

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Leonardo Machado Felipeto

**ELABORAÇÃO DE FAMÍLIAS CARREGÁVEIS DE OBJETOS  
PARAMÉTRICOS PARA ALVENARIA ESTRUTURAL NO SOFTWARE  
REVIT**

Santa Maria, RS

2022

**Leonardo Machado Felipeto**

**ELABORAÇÃO DE FAMÍLIAS CARREGÁVEIS DE OBJETOS PARAMÉTRICOS  
PARA ALVENARIA ESTRUTURAL NO SOFTWARE REVIT**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Civil**.

Orientador: Prof. Dr. André Lübeck

Santa Maria, RS

2022

**Leonardo Machado Felipeto**

**ELABORAÇÃO DE FAMÍLIAS CARREGÁVEIS DE OBJETOS PARAMÉTRICOS  
PARA ALVENARIA ESTRUTURAL NO SOFTWARE REVIT**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Civil**.

Defendido em 27 de Júlio de 2022

---

**André Lübeck, Dr, (UFSM)**

(Presidente/Orientador)

---

**Larissa de Quadros Bianchini**

**Membro 2 da banca de avaliação do trabalho (UFSM)**

---

**Tuani Zat**

**Membro 3 da banca de avaliação do trabalho (UFSM)**

Santa Maria, RS

2022

## AGRADECIMENTOS

*Faço por meio desse espaço um agradecimento especial aos meus pais e exemplos de vida, Nilso e Vânia, por todo apoio, carinho, amor e dedicação que prestaram a mim, nunca me deixando esmorecer nos momentos de dúvida e inseguranças, transmitindo amparo em todas as decisões tomadas por mim.*

*De forma secundária, gostaria de prestar meu agradecimento caloroso aos meus irmãos Eduardo e Victor por fazerem parte do meu dia a dia, fazendo-o mais leve e alegre, estando dispostos a me auxiliar sempre que foi necessário.*

*Agradeço de forma geral, sim, mas com muito carinho e sinceridade, todos os familiares, amigos, tutores e pessoas que me acompanham na caminhada até o presente momento, agregando a mim com seus conhecimentos e sabedorias, proporcionando experiências e aprendizados que carregarei para toda a vida, não apenas em instância profissional, mas também pessoal.*

## RESUMO

### ELABORAÇÃO DE FAMÍLIAS CARREGÁVEIS DE OBJETOS PARAMÉTRICOS PARA ALVENARIA ESTRUTURAL NO SOFTWARE REVIT

AUTOR: Leonardo Machado Felipeto

ORIENTADOR: André Lübeck

A construção civil está em constante evolução de suas ferramentas e práticas visando alçar o padrão dos processos ao nível industrial, mitigando retrabalho, perdas e desperdícios, em prol da otimização da produtividade. Nesse sentido, vêm sendo desenvolvidas ferramentas capazes de implementar o conceito de interoperabilidade, que permite o trabalho de equipes multidisciplinares de forma simultânea, ou parcialmente simultânea, sobre o mesmo modelo de projeto. Isso se deve ao advento dos processos em BIM, que teve seu surgimento na década de 80. Por meio desses, todas as informações de projeto são centralizadas em um único modelo, possibilitando que alterações sejam realizadas de forma ágil, devido à natureza paramétrica dos objetos, e que ao as realizar, os integrantes da equipe tenham acesso a elas de forma simultânea, preservando-as durante todo o processo de concepção e projeto. Com base nesse conhecimento e nos demais apresentados nesse trabalho, foram criados elementos construtivos paramétricos vinculados a estruturas em alvenaria estrutural, a fim de possibilitar a elaboração de projeto de forma rápida e preservando a integridade da informação para que colaboradores atuem nas disciplinas vinculadas ao projeto, planejamento e orçamentação, tenham em mãos dados fidedignos. Para tanto, como a proposta é a arquitetura da estrutura de elementos em termos paramétricos, foram descritas as ações realizadas para modelagem, parametrização e representação gráfica dos elementos, aludindo acerca dos processos criativos e tomadas de decisão para isso. Por fim foram apresentados os resultados obtidos, baseados na criação e apresentação de tabelas de quantitativos de materiais e representação documental gráfica.

**Palavras-chave:** BIM. Famílias. Modelagem. Parametrização. Documentação. Projeto.

## ABSTRACT

### PREPARATION OF LOADABLE FAMILIES OF PARAMETRIC OBJECTS FOR STRUCTURAL MASONRY IN REVIT SOFTWARE

AUTHOR: Leonardo Machado Felipeto

ADVISOR: André Lübeck.

