no diagrama 8. A sequência de estágios está então organizada da seguinte forma:

Estágio 1 - Compreende um conjunto de regras que reconhecem secções de uma planta e de um corte transversal à nave única, abrangendo a capela lateral com menção ao nicho existente entre as capelas. A gramática neste estágio é paralela e aplicada simultaneamente em dois planos: horizontal e vertical.

Estágio 2 - É aplicada uma meta estrutura compreendendo um conjunto de eixos e pontos de inserção de elementos da gramática do sistema da coluna. Este conjunto de regras diferencia-se do conjunto de regras do estágio 2 da gramática das fachadas na expressão matemática das regras 2 e 3 respectivamente (ver em detalhe no ponto 4.3.2)

Estágio 3 - Regras do intercolúnio, especificamente a regra das colunas adossadas, onde são dadas as definições da pilastra. De notar que é dado o delineamento da abobada de berço existente na nave central, embora a mesma não seja alvo de detalhe no estágio 4 pois não pertence ao sistema da coluna.

Estágio 4 - Inserção do sistema da coluna

Quanto à natureza das regras aplicadas nos diferentes estágios, estas obedecem ao mesmo princípio evocado no ponto 4.2. A excepção prende-se com o facto de esta gramática não ter janelas a colocar, contendo somente quatro estágios.

Temos, no entanto, regras da escala *grande*, i.e., regras de reconhecimento, eixos e pontos de inserção futura do sistema da coluna (nas escalas seguintes), relacionando este sistema com a ossatura do edifício.

Estas regras são aplicadas nos estágios 1, 2 e 3; escala *média* referente às

janelas e aos elementos do conjunto do sistema da coluna, i.e., coluna completa com diferentes combinações de bases, fustes, capitéis e entablamentos. Estas regras verificam-se no estágio 4. É também neste estágio que se verifica a aplicação de elementos à escala pequena.

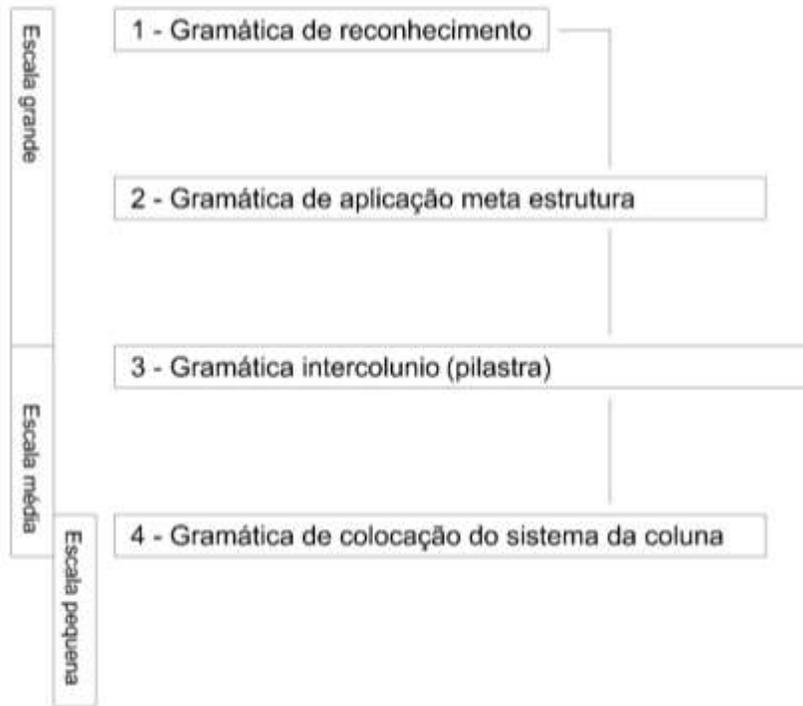


Diagrama 8. Estágios da gramática da fachada longitudinal da nave central da igreja de Sant'Andrea e escala dos seus desenhos.

4.4.1 - Contexto

Antes da intervenção conceptual e projectiva de Alberti na igreja de *Sant'Andrea* em Mântua, António di Tuccio Manetti (1423 - 1497) terá efectuado uma proposta a qual não foi aceite pelo abade Nuvoloni, responsável pela igreja da abadia de *Sant'Andrea* existente no local.

Ludovico Gonzaga comissiona então o projecto a Alberti, que já teria realizado um “*modello*” (ou seja um conjunto de desenhos e/ou maquetes) da igreja de

planta centralizada de *San Sebastiano*(c,f, Tavernor, 1998, pp 142) com a acessoria de Luca Fancelli.

Alberti na sua correspondência com Gonzaga sugere um templo etrusco, recordando a este que Vergílio (Poeta e cidadão de Mântua) aponta esta cidade como aquela de onde são originários os etruscos. (c,f, Tavernor, 1998, pp 159)

De acordo com Foster (Foster, 1994) à época de Alberti não existia uma verdadeira planificação urbana.

Sant`Andrea tem um papel importante na renovação urbana Mantuana, notando que a imagem pública da arquitectura e o seu papel ao longo dos tempos era algo que Alberti considerava, afirmando que antes de uma acção de construção se devem ter em atenção todos os detalhes, tendo cuidado com os mínimos pormenores.

À época, os elementos geradores de desenho urbano eram os direitos de propriedade, o uso dos solos, as taxas comerciais, entre outros. Estas condicionantes fixavam os parâmetros gerais para a construção de novos edifícios.

A configuração dos edifícios era mais formatada pelos edifícios existentes, do que pelas vontades individuais dos pretendentes. (c,f, Foster, 1994, pp 162)

No centro da cidade raramente um edifício tinha duas faces a confrontar com o espaço público tendo, no entanto, muitas vezes o pórtico como elemento de comunicação das construções.

Mântua tinha numerosos exemplos de pórtico citadino. Estes tinham diferentes funções podendo ter um papel diferenciador e ser um elemento caracterizador do tecido evolvente.

A fachada principal de *Sant`Andrea* potenciava a noção e características de praça renascentista. (c,f, Foster, 1994, idem)

O modelo sugerido para o projecto de *Sant`Andrea* é o do templo etrusco e que servia de referência formal às proporções da basílica de *Massenzio* em Roma.

A existência de projecto, ou “*modello*”, e a sua forma original tem sido largamente discutida. Ludovico Gonzaga pede, em carta enviada ao seu filho

Cardial Francesco, que este interceda junto do papa Sixtus IV de modo a apressar o início da obra da nova igreja de *Sant'Andrea*.

O que é relevante nesta carta é que Ludovico fala objectivamente num projecto (aquele da autoria de Alberti) que à altura da redacção da carta estaria pronto. Não só o modelo estava concluído, mas também as suas medições e estimativas de custo da obra e que, de acordo com o projectista, careciam de três anos para realizar a obra, bem como 2 milhões de tijolos na medida mantuana para a construir. Estes, esclarece Ludovico na sua carta, estariam de antemão fabricados e prontos a serem empregues na obra.

De acordo com Robert Tavernor (Tavernor, 1998), este tipo de informação precisa, conjuntamente com o seu levantamento e comparação de medidas de volume de construção versus tijolos estimados, coincidem com o templo etrusco proposto por Alberti - consistindo num templo de nave única com 3 capelas de cada lado e cabeceira sem cruzeiro - contrariamente àquilo que existe neste momento, ou seja, igreja de nave única com 3 capelas de cada lado (eventualmente do projecto original), transepto e capela-mor. (c,f, Tavernor, 1998, pp 160 - 163)

Alberti prescreve as proporções horizontais internas como devendo ter 6 partes de comprimento e de 5 partes de largura.

O comprimento divide-se então por 2 partes. Uma reservada à cela outra à coluna. A largura divide-se em 10 partes dando-se 3 partes à esquerda e à direita, de modo simétrico, reservando estes lados às celas mais pequenas.

As restantes 4 partes serão dedicadas à capela principal (*Da Arte Edificatória*. Livro VIII, Capítulo IV).

O templo etrusco vitruviano influenciou directamente a concepção de templo etrusco de Alberti, bem como a Basílica de *Massenzio* revelando-se nas proporções de *Sant'Andrea*.

A definição de *templo etrusco* de Sérlio, Francesco de Giorgio, Giuliano de Sangallo e Palladio seguem as definições de Alberti. *São Pedro* em Roma, atribuído a Raffaello, também segue o modelo de albertiano.

Estas proporções e desenho etrusco também tiveram impacto na concepção da igreja de *Sanza* em Roma.(c,f, Hersey, 1994, pp 216-223)

O projecto, assistido por Luca Fancelli, terá começado cerca de 1470 tendo existido correspondência acerca deste projecto com Ludovico Gonzaga em 1471(de notar que Alberti morre em 1472).

Estima-se que a obra terá começado cerca de 1473, estando em 1494 um conjunto de 12 capelas executadas, onde Andrea Mantegna efectuou uma série de frescos. (c,f, Frommel, 2007,pp 695-725)

O capitel da fachada de *Sant'Andrea* é, de acordo com Frommel, compósito. Alberti, devido às suas experiências anteriores, e por se tratar da sua derradeira obra, deve ter concebido tanto o exterior como o interior.

A proporção da nave central é de 2:3 com referência à basílica de *Massenzio*. O uso do arco triunfal propaga-se para o interior, sendo este usado em série alternando a pilastra dupla com a arcada.

Ao contrário da fachada, o capitel do sistema da coluna no interior do templo apresenta uma variação do coríntio, com duas ordens e caneluras. A ordem menor tem base, capitel e arquitrave simplificada. (c, f, Frommel, 2009, pp 50)

Propõe-se, em seguida, gerar o alçado lateral da nave central da igreja de *Sant'Andrea* manipulando um conjunto de regras em tudo muito semelhantes àquelas apresentadas anteriormente.

Algumas alterações foram efectuadas na estruturação dos estágios de derivação e dentro destes estágios algumas regras foram adaptadas de modo a melhor satisfazerem os objectivos propostos.

De referir, no entanto, que a primeira gramática apresentada para a fachada do palácio *Rucellai* não restringe a elaboração da gramática que de seguida apresentamos.

4.4.2 - Regras e estágios

As regras, aplicadas de acordo com os estágios associados à ordem de derivação, podem gerar o alçado lateral da nave central da igreja de

Sant`Andrea à qual aFigura68alude e que representa um conjunto de planta, corte e alçado.

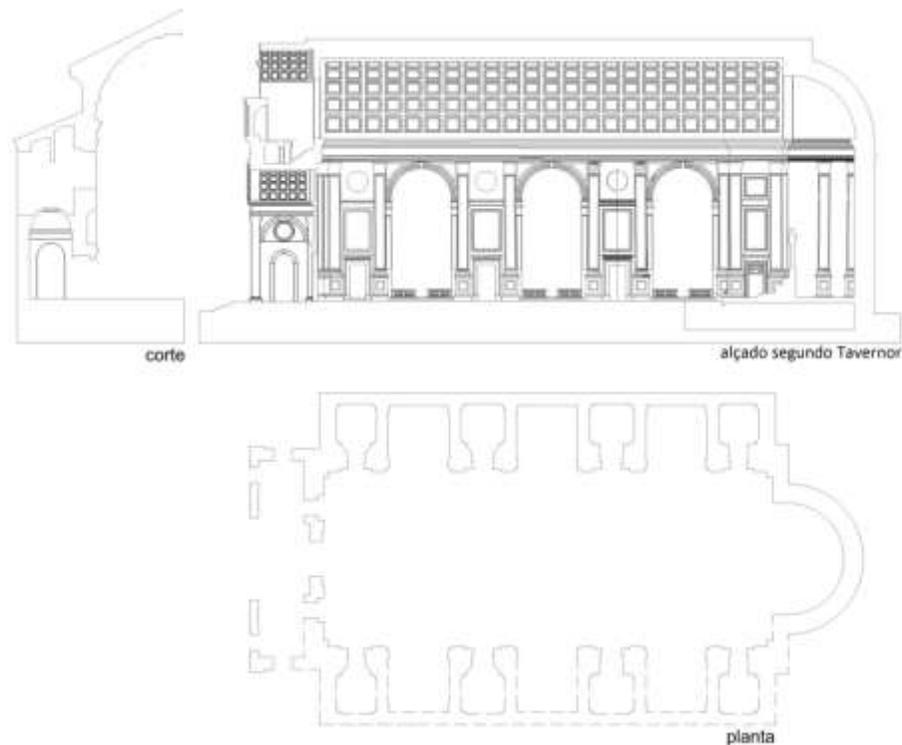


Figura 68. Conjunto de planta, alçado e corte esquemático da fachada longitudinal da nave central da igreja de Sant`Andrea perfazendo o corpus de análise.

Estágio 1

De modo análogo à gramática da fachada do palácio *Rucellai*, o primeiro conjunto de regras insere um conjunto de marcadores que representam os eixos dos elementos estruturais da igreja, quando reconhece uma planta e um corte da nave central da igreja.

Gera desse modo os pavimentos (regra 1nc), os tectos em abobada de berço da nave central (regra 2nc), os tectos das capelas e das capelas intercomunicantes (regra 3nc), tramos verticais da fachada longitudinal da nave central e parte da porta da capela intercomunicante (regra 4nc).

Finalmente a abertura da capela lateral bem como um marcador A (regra 5nc) são igualmente desenhados. Estas regras podem ser vistas na Figura 69.

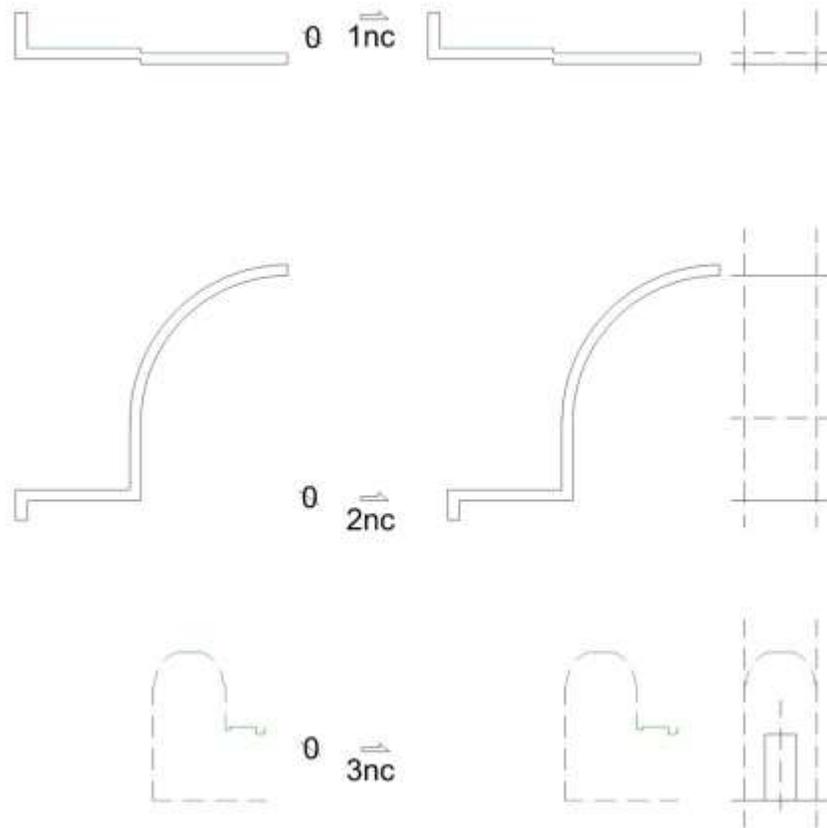


Figura 69. Conjunto de regras que reconhecem elementos de uma planta e de um corte da fachada longitudinal da nave central da igreja de Sant`Andrea.

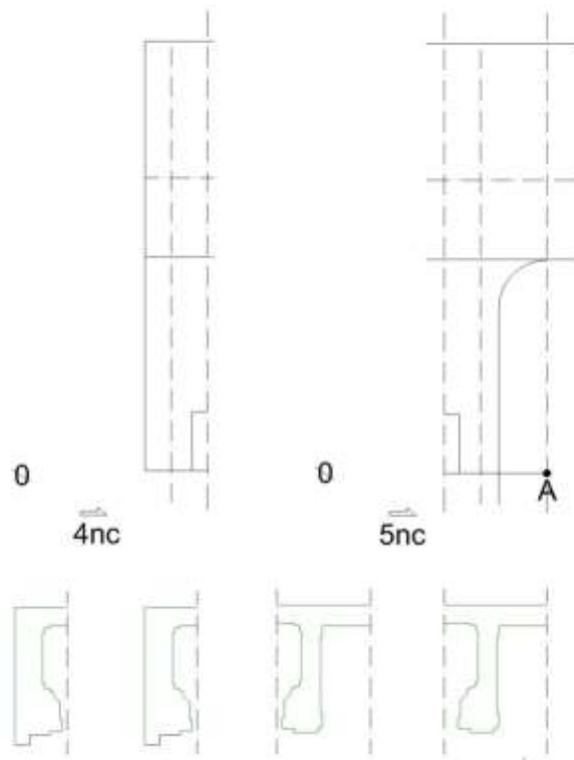


Figura 69 (cont.). Conjunto de regras que reconhecem elementos de uma planta e de um corte da fachada longitudinal da nave central da igreja de Sant'Andrea.

Estágio 2

Este estágio refere-se às regras que têm a missão de inserir um conjunto de marcadores e de preparar uma meta-estrutura, como se pode verificar na Figura 70.

Contêm um conjunto de parâmetros semelhante às regras do estágio 2 da gramática da fachada do palácio de *Rucellai*.

As regras deste estágio têm na regra 1vp a expressão $L = k_1D + 2wlch + 3/2wch$; tendo como parâmetros $L =$ módulo da fachada, $D =$ diâmetro da coluna na projecção do imoscapo, $wlch =$ intercolúnio entre capelas, $wch =$ vão da capela. Neste caso $k_1 = 4$.

Esta expressão funciona, tal como as regras mostram, para o lado esquerdo da fachada onde existe um menor número de pilastras.

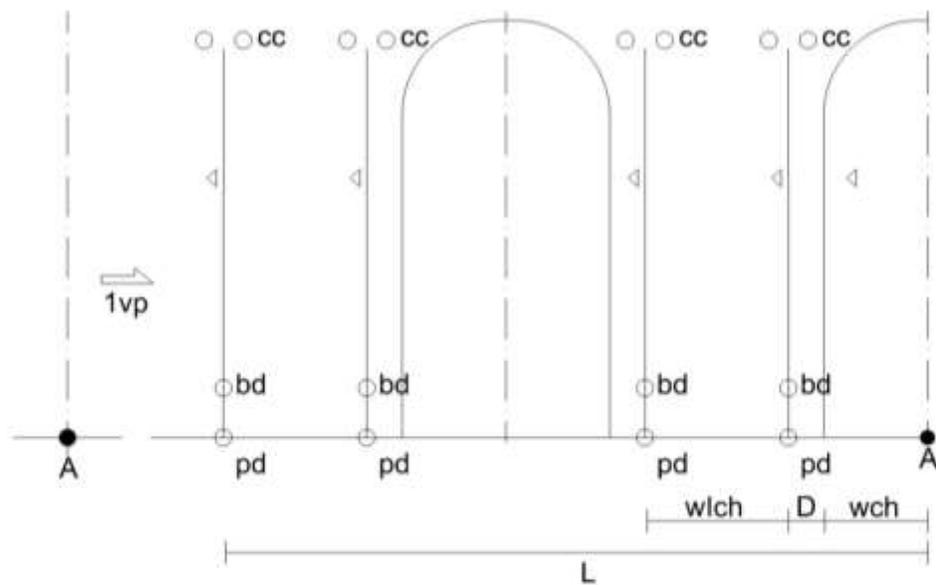
A regra 2vp tem a expressão $L_1 = k_2D + 2wlch + 3/2wch$ e partilha os mesmos parâmetros que a regra anterior. Neste caso $k_2 = 5$ funciona para o lado direito do alçado lateral da nave central da igreja.

Este conjunto de regras permite manipular a distribuição da meta-estrutura de modo independente aos elementos gerados no estágio anterior, dando maior possibilidades de se obter diferentes resultados na geração da fachada pretendida.

As expressões matemáticas das duas regras anteriores podem-se sintetizar no seguinte somatório:

$$\left(\sum_{j=1}^{k_1+k_2} D \right) + 6wlch + 9/2wch; \forall \{wlch, wch, D\} \in \mathbf{R} \wedge k \in \mathbf{N}$$

Finalmente a regra 3vp insere marcadores referentes ao entablamento.

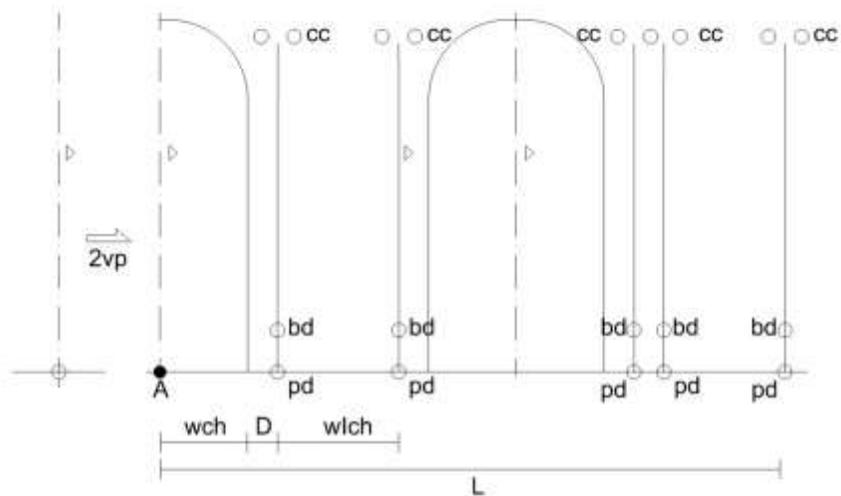


Parametros:
 wlch = largura inter colunio
 wch = largura chapel width
 L = módulo da fachada
 D = diametro da coluna
 p = ponto de insecção da capela

Condições:
 wlch < wch
 $L = 4D + 2wlch + 3/2wch$

Descrição:
 R1vp: <p.lot> --> <colunate>

Figura 70. Conjunto de regras que aplicam eixos das pilastras e marcadores dos elementos da coluna da fachada longitudinal da nave central da igreja de Sant`Andrea.

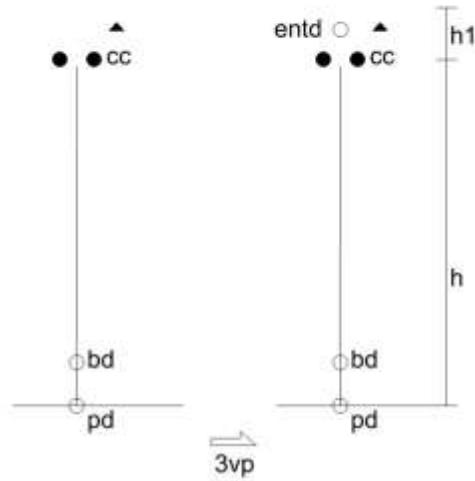


Parametros:
 wlch = largura do intercolunio
 wch = largura da capela
 L = módulo da fachada
 D = diametro da coluna
 p=ponto de inserção da capela

Condições:
 $wlch < wch$
 $L1 = 5D + 2wlch + 3/2wch$

Descrição:
 R2vp: <p.lot> --> <colunate; column>

Figura 70 (cont.). Conjunto de regras que aplicam eixos das pilastras e marcadores dos elementos da coluna da fachada longitudinal da nave central da igreja de Sant'Andrea.



Parametros:
 h = altura da coluna
 h1 = altura entablamento

Condições:
 $h > h1$
 $h = mD$

Descrição:
 R3vp: <pcor> --> <entd>

Figura 70 (cont.). Conjunto de regras que aplicam eixos das pilastras e marcadores dos elementos da coluna da fachada longitudinal da nave central da igreja de Sant`Andrea

Estágio 3

O conjunto de regras aplicadas no estágio 3 é igual àquele apresentado na gramática da fachada do palácio *Rucellai*. Este dá-nos a especificação quanto ao modo de utilização das pilastras. Esta definição é referente à gramática do intercolúnio, mais concretamente às colunas adossadas e à colocação de colunas em fachadas de edifícios residenciais privados, já mostrada na Figura 47.

Estágio 4

No estágio 4 procede-se à inserção dos elementos do sistema da coluna utilizando para esse efeito os marcadores colocados no estágio 2, evocando-se a gramática do sistema da coluna, já mencionada no capítulo anterior, perfazendo-se assim a sistematização da coluna de acordo com Alberti. Este estágio corresponde ao estágio 5 da gramática da fachada do palácio *Rucellai*. A novidade, prende-se com a utilização da gramática da forma do pedestal <pd>, cuja aplicação, em conjunto com outros elementos do sistema da coluna, pode ser vista na Figura 71.

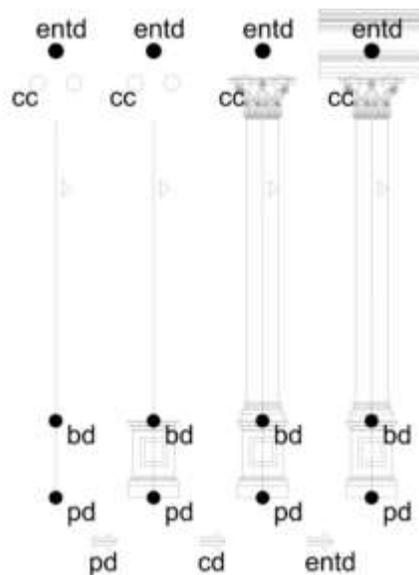


Figura 71. Conjunto de regras do estágio 4 aplicadas aos marcadores fornecidos no estágio 2 gerando um elemento do sistema da coluna do alçado lateral da nave central da igreja de Sant'Andrea. Os marcadores referem-se: pd (pilastra dórica), bd (base dórica), cc (capitel coríntio) e entd (entablamento dórico).

4.4.3 - Derivações

O primeiro conjunto de 5 regras reconhece um troço da planta e corte da igreja de *Sant`Andrea*.

Neste primeiro estágio, e como já mencionado no ponto anterior são gerados eixos referentes a elementos estruturantes da igreja, como sejam os pavimentos aplicando a regra 1nc.

A regra 2nc aplica a abóbada de berço da nave central.

A regra 3nc aplica as capelas e as capelas intercomunicantes.

A regra 4nc gera os tramos verticais da fachada longitudinal da nave central e da parte da porta da pequena capela entre as capelas laterais.

A regra 5nc aplica as aberturas da capela lateral e o marcador A.

No estágio 2 de derivação são aplicadas as regras 1vp, 2vp e 3vp definindo a meta estrutura colocando um conjunto de marcadores referentes aos elementos do sistema da coluna.

No estágio 3 é aplicada uma regra de reconfiguração das colunas de secção redonda em pilastras.

Finalmente no estágio 4 são aplicados os diferentes elementos do sistema da coluna.

Uma regra final e apaga todos os marcadores e etiquetas.

Na Figura 72 é apresentada a derivação das regras acima descritas.