Civil construction is constantly evolving its tools and practices in order to raise the standard of processes to the industrial level, mitigating rework, losses and waste, in favor of optimizing productivity. In this sense, tools capable of implementing the concept of interoperability have been developed, which allows multidisciplinary teams to work simultaneously, or partially simultaneously, on the same project model. This is due to the advent of BIM processes, which emerged in the 1980s. Through these, all project information is centralized in a single model, allowing changes to be carried out in an agile way, due to the parametric nature of the objects. , and that when performing them, team members have access to them simultaneously, preserving them throughout the design and design process. Based on this knowledge and on the others presented in this work, parametric constructive elements were created linked to structures in structural masonry, in order to enable the elaboration of a project quickly and preserving the integrity of the information so that employees work in the disciplines linked to the project, planning and budgeting, have reliable data at hand. Therefore, as the proposal is the architecture of the structure of elements in parametric terms, the actions performed for modeling, parameterization and graphic representation of the elements were described, alluding to the creative processes and decision making for this. Finally, the results obtained were presented, based on the creation and presentation of quantitative tables of materials and graphic document representation.

**Keywords:** BIM. Families. Modeling. Parameterization. Documentation. Project.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. 1 – Processo e etapas para criação de objetos paramétricos. ....  | 24 |
| Figura 2. 1 – Ativação do compartilhamento para família de componentes aninhados.....   | 30 |
| Figura 2. 2 – Acesso a ferramenta Categoria e parâmetros de família.....  | 31 |
| Figura 2. 3 – Acesso a ferramenta Unidades de projeto.....  | 32 |
| Figura 2. 4 – Acesso a ferramenta Tipos de família.....   | 33 |
| Figura 2. 5 – Acesso a ferramenta parâmetros de projeto. ....   | 38 |
| Figura 2. 6 – Procedimento para elaboração de parâmetros de projeto.....  | 38 |
| Figura 2. 7 – Procedimento para o acesso a caixa de diálogo Tipos de família e elaboração de parâmetros de família. ....                  | 39 |
| Figura 2. 8 – Apresentação da janela Propriedades de parâmetros. ....   | 40 |
| Figura 2. 9 – Procedimento para acesso as ferramentas de elaboração de parâmetros compartilhados. ....                                    | 41 |
| Figura 2. 10 – Procedimento para elaboração de arquivo de armazenamento de dados e criação de um grupo de parâmetros compartilhados. .... | 42 |
| Figura 2. 11 – Elaboração e configuração de um novo parâmetro compartilhado.....  | 42 |
| Figura 2. 12 – Inserção e configuração de um parâmetro compartilhado. ....  | 43 |
| Figura 2. 13 – Procedimento para elaboração de parâmetros globais. ....   | 44 |
| Figura 2. 14 – Registro de informações de forma que se torne inalterável pelo usuário. ....   | 45 |
| Figura 2. 15 – Associação de parâmetros de visibilidade.....  | 45 |
| Figura 2. 16 – Associação de parâmetros de controle dimensional. ....   | 46 |
| Figura 2. 17 – Ferramentas de modelagem de formas.....  | 48 |
| Figura 2. 18 – Ferramentas dos painéis Modificar, Medir e Desenhar. ....  | 48 |
| Figura 2. 19 – Acesso a ferramenta de criação e edição de materiais. ....   | 52 |
| Figura 2. 20 – Janela de navegação e ferramenta de criação e edição de materiais. ....  | 53 |
| Figura 2. 21 – Procedimento de acesso a janela Estilos de objeto e aplicação de material por categoria e subcategoria.....                | 53 |
| Figura 2. 22 – Elaboração de parâmetro de material para aplicação na família.....   | 54 |
| Figura 2. 23 – Aplicação do material a família ao parâmetro criado. ....  | 55 |
| Figura 2. 24 – Aplicação do material no parâmetro Material do elemento.....   | 55 |
| Figura 2. 25 – Aplicação do material por face da geometria.....   | 56 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 2. 26 – Elaboração de subcategoria de linha simbólica. ....  | 57 |
| Figura 2. 27 – Janela suspensa Configurações adicionais e acesso a edição de linhas pela ferramenta Estilos de linha. ....  | 57 |
| Figura 2. 28 – Janela Estilos de linha ferramentas para elaboração e edição de linhas. ....   | 58 |
| Figura 2. 29 – Guia Espessuras de linhas de modelo dentro da ferramenta Espessuras de linha. ....   | 58 |
| Figura 2. 30 – Guia espessuras de linhas de perspectiva dentro da ferramenta Espessuras de linha. ....  | 59 |
| Figura 2. 31 – Guia espessuras de linhas de anotação dentro da ferramenta Espessuras de linha. ....   | 59 |
| Figura 2. 32 – Ferramenta Padrões de linha acessada pela janela suspensa de Configurações adicionais. ....  | 60 |
| Figura 2. 33 – Ferramenta Padrões de enchimento de desenho acessado pela janela suspensa de Configurações adicionais. ....  | 61 |
| Figura 2. 34 – Ferramenta Padrões de enchimento de modelo acessado pela janela suspensa de Configurações adicionais. ....   | 61 |
| Figura 2. 35 – Procedimento de acesso a ferramenta Visibilidade/Sobreposição de gráficos para a vista e apresentação dos elementos editáveis na guia Categorias de modelo ..... | 62 |
| Figura 2. 36 – Apresentação dos elementos editáveis na guia Categorias de anotação presente na ferramenta Visibilidade/Sobreposição de gráficos para a vista. ....              | 63 |
| Figura 2. 37 – Apresentação dos elementos editáveis na guia Categorias de modelo analítico presente na ferramenta Visibilidade/Sobreposição de gráficos para a vista. ....      | 63 |
| Figura 2. 38 – Apresentação dos elementos editáveis na guia Categorias importadas presente na ferramenta Visibilidade/Sobreposição de gráficos para a vista. ....               | 64 |
| Figura 2. 39 – Apresentação dos elementos editáveis na guia Filtros presente na ferramenta Visibilidade/Sobreposição de gráficos para a vista .....                             | 65 |
| Figura 2. 40 – Procedimento para elaboração de um novo filtro para seleção de um componente de projeto. ....  | 66 |
| Figura 2. 41 – Procedimento de acesso ao menu suspenso para seleção e elaboração dos diversos tipos de tabelas. ....  | 67 |
| Figura 2. 42 – Procedimento na janela Nova tabela para acesso a janela de definição Propriedades da tabela. ....  | 68 |
| Figura 2. 43 – Determinação dos parâmetros que comporão a tabela pela janela de definição Propriedades da tabela. ....  | 69 |
| Figura 2. 44 – Guia Filtro da ferramenta Propriedades da tabela e seu funcionamento de edição de tabela. ....   | 69 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 2. 45 – Guia Classificar/Agrupar da ferramenta Propriedades da tabela e seu funcionamento de edição de tabela..... | 70 |
| Figura 2. 46 – Guia Formatação da ferramenta Propriedades da tabela e seu funcionamento de edição de tabela. ....         | 71 |
| Figura 2. 47 – Guia Aparência da ferramenta Propriedades da tabela e seu funcionamento de edição de tabela. ....          | 71 |
| Figura 2. 48 – Procedimento para elaboração de Tabela-Chave. ....   | 73 |
| Figura 2. 49 – Procedimento para elaboração de tabela de levantamento de materiais. ....                                  | 73 |
| Figura 2. 50 – Procedimento para elaboração de tabela de anotações. ....  | 74 |
| Figura 2. 51 – Procedimento para elaboração de tabela de painéis. ....  | 75 |
| <br>  |    |
| Figura 3. 1 – Organograma de criação de famílias.....   | 80 |
| Figura 3. 2 – Blocos complementares da Família 14. ....   | 81 |
| Figura 3. 3 – Acesso a ferramenta de inserção de planos de referência. ....   | 83 |
| Figura 3. 4 – Restringimento da espessura lateral de argamassa. ....  | 84 |
| Figura 3. 5 – Sobreposição e restrição das arestas laterais aos planos de referência. ....                                | 85 |
| Figura 3. 6 – Espessuras de paredes dos blocos de 14x29 cm.....   | 85 |
| Figura 3. 7 – Determinação das restrições de início e fim da extrusão. ....   | 86 |
| Figura 3. 8 – Parâmetros de sistema. ....   | 86 |
| Figura 3. 9 – Parâmetros ingressos em Tipos de família e registro de informação de modo inalterável pelo usuário.....     | 87 |
| Figura 3. 10 – Criação de Tipo para família.....  | 88 |
| Figura 3. 11 – Inserção de ilustração do bloco para tabulação.....  | 88 |
| Figura 3. 12 – Criação do grupo de parâmetros compartilhados de identificadores. ....                                     | 89 |
| Figura 3. 13 – Inserção do parâmetro em Tipos de família. ....  | 90 |
| Figura 3. 14 – Configuração de Padrão de superfície para o material do Bloco 29. ....                                     | 90 |
| Figura 3. 15 – Ilustração do acesso da ferramenta Linha simbólica.....  | 91 |
| Figura 3. 16 – Seleção da subcategoria pela ferramenta Linha simbólica. ....  | 92 |
| Figura 3. 17 – Configuração da visualização de arestas internas em função do nível de detalhe. ....                       | 92 |
| Figura 3. 18 – Configuração da visualização sólido em vista 3D. ....  | 93 |
| Figura 3. 19 – Determinação como plano de referencia a face lateral do bloco. ....  | 94 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 3. 20 – Procedimento de acesso a ferramenta Linha do modelo.....   | 94  |
| Figura 3. 21 – Aplicação das subcategorias de linhas criadas por meio da ferramenta Linha de modelo.....                        | 94  |
| Figura 3. 22 – Configuração da visualização das linhas de modelo.....   | 95  |
| Figura 3. 23 – Representação dos blocos da Família 14, em vista de elevação sul, para o nível alto de detalhe.....              | 96  |
| Figura 3. 24 – Representação dos blocos da Família 14, em vista de elevação sul, para o nível médio de detalhe.....             | 96  |