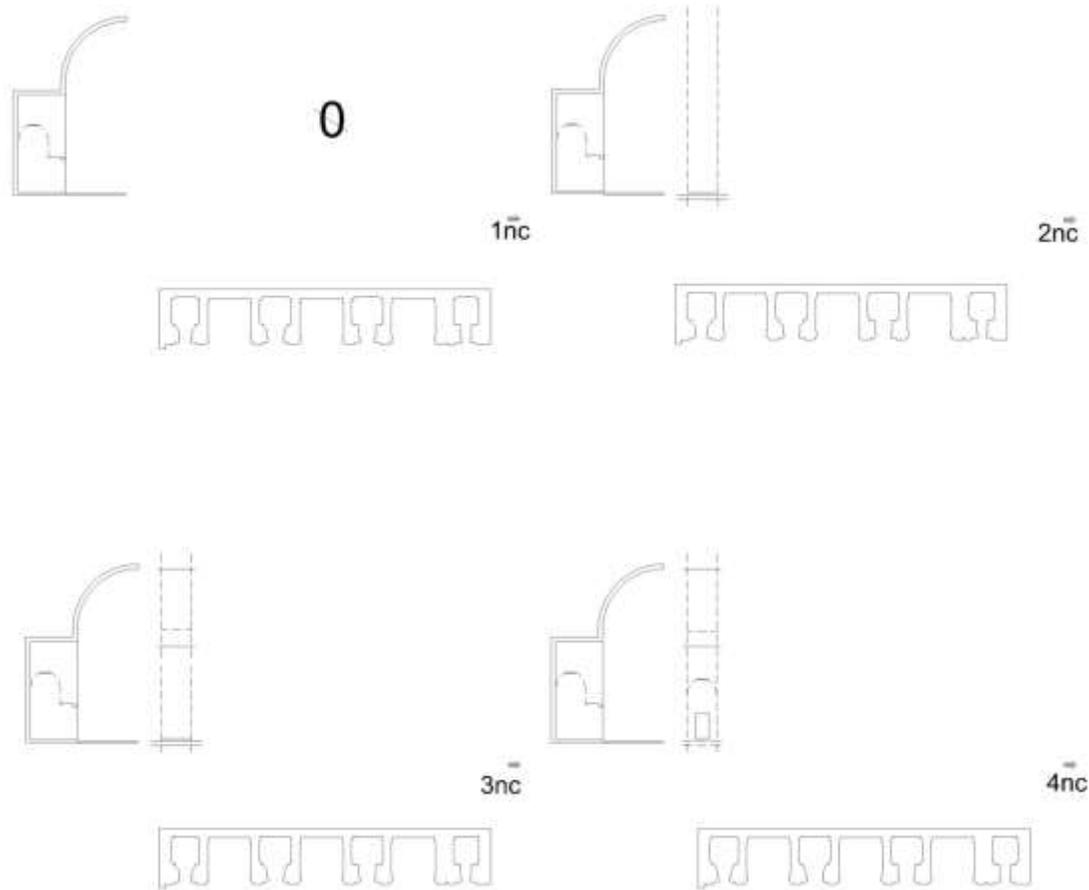


Figura 72. Derivação de regras gerando o alçado lateral da nave central da igreja de Sant'Andrea.

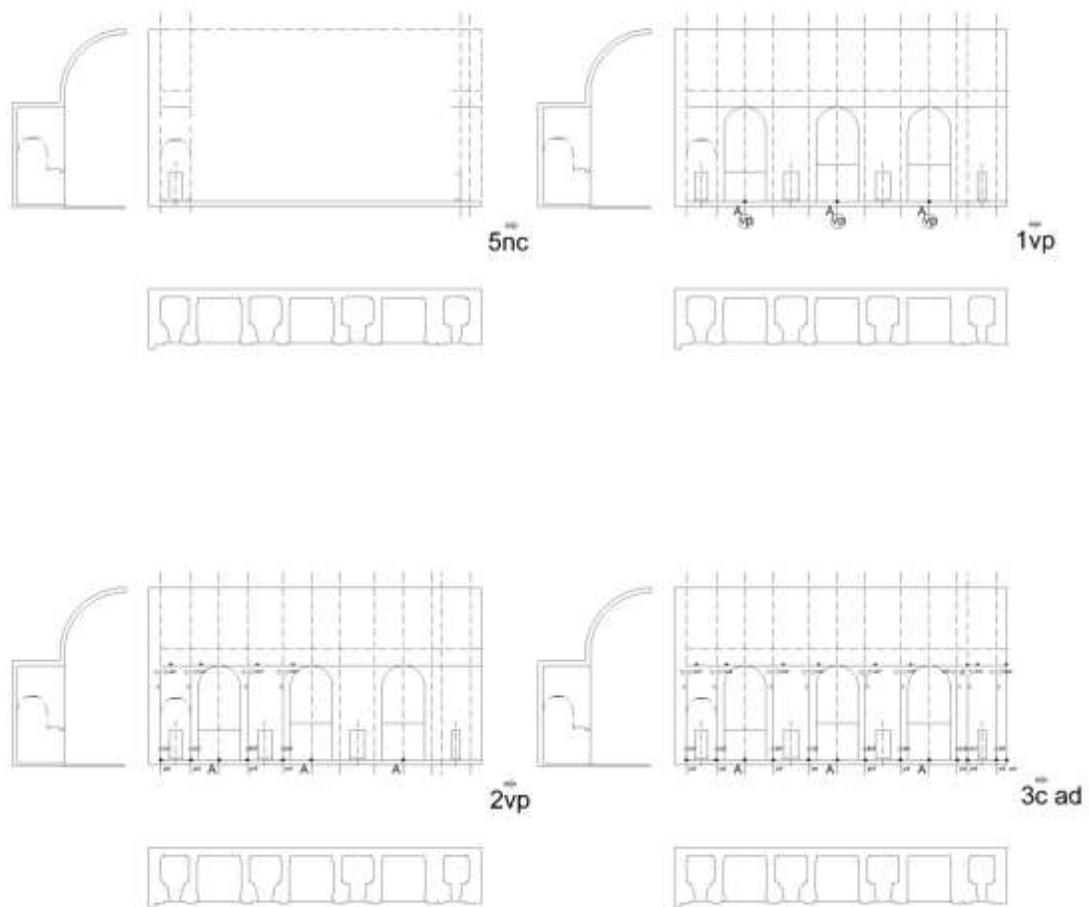


Figura 72 (Cont.). Derivação de regras gerando do alçado lateral da nave central da igreja de Sant`Andrea.

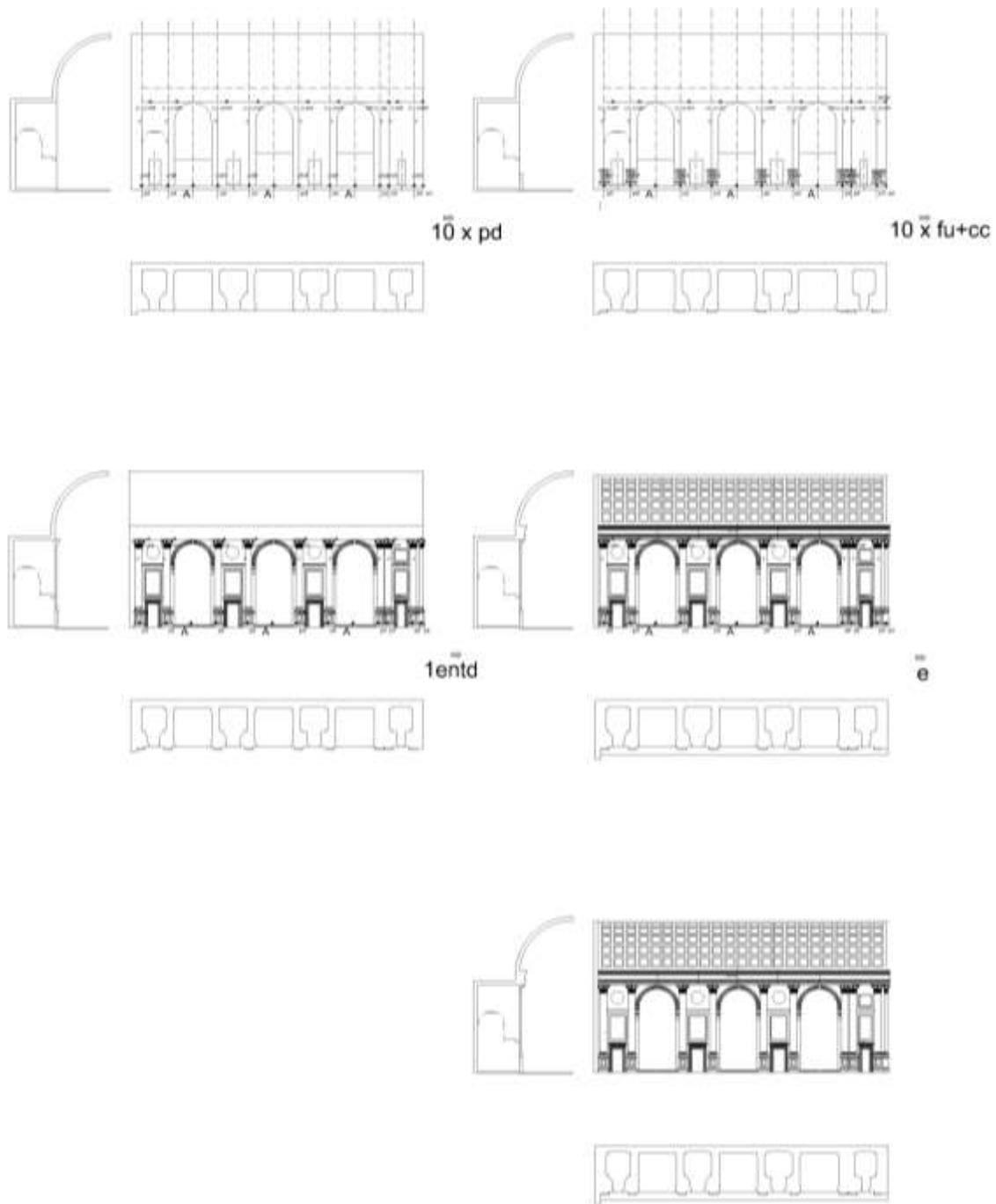


Figura 72(Cont.). Derivação de regras gerando do alçado lateral da nave central da igreja de Sant'Andrea.

4.4.4 - Transformações

Como já abordado no Capítulo 3, um tipo de regras de transformação é aquele em que há reposição ou transposição de formas de regras já existentes, nomeadamente, as descritas no tratado de Alberti.

As regras aplicadas quando são iguais na sua configuração, bem como na sua localização de aplicação, podem ser consideradas de regras *iguais* às do tratado ou regras *identidade*.

A utilização deste tipo de regras é extremamente importante pois evidencia o grau de coincidência entre as gramáticas de secções dos edifícios e a gramática advinda directamente do tratado ou seja a gramática do sistema da coluna e do intercolúnio.

No estágio 1 não são verificáveis transformações às regras.

No estágio 2 as transformações foram verificadas na parametrização do intercolúnio, dado pelas expressões $L = 4D+2wIch+3/2wch$; e $L = 5D+2wIch+3/2wch$.

No estágio 3 a transformação é relativa à aplicação da regra que altera a configuração da coluna em pilastra. Esta é uma regra que é aplicada em todas as outras gramáticas.

Finalmente, no estágio 4, as transformações verificadas são aquelas da aplicação dos diferentes elementos do sistema da coluna, que estão todos dentro das proporções descritas no *Da Arte Edificatória*, ou seja intercolúnio com largura de 6D e altura de 12D, ou seja a proporção de 2 para 1.

O pedestal com cerca de 2D de altura, a base dórica com $\frac{1}{2} D$, o fuste com 8D, o capitel coríntio com 1D de altura e o entablamento coríntio com cerca de 2D de altura. (ver Tabela 4) Deste modo, há uma coincidência quase total entre os elementos aplicados em obra e os elementos descritos no tratado.

	Dórica	Jónica	Coríntia
Entablamento		n. e	circa 2D
Capitel		n. e	1D
Fuste		n. e	8D
Base	1/2D		
Pedestal	circa 2D+1/6D		
Intercolunio	6D (tendo altura de 13D +2/3D)		

Tabela 4. Proporções do alçado lateral da nave central da igreja de Sant`Andrea em Mântua.

4.5 – Implementação das gramáticas e fabrico digital da fachada do palácio *Rucellai* e do alçado lateral da nave central da igreja de *Sant`Andrea*.

A implementação das regras de uma gramática da forma pode ser executada tanto de modo manual como por intermédio de um programa computacional que permita automatizar a evocação das referidas regras gerando desenhos.

Este procedimento automático pode, em parte, ser considerado como um protótipo de interpretador da respectiva gramática da forma. Consideramos “protótipo” pois não tem a capacidade de inferir aspectos que potenciam em muito uma gramática, nomeadamente a emergência de formas novas.

As formas emergentes e incorporadas nos desenhos gerados surgem por interpretação posterior do utilizador do software gerenciador das regras.

Na presente investigação a implementação e derivação das regras, em modo automático, foi executada num programa de Grasshopper (GH) e aplicada a uma plataforma de desenho assistido por computador (CAD), o Rhinoceros (RH).

Apresentamos em seguida um conjunto de modelos virtuais gerados em GH na figura 73 que ilustram a aplicação da informação paramétrica advinda das duas gramáticas desenvolvidas. A totalidade do código GH pode ser vista no Volume II da tese.

Esta informação foi utilizada para construir um programa com o fim de gerar modelos digitais contendo as especificações de Alberti, com o intuito não só de gerar os edifícios ambicionados, mas também variações de determinadas características dos mesmos, nomeadamente dimensões do sistema da coluna, tanto em altura como em largura, bem como alterar o número de elementos a gerar. Pretendeu-se por este meio garantir alguma flexibilidade no que à produção de modelos virtuais em 3D diz respeito. Ambicionou-se gerar com o mesmo programa todos os elementos pretendidos, tanto as fachadas dos palácios como os alçados longitudinais.

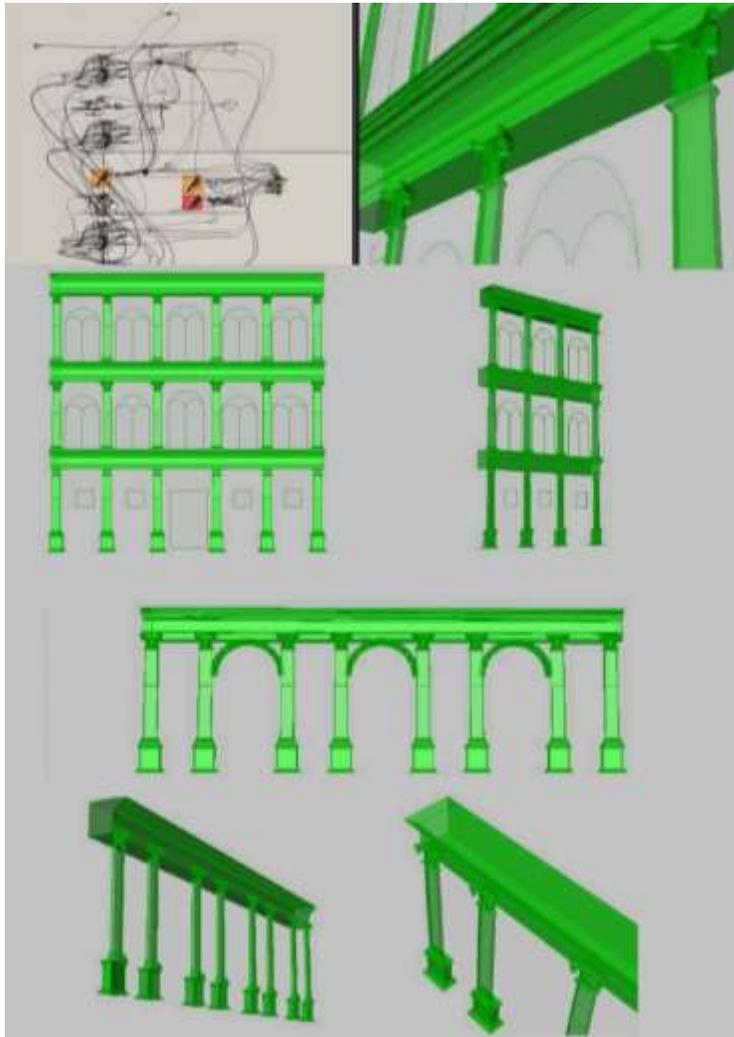


Figura 73. Implementação GH das regras das gramáticas gerando a fachada do palácio Rucellai, variação de 5 tramos e o alçado lateral da igreja de Sant`Andrea.

Os modelos virtuais da fachada do palácio *Rucellai* e do alçado lateral da nave central da igreja de *Sant'Andrea* foram fabricados recorrendo a diferentes técnicas de prototipagem rápida, nomeadamente, uma impressora 3d e uma fresadora de 3 eixos já caracterizadas no capítulo 3 ponto 7. Estes modelos fabricados serviram, sobretudo, para a visualização da capacidade generativa das gramáticas.

Alguns aspectos referentes à consistência dos modelos gerados tiveram de ser trabalhados de modo a ter ficheiros aptos ao fabrico digital.

No caso da fachada do palácio *Rucellai*, fabricada com um impressora Zcorp 3D, a diferença formal entre os capitéis em uso (sobretudo o capitel coríntio do segundo piso e a variação com 2 folhas do 1 piso) exigiu especial cuidado no tratamento das superfícies destas. Os seus vectores normais teriam de ter sentido exógeno relativamente ao interior do modelo, assim como todos os outros elementos do modelo, isto é, os demais constituintes do sistema da coluna, as janelas e as portas.

O alçado lateral da nave central da igreja de *Sant'Andrea* foi fresado num bloco de poliuretano de alta densidade. Devido à consistência menos homogénea da matéria-prima optou-se, para elaboração do ficheiro de maquinação assistida por computador (CAM) e CAD - ou seja o CAD/CAM, por diferentes passagens de fresa. Estas consistiram numa primeira maquinação com fresa de 10 mm com trajectória oblíqua em 45 graus ao sentido longitudinal do modelo perfazendo a fresagem de desbaste.

Em seguida optou-se por uma estratégia de acabamento consistindo na utilização de duas trajectórias oblíquas em 45 graus ao sentido longitudinal do modelo e inversas entre si, usando uma fresa de 3 mm com um passo (espaço entre cada movimento longo da fresa) de 25% da espessura da fresa em detrimento de uma percentagem menor de passo.

Esta opção permitiu-nos ganhos de tempo de maquinação na ordem dos 50%. Os modelos fabricados bem como diferentes fases de fabrico podem ser vistos na figura 74, e de modo mais extenso no volume II.

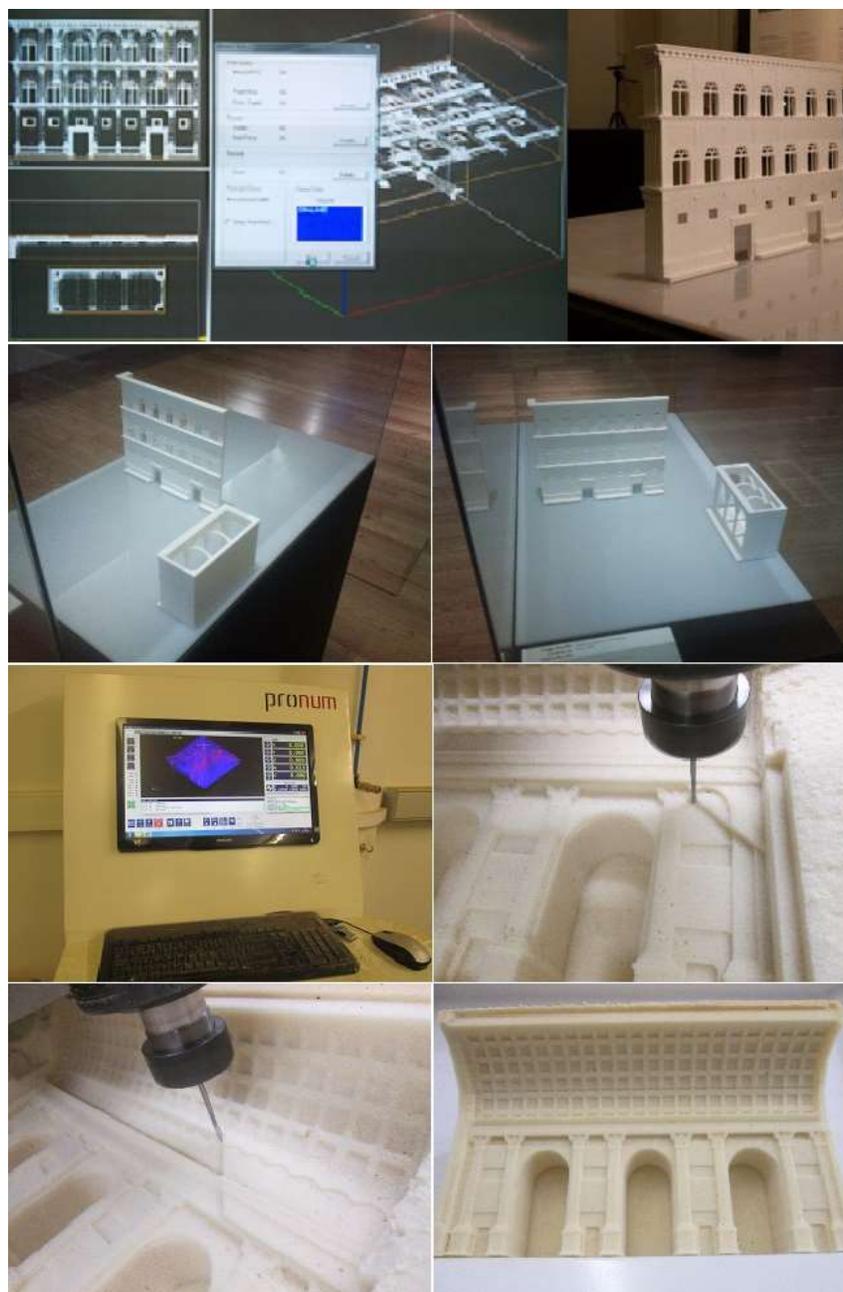


Figura 74. Modelo da fachada do palácio Rucellai fabricado com impressora 3D e alçado lateral da igreja de Sant'Andrea fabricado com fresadora de 3 eixos.

4.6 - Conclusões

No capítulo que agora termina foi mostrado o processo de implementação de duas diferentes gramáticas, a gramática da forma da fachada do Palácio *Rucellai*, em Florença, e a gramática da forma do alçado lateral da nave central da igreja de *Sant`Andrea* em Mântua.

Como mencionado anteriormente as duas gramáticas partilham um conjunto de regras e de estágios muito semelhantes. Mostram-se, conseqüentemente, as especificidades de cada uma e o modo como interagem as regras na implementação nos diferentes estágios.

Mostram-se, igualmente, as transformações ocorridas em cada uma das derivações, verificando-se de modo detalhado as características e a natureza (paramétricas, topológicas e de identidade) dessas transformações e em que estágios de derivação tiveram lugar.

Estes dados serão analisados no capítulo final em conjunto com aqueles advindos da geração de dois edifícios construídos no século XVI em território português, ou seja, as gramáticas da forma do alçado lateral do Palácio *Ducale* em Vila Viçosa e a gramática da forma da fachada longitudinal da nave central da igreja de *São Vicente de Fora* em Lisboa, que serão tratadas no próximo capítulo.

5 - Da gramática de Alberti à Gramática da Forma da Arquitectura Renascentista e do Período da Contra-Reforma Portuguesa

5.1 - Introdução

Tal como o anterior, este capítulo é dedicado à apresentação de duas gramáticas da forma.

A primeira referente ao palácio *Ducal* em Vila Viçosa.

A segunda ao alçado lateral da nave central da igreja de *São Vicente de Fora* em Lisboa.

As regras das gramáticas em parte advêm do tratado *Da Arte Edificatória* como acontece com as gramáticas da fachada do palácio *Rucellai* e do alçado lateral central da igreja de *Sant`Andrea*.

Utiliza-se (tal como nas gramáticas do capítulo anterior) um conjunto de regras próprias. Estas regras são muito semelhantes entre si como iremos ver ao longo do capítulo.

De notar que foi utilizada uma técnica de engenharia inversa, referido no capítulo 2, para efectuar o levantamento através de um TLS dos dois edifícios em análise.

Daremos enfoque às transformações verificadas nas regras aplicadas de modo a conseguir gerar os edifícios pretendidos cruzando posteriormente esses dados com aqueles do capítulo anterior.

5.2 - Do *corpus* e da Formalização das Regras

A ornamentação existente nestes dois edifícios justificou a tomada da decisão de construir as gramáticas apresentadas neste capítulo.

Para a construção destas gramáticas em seguida desenvolvidas, foram realizados os levantamentos da fachada do palácio *Ducal* e da igreja de *São Vicente de Fora* - centrado neste caso no seu interior - utilizando uma técnica TLS onde foi produzido um conjunto de 6 nuvens de pontos, no caso do palácio,

e um conjunto de 28 nuvens de pontos, no caso da igreja, que foram alinhadas e posteriormente processadas em MeshLab de modo a produzir uma modelo com superfícies *Mesh*.

Este TLS aplicada à técnica de engenharia inversa foi o método que melhor se adequou no sentido de extrair informação directamente de um edifício real, de modo a ser utilizada na construção da gramática, assegurando deste modo um conhecimento muito detalhado do *corpus* de análise. (c.f. Coutinho, 2013, pp 655-663)

A fachada do palácio *Ducal* começou a ser construída e ornamentada já a ossatura do palácio estava em edificação e fazendo a transição com o *Paço de D. Jaime*.

Neste aspecto, a experiência construtiva deste edifício é análoga à experiência construtiva do palácio *Rucellai*.

A estrutura tipológica da fase mais a sul da planta é mais próxima daquela do palácio iniciado por D. Jaime de Bragança que se encontra do lado direito da fachada em mármore.

Existe um momento de transição da estrutura da planta de norte para sul sem que a mesma se verifique do mesmo modo na fachada, sugerindo-nos que houve uma adaptação do traçado e da ornamentação da fachada à planta do palácio durante o processo de construção do palácio.

De modo semelhante a *Sant'Andrea*, a obra de *São Vicente de Fora* é levada a cabo num processo de substituição da igreja existente no local.

Neste caso a execução da obra teve início no transepto construindo-se primeiro o altar, tendo-se de seguida avançando em direcção à fachada principal onde está situada a entrada.

Não havendo provas definitivas sobre a autoria do projecto, sabe-se que foram vários os intervenientes em fases distintas neste processo, nomeadamente Juan de Herrera, Filipe Terzi e Baltazar Alvarez, este como arquitecto residente.

Do ponto de vista organizativo a nave principal é composta de abóbada de berço, 3 capelas laterais com capelas intercomunicantes.

Apresenta ornamentação com pilastras de base dórica, fuste liso e capitel de variação coríntia e entablamento dórico.

As gramáticas da forma apresentadas são na sua organização muito semelhantes às duas gramáticas apresentadas no capítulo 4, com algumas alterações de modo a adaptar estas gramáticas às especificidades dos edifícios em apreço.

Assim, as transformações das gramáticas foram sobretudo nas condições e nas descrições das regras e descrições, como nas regras do estágio 2 da gramática da fachada do palácio *Ducal* onde foi efectuada a alteração da expressão matemática e a inserção de um novo conjunto de portas.