| Figura 3. 25 – Representação dos blocos da Família 14, em vista de elevação sul, para o nível de detalhe baixo.....             | 96  |
| Figura 3. 26 – Representação dos blocos da Família 14, em vista de elevação oeste, para os níveis de detalhe baixo e médio..... | 97  |
| Figura 3. 27 – Representação dos blocos da Família 14, em vista de elevação oeste, para o nível alto de detalhe.....            | 97  |
| Figura 3. 28 – Representação dos blocos da Família 14, em vista 3D, para o nível alto de detalhe.....                           | 98  |
| Figura 3. 29 – Planos de referência para delimitação da argamassa de assentamento.....  | 99  |
| Figura 3. 30 – Demonstração da modelagem da família de argamassa para o bloco 14x29....   | 99  |
| Figura 3. 31 – Parâmetros de visibilidade atribuídos em Tipos de família.....   | 100 |
| Figura 3. 32 – Exemplo de estrutura da declaração condicional.....  | 101 |
| Figura 3. 33 – Determinação dos volumes por meio das declarações condicionais.....  | 102 |
| Figura 3. 34 – Desativação da visibilidade da argamassa de base.....  | 102 |
| Figura 3. 35 – Desativação da visibilidade das argamassas laterais.....   | 103 |
| Figura 3. 36 – Desativação da visibilidade da argamassa do lado A.....  | 103 |
| Figura 3. 37 – Carregamento da família de argamassa de assentamento de bloco na família de componentes aninhados.....           | 104 |
| Figura 3. 38 – Parâmetros integrados ao menu Tipo de família para a família de componentes aninhados.....                       | 105 |
| Figura 3. 39 – Procedimento para associação dos parâmetros de controle de visibilidade da argamassa da base.....                | 106 |
| Figura 3. 40 – Posicionamento final dos elementos concluintes da família de componentes aninhados.....                          | 107 |
| Figura 3. 41 – Inserção da cota de diâmetro da barra.....   | 108 |
| Figura 3. 42 – Inserção da cota alinhada.....   | 109 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 3. 43 – Nomeação do tipo de família e atribuição de informações aos parâmetros. ....                           | 110 |
| Figura 3. 44 – Parâmetros compartilhados criados e integrados ao grupo Aço. ....                                      | 110 |
| Figura 3. 45 – Acesso a ferramenta Editar extrusão. ....  | 111 |
| Figura 3. 46 – Associação entre parâmetro e diâmetro da barra. ....   | 111 |
| Figura 3. 47 – Associação entre parâmetro e comprimento da barra. ....  | 112 |
| Figura 3. 48 – Inserção e posicionamento de barras na família de armadura vertical. ....                              | 113 |
| Figura 3. 49 – Inserção dos parâmetros da família de barra de aço na família de armadura vertical. ....               | 113 |
| Figura 3. 50 – Parâmetros de família criados para comprimento e posição das barras de aço. ....                       | 114 |
| Figura 3. 51 – Planos de referência de controle do comprimento de transpasse. ....                                    | 115 |
| Figura 3. 52 – Planos de referência de controle do comprimento de transpasse. ....                                    | 115 |
| Figura 3. 53 – Parâmetros implementados e aplicação da expressão para determinação do comprimento de transpasse. .... | 116 |
| Figura 3. 54 – Parâmetros implementados e aplicação da expressão para determinação do comprimento de arranque. ....   | 117 |
| Figura 3. 55 – Aplicação da expressão para determinação do comprimento da barra B. ....                               | 118 |
| Figura 3. 56 – Extrusão e cota das dimensões da seção transversal do graute vertical. ....                            | 119 |
| Figura 3. 57 – Parâmetros integrados a janela de diálogo Tipos de família e suas expressões. ....                     | 120 |
| Figura 3. 58 – Parametrização da altura do graute. ....   | 120 |
| Figura 3. 59 – Resultado da parametrização da seção transversal do graute. ....                                       | 121 |
| Figura 3. 60 – Criação do material aplicado ao graute. ....   | 121 |
| Figura 3. 61 – Apresentação de parâmetros de seleção de modelo dimensional do graute e sua descrição. ....            | 124 |
| Figura 3. 62 – Apresentação de parâmetros dimensionais de comprimento e largura do graute. ....                       | 124 |
| Figura 3. 63 – Estrutura lógica aplicada aos parâmetros de controle dimensional semi automatizado. ....               | 125 |
| Figura 3. 64 – Registro do termo “graute” na célula Fórmula do parâmetro Descrição. ....                              | 125 |
| Figura 3. 65 – Resultado da parametrização da seção transversal do graute. ....                                       | 126 |
| Figura 3. 66 – Implementação do parâmetro de comprimento da armadura vertical. ....                                   | 127 |
| Figura 3. 67 – Cota associada ao parâmetro de comprimento da armadura vertical. ....                                  | 127 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 3. 68 – Inserção de linha simbólica para representação gráfica do comprimento de armadura vertical. ....                      | 128 |