Elencam-se as transformações destas novas gramáticas, relativamente à gramática do tratado, de modo a perfazerem uma gramática coerente e com a capacidade generativa de reproduzir os edifícios pretendidos.

5.3 - Gramática da Forma da Fachada do Palácio *Ducal* de Vila Viçosa

A gramática da forma da fachada do palácio *Ducal* será implementada com uma sequência de estágios semelhante às do palácio *Rucellai* e que pode ser vista no Diagrama 7.

Esta gramática da forma apresenta os seguintes estágios:

Estágio 1 - Conjunto de regras que reconhecem secções de uma planta e de um corte. A gramática deste estágio é uma gramática paralela aplicada simultaneamente em dois planos: horizontal e vertical.

Estágio 2 - É aplicada uma meta-estrutura com eixos e pontos de inserção de elementos das gramáticas de colocação de janelas e do sistema da coluna. Estes eixos de inserção do ornamento são independentes da estrutura interna do edifício.

Estágio 3 – Colocação de janelas. Diferentes janelas são geradas referentes aos 3 pisos do edifício.

Estágio 4 – Regras do intercolúnio. Especificamente neste caso na regra das colunas adossadas, são dadas as definições da pilastra e aplicadas as regras da descrição que transformam colunas de base circular em pilastra.

Estágio 5 – Inserção dos elementos do sistema da coluna. Os géneros existentes na fachada são o dórico, jónico e coríntio. O piso ático não é considerado nesta gramática.

Natureza das Regras Aplicadas nos Estágios.

As gramáticas contêm 3 categorias de regras que entre si possuem propriedades semelhantes.

Essas categorias são referentes à escala de informação que cada uma processa, ou seja:

Escala *grande*, isto é, regras de reconhecimento, eixos e pontos de inserção futura do sistema da coluna aplicadas nos estágios 1, 2 e 3;

Escala *média* referente às janelas e aos elementos do conjunto do sistema da coluna, ou seja, coluna completa com diferentes combinações de bases, fustes, capitéis e entablamentos a aplicar nos estágios 4 e 5;

Escala *pequena* ou de *pormenorização* relativa aos elementos e subelementos da coluna, isto é, toro, escócia, folhas de acanto, volutas, córtex, entre outros elementos.

Estes aspectos verificam-se no estágio 5.

5.3.1 - Contexto



Figura 75. Foto da fachada do palácio Ducal de Vila Viçosa.

D. Jaime de Bragança (1479-1532) após as suas expedições vitoriosas em Azamor (1513), no norte de África, manda erguer o paço em Vila Viçosa de modo a substituir como sua residência aquela, que ocupava no castelo da vila, de má recordação.

Tinha sido a residência de seu pai D Fernando II 3º Duque de Bragança, executado por decapitação em Évora, por ordem de D. João II, à qual assistiu. Após este episódio a família exila-se em Castela regressando, a mando de D. Manuel I, à posse dos seus títulos e propriedades no reino.

A obra do palácio tem início a norte no corpo designado informalmente por *Paço de D. Jaime* onde se situam a capela, o claustro e a armaria com ligação ao reguengo. Este conjunto foi claramente aquele inicial e pode ser visto na Figura 76 realçando-se a fachada (em reboco pintado de branco) perpendicular à fachada do palácio com placagem de mármore.

A construção do palácio verifica-se após esta primeira construção, sendo que é provável que a sua planificação *ao romano* (e posterior construção das “casas

novas” em direcção a sul medindo cerca de 110 m de comprimento) possa ter sido a mando de D. Jaime.



Figura 76. Foto da fachada do palácio Ducal de Vila Viçosa. Fonte Dr. Tiago Salgueiro, Fundação Casa de Bragança.

A primeira fase da construção da fachada de mármore compreende somente os primeiros 11 tramos com início a norte, o piso térreo e o primeiro piso.

A continuação do resto dos 13 tramos em direcção ao *Convento das Chagas* é então contemporânea a D. Teodósio I (1505-1563), sendo o período provável de execução da fachada entre 1532 e 1537.

A conclusão do piso superior é posterior a este período. Quanto à autoria do desenho é provável o envolvimento de Nicolau de Frias (n.d-1610) que terá acompanhado D. Sebastião a Alcácer Quibir (1578) e aí encontrado Filipe Terzi, que o substituirá como arquitecto régio (1597). (Viterbo, 1988)

Mais tarde D. Teodósio I dá a Pero Vaz Pereira, formado em Roma a continuação da construção da fachada conjuntamente como Manuel Pereira Alvenéo. (c,f, Teixeira, 1997, pp 10-13)

De notar que em 1531 a corte está em Évora onde residem o humanista André

de Resende (cerca de 1500-1573) e o escultor Nicolau de *Chanterene* (1470-1551) e o seu aprendiz Francisco de Hollanda (1517-1585), bem como o arquitecto Francisco de Arruda (n.d.-1547).

D. Teodósio I encontra assim um ambiente envolto de interesses artísticos de referência humanista. O manual “Il Cortegiano” de Baldassarre Castiglione publicado em 1528 é o novo código de conduta da nobreza. Estes contêm o modelo de urbanidade da época “O palácio fora de cidade” de Urbino. Outra referência de assinalar é a do humanista Cataldo Sículo (1455-1517). (Ramalho, 1997)

Por outro lado, D. Teodósio I teria contacto com aquilo que se estava construindo. O casamento de sua irmã D. Isabel com o Infante D. Duarte em 1537 revelou uma oportunidade para dar continuidade à construção do palácio *Ducal* de Vila Viçosa, apostar em definitivo num desenho culto, *ao romano*.

Vila Viçosa tem as características de um projecto unitário, como um cenário de construções, tal como uma casa que é composta de diferentes divisões, acesso e corredores de ligações, onde a Vila, bem como o seu palácio, podem ser vistos como um meio de propaganda da família com ambições políticas de acensão ao trono.

O palácio é composto por um piso térreo ornamentado por pilastras com pedestal, base dórica, fuste liso e capitel dórico e entablamento dórico. No primeiro piso pilastra com pedestal, base dórica (sem toro superior), fuste liso e capitel jónico e entablamento dórico.

O segundo piso é composto por pilastra com pedestal, base dórica (sem toro superior), fuste liso e capitel coríntio e entablamento dórico. Este piso é datado de cerca de 1601.

Finalmente um último conjunto num terceiro piso, (o palácio tem um piso ático recuado no último piso)ou, como é informalmente conhecido, a alfaiataria. Este elemento, embora não representado pela gramática apresenta pilastra com um fuste liso e entablamento dórico.

Quanto às janelas elas são misuladas no piso térreo, com frontão triangular no primeiro piso e frontão curvo no seguinte.

Além das placagens da fachada em mármore designado por Azul Lagoa, proveniente da Vila de Pardais no sudoeste alentejano (flanco SW do anticlinal de Estremoz-Borba-Vila Viçosa), as paredes são em alvenaria de tijolo.(c, f, Moreira, 1997, pp 51)

Enquanto a maioria das casas senhoriais de Espanha estavam mais receptivas aos modelos vindos de Itália, a portuguesa estava também aberta às novidades vindas do ultramar.

A importância do “modelo” da casa de *Medina Sidónia* na casa de Bragança é assinalável (D. Jaime passou os anos iniciais da sua vida nesta cidade tendo casado com D. Leonor de Mendoza).

Outro elemento construído pela família Bragança, que é necessário mencionar, é o Castelo de *Évora Monte* atribuível a Francisco de Arruda. (c, f, Teixeira, 1997, pp 8) Este castelo segue a tipologia do castelo de *Chambord* propriedade de Francisco I de França mandado projectar pelos Duques de Milão a Leonardo Da Vinci evidenciando o conhecimento por parte da família Bragança do saber Renascentista.

Outro indício do conhecimento dos modelos teóricos italianos da época está patente na construção da *Fortaleza Nova* (1537) como “castelo artilheiro” de planta quadrada com torres nos ângulos opostos e perfil semi enterrado, merlões de secção hiperbólica de acordo com os estudos de Da Vinci.

De notar igualmente a provável presença de Benedetto de Ravenna, engenheiro responsável pelo projecto de Mazagão (a igreja matriz de *Nossa Senhora da Assunção* desta cidade tem planta de nave única e capelas laterais seguindo o modelo de *Sant`Andrea*) e que, de acordo com Rafael Moreira, terá estado em Rimini e Mântua.(c,f, Moreira, 1997, pp 48-53)

5.3.2 - Regras e Estágios

De seguida são apresentadas as regras que, aplicadas de acordo com os estágios associados, podem gerar a fachada do palácio *Ducafo* qual a Figura

77alude e que representa um conjunto de planta, corte e no topo um modelo de nuvens de pontos.

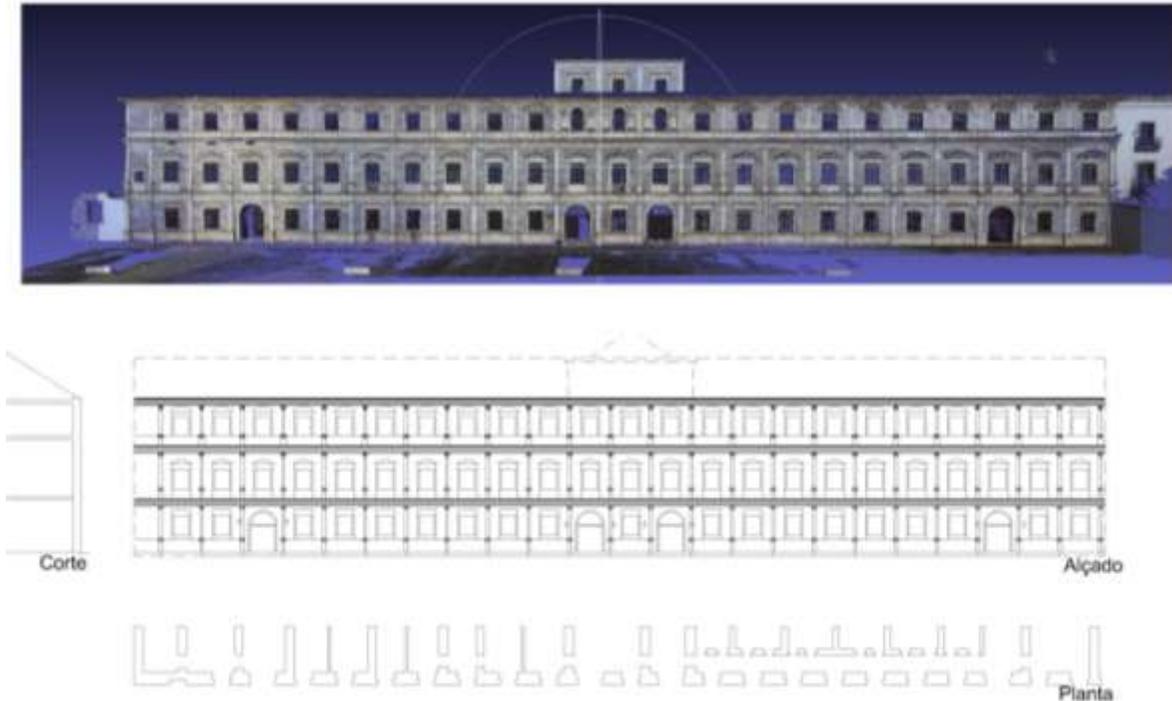


Figura 77. Corpus em análise. Conjunto de planta, alçado, corte e modelo de nuvem de pontos do palácio Ducal de Vila Viçosa.

Assim, cada estágio é formado por um conjunto de regras que se apresentam de modo sequencial. Visto algumas regras serem iguais às apresentadas no capítulo anterior, sempre que tal se verifique, referenciar-se-á a imagem da mesma.

No estágio 1, a gramática insere um conjunto de elementos de modo a constituir eixos da estrutura do edifício referente às suas paredes estruturais internas e externas, e às lajes de piso após o reconhecimento de uma planta e um corte. Ver Figura 78.

Esta gramática gera dois marcadores: o marcador A referente a um vértice da fachada do edifício e um ponto P referente a uma porta dada como ponto gerador da fachada. O ponto A é um extremo da fachada enquanto o ponto P

pertence à porta inicial da fachada (ver Figura 79), considerando que todas as outras portas foram construídas posteriormente.

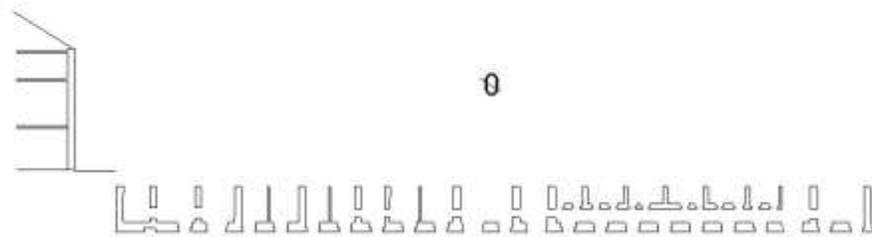


Figura 78. Conjunto de corte e planta que ao ser reconhecido inicia a aplicação da gramática.

Estágio 2

Tal como na gramática da meta-estrutura, presente nas Figuras 57 a 60, a aplicar no estágio 2 é constituída por um conjunto de eixos e marcadores de inserção de elementos da fachada constantes nas regras a aplicar nos próximos estágios.

A regra 2 contém a descrição dos parâmetros w = largura do intercolúnio; w_c = largura da coluna e L = módulo da fachada, sendo D = diâmetro coluna. Estes parâmetros têm as condições: $w_c = D + 1/4D = 5/4D$; $w_{cdor} = 13/12D$; $w_{cjon} = 8/9D$; $w_{ccor} = 10/7D$, sendo $w_{ic} < w_c$.

Sabendo que $w = w_{ic} + w_c$ e $w' = w + 1/4w_c$ temos então a equação $L = 1/2w' + n*w + 1/2w_c$ que define o modo e a relação paramétrica de colocação dos eixos e marcadores a utilizar no estágio seguinte.

As regras compreendem igualmente uma descrição semelhante à utilizada na regra 2, ou seja, $R2vp: <1/2pisso> \rightarrow <pd; bd>$ significando que onde é reconhecida meia porta (resultante da inserção desta no ponto P), é colocado um eixo com os pontos pd (ou seja, pedestal dórico) e bd (base dórica).

Este conjunto de regras absorve informação decorrente das regras 1 ic piso e 2 ic piso que estabelecem a altura das colunatas quando utilizadas em pisos diferentes e que podem ser vistas nas Figuras 79 a 83.

Estas regras são semelhantes às regras apresentadas para o palácio *Rucellai* com já referido no capítulo anterior.

No entanto, na regra 2 é utilizado um pedestal <pd> e na regra 4 do palácio *Ducal* verifica-se uma alteração relativamente à regra 4 da gramática do palácio *Rucellai*, pois esta regra insere um capitel jónico <cj> e não uma variação do capitel coríntio <cc1>.

Ou seja a descrição é tal que R4vp: <cd>→<cd, cj>

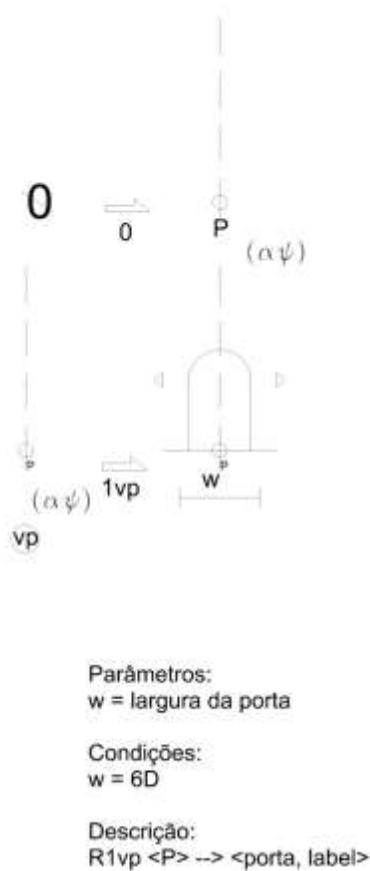
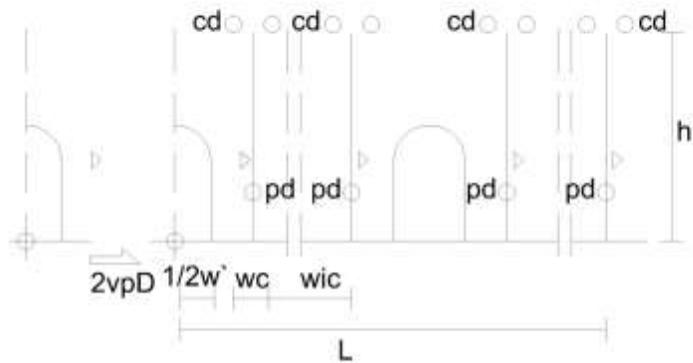


Figura 79. Regras utilizadas no estágio 2 para inserir uma meta estrutura.



Parâmetros:

w_{ic} = largura do intercolunio

w_c = largura da coluna

L_1 = módulo de fachada

D = diâmetro da coluna

Condições:

$w_c = D + \frac{1}{4}D = \frac{5}{4}D$;

[$w_{cdor} = 11D$; $w_{cjon} = \frac{27}{2}D$; $w_{ccor} = 10D$]

$w_{ic} < w_c$

$r \geq \frac{1}{2}w_c$

Funções:

$w = w_c + w_{ic}$

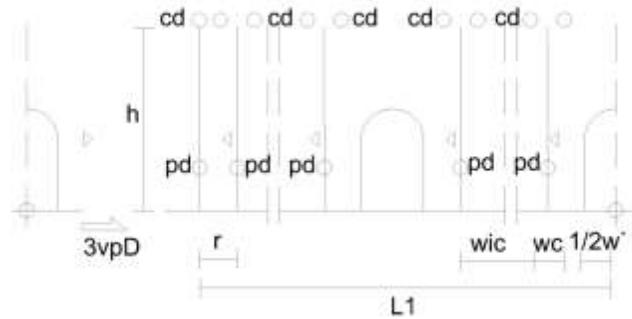
$w' = w + \frac{1}{4}w_c$

$L = \frac{1}{2}w' + w' + \kappa \cdot w$

Descrição:

R2vp: $\langle \frac{1}{2} \text{pisso} \rangle \rightarrow \langle \text{pd}; \text{cd}; r \rangle$

Figura 80. Regras utilizadas no estágio 2 para inserir uma meta estrutura em direcção à direita.



Parâmetros:

wic = largura do intercolunio

wc = largura coluna

$L1$ = módulo da fachada

r = resto do módulo da fachada

D = diametro coluna

Condições:

$wc = D + 1/4D = 5/4D$;

$[wcdor=11D; wcjon=27/2D; wccor=10D]$

$wic < wc$

$r \geq 1/2wc$

Funções:

$w = wc + wic$

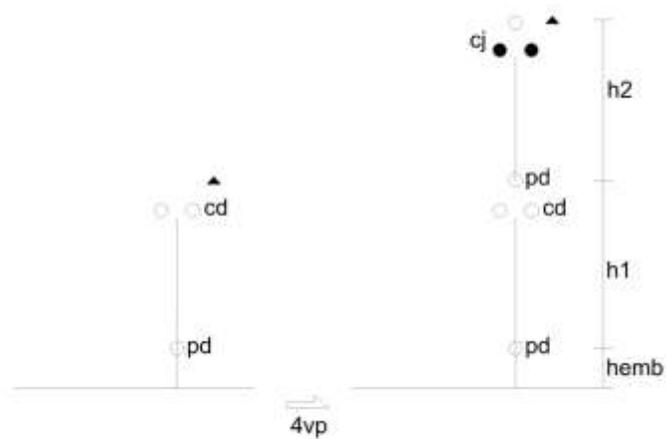
$w' = w + 1/4wc$

$L1 = 1/2w' + w' + \kappa * w + r$

Descrição

R3vp: $\langle 1/2\text{piso} \rangle \rightarrow \langle pd; cd; r \rangle$

Figura 81. Regras utilizadas no estágio 2 para inserir uma meta estrutura em direcção à esquerda.



Parametros:
 hemb = altura do embasamento
 h1 = altura do piso dórico
 h2 = altura do piso jônico

Condições:
 $h1 = mD; h = (h-1/4D)$
 $m(\text{Ducal}) \in \{45/4D, 11D, 43/4D\}$

Função:
 $h = mD$

Descrição:
 $R4vp: \langle cd \rangle \rightarrow \langle cd, cj \rangle$

Figura 82. Regras utilizadas no estágio 2 para inserir uma meta estrutura vertical.

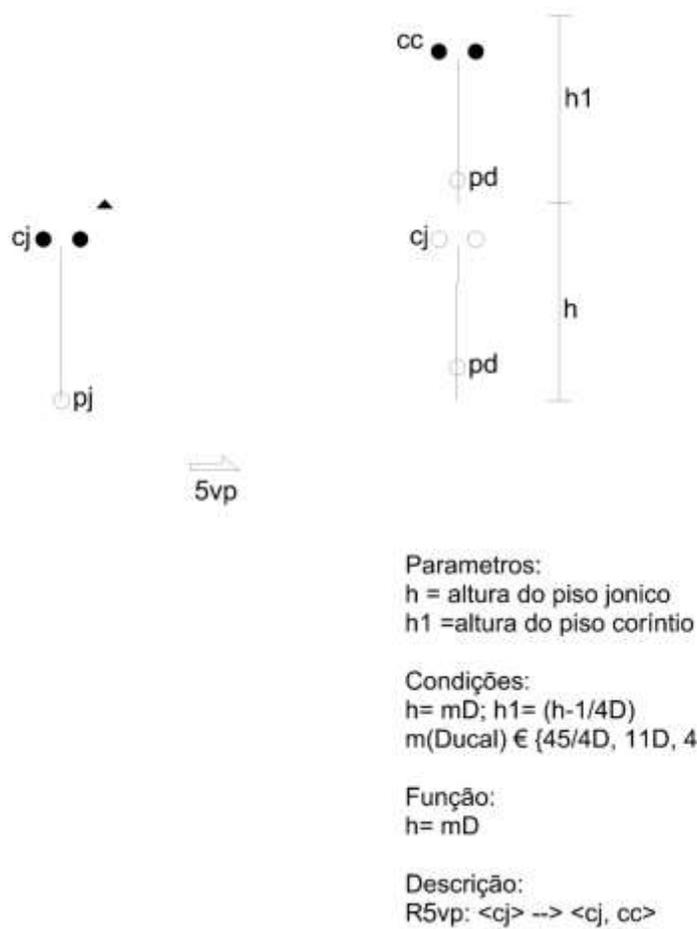


Figura 83. Regras utilizadas no estágio 2 para inserir uma meta estrutura no 3º piso

Estágio 3

As regras aplicadas no estágio 3 têm como função inserir janelas e detalhá-las. Estas regras usam os pontos de inserção criados no estágio 2 colocando um conjunto de proto-portas detalhando-as (ver regras 1jp a 4jp da Figura 61), acontecendo o mesmo para as janelas (ver regras 5jp a 10jp na Figura 62).

Estágio 4

Quanto à utilização de pilastras estas são especificadas por um conjunto de regras no estágio 4. Esta definição é relativa à gramática do intercolúnio, mais

concretamente às colunas adossadas e à colocação de colunas em fachadas de edifícios residenciais privados já mostrada na Figura 47.

Estágio 5

Finalmente, o estágio 5 reporta-se à colocação dos elementos da coluna sendo para esse efeito evocada a gramática do sistema da coluna, já mencionada no capítulo 3 anterior.

Aplica-se neste caso um pedestal em todas as pilastras dos diferentes pisos e utiliza-se um capitel jónico, perfazendo deste modo uma clara diferenciação relativamente à gramática do palácio *Rucellai*, assunto que abordaremos no próximo capítulo.

5.3.3 - Derivações

Tal como já descrito no ponto 4.2.3 do capítulo anterior, a derivação das regras da gramática da forma da fachada do palácio *Ducale* de Vila Viçosa tem início quando é reconhecido um conjunto de corte e planta.

Estes elementos desenhados contêm sub-elementos aos quais as regras poderão ser aplicadas.

A Figura 84 é relativa à aplicação das diferentes regras já anteriormente elencadas e que têm um comportamento semelhante à gramática da fachada do palácio *Rucellai*.

A primeira regra (1p st), referente à estrutura, aplica uma linha de terra e dois eixos de contenção da fachada colocando um ponto A nas suas intercepções e que será utilizado para a colocação do ponto P relativo à localização das portas.

A regra 2p st referente à estrutura coloca os eixos dos pisos.

A regra 3p st coloca o eixo da laje antecedente à cobertura.

A regra 4p st referente à espessura das lajes.

A regra 6p st e 7p st, referente à estrutura, geram as paredes exteriores e as principais paredes interiores estruturais do edifício.

A regra 8p st referente à estrutura coloca os marcadores e ponto P definidor do ponto de inserção da porta.

O estágio 1 está portanto completo estando elaborada a ossatura do edifício.

Inicia-se então o estágio 2 referente à colocação de vãos e pilastras, ou seja, a meta estrutura para colocar o ornamento.

A regra 1vp (referente a vãos e portas) coloca a configuração das portas.

A regra 2vp coloca pontos de inserção do sistema da coluna e das janelas do primeiro conjunto a ter sido edificado, aquele mais a norte, junto do *Paço de D. Jaime*. Esta regra actua ao nível do piso térreo e é aplicada sucessivamente 12 vezes.

A regra 3vp coloca pontos de inserção do sistema da coluna e das janelas no segundo conjunto a ter sido edificado, aquele mais a sul, perto do *Convento das Chagas*. Esta regra actua ao nível do piso térreo e é aplicada sucessivamente 13 vezes, 4vp e 5vp colocam pontos de inserção do sistema da coluna e das janelas no primeiro e segundo pisos e é aplicada 25 vezes. Deste modo, estamos em condições de dar como concluído o estágio 2.

Em seguida inicia-se o estágio 3.

A regra 1jp (referente a janelas e portas) detalha as portas da fachada.

As regras 2jp, 4jp e 8jp colocam uma serie de janelas diferenciadas nos pontos de inserção desenvolvidos no estágio anterior detalhando-as. Este conjunto de regras perfaz o estágio 3.

O estágio 4 reporta-se a uma regra que altera a configuração das regras do sistema da coluna para pilastras. Esta regra pertence à gramática do intercolúnio. As regras aplicadas de seguida são relativas ao sistema da coluna pertencentes ao estágio 5, isto é, às regras do pedestal <pd>, base dórica <bd>, fuste<f> e capitel dórico<cd> no piso térreo.

De seguida é aplicada o conjunto de regras referentes a pedestal <pd>,variação base dórica <bd1>, fuste<f> e capitel jónico<cj> no primeiro piso. No segundo piso, são aplicadas as regras relativas ao pedestal <pd>,variação base dórica <bd1>, fuste<f> e capitel coríntio<cc>. Uma regra final e apaga todos os marcadores e etiquetas.