| Figura 3. 69 – Edição de visibilidade da família de barra de aço vertical. ....  | 129 |
| Figura 3. 70 – Representação gráfica das barras que compõem a armadura vertical. ....  | 129 |
| Figura 3. 71 – Parâmetros de visibilidade criados para representação gráfica da armadura. .  | 130 |
| Figura 3. 72 – Funcionamento da ativação do parâmetro PF_Detalhamento da armadura. ....  | 131 |
| Figura 3. 73 – Funcionamento da desativação do parâmetro PF_Detalhamento da armadura. ....   | 131 |
| Figura 3. 74 – Associação da visibilidade da armadura ao parâmetro de representação gráfica da armadura em elevação. ....            | 132 |
| Figura 3. 75 – Associação da visibilidade do graute ao parâmetro de representação gráfica da armadura em elevação. ....              | 133 |
| Figura 3. 76 – Associação da linha simbólica ao parâmetro de controle de visibilidade de representação da armadura em elevação. .... | 134 |
| Figura 3. 77 – Configuração de hachura para graute em vista de planta. ....  | 135 |
| Figura 3. 78 – Representação gráfica de armaduras em vista de elevação frontal e posterior. ....                                     | 136 |
| Figura 3. 79 – Representação da armadura em vistas de elevações laterais. ....   | 137 |
| Figura 3. 80 – Representação gráfica da armadura em vista 3D. ....   | 137 |
| Figura 3. 81 – Representação gráfica da armadura em vista de planta de piso. ....  | 138 |
| Figura 3. 82 – Seleção do modelo genérico métrico com base na face. ....   | 139 |
| Figura 3. 83 – Nomeação do plano de referência. ....   | 139 |
| Figura 3. 84 – Seleção do plano de trabalho por meio de sua denominação. ....  | 140 |
| Figura 3. 85 – Elaboração da extrusão da barra de aço horizontal. ....   | 141 |
| Figura 3. 86 – Elaboração das extrusões das dobras da armadura simples. ....   | 141 |
| Figura 3. 87 – Restrição das dobras junto aos planos de referência. ....   | 141 |
| Figura 3. 88 – Composição paramétrica da família de barra horizontal. ....   | 142 |
| Figura 3. 89 – Expressão segmentada em parcelas considerando a declaração condicional If. ....                                       | 143 |
| Figura 3. 90 – Aplicação da expressão para determinação do comprimento do aço na célula Fórmula do parâmetro. ....                   | 143 |
| Figura 3. 91 – Ativação do parâmetro de alerta de transpasse quando o comprimento do aço excede 12 metros. ....                      | 144 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 3. 92 – Desativação do parâmetro de alerta de transpasse quando o comprimento do aço é inferior a 12 metros. ....   | 144 |
| Figura 3. 93 – Demonstração da mensagem de alerta de transpasse. ....  | 145 |
| Figura 3. 94 – Parâmetros da barra A e expressões aplicadas as suas células Fórmula. ....  | 146 |
| Figura 3. 95 – Ilustração da estrutura física cotada e parametrizada. ....   | 146 |
| Figura 3. 96 – Parâmetros da barra B e expressões aplicadas as suas células Fórmula. ....  | 147 |
| Figura 3. 97 – Ilustração da estrutura física cotada e parametrizada. ....   | 147 |
| Figura 3. 98 – Alterações aplicadas ao distanciamento das barras A e B em relação ao eixo horizontal do arquivo de família. ....                                 | 148 |
| Figura 3. 99 – Comparativo das dimensões na seção transversal do bloco canaleta e do graute horizontal. ....   | 148 |
| Figura 3. 100 – Caixa de diálogo do tipo de família Graute horizontal e sua estrutura paramétrica. ....  | 149 |
| Figura 3. 101 – Associação entre parâmetro de controle do comprimento do graute e cota. ....   | 149 |
| Figura 3. 102 – Expressão de cálculo do volume de trapézio, aplicado a célula Formula do parâmetro correspondente. ....  | 150 |
| Figura 3. 103 – Carregamento de componentes em arquivo de modelo métrico com base na face. ....  | 151 |
| Figura 3. 104 – Expressão aplicada a célula Fórmula do parâmetro de comprimento da barra longitudinal. ....  | 152 |
| Figura 3. 105 – Expressão aplicada a célula Fórmula do parâmetro de comprimento da barra longitudinal. ....  | 153 |
| Figura 3. 106 – Ilustração do posicionamento das barras do lado A e B carregadas na família hospedeira. ....   | 154 |
| Figura 3. 107 – Parâmetros ingressos no Tipos de famílias da família de componentes aninhados composta pelo graute e armadura horizontal com transpasse. ....    | 156 |
| Figura 3. 108 – Atribuição de parâmetros da família hospedeira as cotas do lado esquerdo da barra A que a compõe. ....   | 156 |
| Figura 3. 109 – Atribuição de parâmetros da família hospedeira as cotas do lado direito da barra b que a compõe e demonstração da associação de parâmetros. .... | 156 |
| Figura 3. 110 – Associação do parâmetro de visibilidade ao segmento de dobra do lado A. ....   | 158 |
| Figura 3. 111 – Representação gráfica da armadura horizontal em vista de elevação e corte. ....  | 159 |
| Figura 3. 112 – Representação gráfica da armadura horizontal em vista 3D. ....   | 159 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 3. 113 – Demonstração do funcionamento da declaração condicional aplicada na vinculação de parâmetros. ....              | 160 |
| Figura 3. 114 – Associação de parâmetros para operabilidade de visualização de representação gráfica. ....                      | 160 |
| Figura 3. 115 – Categoria selecionada para extração de informações para composição de etiquetas. ....                           | 161 |
| Figura 3. 116 – Parâmetros compartilhados de etiquetagem da família de armadura vertical com transpasse. ....                   | 162 |
| Figura 3. 117 – Parâmetros compartilhados de etiquetagem da família de armadura horizontal sem transpasse. ....                 | 163 |
| Figura 3. 118 – Edição de visibilidade da família de barra de aço vertical. ....  | 164 |
| Figura 3. 119 – Procedimento para acesso a ferramenta Legenda. ....   | 164 |
| Figura 3. 120 – Janela de edição de legenda. ....   | 165 |
| Figura 3. 121 – Integração de parâmetros e apresentação de layout do quadro Parâmetros da legenda. ....                         | 165 |
| Figura 3. 122 – Procedimento de acesso ao menu de edição da apresentação unidade para o parâmetro de diâmetro ....              | 166 |
| Figura 3. 123 – Posicionamento dos textos dentro da família de legenda para família de armadura horizontal com transpasse. .... | 166 |
| Figura 3. 124 – Aplicação da legenda na armadura vertical com transpasse dentro do arquivo de projeto. ....                     | 167 |
| Figura 3. 125 – Parâmetros integrados ao quadro Parâmetros da legenda e suas edições. ....                                      | 167 |
| Figura 3. 126 – Posicionamento dos textos dentro da família de legenda para família de armadura horizontal sem transpasse. .... | 168 |
| Figura 3. 127 – Aplicação da legenda na armadura horizontal sem transpasse dentro do arquivo de projeto. ....                   | 168 |
| Figura 3. 128 – Edição das unidades e configuração da etiqueta composta pelo parâmetro de comprimento da dobra A. ....          | 169 |
| Figura 3. 129 – Procedimento para criação de parâmetro de visibilidade para legenda da dobra do lado B. ....                    | 169 |
| Figura 3. 130 – Elaboração de tipo de família para dobra do lado B. ....  | 170 |
| Figura 3. 131 – Elaboração de tipo de família para dobra do lado A. ....  | 170 |
| Figura 3. 132 – Aplicação da legenda das dobras A e B dentro do arquivo de projeto ....   | 171 |
| Figura 3. 133 – Configuração da etiqueta para o parâmetro de comprimento da barra A. ....                                       | 171 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 3. 134 – Posicionamento dos textos dentro da família de legenda para família de barra de aço do lado A com transpasse.....                                      | 172 |
| Figura 3. 135 – Aplicação da legenda das barras A e B dentro do arquivo de projeto, considerando sua região de transpasse. ....  | 172 |
| Figura 3. 136 – Aplicação de todas as etiquetas de armadura em projeto protótipo.....  | 173 |
| Figura 3. 137 – Método alternativo para elaboração de tabelas.....   | 173 |
| Figura 3. 138 – Parâmetros ingressos para composição da tabela.....  | 174 |
| Figura 3. 139 – Regra aplicada na guia Filtro para blocos estruturais. ....  | 175 |
| Figura 3. 140 – Regra aplicada na guia Classificar/Agrupar para blocos estruturais.....  | 175 |
| Figura 3. 141 – Apresentação da tabela de blocos estruturais antes da alteração de seu nome e cabeçalho. ....  | 176 |
| Figura 3. 142 – Apresentação da tabela de blocos estruturais após da alteração de seu nome e cabeçalho. ....   | 176 |
| Figura 3. 143 – Edição da formatação dos cabeçalhos e informações da tabela.....   | 177 |
| Figura 3. 144 – Apresentação da tabela de aço após da alteração de seu nome e cabeçalho. ....  | 177 |
| Figura 3. 145 – Apresentação da tabela de graute após da alteração de seu nome e cabeçalho. ....   | 178 |
| Figura 3. 146 – Apresentação da tabela de graute após da alteração de seu nome e cabeçalho. ....   | 179 |
| <br>   |     |
| Figura 4. 1 – Apresentação de prancha demonstrativa dos resultados obtidos. ....   | 181 |
| Figura 4. 2 – Apresentação detalha das tabelas presentes a prancha.....  | 182 |
| Figura 4. 3 – Demonstração das paredes do projeto protótipo em vista 3D integres as pranchas. ....   | 182 |
| Figura 4. 4 – Ilustração das composições das paredes em vista de planta baixa.....   | 183 |
| Figura 4. 5 – Demonstração segmentada da metade esquerda da parede principal com apresentação do detalhamento das armaduras empregadas nos elementos cimentícios. .... | 183 |
| Figura 4. 6 – Demonstração segmentada da metade direita da parede principal com apresentação do detalhamento das armaduras empregadas nos elementos cimentícios. ....  | 183 |