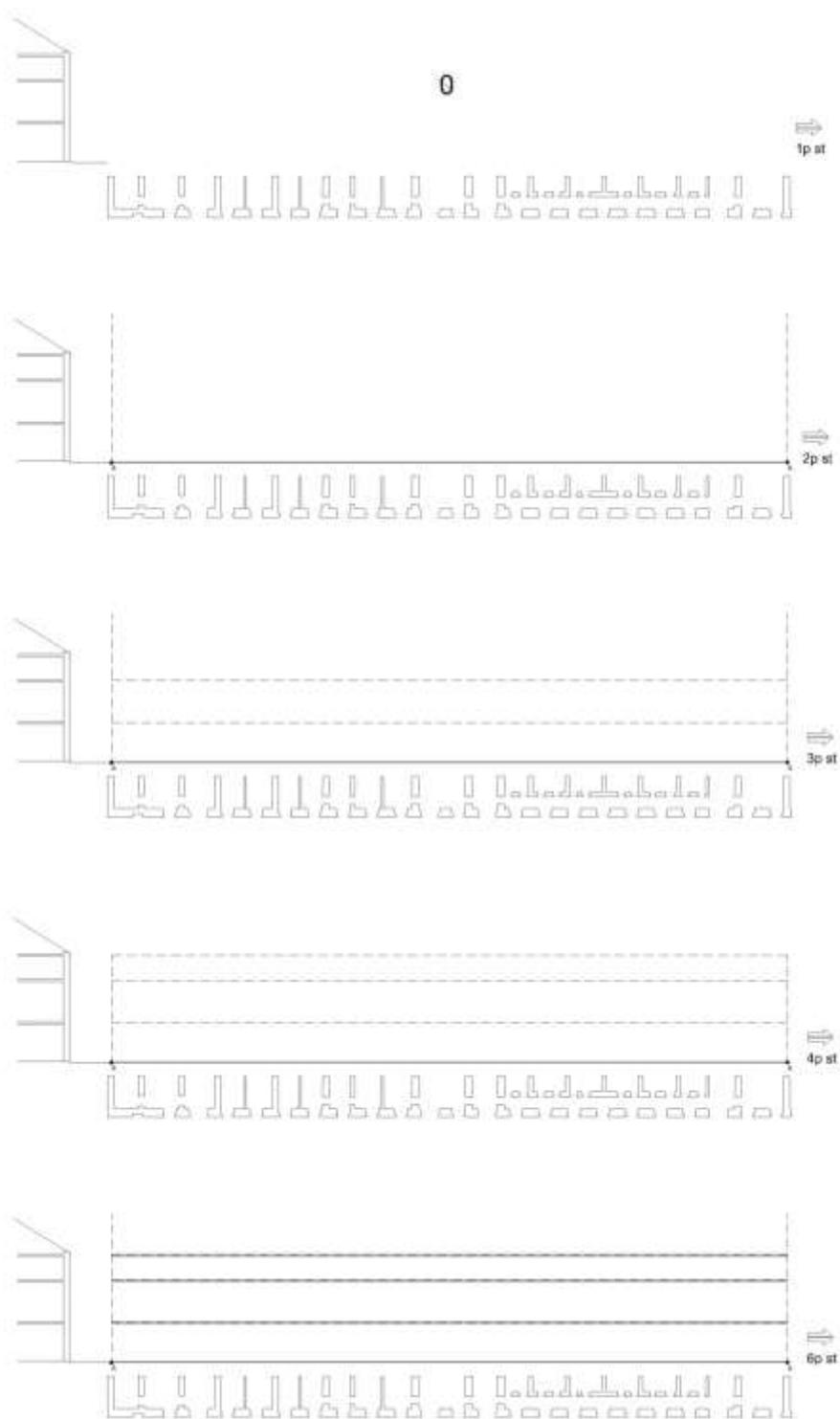


Figura 84. Derivação das regras diferentes gramáticas gerando a fachada do palácio Ducal de Vila Viçosa.

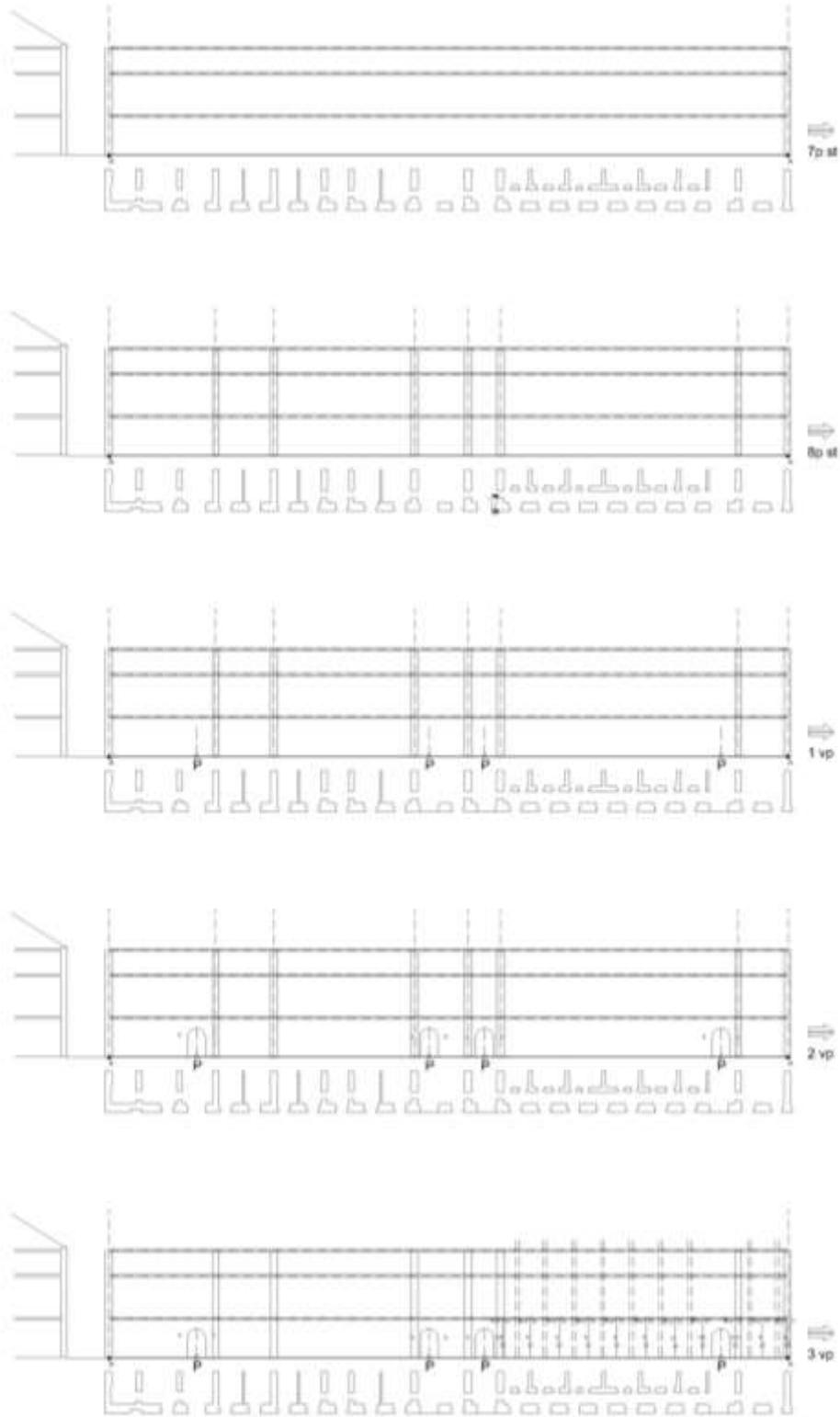


Figura 84 (Cont.). Derivação das regras diferentes gramáticas gerando a fachada do palácio Ducal de Vila Viçosa.

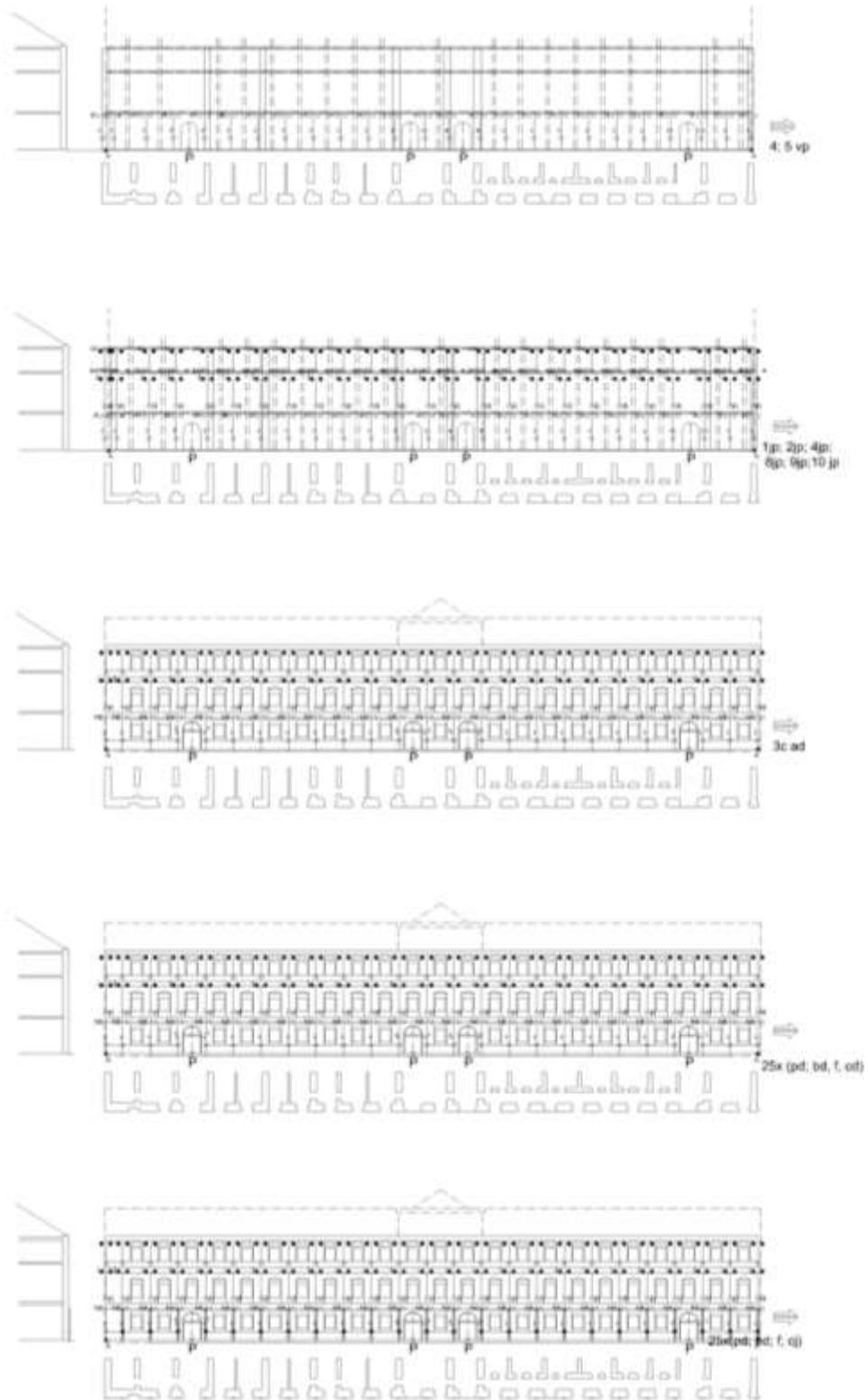


Figura 84 (Cont.). Derivação das regras das diferentes gramáticas gerando a fachada do palácio Ducal de Vila Viçosa.

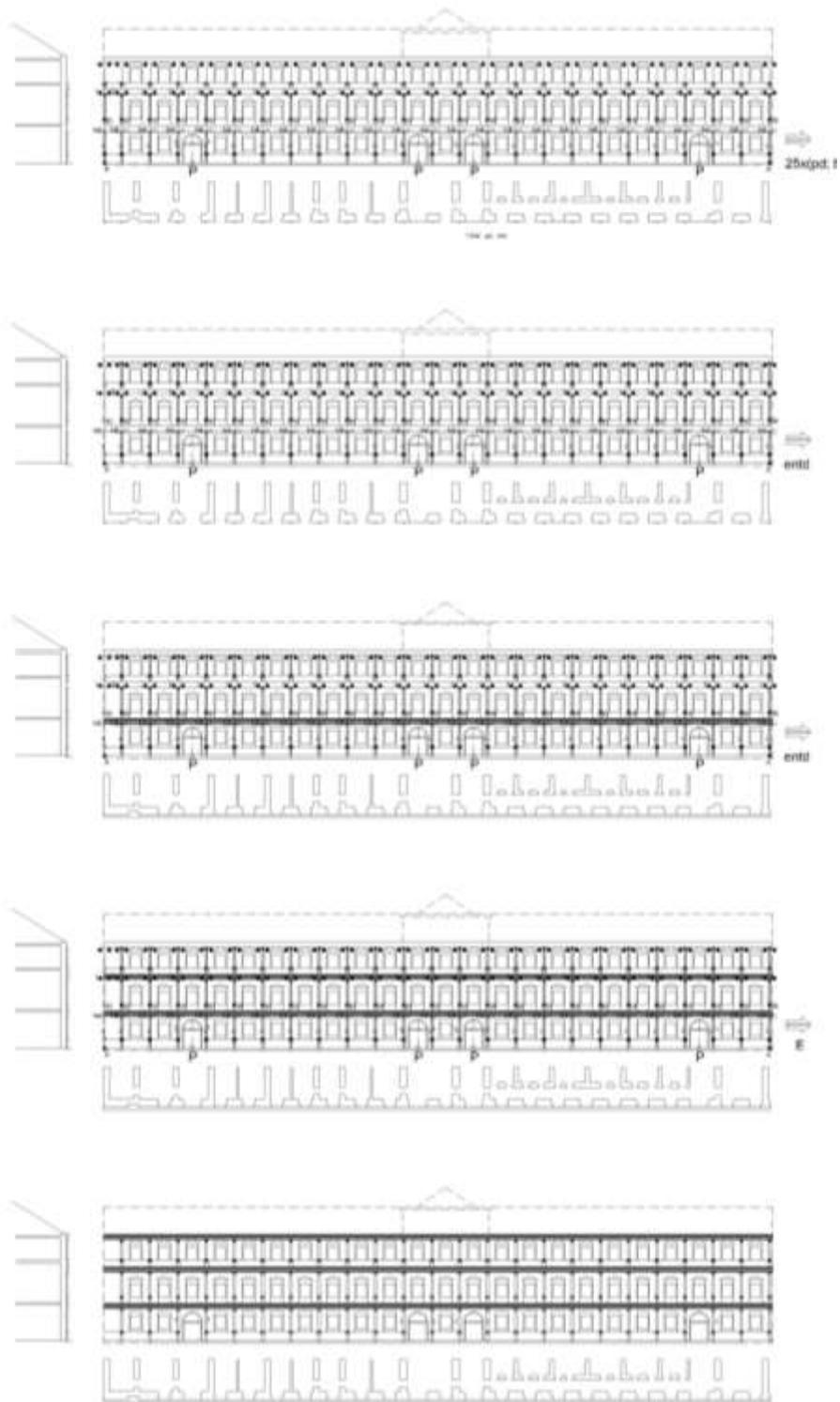


Figura 84 (Cont.). Derivação das regras diferentes gramáticas gerando a fachada do palácio Ducal de Vila Viçosa.

5.3.4 - Transformações

Nesta última gramática verificou-se um conjunto de transformações necessárias das regras do tratado de modo a conseguir gerar o *corpus* pretendido.

No estágio 2 as regras 1ic piso e 2ic piso são referentes à altura das colunatas quando utilizadas em pisos diferentes.

Os valores especificados nas regras acima mencionadas implicam que as proporções da fachada do palácio devem variar do seguinte modo: tomando a altura da coluna do piso térreo h , dar-se-á $1/4$ dessa altura à altura do entablamento ($h_{ent} = 1/4h$); quanto à altura da coluna do 1º piso dar-se-á altura da coluna localizada em baixo desta menos $1/4$ ($h_1 = h - 1/4h$), quanto ao entablamento do primeiro piso dar-se-á $1/4$ da altura da coluna desse piso ($h_{ent1} = 1/4h_1$).

Finalmente, no piso acima deste dar-se-á a altura da coluna do primeiro piso menos $1/5$ da sua altura ($h_2 = h_1 - 1/5h_1$). Quanto ao entablamento dar-se-á $1/4$ da altura da respectiva coluna ($h_{ent 2} = 1/4h_2$).

Um alçado executado com estas proporções pode ser visto na parte de cima da Figura 85.

As proporções encontradas no edifício existente são uma derivação destas, ou seja: a coluna do 1º piso tem de altura do piso térreo menos $1/8$, ou seja ($h_1 = h - 1/8h$).

O entablamento do piso 1 tem cerca de $(1/4h_1 + 1/5h_1) = 9/20D$ de altura.

No piso 2 a regra aplicada para encontrar a altura da coluna é $4/6$ de h_2 , dando $1/6$ de h_2 ao entablamento do piso 2.

Quanto ao intercolúnio do piso térreo temos uma proporção de 9 de altura por 8 de largura não estando esta proporção dentro das definidas pelo tratado de Alberti. Estas regras tiveram de ser alteradas através de uma variação paramétrica na altura das colunas da fachada como se pode verificar nos dois alçados presentes na Figura 85.

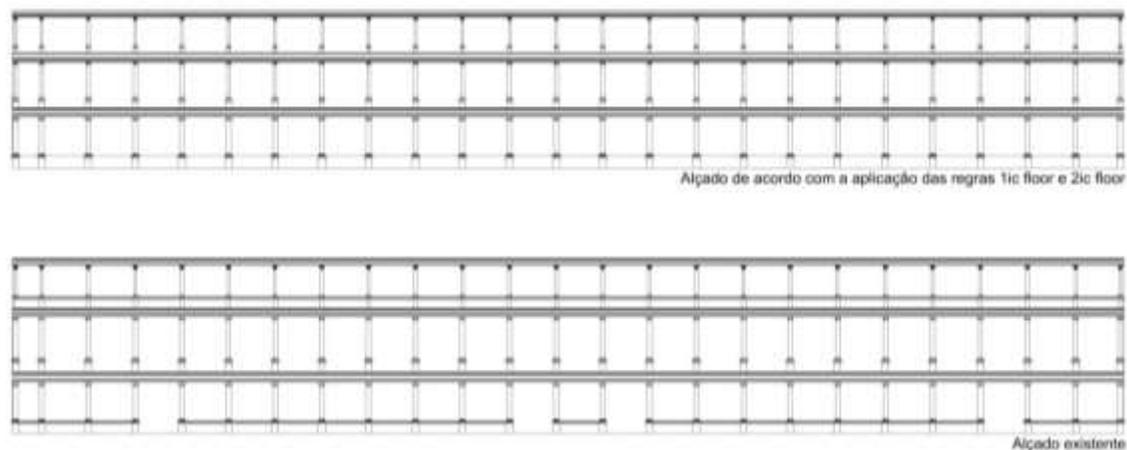


Figura 85. Comparação dos alçados aplicando as regras do intercolúnio (R1 ic floor e R2 ic floor).

No estágio 3 verificou-se a geração de novas janelas e portas.

As janelas existentes no palácio *Ducal* têm as suas especificidades, nomeadamente, o ornamento dos frontões já especificados no conjunto das regras jp referentes ao estágio 3 relativamente a portas e janelas (ver regras 1jp a 4jp da Figura 62), e ao detalhe das janelas (ver regras 5jp a 10jp Figura 63).

No estágio 4 não há transformação da espessura das pilastras como pode ser visto na Figura 86.

De acordo com o tratado esta espessura deverá ser $1/4D$ (sendo D o diâmetro da projecção do imoscapo). Na fachada do palácio *Ducal* esta espessura é verificada.

As transformações verificadas nestes estágios são de escala média.

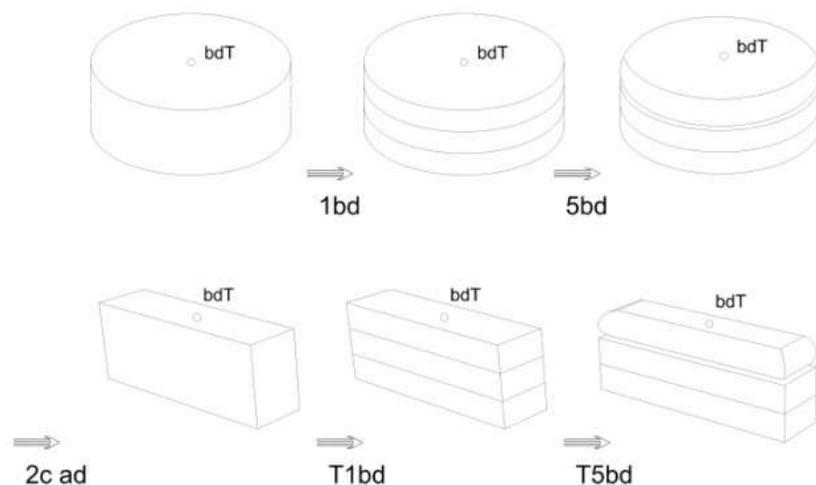


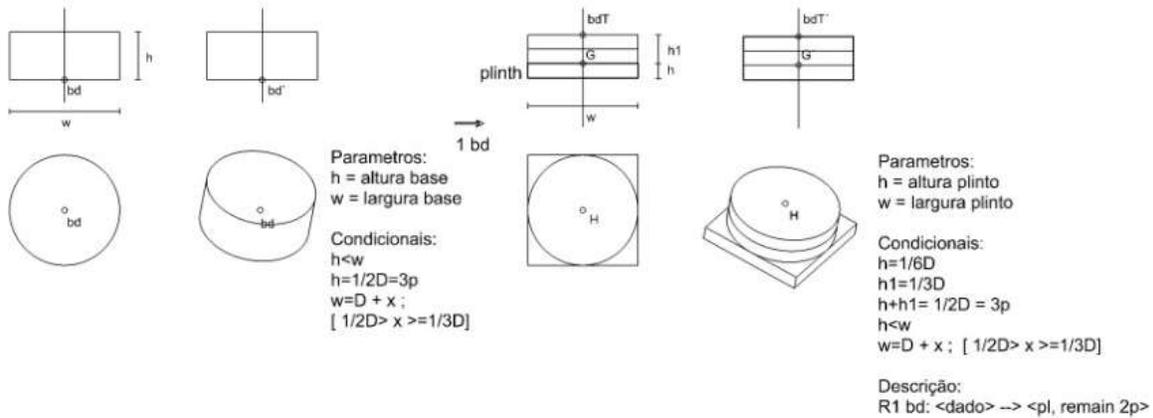
Figura 86. Aplicação da regra 2c ad, transformando a planta circular em rectangular e gerando uma pilastra.

No estágio 5 verificam-se várias transformações paramétricas.

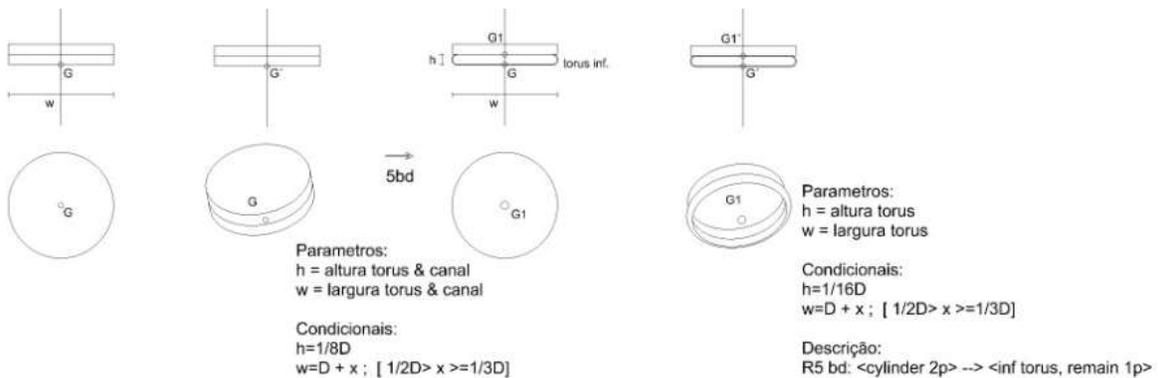
No piso térreo a base tem uma alteração na dimensão do toro superior.

No piso 1 a base dórica só tem um toro sendo anulado o toro superior. Figura 87.

O capitel jónico contém um elemento adicionado, uma faixa entre o colarinho e a taça como pode ser visto na Figura 88.



Todo o cálculo das medidas foi deduzido a partir do diâmetro da extremidade inferior I da coluna; e foram os Dórios que, no princípio, assim as instituíram. Com efeito, deram à altura da base metade do diâmetro da extremidade inferior da coluna; nessa base quiseram que todos os lados do plinto tivessem de largura a medida do diâmetro completo da extremidade inferior da coluna e mais uma parte do mesmo diâmetro, não superior a metade, nem inferior a um terço. LIVRO VII, CAPÍTULO VII, pp 450



...das quais atribuíram a inferior ao toro inferior e vazaram a superior para a Escócia que está comprimida entre ambos os toros. LIVRO VII, CAPÍTULO VII, pp 451

Figura 87. Conjunto de regras da base dórica definidas no tratado e as mesmas regras transformadas.

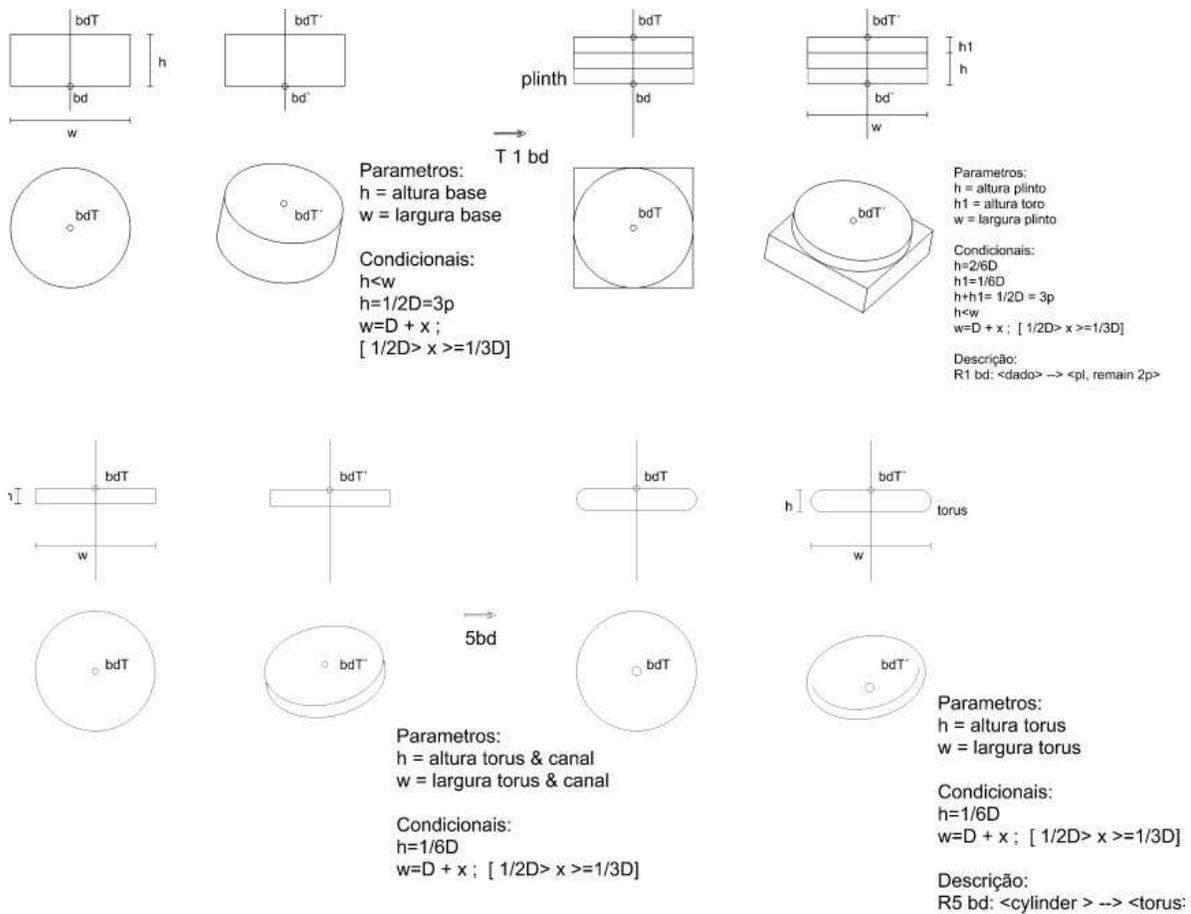


Figura 87 (cont.). Conjunto de regras da base dórica definidas no tratado e as mesmas regras transformadas.

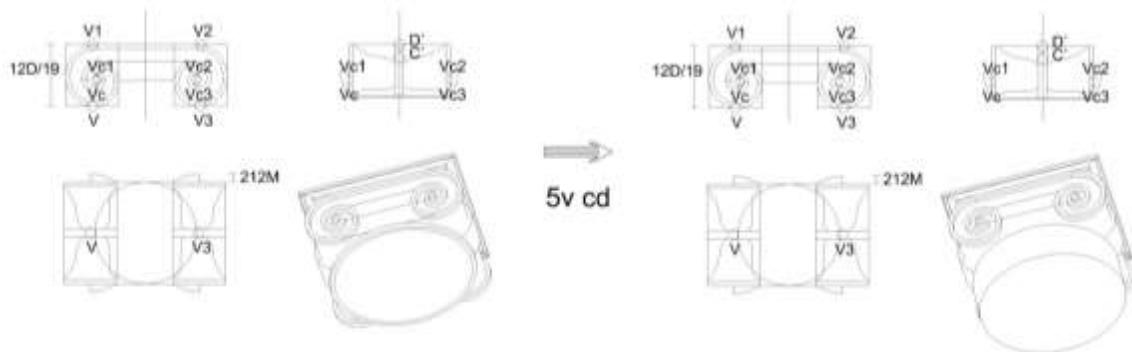


Figura 88. Regra da base dórica adicionada às regras do capitel jónico gerando o capitel jónico presente na fachada do palácio ducal.

No piso 2 a base dórica só tem um toros sendo anulado o toro superior como na coluna anterior.

O capitel coríntio do segundo piso, é formado por três folhas de acanto que se estendem nos dois lados e no centro do cesto do capitel Figura89.

Estas transformações são de escala pequena.

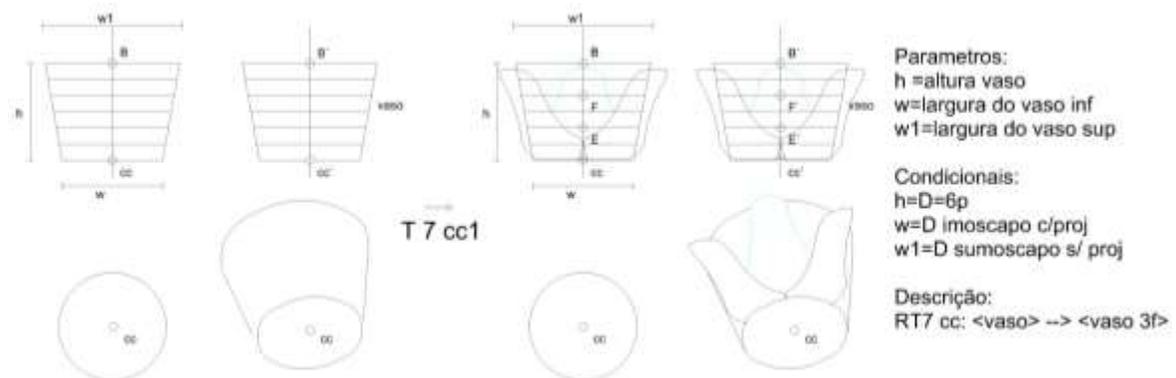


Figura 89. Regra do capitel coríntio transformada gerando o capitel coríntio semelhante ao presente na fachada do palácio Ducal.

Algumas das transformações mencionadas neste capítulo podem ser verificadas de modo mais sistemático na Tabela 5 relativos às proporções genéricas da fachada do palácio.

	Dórica	Jónica	Coríntia
Entablamento	circa 2D	circa 2D	circa 2D
Capitel	circa 3/4D	1D	1D
Fuste	7*3/4D	circa 10	circa 6*1/2D
Base	1/2D	1/2D	1/2D
Pedestal	Circa 2D	Circa 2D	Circa 2D
Intercolunio	11D+1/2D=23/2D		

Tabela 5. Proporções da fachada do palácio Ducal de Vila Viçosa.

5.4 - Gramática da Forma do Alçado Lateral da Nave Central da Igreja de São Vicente de Fora em Lisboa.

Do mesmo modo que desenvolvemos a gramática da fachada do palácio Ducal, também esta gramática será aplicada em diferentes estágios.

Como já verificado no *Diagrama 2 do capítulo anterior*, os estágios da gramática do alçado lateral da nave central da igreja de São Vicente de Fora está dividida nos seguintes estágios:

Estágio 1 - Dedicado ao conjunto de 5 regras que permitem gerar elementos estruturais através da aplicação das regras, tanto em relação à planta como ao corte fornecido. Esta gramática funciona como uma gramática paralela tanto no plano vertical como no plano horizontal.

Estágio 2 - Neste estágio é aplicado um conjunto de regras gerando uma meta estrutura no plano vertical. São inseridos elementos como eixos de pilastra e pontos de inserção usados nos estágios 3 e 4.

Estágio 3 - São aplicadas as regras do intercolúnio definidoras das especificidades das pilastras. Tal como na gramática do alçado lateral da nave central da igreja de *São Vicente de Fora* é dada a secção em corte da abóbada de berço.

Esta, no entanto, não será alvo de detalhe pois o tratado *Da Arte Edificatória* não define o desenho destes elementos.

Estágio 4 - Estágio dedicado à inserção do sistema da coluna, nomeadamente à pilastra de base dórica, ao fuste liso, ao capitel coríntio e ao entablamento dórico.

5.4.1 - Contexto



Imagem 90. Foto da nave central e do alto coro da igreja de São Vicente de Fora em Lisboa.

No ano de 1147 o Rei D. Afonso Henriques manda construir o mosteiro e capela de *São Vicente de Fora*. No século XVI, D. Filipe I manda-a renovar sendo provável que as mesmas foram levadas a cabo pelo arquitecto régio espanhol Juan de Herrera aquando da sua estadia em Lisboa entre 1580-1583 e que o projecto de execução terá sido elaborado por Filipe Terzi (c, f, Soromenho, 1995, pp 11-14).

Baltazar Álvares terá sido o arquitecto residente entre 1597 a 1624.

A igreja é composta por uma nave única com 3 capelas laterais, com transepto e uma capela-mor profunda. As paredes têm pilastras ornamentadas com base dórica, fuste liso e um capitel coríntio com um único nível de folhas e no centro os símbolos de São Vicente e de São Sebastião. O entablamento é dórico contendo frisos, sulcos e mútulos.

A nave principal apresenta abóbada de berço com caixotões.

A nave central tem capelas intercomunicantes e terá sido construída entre 1605 e 1629. De notar, ainda, a existência de uma cúpula no transepto que colapsou no terramoto de 1755.

A construção da igreja de *São Vicente de Fora* terá tido início na zona do transepto, a partir de uma igreja mais antiga de características românicas. (c, f, Real, 1995, pp 19-22)

A opção da nave única com capelas laterais comunicantes, retro-coro e transepto inscrito referem-se à corrente da Contra-Reforma advindas das interpretações de Carlo Borromeu.

As capelas laterais eram opções funcionais nas igrejas deste período pois permitia expandir as atividades litúrgicas, permitindo liturgias privadas nestes espaço enquanto se celebrava missa no templo.

A fachada principal (que não é alvo do nosso estudo) é composta por janelas termas, pilastras emparelhadas em diferentes níveis, tal como em *São Pedro* em Roma ou no *Escorial* de Madrid.

No seu interior tem mísulas com tríglifos tal como as usadas por Baldessare Peruzzi de influência serliana e especificadas no seu Livro IV. Domenico e Pellegrini Tibaldi também aplicaram elementos semelhantes aos usados nos capitéis coríntios de *São Vicente de Fora*.

A atividade da construção da obra de *São Vicente de Fora* evidência um tipo de organização inovador, praticado anteriormente na obra do *Escorial* sob a direção de Juan de Herrera, e que passava de uma lógica corporativa para uma outra assente na divisão de especialidades, em que as empreitadas dão lugar a uma actividade centrada no trabalho em jornadas, de modo a tornar este mais eficiente. (c, f, Soromenho, 1995, pp 11-14)

5.4.2 - Regras e estágios

As regras aplicadas de acordo com os estágios associados à ordem de derivação podem gerar o alçado lateral da nave central da igreja de *São Vicente de Fora* à qual a Figura 91 alude e que representa o conjunto de planta e um corte e no topo um modelo de nuvem de pontos.

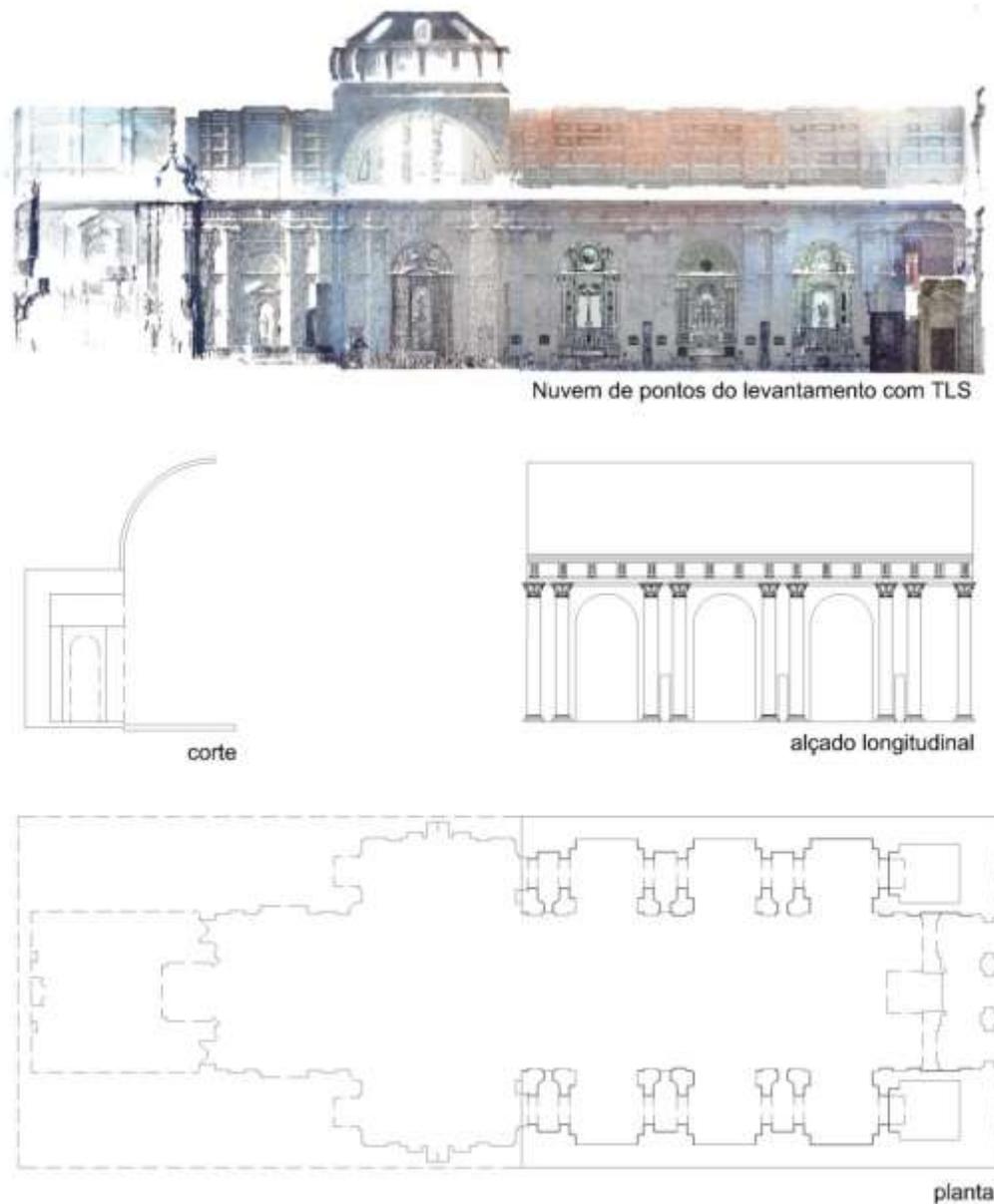


Figura 91. Conjunto de planta, alçados e corte esquemático do alçado lateral da nave central da igreja de São Vicente de Fora perfazendo o corpus de análise

Estágio 1

As regras aplicadas neste estágio, assim como em todas as outras gramáticas reconhecem dois elementos específicos fornecidos previamente, ou seja, uma planta e um corte transversal que podem ser vistos na Figura 92. A estes elementos reconhecidos serão juntos elementos no plano vertical referentes a eixos de elementos estruturantes do alçado e que serão utilizados no estágio seguinte.

As regras aplicadas neste estágio são referentes à geração dos pavimentos (regra 1nc SVF), ao tecto em abobada de berço da nave central (regra 2nc SVF), às capelas e às capelas intercomunicantes (regra 3nc SVF), aos tramos verticais do alçado lateral da nave central e de parte da porta da capela intercomunicante (regra 4nc SVF). Finalmente a abertura da capela lateral bem como um marcador A serão inseridos completando este estágio (regra 5nc SVF).

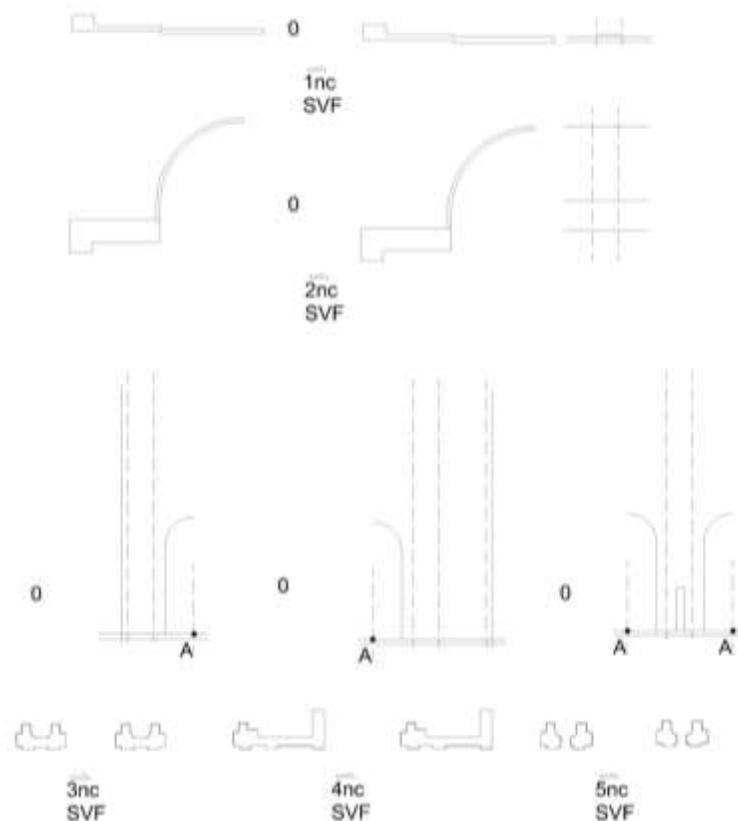


Figura 92. Conjunto de regras que reconhecem elementos de uma planta e de um corte do alçado lateral da nave central da igreja de São Vicente de Fora.

Estágio 2

Neste estágio é aplicado um conjunto de 3 regras que podem ser vistas nas Figuras 93 a 95.

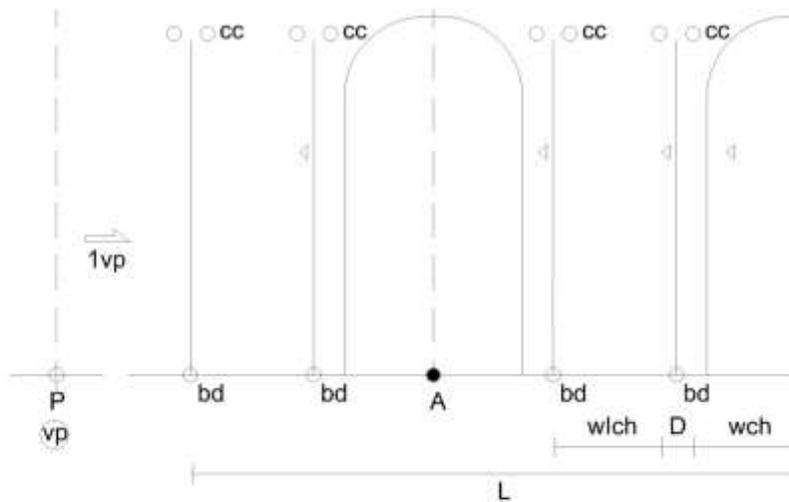
De salientar que, tal como na gramática do alçado lateral de *Sant'Andrea*, estas regras contêm expressões que definem a parametrização de desenvolvimento horizontal da fachada.

Assim, temos a regra 1vp com a expressão $L = 4D + 2wlch + 3/2wch$; tendo como parâmetros L = módulo da fachada, D = diâmetro da coluna na projecção do imoscapo, $wlch$ = intercolúnio entre capelas, wch = vão da capela. Esta expressão funciona, tal como as regras mostram, para o lado esquerdo da fachada.

A regra 2vp que tem a expressão $L = 5D + 2wlch + 3/2wch$ e partilha os mesmos parâmetros que a regra anterior. Esta regra funciona para o lado direito da fachada longitudinal da nave central da igreja.

Estas duas regras permitem manipular, no plano vertical, a distribuição da meta estrutura de modo independente aos elementos gerados no estágio anterior, dando maiores possibilidades de se obterem diferentes resultados na geração da fachada pretendida.

A regra 3vp insere marcadores relativos ao entablamento. Esta regra permite manipular a aplicação de elementos (os marcadores <entd>) no plano vertical.

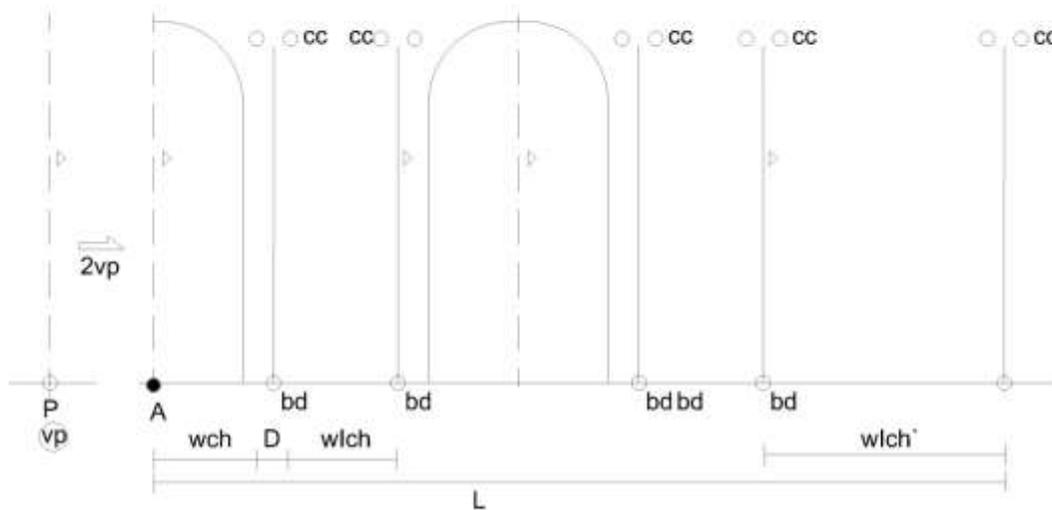


Parâmetros:
 wlch = largura do intercolunio
 wch = largura coluna
 L = módulo da fachada
 D = diametro da coluna
 p= ponto de inserção da porta

Condições:
 $wlch < wch$
 $L = 4D + 2wlch + 3/2wch$

Description:
 R1vp: <limite do alçado> --> <colunata>

Figura 93. Conjunto de regras que aplicam eixos das pilastras e marcadores dos elementos da coluna da fachada longitudinal da nave central da igreja de São Vicente de Fora.



Parâmetros:

wlch = largura do intercolunio

wlch' = largura do intercolunio do alto coro

wch = largura da coluna

L = módulo de fachada

D = diametro da coluna

p = ponto de inserção da porta

Condições:

wlch < wch

$L = 5D + 2wlch + wlch' + 13/2ch$

Description:

R2vp: <limite do alçado> --> <colunata; coluna>

Figura 94. Conjunto de regras que aplicam eixos das pilastras e marcadores dos elementos da coluna da fachada longitudinal da nave central da igreja de São Vicente de Fora no sentido da direita.

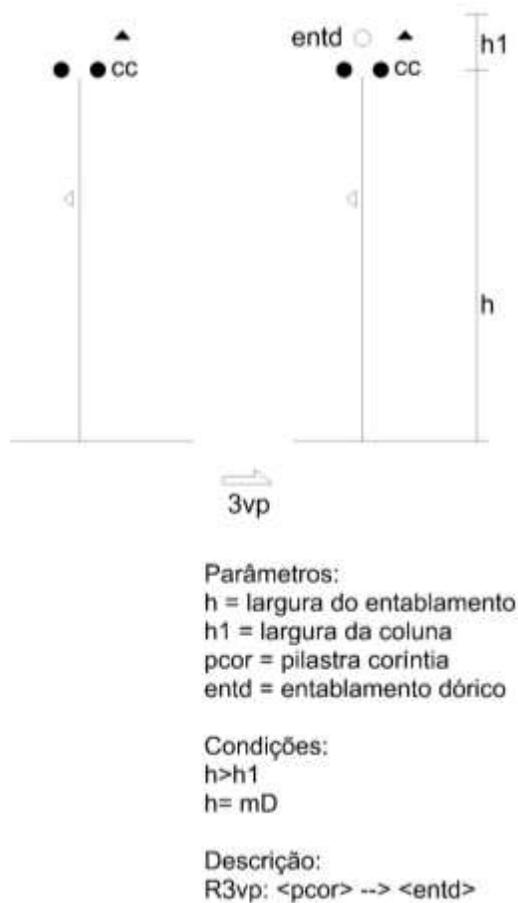


Figura 95. Conjunto de regras que aplicam eixos das pilastras e marcadores dos elementos da coluna da fachada longitudinal da nave central da igreja de São Vicente de Fora no sentido vertical

Estágio 3

A regra aplicada neste estágio pertence à gramática do intercolúnio, mais concretamente às colunas adossadas e à colocação de colunas em fachadas de edifícios residenciais privados, já mostrada na Figura 47 do capítulo 4.

Estágio 4

No estágio 4 procede-se à inserção dos elementos do sistema da coluna utilizando para esse efeito os marcadores colocados no estágio 2 sendo para esse efeito evocada a gramática do sistema da coluna, já mencionada no capítulo anterior, perfazendo-se a sistematização da coluna de acordo com

Alberti. De mencionar que este estágio corresponde ao estágio 5 da gramática da fachada do palácio *Rucellai* e do palácio *Ducal*. Mostra-se na Figura 96 um exemplo da aplicação dos elementos da coluna. Este exemplo poderá ser visto na aplicação das regras da derivação da fachada no ponto seguinte.

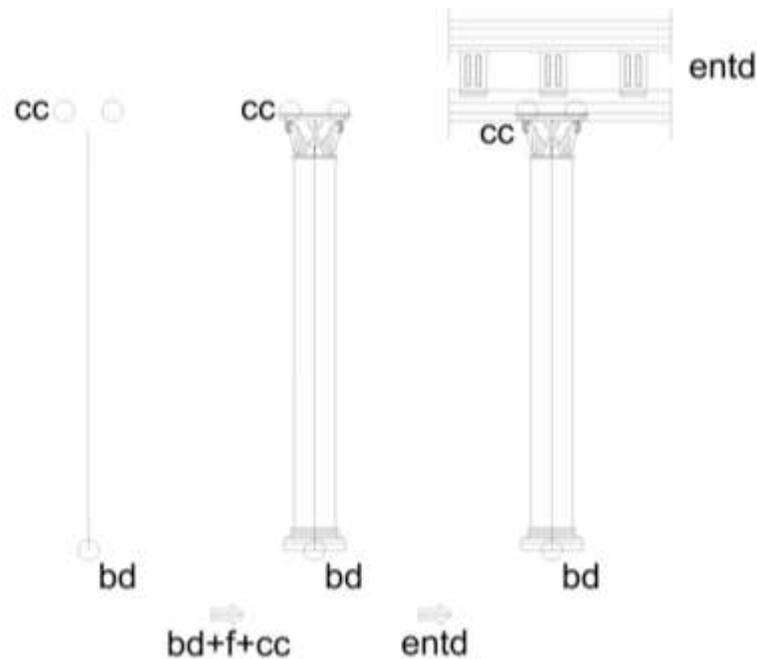


Figura 96. Conjunto de regras do estágio 4 aplicadas aos marcadores fornecidos no estágio 2 gerando um elemento do sistema da coluna pertencendo ao alçado lateral da nave central da igreja de São Vicente de Fora.

5.4.3 - Derivações

A derivação das regras acima apresentadas permitiram-nos aferir a geração do alçado lateral da igreja de *São Vicente de Fora* com se pode ver na Figura 97. No primeiro estágio é aplicado um conjunto de 5 regras onde se reconhece um trecho da planta e um corte da igreja de *Sant'Andrea* gerando os eixos dos elementos estruturais da igreja, como sejam os pavimentos, aplicando a regra 1nc.

A regra 2nc SVF gera a abóbada de berço da nave central.

A regra 3nc SVF define as capelas e as capelas intercomunicantes.

A regra 4nc SVF aplica os tramos verticais da fachada longitudinal da nave central e parte da porta da capela intercomunicante.

Finalmente, a regra 5nc SVF aplica as aberturas da capela lateral e o marcador A.

As regras 1vp, 2vp e 3vp são aplicadas no estágio 2 gerando a meta-estrutura e colocando um conjunto de marcadores que irão ser usados no estágio 4 onde é aplicado o sistema da coluna.

No estágio 3 é aplicada uma regra de reconfiguração das colunas de secção redonda em pilastras.

Finalmente, no estágio 4 são aplicados os diferentes elementos do sistema da coluna.