## LISTA DE QUADROS

|  |     |
|--|-----|
| Quadro 2. 1 – Modelos de famílias e descrição de aplicação.....  | 29  |
| Quadro 2. 2 – Relação entre a natureza de família e tipo de modelo a ser relacionado.....  | 30  |
| Quadro 2. 3 – Parâmetros e seus efeitos de aplicação.....  | 31  |
| Quadro 2. 4 – Parâmetros relacionados a cada disciplina.....   | 33  |
| Quadro 2. 5 – Parâmetros, sua descrição e exemplos de utilização.....  | 37  |
| Quadro 2. 6 – Funções e suas descrições.....   | 47  |
| Quadro 2. 7 – Ferramentas do painel Desenho e suas aplicações.....   | 49  |
| Quadro 2. 8 – Ferramentas do painel Modificar e suas aplicações.....   | 50  |
| Quadro 2. 9 – Ferramentas do painel Medir e suas aplicações.....   | 51  |
| Quadro 2. 10 – Tipos, tabelas e suas aplicações.....   | 66  |
| Quadro 2. 11 – Configurações aplicáveis na aba Aparência da janela Propriedades da tabela.<br>.....  | 72  |
| Quadro 2. 12 – Informações de tabela de painéis e suas descrições.....   | 75  |
|  |     |
| Quadro 3. 1 – Estrutura de família, famílias elaboradas, descrição e aplicação em modelo. ..   | 77  |
| Quadro 3. 2 – Convenção entre tipos de parâmetros e seus prefixos.....   | 82  |
| Quadro 3. 3 – Associação entre parâmetros das famílias hospedadas e hospedeira para família<br>composta por bloco e argamassa.....                           | 106 |
| Quadro 3. 4 – Coeficiente para o cálculo do comprimento de transpasse e arranque.....  | 116 |
| Quadro 3. 5 – Associação entre parâmetros das famílias hospedadas e hospedeira para família<br>composta por armadura e graute vertical.....                  | 123 |
| Quadro 3. 6 – Associação entre parâmetros das famílias hospedadas e hospedeira para família<br>composta por armadura e graute horizontal sem transpasse..... | 153 |
| Quadro 3. 7 – Associação entre parâmetros das famílias hospedadas e hospedeira para família<br>composta por armadura e graute horizontal com transpasse..... | 157 |