Uma regra final \emptyset apaga todos os marcadores e etiquetas.

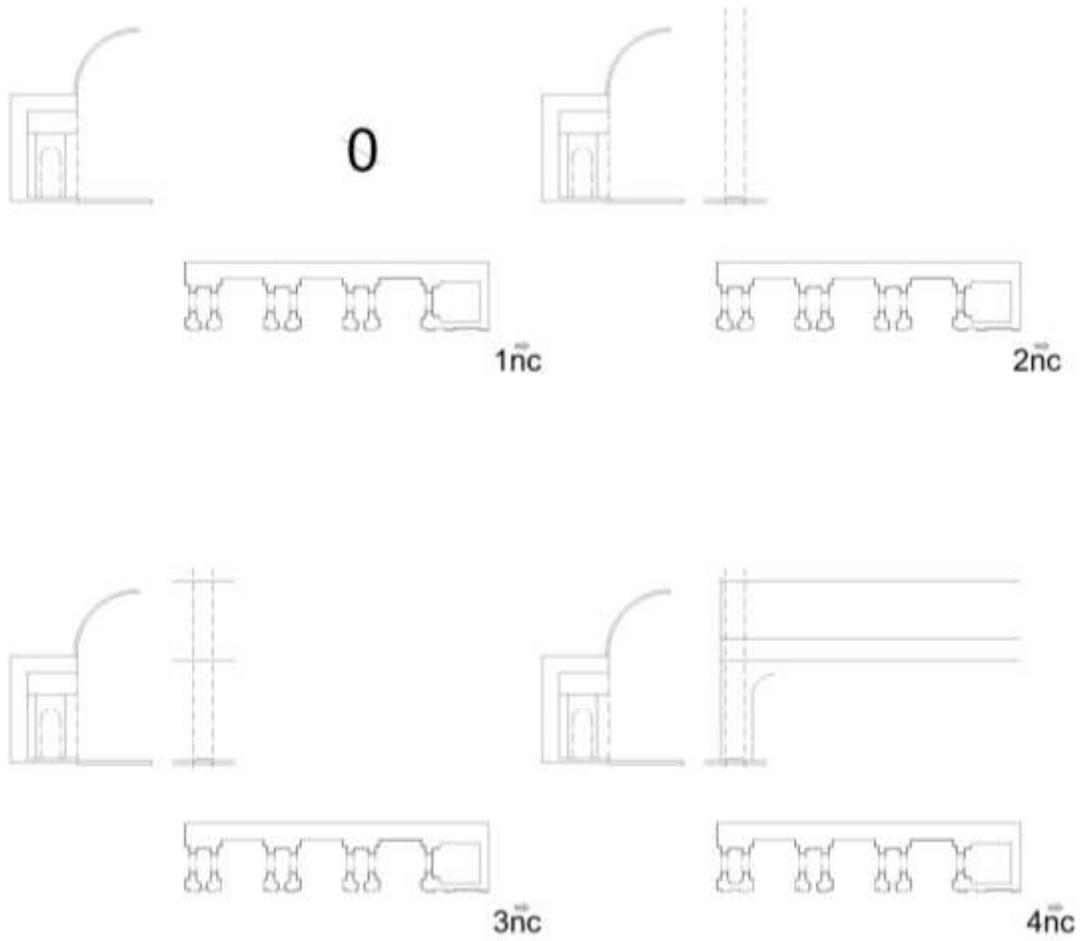


Figura 97. Derivação de regras gerando o alçado lateral da nave central da igreja de São Vicente de Fora.

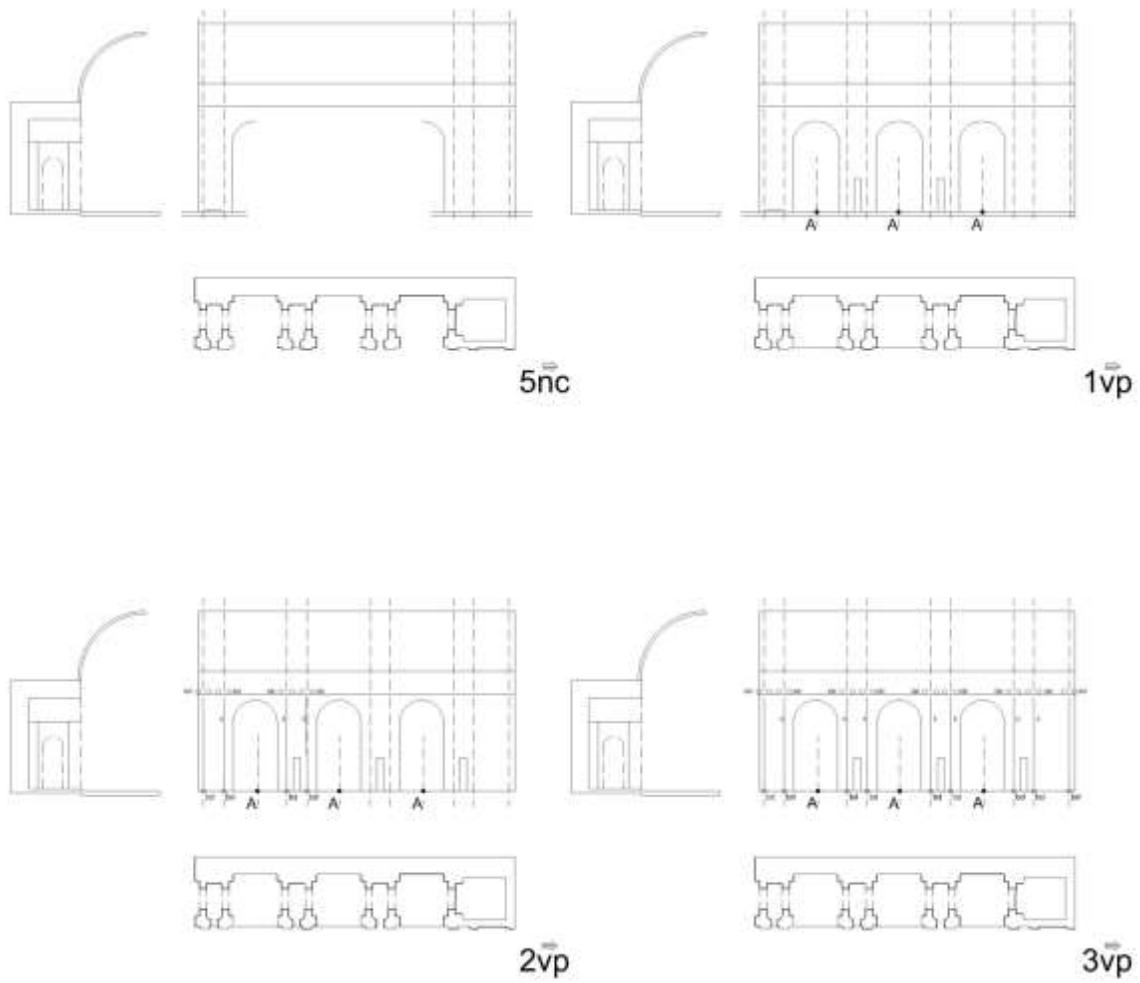


Figura 97(Cont.). Derivação de regras gerando o alçado lateral da nave central da igreja de São Vicente de Fora.

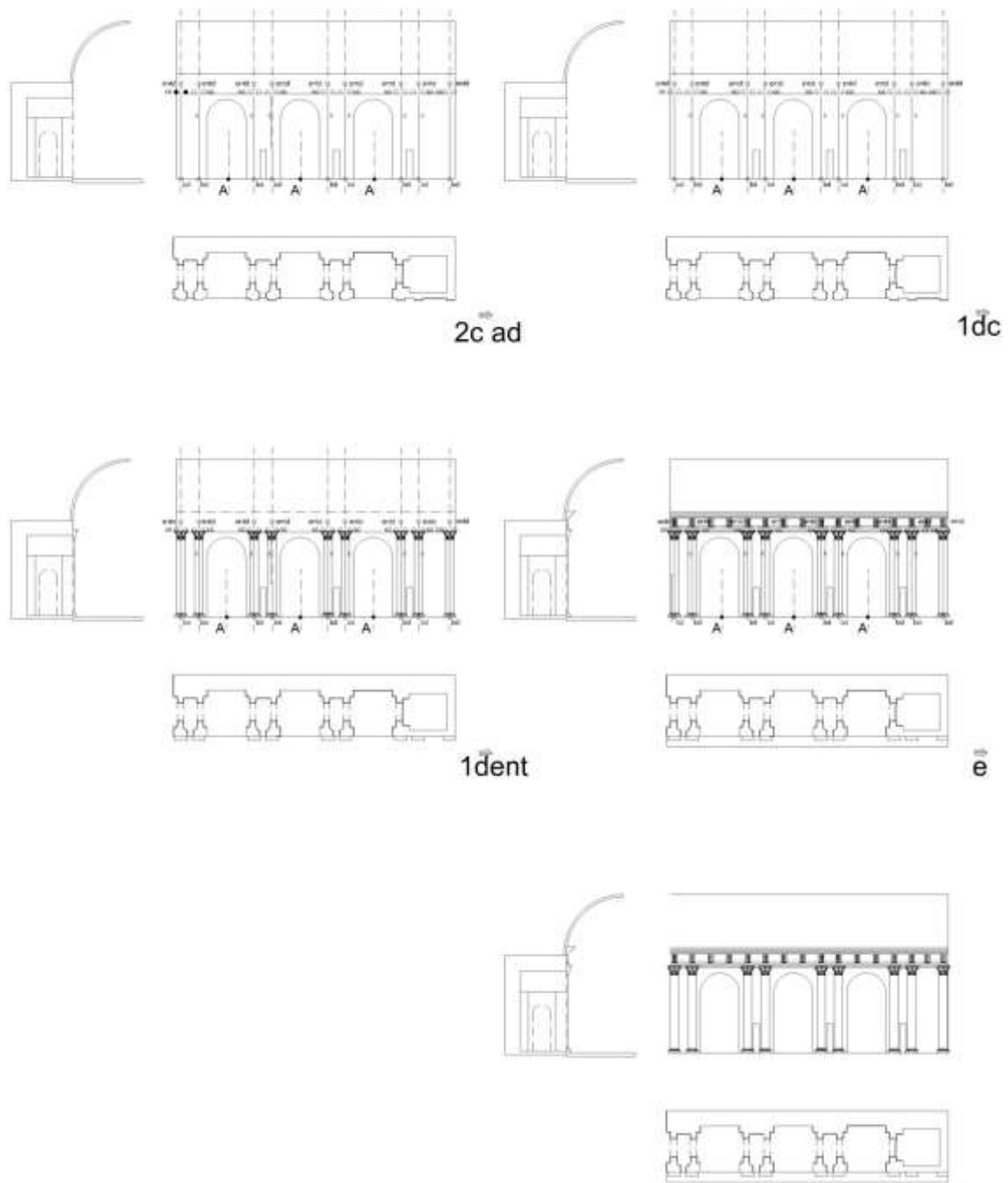


Figura 97 (Cont.). Derivação de regras gerando o alçado lateral da nave central da igreja de São Vicente de Fora.

5.4.4 - Transformações

No estudo das transformações necessárias para a geração do alçado lateral da nave central da igreja de *São Vicente de Fora* foram utilizadas as regras de adição, subtracção e de mudança compreendendo estas regras redimensionadas bem como novas regras. Estas características podem ser designadas pelas letras A, S, e C, respectivamente.

No entanto, um 4 tipo de transformação I foi considerado no caso em que a regra não sofre alteração de qualquer tipo.

A transformação I é da maior importância pois sempre que esta se verificar poderá sugerir que existe forte evidência de que o arquitecto que a aplicou tinha conhecimento das regras de Alberti, como já verificado em outras derivações levadas a cabo anteriormente.

No estágio 1 da gramática da forma da fachada longitudinal da nave central da igreja de *São Vicente de Fora* não são verificáveis transformações gramaticais.

No estágio 2 as transformações que ocorreram são decorrentes da aplicação das expressões $L = 4D + 2wlch + 3/2wch$ e $L = 5D + 2wlch + 3/2wch$ que tiveram então impacto nas proporções do intercolúnio, ou seja, na proporção de $5D + 3/4D$ em largura e na altura de $10D + 1/2D$. A proporção albertiana é próxima da proporção de 2:1.

No estágio 3 a transformação é relativa à aplicação da regra que altera a configuração da coluna em pilastra.

Foi encontrado um valor da largura muito próximo daquele definido no tratado como sendo de $1/4D$. Considera-se o valor de 5% como margem de variação aceitável entre as dimensões da espessura da pilastra. (Kruger et al, 2013)

Na geração dos elementos do sistema da coluna, no estágio 4, foram aplicados uma base dórica, um fuste liso, uma variação de um capitel coríntio e um

entablamento dórico com tríglifos.

Todos estes elementos estão muito próximos das proporções descritas por Alberti.

No capitel, são aplicadas duas folhas de acanto de cada lado do cesto e três setas e um laço (elementos adicionados pois não fazem parte do vocabulário albertiano) simbolizando São Sebastião e São Vicente. (Ver na Figura 98)

A base dórica e o entablamento têm somente algumas variações paramétricas em alguns dos elementos que os perfazem.

A base dórica, que se pode ver na Figura 99, é formada por um plinto com a mesma altura e largura do descrito por Alberti. O toro superior tem mais $1/10$ da altura albertiana.

São adicionados dois filetes com $1/2$ da altura dos filetes albertianos.

O toro inferior tem menos $1/8$ da altura do toro albertiano.

Ver comparação do perfil da base dórica com aquele encontrado através da nuvem de pontos.

No fuste a projectura inferior tem um filete com o dobro da altura do albertiano.

O colarinho tem menos $1/3$ da altura especificada por Alberti.

No entablamento as três faixas têm uma ligeira variação paramétrica aplicada dos mesmos elementos. Esta variação está contida nos 5% de tolerância, podendo ser considerada coincidente.

Na trave é utilizada uma faixa com tríglifos também coincidente à tratadística albertiana.

No cimácio os elementos são coincidentes com excepção da gola antes do pavimento que tem uma alteração paramétrica de 10 vezes o raio tratadístico.

O pavimento projecta-se 20 partes em relação ao plano da fachada enquanto o tratado define somente 12 partes.

Ver comparação do perfil do entablamento com aquele encontrado através da nuvem de pontos na Figura 100.

As proporções gerais podem se avaliadas na Tabela 6

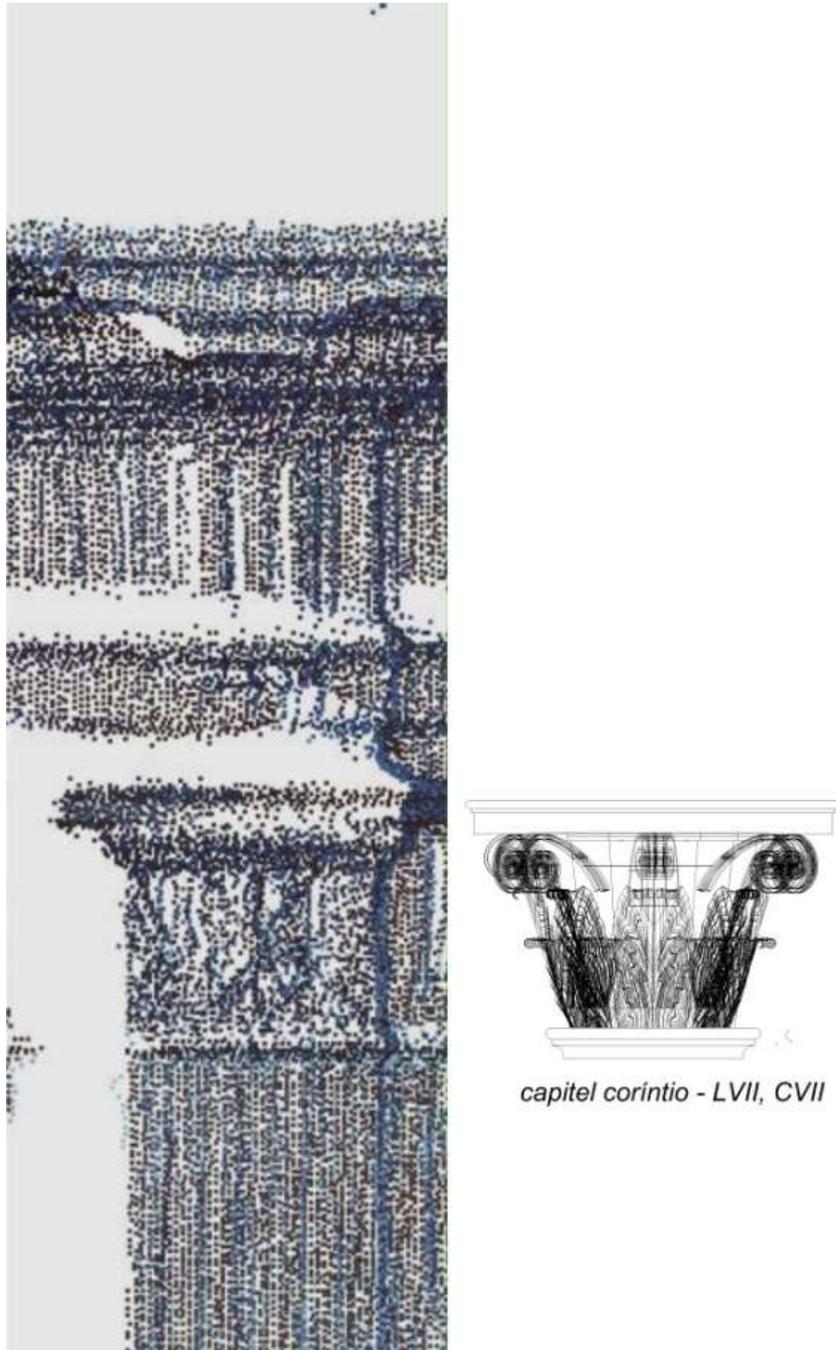


Figura 98. Comparação do capitel coríntio com o encontrado através da nuvem de pontos.



Figura 99. Comparação dos perfis da base dórica com o encontrado através da nuvem de pontos.

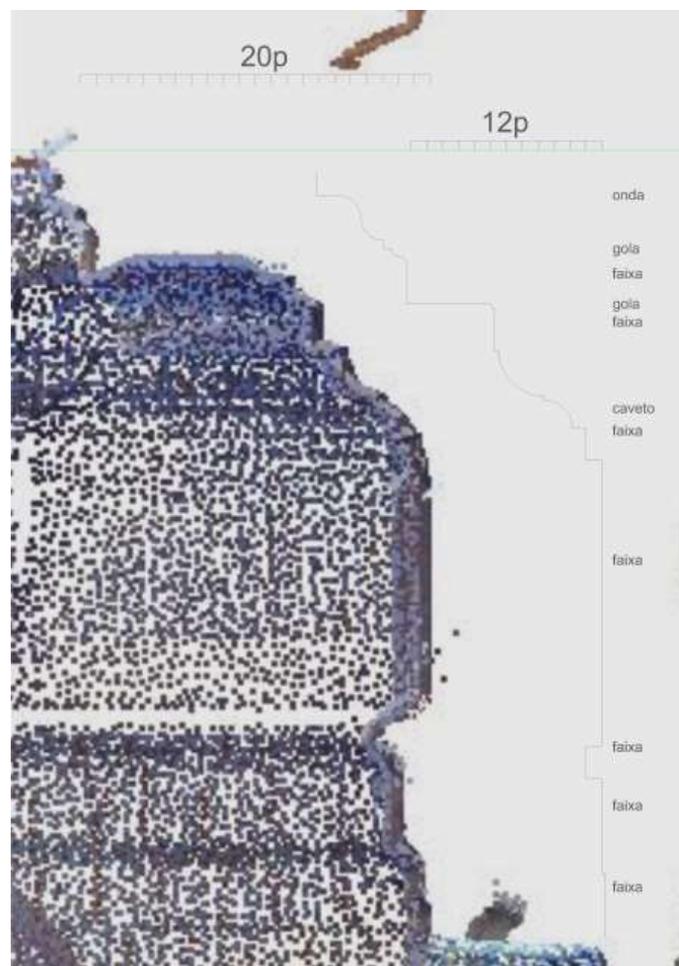


Figura 100. Comparação do perfil do entablamento dórico com o encontrado através da nuvem de pontos.

	Dórica	Jónica	Coríntia
Entablamento	circa $2D+1/5D$		
Capitel			1D
Fuste			9D
Base	$1/2D$		
Pedestal	Não tem	Não tem	Não tem
Intercolúnio	$5D + 3/4D$ (altura de $10D+1/2D$)		

Tabela 6. Proporções da fachada longitudinal da nave central da igreja de São Vicente de Fora.

5.5 – Implementação das gramáticas e fabrico digital da fachada do palácio *Ducal* e do alçado lateral da nave central da igreja de *São Vicente de Fora*.

Como já referido no ponto 4.5 do capítulo anterior, a implementação das regras foi executada em GH aplicado ao RH.

Os programas GH que permitiram gerar as partes dos edifícios são os mesmos que aqueles utilizados no capítulo acima mencionado.

Estes programas permitiram variações das características dos modelos, nomeadamente dimensões do sistema da coluna, tanto em altura como em largura, bem como alterar o número de elementos a gerar.

Deste modo garantiu-se alguma flexibilidade na manipulação dos programas garantindo alguma variabilidade do conjunto dos modelos virtuais 3D.

As variações das fachadas consistiram na alteração automática do tipo de elementos da ornamentação, das parametrizações das suas partes, e da variação do número de tramos gerados.

O programa que permite gerar fachada do palácio Ducal é constituído por dois módulos destintos de modo a ser possível gerar tanto o lado direito da fachada como o lado esquerdo, onde é de notar a presença de um tramo excepção com a largura de cerca de meio tramo.

O programa permitiu ainda gerar diferentes fachadas compostas pela mesma ornamentação gerando fachadas com alteração de número de tramos da fachada, como se pode ver na figura 101, referente à geração da fachada com os 23 tramos mais o tramo excepção, bem como uma fachada com 5 tramos.

No caso da geração do alçado lateral da nave central da igreja de *São Vicente de Fora*, a principal diferença prende-se com a não existência de pedestal sob a base dórica e com a alteração da configuração do capitel coríntio, que neste caso passa a ser composto por um par de folhas de acanto.

Mostra-se igualmente, não só a fachada com as três capelas, mas também uma modelo composto por uma única capela lateral gerada pelo programa GH.

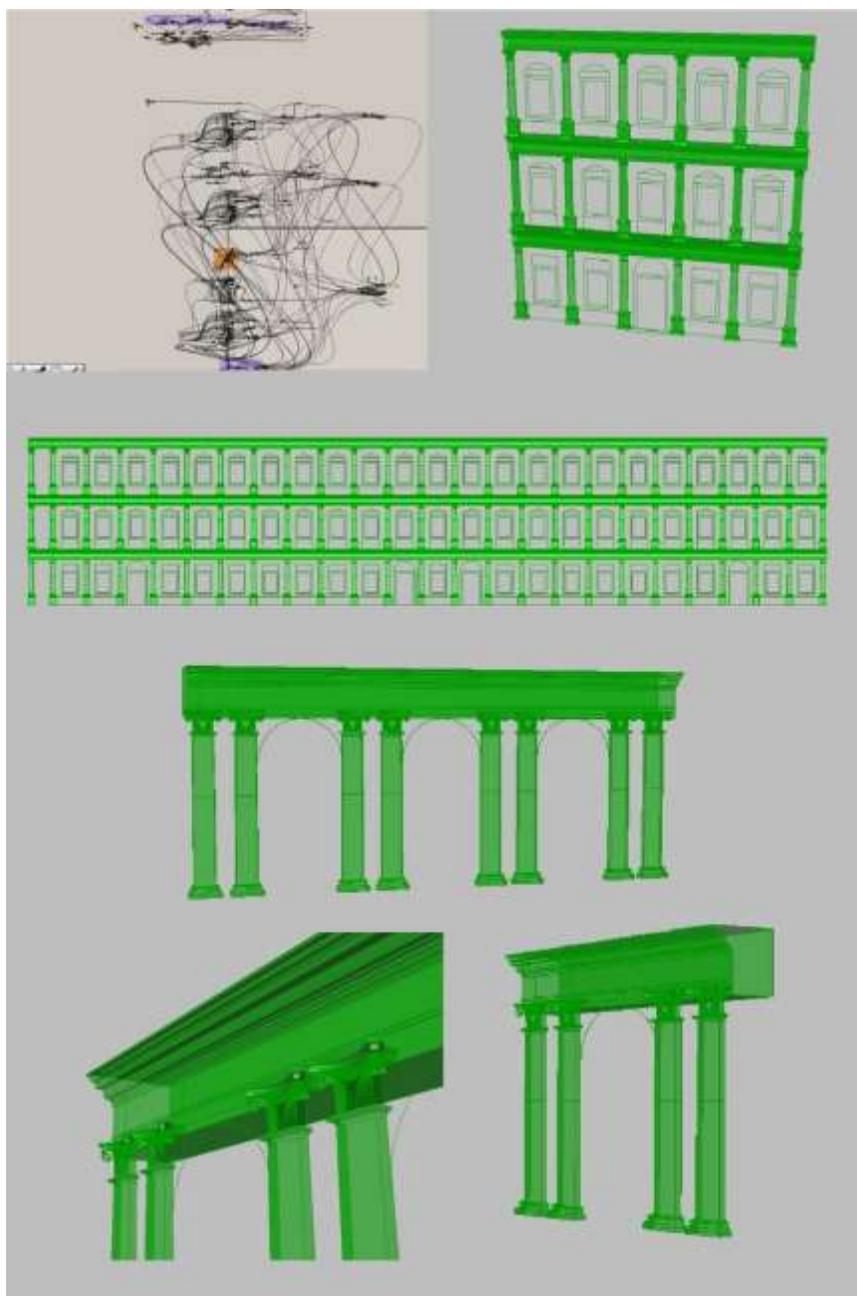


Figura 101. Implementação GH das regras das gramáticas gerando a fachada do palácio Ducal e uma variação de 5 tramos, bem como o alçado lateral da igreja de São Vicente de Fora.

Os modelos virtuais da fachada do palácio *Ducal* e do alçado lateral da nave central da igreja de *São Vicente de Fora* foram fabricados recorrendo a diferentes técnicas de prototipagem rápida, nomeadamente, impressora 3d e fresadora de 3 eixos já caracterizadas no capítulo 3 ponto 7.

Estes modelos físicos serviram, sobretudo, como meio de visualização da capacidade generativa das gramáticas da forma.

No caso destes edifícios, alguns aspetos referentes à consistência dos modelos gerados tiveram de ser trabalhados de modo a ter ficheiros aptos ao fabrico digital.

A fachada do palácio *Ducal* foi fabricada com uma cortadora a laser, pelo que o desenho da fachada teve de ser tratado em 2D. Optou-se por esta técnica tendo em conta a proporção da fachada, pelo que se pretendeu fabricar um protótipo com uma escala razoável que não perdesse a definição dos elementos do sistema da coluna.

Realizou-se um modelo físico com cerca de 80cm de comprimento por 15cm de altura por custos razoáveis.

Esta técnica permitiu tanto o corte dos vazios das janelas e portas, como a gravação dos diferentes elementos da coluna.

Tal como o alçado lateral da nave central da igreja de *Sant`Andrea*, o alçado lateral da nave central da igreja de *São Vicente de Fora* foi fresado num bloco de poliuretano de alta densidade.

As estratégias de maquinação foram semelhantes às utilizadas para o modelo físico de *Sant`Andrea*.

A diferença prendeu-se com a elaboração de uma passagem suplementar na zona do cimácio e mútulos do entablamento, usando uma fresa de 3mm, garantindo deste modo uma melhor definição do modelo físico.

Estes modelos fabricados bem como algumas fases de fabrico podem ser vistos na Figura 102. Um conjunto mais alargado de modelos fabricados digitalmente podem ser vistos com maior detalhe no Volume II da tese.

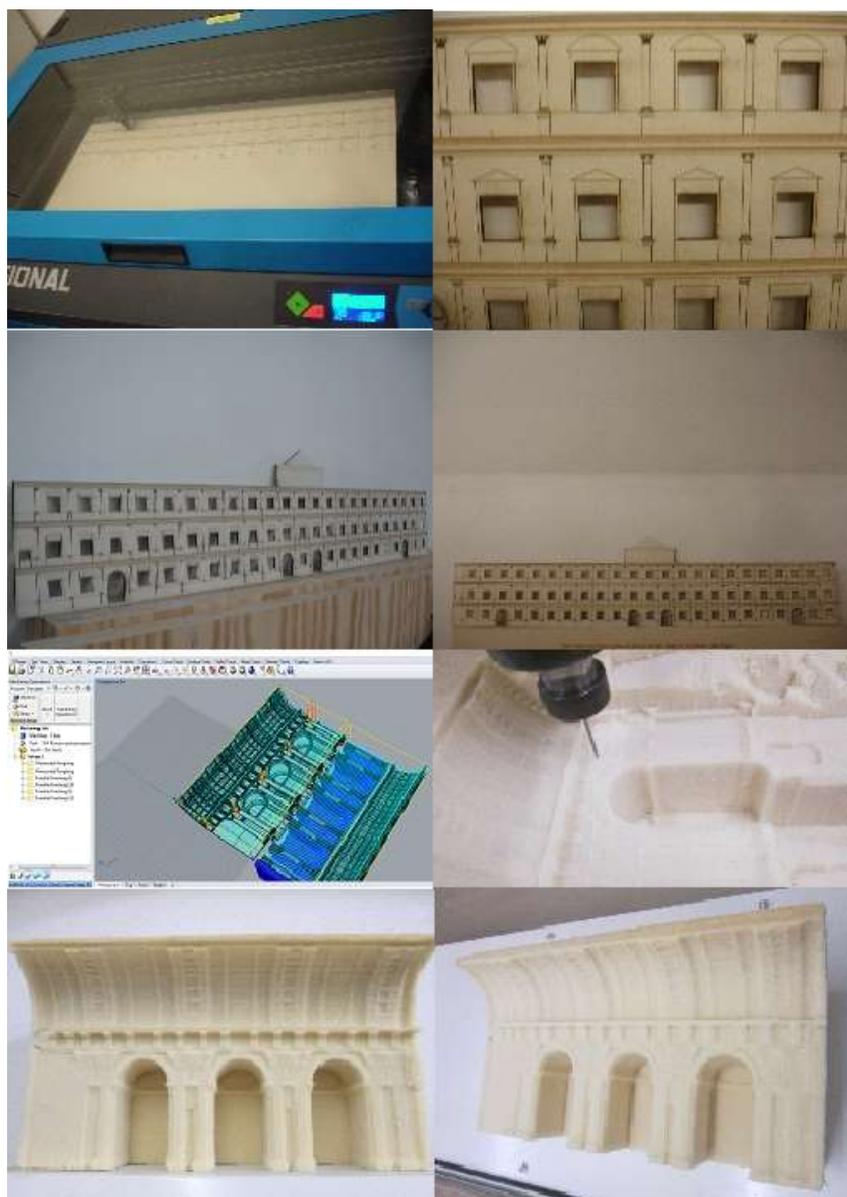


Figura102. Modelo da fachada do palácio Ducal fabricado cortadora a laser e alçado lateral da igreja de São Vicente de Fora fabricada com fresadora de 3 eixos.

5.6 – Conclusões

No capítulo agora apresentado abordaram-se as razões para a escolha da fachada do palácio *Ducale* bem como o alçado lateral da nave central da igreja de *São Vicente de Fora* como elementos a serem gerados por uma gramática. Mostra-se o desenvolvimento deste conjunto de regras e a derivação destas gramáticas da forma contextualizando-as nos diferentes estágios de derivação. Finalmente, elencam-se as transformações verificadas em cada uma das gramáticas de modo a tentar compreender o desvio ou coincidência entre estas gramáticas e aquela apresentada no capítulo 3 relativa ao sistema da coluna e ao intercolúnio.

As duas gramáticas apresentadas possuem na sua estruturação fortes semelhanças com as regras e estágios de derivação da gramática da fachada do palácio *Rucellai* e do alçado lateral da nave central da igreja de *Sant'Andrea* respectivamente.

No entanto, algumas alterações ocorrem em estágios diferentes e algumas das gramáticas de edifícios com semelhanças tipológicas apresentam diferentes transformações de regras.

É este aspecto de localização e de caracterização das transformações que iremos verificar relativamente a todas as gramáticas de modo a compreender se existe ou não um grau de coincidência aceitável entre as diferentes gramáticas. Deste modo, poder-se-á entender os sinais reveladores de determinados comportamentos projectuais por parte dos responsáveis pelos projectos de arquitectura dos edifícios em análise, e, por fim, se existe ou não probabilidade de estes terem aplicado as regras do tratado de modo sistemático, ou se pelo contrário não existe evidencia de tal aplicação.

6 - Grau de Coincidência entre a Gramática do Sistema da Coluna do tratado de Alberti e as Gramáticas dos Edifícios de Alberti e os Edifícios Construídos em Portugal no período da Contra-Reforma

6.1 – Introdução

A gramática da forma do sistema da coluna permitiu-nos compilar as regras advindas do tratado. Através desta ferramenta foi possível aplicar essas regras na geração de diferentes edifícios, de modo a provê-los com ornamentação. No entanto, tal como verificado nos capítulos 4 e 5, nem sempre foi possível aplicar directamente as regras acima mencionadas, pelo que se encontraram novas regras por intermédio de transformações.

Neste capítulo iremos aplicar o Método de Regressão Linear Simples de modo a efectuar a análise das regras aplicadas no projecto e construção, medindo em que grau o tratado influenciou o desenho e construção dos edifícios, nomeadamente, a fachada do palácio *Rucellai* em Florença, o alçado lateral da nave central da Igreja de *Sant'Andrea* em Mântua, a fachada do palácio *Ducal* em Vila Viçosa e o alçado lateral da nave central da Igreja de *São Vicente de Fora* em Lisboa, e se seguem as regras do tratado.

6.2 - Grau de Coincidência das Regras Aplicadas

De modo a compreender as regras do tratado organizou-se as proporções representadas pelas variáveis h referentes à altura do elemento. Estas estão dependentes de uma constante D que representa o diâmetro da coluna medida na projectura do imoscapo.

As 98 regras do sistema da coluna contêm 8 da gramática do fuste, 7 da base dórica, 7 da base jónica, 1 do capitel dórico, 18 do capitel jónico, 10 do capitel coríntio, 2 do capitel compósito, 13 do entablamento dórico, 17 do entablamento jónico, 1 do entablamento coríntio e 5 do pedestal.

As regras que contêm mais do que uma variável foram divididas em sub regras.

Por exemplo a regra do fuste;

Rfuste6	h=1/8D h1=7D h2=27/5D
---------	-----------------------------

foi tratada nas sub regras;

Rfuste6	h=1/8D
Rfuste6 A	h1=7D
Rfuste6 B	h2=27/5D

Deste modo, as regras que servem de amostra são 261 x 4 edifícios. Temos portanto um $N= 1044$ sendo N o número de observação.

Algumas variáveis não foram tomadas em consideração, nomeadamente, o w referente à largura dos elementos que na larga maioria dos casos representa, ou o próprio D , ou variações paramétricas entre intervalos valorados do tipo $w=D+x$; [$1/2D > x \geq 1/3D$] de difícil correlação, bem como o l que representa a profundidade e que, na maioria dos casos, são inferidas da interpretação da leitura das regras do tratado de Alberti e não advindas directamente deste.

Usou-se para efeitos de determinação da relação entre o tratado de Alberti e os demais edifícios, o software de testes estatísticos *SPSS* (Bryman, 1992), particularmente no que se refere à análise da curva relativa à regressão linear, a correlação das duas variáveis em causa. Para esse efeito foi usado um n constante de $63 \times 4 = 252$ regras de N .

Pretendia-se entender em que circunstância se verifica o grau de coincidência quando se cruzam os dados (os valores de h) das regras do tratado de Alberti com cada uma das regras usadas nos diferentes edifícios.

Nesse sentido verificou-se em primeiro lugar quando é que se usam as regras do tratado num determinado edifício e, em segundo lugar, quanto é que se explica a variação dessas regras no edifício em análise.

6.2.1- Sistematização das Regras da Gramática da Forma do sistema da coluna do Tratado de Alberti, verificando as regras que foram utilizadas nas gramáticas dos edifícios de Alberti.

Para efeitos de verificação do grau de influência foram usadas duas variáveis. A variável independente (*VI*) com os valores das regras do tratado referente ao sistema da coluna e variável dependente (*VD*) consistindo nos valores das regras referentes à aplicação do sistema da coluna na fachada do palácio *Rucellai*. As duas variáveis são quantitativas pelo que se optou por utilizar o Modelo de Regressão Linear Simples (MRLS) de modo a poder entender a relação entre as duas variáveis e se a *VI* influenciou positivamente ou não a *VD*. Sendo possível descrever a relação entre as duas variáveis, será possível analisar essa relação através da recta,

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i;$$

em que *X* é a variável independente; *Y* é a variável dependente ou a prever; β_0 é a constante que representa a intercepção da recta como o eixo vertical; β_1 é a constante que representa o declive da recta; ε_i é o factor residual.

Os objectivos do MRLS são:

- efectuar a medição em quanto uma variável é explicada por outra, ou seja em quanto a *VD* é explicada pela *VI*;
- quantificar a intensidade e o sentido da relação linear entre as duas variáveis;
- prever a *VD* a partir da *VI*;
- inferir sobre se o modelo é adequado para explicar a relação linear entre as duas variáveis.

Nesse sentido executa-se o modelo de dispersão que nos dará as medidas de qualidade do modelo onde podemos ler o Coeficiente de Correlação (*R*) que mede a intensidade e sentido da relação linear.

Esta varia do seguinte modo $0 < R < 1$, em que $R = 0$ revela inexistência de correlação linear, $R = 0,5$ revela existência de correlação linear moderada, $R = 1$

revela existência de correlação linear forte.

Podemos ler igualmente o R^2 ou seja o Coeficiente de Determinação que quantifica a proporção ou percentagem da variação de VD que é explicada por VI . Este varia entre $[0, 1]$ sendo que se $R^2 = 0$, a VD não pode ser explicada pela VI . Caso $R^2 = 1$ significa que a VD pode ser explicada pela VI em 100%. O Coeficiente de Determinação varia então entre 0% e 100%. Assume-se que 50% significa que a VD pode ser explicada *moderadamente* pela VI .

Na presente análise centramos as leituras no R^2 .

Para aplicar o MRLS é necessário aferir 5 pressupostos (Carvalho, 2012):

- Linearidade do fenómeno estudado;
- Variáveis aleatórias com valor nulo: $E \epsilon_i = 0$;
- Variância constante das variáveis aleatórias residuais: $Var (\epsilon_i) = \sigma^2$
- Independência das variáveis aleatórias residuais: $Cov (\epsilon_i, \epsilon_j) = 0 \quad i \neq j$
- Distribuição normal das variáveis aleatórias residuais: $\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$

6.2.1.1. Valor de coincidência das regras do sistema da coluna do tratado de Alberti na geração da fachada do palácio *Rucellai*

O gráfico 1, referente à medição da explicação da influência das regras do tratado nas regras usadas na aplicação do sistema da coluna na fachada do palácio *Rucellai*, tem percentagem de 42,3%. Esta percentagem é referente ao coeficiente de determinação (R^2).

O gráfico 2 identifica as regras na regressão. A maioria da incidência das regras verifica-se na parte superior da recta, podendo significar que as regras correspondentes a valores maiores de h são aquelas que mais coincidem com as regras semelhantes do tratado.

Poderá significar que, na aplicação do sistema da coluna pelos arquitectos e construtores da fachada do palácio *Rucellai*, nos elementos de maior dimensão

há maior grau de aproximação com as proporções do tratado. Na aplicação dos elementos de menor dimensão utilizados há um menor rigor na aplicação das proporções do tratado. Ou seja, olhando para as proporções da base dórica como elemento, esta análise poderá sugerir que a variação ou diferença é mais incidente na proporção do filete e menos num toro.

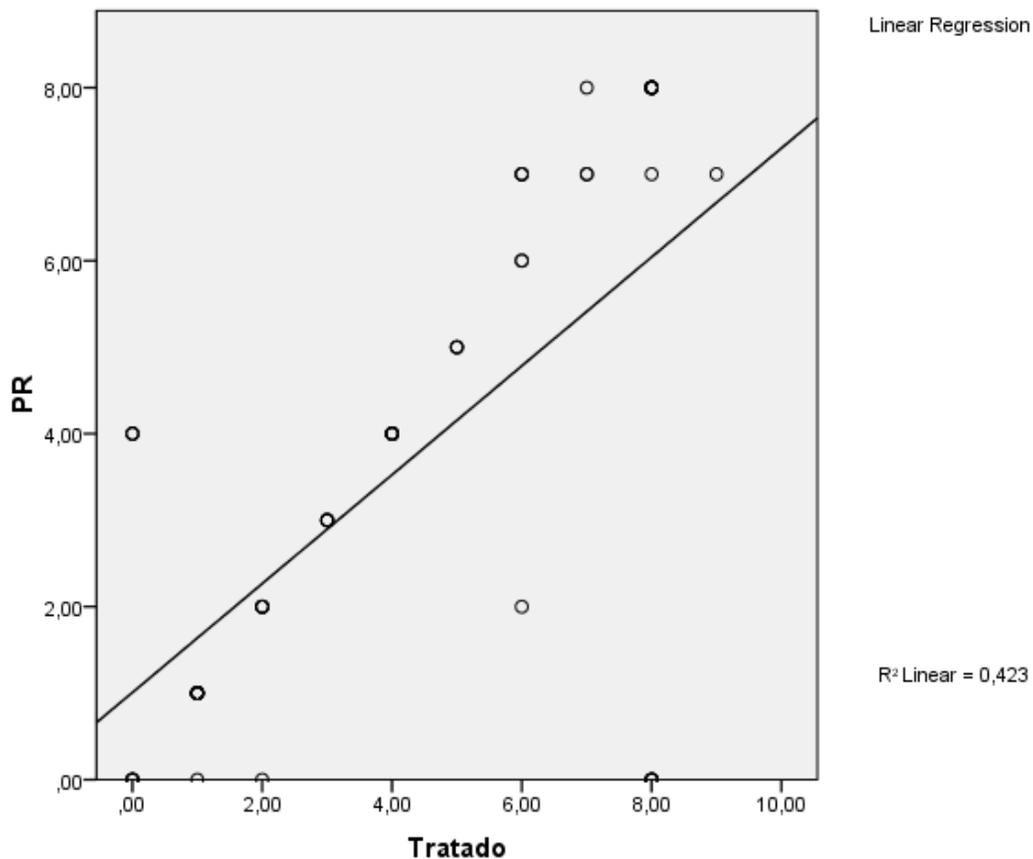


Gráfico 1. Recta de regressão linear do MRLS entre o tratado e a fachada do palácio Rucellai.

As regras situadas na parte de baixo da recta são regras cujo h não têm uma grande diferença relativamente ao tratado. No entanto podemos dizer que uma grande parte de regras, nomeadamente as regras referenciadas na base de dados como 2, 3, 4, 5, são referentes ao fuste, as regras 14, 15, 16 da base dórica, as regras 41, 42, 48 e 49. Nestes casos verifica-se que os elementos

6.2.1.2. Valor de coincidência das regras do sistema da coluna do tratado de Alberti na geração do alçado lateral da nave central da igreja de *Sant`Andrea*

Na análise com MRLS da aplicação das regras do tratado na geração do alçado lateral da nave central da igreja de *Sant`Andrea*, constatou-se que o valor do coeficiente de determinação é de 35,6% verificável no gráfico 3.

O gráfico 4 identifica as regras na regressão. A grande maioria das regras encontram-se na relação com a parte superior da recta, podendo significar que as regras correspondentes a valores maiores de h são aquelas que mais coincidem com as regras semelhantes do tratado.

Verifica-se uma grande homogeneidade das proporções das regras aplicadas do sistema da coluna, no alçado lateral da nave central da igreja de *Sant`Andrea*. Alguns elementos coincidentes com a recta dos X 's são elementos que não são aplicados ou com valores muito próximos do 0.

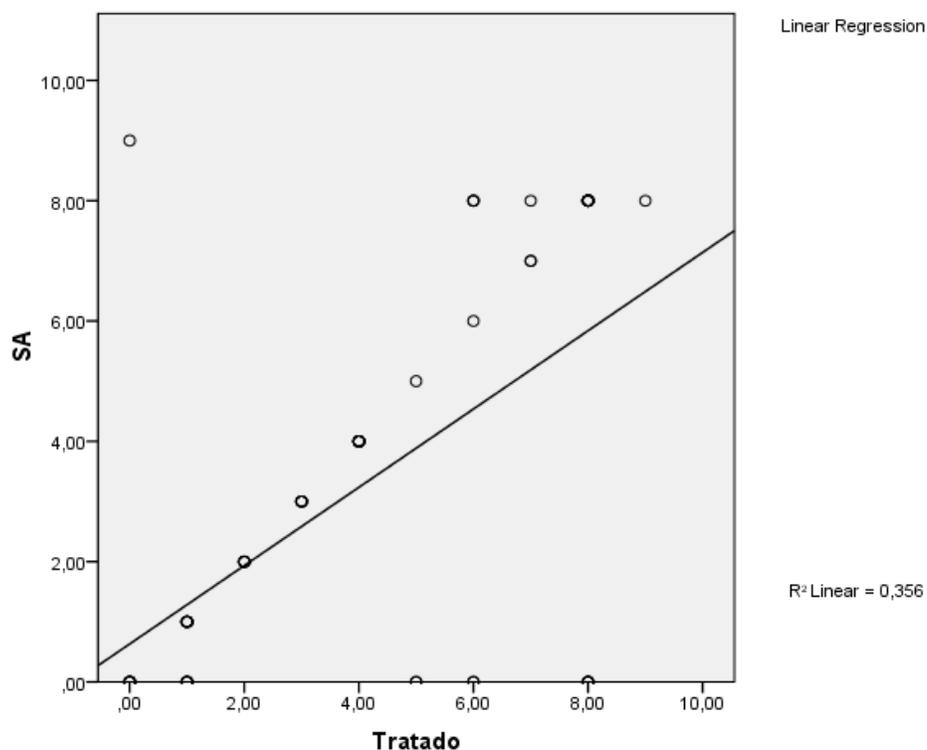


Gráfico 3. Recta de regressão linear do MRLS entre o tratado e o alçado lateral da nave central de *Sant`Andrea*

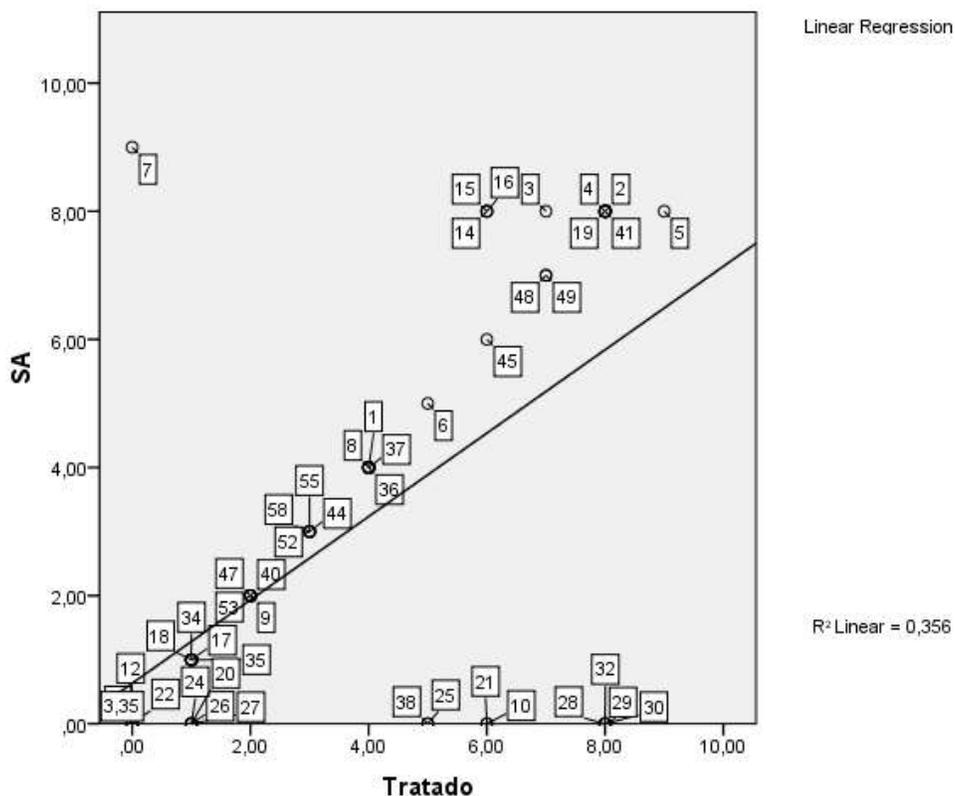


Gráfico 4. Recta de regressão linear entre o tratado e o alçado lateral da nave central de Sant'Andrea. No quadrado está identificada a regra correspondente.

6.2.1.3. Valor de coincidência das regras do sistema da coluna do tratado de Alberti na geração da fachada do palácio *Ducal*

No estudo da influência do sistema da coluna do tratado na ornamentação da fachada do palácio *Ducal*, não foi possível aplicar o Modelo de Regressão Linear Simples. Os valores dos resíduos, bem como o seu comportamento no gráfico 5 relativo aos valores espectáveis em relação aos observados, não cumprem todos os requisitos de aplicação do modelo.

Não foi possível, portanto, estabelecer neste caso o valor de R referente ao coeficiente de correlação bem como o Coeficiente de Determinação.

Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual

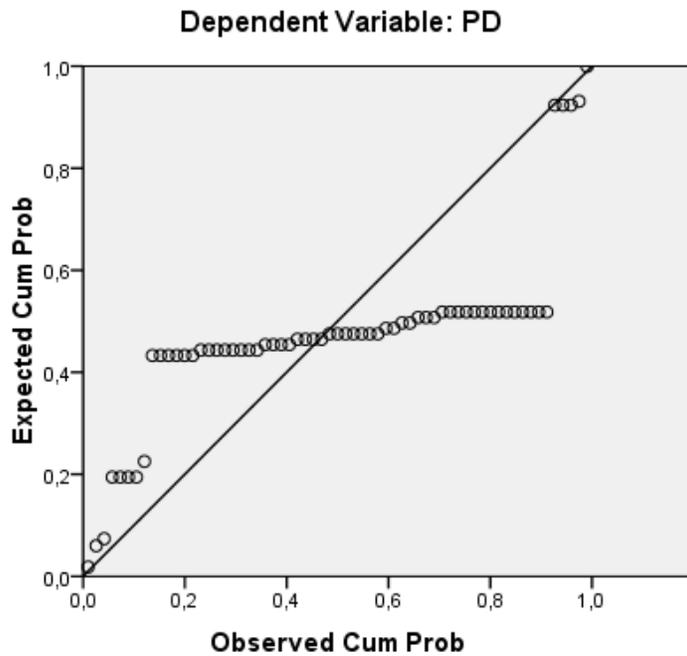


Gráfico 5. Recta de regressão dos resíduos na MRLS entre o tratado e a fachada do palácio Ducal.

6.2.1.4. Valor de coincidência das regras do sistema da coluna do tratado de Alberti na geração do alçado lateral da nave central da igreja de *São Vicente de Fora*

Na análise com MRLS da aplicação das regras do tratado na geração do alçado lateral da nave central da igreja de *São Vicente de Fora* o valor do coeficiente de determinação é de 21,3% verificável no gráfico 6.

O gráfico 7 identifica as regras na regressão.

A maioria das regras comparadas estão na parte superior da recta sugerindo que a maioria dos elementos do sistema da coluna aplicados no alçado lateral da nave central da igreja de *São Vicente de Fora* contêm uma variação paramétrica

nos seus h .

Essas variações são referentes à altura do fuste, de alguns elementos da base dórica e do entablamento.

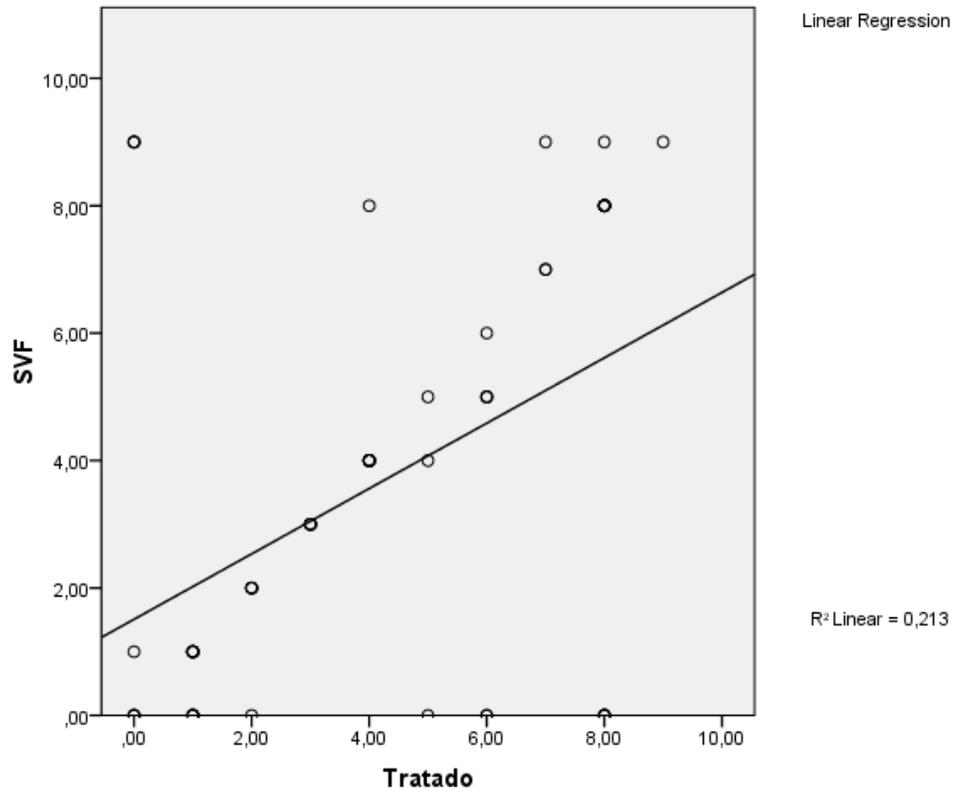


Gráfico 6. Recta de regressão linear do MRLS entre o tratado e o alçado lateral da nave central da igreja de São Vicente de Fora.

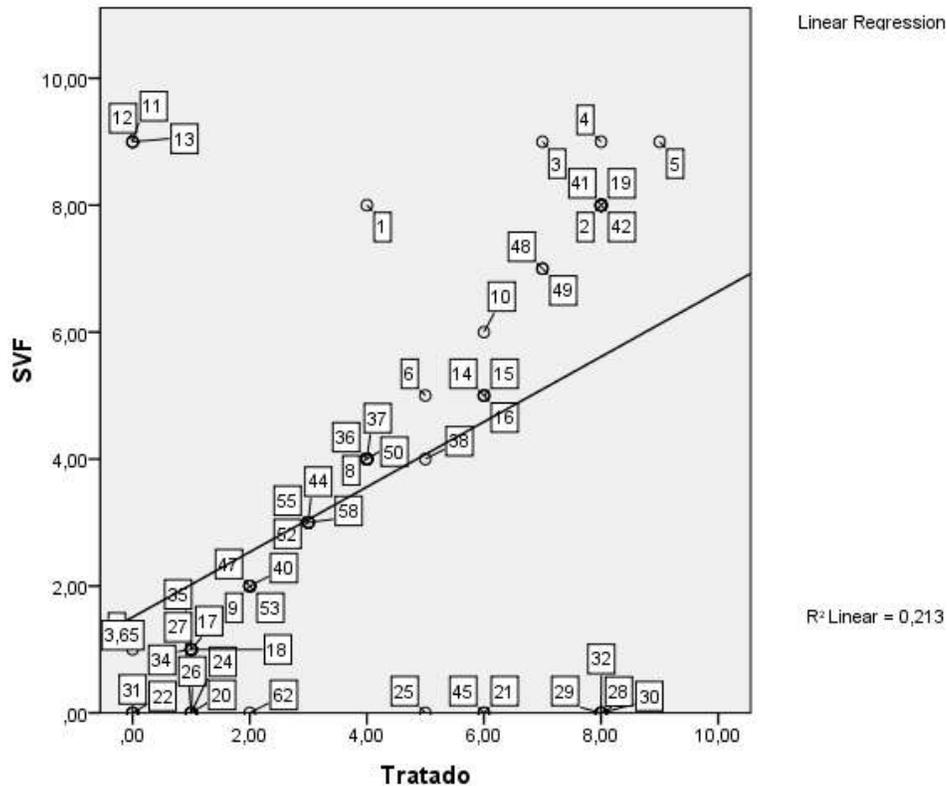


Gráfico 7. Recta de regressão linear entre o tratado e o alçado lateral da nave central da igreja de São Vicente Fora. No quadrado está identificada a regra correspondente.

6.2.2 – Correlações das variáveis e transformações

Verificado o grau de influência do tratado em 3 dos 4 exemplos analisados pode-se depreender que a influência pode ser considerada moderada baixa, abaixo dos 50% em todos os casos.

Os gráficos de regressão linear mostram-nos, no entanto, onde é possível encontrar alguns elementos que, por terem uma clara divergência com a recta de regressão linear, podem evidenciar a necessidade de serem aplicadas transformações na gramática da forma de modo a alcançar uma regra ou uma condição do valor do parâmetro dessa regra, com o propósito de gerar o elemento pretendido.

Lendo os resultados das quatro análises, sendo duas de edifícios religiosos e

duas de edifícios particulares de uso habitacional, pode-se depreender que as construções italianas se verifica maior aplicação das prescrições do tratado *Da Arte Edificatória*.

Pode significar que os construtores dos edifícios desta amostragem (particularmente aqueles em que foi possível aplicar o MRLS) usaram sistemas de projecto assente num conhecimento mais erudito, aquele advindo da teoria de Alberti, no que se refere à aplicação do sistema da coluna.

Na concepção Albertiana, os edifícios de culto devem ser aqueles onde se evidencia o maior cuidado na aplicação da ornamentação.

6.3 - Conclusão do capítulo

Através da aplicação do Método de Regressão Linear Simples foi possível aferir o grau de influência que as regras do sistema da coluna descritas no tratado *Da Arte Edificatória* tiveram no desenho e construção dos edifícios, nomeadamente, a fachada do palácio *Rucellai* em Florença, o alçado lateral da nave central da Igreja de *Sant`Andrea* em Mântua, a fachada do palácio *Ducal* em Vila Viçosa e o alçado lateral da nave central da Igreja de *São Vicente de Fora* em Lisboa, e se seguem as regras do tratado.

Foi possível compreender, de modo individual, a relação com a recta de regressão e o Coeficiente de Determinação.

Dos quatro edifícios comparados separadamente com o tratado, três tiveram resultados que se podem considerar como evidenciando uma moderada influência das especificações do sistema da coluna do tratado na aplicação da ornamentação nos edifícios em análise, mostrando ainda que no universo destas quatro edificações, aquelas respeitantes a edifícios de culto aparentam ter menor cuidado na aplicação de elementos arquitectónicos contendo as proporções advindas do tratado de Alberti.

O Método de Regressão Linear Simples mostrou-se adequado para aferir o grau de influência, revelando-se como uma ferramenta complementar na análise de

estilos linguísticos de edifícios.

O próximo capítulo é dedicado às conclusões da tese, mostrando que foi possível gerar a gramática do sistema da coluna usando regras advindas directamente do tratado de Alberti; que foi possível, mediante regras do tratado assim como novas regras e outras transformadas gerar um conjunto de partes de edifícios e finalmente; que foi possível apurar o grau de influência do tratado na ornamentação dos edifícios em análise.

Finalmente, são elencados os contributos desta tese bem como futuras aplicações.

7 – Conclusão

7.1 – Introdução

O objectivo final desta tese é desenvolver uma estrutura que nos possibilite compreender e aferir a influência do tratado de Alberti na Arquitectura Portuguesa.

Consequentemente, este sistema poderá ser extrapolado para a análise da Arquitectura produzida pelos arquitectos portugueses fora do território nacional no período da Contra-Reforma.

Foi feita uma codificação do tratado, nomeadamente as passagens do texto referentes ao sistema da coluna e do intercolúnio que nos permitiu, de modo estruturado, compilar a informação descritiva relativa à composição dos diferentes aspectos formais dos elementos da coluna (quase sempre recorrendo a formas primitivas como o cilindro, o paralelepípedo, entre outros).

A ferramenta computacional utilizada na geração do sistema da coluna e, posteriormente, de parte de um conjunto determinado de edifícios, foi a gramática da forma. Esta permitiu-nos inferir o conjunto de regras do tratado. Após a derivação e verificação das regras a transformar, foi possível elencar e analisar a natureza das regras transformadas.

No capítulo anterior aplicou-se um método empírico de análise medindo em que grau o tratado foi influente na ornamentação levada a cabo na fachada do palácio *Rucellai* em Florença, no alçado lateral da nave central da Igreja de *Sant'Andrea* em Mântua, na fachada do palácio *Ducal* em Vila Viçosa e no alçado lateral da nave central da Igreja de *São Vicente de Fora* em Lisboa.

7.2 - Contribuições

A presente tese apresenta descobertas e faz contributos na área das gramáticas da forma da área de projecto e análise da arquitectura.

7.3 - Descobertas levadas a cabo

As descobertas levadas a cabo são as seguintes:

Gramática da forma de utilização manual para ornamentar parte de um edifício num determinado estilo arquitectónico. A gramática da forma do sistema da coluna tem duas fases distintas: uma elaborada à mão com maior profundidade e abrangência de elementos e uma outra aplicada num programa paramétrico, permitindo algum grau de aplicação automática das regras.

Se na primeira as formas são parte fundamental das regras, complementada por um conjunto de descrições, parâmetros e condicionais, a segunda implementa descrições matemáticas, o que obriga o utilizador a ter a informação devidamente estruturada de modo a ser aplicada de modo automático.

Gramática de pormenorização demora mais tempo a construir que uma de âmbito mais generalista. Devido ao elevado número de regras e de componentes constituintes de cada regra, uma gramática de pormenorização contém um elevado nível de elementos diferenciados. Muitos destes elementos não são obtidos directamente dos seus elementos constituintes das formas, obrigando por isso a uma maior flexibilidade na procura dos melhores elementos geométricos para representar ou alcançar a forma da regra pretendida.

Gramática de pormenorização exige um vocabulário com grande extensão e complexidade. Sendo constituída por elementos de ornamentação, como aquele definido pelo sistema LCS mostrado no capítulo 3 (e que tem como finalidade contribuir com um conjunto de especificações para conceber molduras e ornamentá-las com óvulos, folhas, raízes, entre outros componentes que evocam elementos orgânicos), este género de gramática da forma tem de utilizar diferentes estratégias para construir as suas regras. Diferencia-se de outras gramáticas mais genéricas que, de modo geral, são elaboradas pela sucessiva divisão de elementos geométricos simples e bidimensionais na sua essência. A

gramática da forma do sistema da coluna é uma gramática paralela consistindo de três vistas e uma axonometria tendo, por esse motivo, maiores possibilidades de aplicação por parte do utilizador.

A gramática da forma construída directamente de um texto, pode ser construída mantendo a estrutura do mesmo. Como a gramática do sistema da coluna apresentada nesta tese, uma gramática pode manter a sequência da apresentação das suas regras de modo semelhante à passagem narrativa do texto que serviu de *Corpus*. Assim, aspectos relativos ao modo de pensar e conceber a arquitectura poderão ser melhor aferidos quando analisada uma obra de arquitectura. No caso de Alberti, este tem um vocabulário de termos de arquitectura próprios que deixam transparecer um modo não só de interpretar criticamente a arquitectura, mas também de a construir.

7. 4. Contributos

Sistema para analisar estilos arquitectónicos partilhados por diferentes projectistas. A constatação do grau mediano de influência do sistema da coluna descrita no tratado pode sugerir que a informação codificada por Alberti em *Da Arte Edificatória* pôde ser utilizada em parte por arquitectos que não tenham tido um contacto directo com o autor do tratado, das obras construídas por este em Itália nem terem sido seus contemporâneos. Se assim foi, a informação contida no tratado teve um modo de propagação que não pode ser inferida neste estudo.

Processo para aferir graus de influência entre um tratado e obra construída. A utilização do Método de Regressão Linear Simples revelou-se de grande utilidade para analisar as regras pois permitiu aferir o coeficiente de determinação, concluindo-se que, no universo da mostragem em causa o grau de inferência é baixo até cerca de 20%, moderado abaixo de 50%, sendo que o coeficiente varia de 0 a 1 (0 a 100%).

7. 5. Outros contributos

Uma nova metodologia para desenvolver gramáticas da forma de pormenorização descritas num texto. Elenca-se de modo detalhado uma estratégia adequada para descodificar um tratado, centrando esse esforço na compreensão, controlo e manipulação dos conceitos empregues nos Livros de Alberti.

Interpretação algorítmica de parte do tratado *Da Arte Edificatória* referente ao sistema da coluna e do intercolúnio. Os Livros 6, 7, 8 e 9 contêm um conjunto de diferentes especificações sendo demonstrada, através da construção e aplicação da gramática da forma do sistema da coluna e do intercolúnio, a natureza algorítmica do tratado de Alberti.

7.6 - Futuras aplicações

Interpretador de Gramática da forma baseada no reconhecimento da forma inicial de modo automático. Foi executado um esboço do programa para a automação das regras. No entanto, este prende-se exclusivamente ao reconhecimento de elementos de dimensão 1 (pontos) e 2 (curvas definidas por pontos de controlo). No futuro seria importante desenvolver um algoritmo que permitisse reconhecer superfícies e sólidos.

Aplicação desta metodologia para fontes orais de conhecimento. Nesta experiência descodificou-se partes de um texto, construindo-se uma biblioteca de regras da forma com as descrições do tratado mantendo alguma da natureza semântica do tratado na estrutura da gramática da forma do sistema da coluna. O procedimento de passar das descrições textuais para as orais poderia ter esta experiência como referência metodológica e axiológica.

Métodos relacionais entre as transformações das regras gramaticais e bases de dados estruturadas. Executar um sistema eficaz que compreenda os módulos de geração, avaliação e optimização de modo a gerar uma base de dados de conhecimentos eficaz e operativa na área da análise do edificado, com base na teoria das transformações gramaticais.

Desenvolvimento de uma unidade curricular de projecto baseado em regras como extensão da experiência lectiva Alberti Digital. Dar seguimento ao programa ministrado nesta unidade curricular, que consistia na interpretação do tratado, compilação e automação numa linguagem de programação visual das regras de Alberti com o intuito de fabricar digitalmente artefactos, enquadrando-o com as necessidades teórico-operativas actuais.

7.6.1 - Melhoramentos a efectuar

Desenvolvimento do algoritmo de reconhecimento da forma aplicado a gramáticas de pormenorização, com recurso ao levantamento a laser. A informação relativa aos elementos constituintes tanto do palácio *Duca* assim como da Igreja de *São Vicente de Fora* foram obtidos por intermédio de Levantamentos por Varrimento a Laser Terrestre, resultando este em modelos de nuvens de pontos. Estas nuvens foram trabalhadas manualmente de modo a recolher as proporções dos elementos do sistema da coluna empregues nas suas ornamentações. Assim deverá ser desenvolvido um algoritmo que permita ler grandes quantidades de dados cartesianos (x, y, z) reconhecendo as formas que se pretender trabalhar.

Fabrico digital de pormenores e elementos arquitectónicos gerados por nuvens de pontos. Tanto os artefactos produzidos com diferentes técnicas de fabrico digital, bem como os modelos de nuvens de pontos, podem ser encarados como meios de visualização das obras em análise ou em projecto. Encontrar métodos expeditos de passar do modelo de nuvens de pontos para um qualquer processo

de fabrico digital requiere ainda um esforço apreciável. O objectivo desta optimização de processos tem como missão transformar este procedimento num meio generativo de projecto, de fácil utilização como ferramenta de concepção de arquitectura.

Bibliografia

Ackerman, J. (1988). Architectural practice in the Italian Renaissance. In Dora Wiebenson, *Los tratados de arquitectura. De Alberti a Ledoux* (3-311). Madrid: Hermann Blume.

Agostinho, Santo (2007). – *De Trinitate, XI, 11, 18 – Livro da sabedoria 11, 21*. Tradução de A. Espírito Santo et alii. Introdução e notas de J.M. da Rosa. Prior Velho: Paulinas Editora.

Alberti L. B. (2011). *Da Arte Edificatória*. Tradução de A. E. Santo. Notas de introdução de Mário Krüger. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Aquino, Santo Tomás de (2001-2006). *Summa Theologica I, q. 45 a. 5. CF*. Trad. de J.P. de Oliveira et alii, edição bilingue Latim- Português. São Paulo: Ed. Loyola.

Boécio (2006). *Boethian Number Theory. A translation of the Institiutione Arithmetica*. Trad. ingl., intr. e notas de M. Masi. Amesterdão: Editions Rodopi, B.V.

Bryman, A., Cramer, D. (1992). *Análise de dados em ciências sociais: introdução às técnicas utilizando o SPSS*. Trad. A. F. de Barros. Oeiras: Celta Editora.

Bury, J. (1988). The Stylistic Term “Plateresque”. In Dora Wiebenson, *Los tratados de arquitectura. De Alberti a Ledoux* (199-230), Madrid: Hermann Blume.

Carvalho, H. (2012). *Fichas técnicas e teóricas disponibilizadas na disciplina de Métodos Avançados de Análise de Dados do Curso de Mestrado em Sociologia do ISCTE de 2011/2012*. Acedido em Novembro 19, 2013 em www.iscte.pt – e-learning – Texto de apoio à cadeira.

Choay, F (2007). *A Regra e o Modelo Sobre a teoria da arquitectura e do urbanismo*. Casal de Cambra: Caleidoscópio.

Cicero, M.T. (2004). *Da Natureza dos Deuses*. Intr. e trad. de P.B. Falcão. Lisboa: Nova Veja.

Coutinho, F., Castro e Costa, E., Duarte, J.P. & Kruger, M. (2011). Interpreting De Re Aedificatoria – a shape grammars of the orders system. In *Proceedings of International Conference Eccade*, Ljubliana, Eslovenia. (788-798).

Coutinho, F., Castro e Costa, E., Duarte, J.P. & Krüger, M. (2012). Alberti Digital – Tradição e inovação na teoria e prática da arquitectura em Portugal. In: *SIGraDi[Proceedings of the 16th Iberoamerican Congress of Digital Graphics]*. Brasil, Fortaleza (211–215).

Coutinho, F., Duarte, J.P. & Krüger, M. (2013a). Digital fabrication and rapid prototyping as a generative process. In *Green Design, Materials and Manufacturing Process*. Holanda: A.A. Balkema Publishers – Taylor & Francis (509-512).

Coutinho, F., Mateus, L., Duarte, J.P., Ferreira, V., & Krüger, M. (2013c). From point cloud to shape grammar to grammatical transformations. In Stouffs, Rudi and Sariyildiz, Sevil (Ed.), *Computation and Performance – Proceedings of the 31st eCAADe Conference – Vol. 2*. Faculty of Architecture, Delft University of Technology. Delft, Holanda, 18-20 Setembro 2013 (655-663).

Cunha, M. (2007). D. Teodósio II, Sétimo Duque de Bragança. Práticas Senhoriais como Política de Reputação. In *Revista Monumentos, 27: Vila Viçosa*. Lisboa: DGEMN.

Curl, J, S. (1999). *Dictionary of architecture*. Oxford: Oxford University Press.

Duarte, J, P. (2007). Personalizar a Habitação em Série: Uma Gramática Discursiva para as Casas da Malagueira do Siza, Ed. Fundação Calouste Gulbenkian e Fundação Ciência e Tecnologia, Lisboa

Foster, K. (1994). Templum, Laubia, Figura: l'Architettura di Alberti per una nuova Mantova. In J. Rykwert & A. Engel (Ed.), *Leon Battista Alberti*. Olivetti, Electa.

Frommel, L. (2007). La colonna nella teoria e nelle architetture di Alberti. In A. Calzona (Ed.), *Leon Battista Alberti: teorico delle arti e gli impegni civili del "De Re Aedificatoria"*. *Ingenium*, nº 9. Florença: Olschki (695-725).

Frommel, L. (2009). La progettazione di palazzo Rucellai. In A. Calzona, F. P. Fiore, & J. Connors (Eds.), *Leon Battista Alberti: architetture e committenti*. Florença: Olschki.

Gips, J. & Stiny, G. (1980). Production systems and grammars: an uniform characterization. In *Environment and Planning B*, vol. 7 (399-408).

Grafton, A. (2001). *Leo Battista Alberti: Master Builder of the Italian Renaissance*. London: Penguin Books.

Hersey, G. (1994). "Alberti e il Tempio Etrusco. Postile a Richard Krautheimer". In J. Rykwert & A. Engel (Ed.), *Leon Battista Alberti* (216-223). Olivetti, Electa

<http://curry.tugraz.at/portal/1/watch/182.aspx>

Keles, HY, Ozkar, M. & Tari, S. (2010). Embedding shapes without predefined parts, *Environment and Planning B*, vol. 37 (664 – 681).

Kent, W., Perosa, A., Preyer, B., Sanpaolesi, P. & Salvini, R. (1981). Giovanni Rucellai ed il suo Zimbaldone, II: A Florentine patrician and his Palace. In *Studies of the Warburg Institute*, 24, II. London: University of London.

Knight, T. W. (1989). Transformations of *De Stijl* art: the paintings of Georges Vantongerloo and Fritz Glarner. In *Environment and Planning B*, vol. 16. (51-98).

Knight, T. W. (1994). *Transformations in Design: A Formal Approach to Stylistic Change and Innovation in the Visual Arts*. Cambridge: University Press.

Knight, T. (2003). Computing with emergence. *Environment and Planning B*, vol. 30 (125-155).

Kolarevic, B. (2003). Digital Morphogenesis. In *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*. Taylor & Francis. Acedido em Setembro 10, 2013, em <http://www.i-m-a-d-e.org/fabrication/wp-content/uploads/2010/08/02DigitalMorphogenesis.pdf>.

Krishnamurti, R. & Stouffs, R. (2004). The boundary of a shape and its classification. In *Journal of Design Research*, vol. 4, nº1.

Kruger, M.; Duarte, J.P.; Coutinho, F. (2011). Decoding *De re aedificatoria*: using grammars to trace Alberti's influence on Portuguese classical architecture, in *Nexus Network Journal* vol. 13, no. 1. pp. 171-182

Krüger, M, Ferreira, M. (2013). A noção de numerus no De Re Aedificatoria. Comunicação no *II Congresso Internacional Na Génese das Racionalidades Modernas II. Em Torno de Alberti e do Humanismo*. Coimbra. (forthcoming).

Li, A. (2001). *A shape grammar for teaching the architectural style of the Yingzao fashi*. Tese de Doutoramento, Massachusetts Institute of Technology, USA.

Maciel, J. (2006). Vitruvius, *Tratado de Arquitectura*, Lisboa: IST press

March, L. (1998). *Architectonics of Humanism: Essays on Number in Architecture*. New York: John Wiley.

Marias F. (1988). [Sem título]. In Dora Wiebenson, *Los tratados de arquitectura. De Alberti a Ledoux*, Madrid: Hermann Blume.

Mesquita, M. (2005). Sebastiano Serlio – imagens e projectos de habitação urbana corrente. In *Arte Teoria*, nº 7.

Minsky, M. (1967). *Computation: Finite and Infinite machines*. Englewood Cliff: Prentice-Hall.

Moreira, R. (1982). *Um tratado português de arquitectura do séc. XVI (1576-1579)*. Lisboa: FCSH-UNL.

Moreira, R. (1991). *A Arquitectura do Renascimento no sul de Portugal. A encomenda régia entre o Moderno e o Romano*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa, Portugal.

Moreira, R. (1995). Arquitectura: Renascimento e Classicismo, in P. Pereira (ed.), *História da Arte Portuguesa*, vol.II. (302-375). Lisboa: Circulo dos Leitores.

Moreira, R. (1997). Uma “Cidade Ideal” em Mármore – Vila Viçosa, a primeira corte ducal do império Português. In *Monumentos*, nº6 (48-53). Lisboa: DGEMN.

Moreira, R. (2011). Nota introdutória de *O mundo dos tratados*. Coord. Rafael Moreira e Ana Duarte Rodrigues, FCSH/UNL Lisboa.

Palladio, A. (1997). *The four books on architecture*. Translated by Robert Tavernor and Richard Schofield. Cambridge & Massachusetts: MIT Press.

Patteta, L; A arquitectura da Companhia de Jesus entre maneirismo e barroco. In *Barroco: actas do II Congresso Internacional*. Coordenado por Fausto Sanches Martins. Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Departamento de Ciências e Técnicas do Património. Porto, 2003 (390-391).

POST, E. (1943). Formal Reductions of the General Combinatorial Decision Problem. *American Journal of Mathematics*, nº65.(197-215).

Preyer, B. (2009). «Da chasa gli Alberti»: the "territory" and housing of the family. In A. Calzona, F. P. Fiore, & J. Connors (Ed.), *Leon Battista Alberti: architetture e committenti Ingenium*, nº 12. Florença: Olschki.

Pupo, R. (2009). *Inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto: um novo desafio para o ensino de arquitectura*. Tese de doutoramento. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitectura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Brasil.

- Ramalho, C. (1997). *Estudo sobre a Época do Renascimento*. FCG/JNICT.
- Real, M. (1995). O Convento Românico de São Vicente de Fora. In *Monumentos*, nº 2 (19-22). Lisboa: DGEMN.
- Rodrigues, A. (2011). The circulation of art treatises in Portugal between the XV and the XVIII centuries: some methodological questions. In R. Moreira & A. D. Rodrigues (Coord.), *Tratados de arte em Portugal* (21-35). Lisboa: FCSH/UNL.
- Santos, R. (1968-1970). *Oito séculos de Arte Portuguesa*. 3 Vols. Lisboa: Empresa Nacional de Publicidade. 2º vol. (175).
- Schon, D. (1987). *Educating the Reflective Practitioner*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Silva, J.H. Pais da (1966). *Paginas de História de Arte*. 2 vols. Lisboa: Ed. Estampa.
- Soromenho, M. (1995). Do Escorial a São Vicente de Fora. Algumas notas sobre Filipe II e a Arquitectura Portuguesa (11-14). In *Monumentos*, nº 2. Lisboa: DGEMN.
- Stiny, G. & Gips, J. (1972). Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture. In C. V. Freiman (Ed.) *Information Processing 71* (1460-1465). Amsterdam: North-Holland. Republished in O.R. Petrocelli (Ed.) (1972), *The Best Computer Papers of 1971* (125-135). Philadelphia: Auerbach.
- Stiny, G. & Gips, J. (1978). *Algorithmic Aesthetics: Computer Models for Criticism and Design in the Arts*. California: University of California Press.
- Stiny, G. & Mitchell, J. (1978). The Palladian Grammar. In *Environment and Planning B*, vol. 5, (5-18).
- Stiny, G. (1977). Ice-ray: a note on the generation of Chinese lattice designs. *Environment and Planning B*, vol. 4 (89-98).
- Stiny, G. (1980). Introduction to shape and shape grammars. In *Environment and Planning B*, vol. 7 (343-351).
- Stiny, G. (1981). A note on the description of designs. In *Environment and Planning B*, vol. 8 (257-267).
- Stiny, G. (1990). What is design?. In *Environment and Planning B*, vol. 17 (97-103).

Stiny, G. (1991). The Algebras of Design. In *Research in Engineering Design*, vol. 2, nº3, (171-181).

Stiny, G. (1992). Weights. In *Environment and Planning B*, vol. 19 (413-430).

Stiny, G. (2011). What Rule(s) Should I Use? In *Nexus Network Journal*, vol. 13, nº 1.(15 – 47).

Tavernor, R. (1998). *On Alberti and the art of building*. New Haven: Yale University Press.

Tavernor, R. Consulta dos desenhos das obras de construídas de alberti em <http://www.bath.ac.uk/ace/alberti/>, acedido em Abril de 2011.

Tavernor, R. *Concinnitas* in the architectural theory and practice of Leon Battista Alberti, Tese de Doutoramento, St. John`s College, Cambridge, 1985.

Teixeira, J. (1997). O Paço Passo a Passo. A estratégia arquitectónica ducal (Sec. XVII-XVIII). In *Monumentos*, nº6(10-13). DGEMN.

Thoenes, C. (1988). *Sostegno e adornamento. Cap.: La “Regola delli cinque ordin i” del Vignola*. In Dora Wiebenson, *Los tratados de arquitectura. De Alberti a Ledoux (77-107)*. Madrid: Hermann Blume.

Viterbo, S. (1988). *Dicionário Histórico e Documental dos Arquitectos, Engenheiros e construtores portugueses*. Lisboa: INCM.

Watkin, D. (2000). *A History of Western Architecture*. Londres: Barrie & Jenkins.

Wiebenson, D. (1988). *Los tratados de arquitectura. De Alberti a Ledoux*, Madrid: Hermann Blume.

Wittkover, R. (1971). *Architecture Principles in The Age of Humanism*. New York: W. W. Norton.