**LISTA DE SIGLAS**

|      |   |
|------|---|
| 1D   | Primeira dimensão                         |
| 2D   | Segunda dimensão                          |
| 3D   | Terceira dimensão                         |
| 4D   | Quarta dimensão                           |
| 5D   | Quinta dimensão                           |
| 6D   | Sexta dimensão                            |
| 7D   | Sétima dimensão                           |
| 8D   | Oitava dimensão                           |
| 9D   | Nona dimensão                             |
| 10D  | Décima dimensão                           |
| AEC  | Arquitetura, Engenharia e Construção      |
| AVAC | Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado |
| BIM  | <i>Building Information Modeling</i>      |
| CAD  | <i>Computer Aided Design</i>              |
| ODBC | <i>Open Database Connectivity</i>         |
| RFA  | <i>Autodesk Revit Family</i>              |
| ROI  | Retorno sobre investimento                |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>AGRADECIMENTOS.....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>RESUMO .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>LISTA DE FIGURAS .....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>LISTA DE QUADROS .....</b>   | <b>16</b> |
| <b>LISTA DE SIGLAS .....</b>  | <b>17</b> |
| <b>SUMÁRIO .....</b>  | <b>18</b> |
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>20</b> |
| 1.1 JUSTIFICATIVA.....  | 22        |
| 1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO .....   | 26        |
| 1.2.1 OBJETIVO GERAL.....   | 26        |
| 1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....  | 26        |
| 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....  | 26        |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>                                       | <b>28</b> |
| 2.1 FERRAMENTAS DO SOFTWARE REVIT PARA CRIAÇÃO DE FAMÍLIAS .....          | 28        |
| 2.1.1 MODELOS DE FAMÍLIA .....  | 28        |
| 2.1.2 COMPOSIÇÃO DE FAMÍLIA .....   | 30        |
| 2.1.3 CONFIGURAÇÕES INICIAIS PARA CRIAÇÃO DE FAMÍLIAS .....               | 31        |
| 2.1.4 PARAMETRIZAÇÃO.....   | 33        |
| 2.1.5 MODELAGEM DE FAMÍLIAS CARREGÁVEIS .....                             | 48        |
| 2.1.6 MATERIAIS E REPRESENTAÇÃO GRÁFICA .....                             | 51        |
| 2.1.7 TABELAS E COMPOSIÇÃO DE QUANTITATIVOS.....                          | 66        |
| <b>3 METODOLOGIA .....</b>  | <b>77</b> |
| 3.1 ESTUDO DE CASO .....  | 77        |
| 3.1.1 ESCOLHA DE BLOCOS ESTRUTURAIS PARA ELABORAÇÃO DE<br>FAMÍLIAS.....   | 81        |
| 3.1.2 CONSIDERAÇÕES E CONFIGURAÇÕES GERAIS DE ARQUIVOS DE<br>CRIAÇÃO..... | 82        |
| 3.2 ELABORAÇÃO DE FAMÍLIAS .....  | 83        |
| 3.2.1 ELEMENTOS PARA COMPOSIÇÃO DE PAREDES .....                          | 83        |
| 3.2.2 ELEMENTOS ESTRUTURAIS VERTICAIS.....                                | 107       |

|              |   |            |
|--------------|---|------------|
| <b>3.2.3</b> | <b>ELEMENTOS ESTRUTURAIS HORIZONTAIS .....</b>  | <b>138</b> |
| <b>3.3</b>   | <b>ETIQUETAGEM E DOCUMENTAÇÃO DE FAMÍLIAS .....</b>   | <b>160</b> |
| <b>3.3.1</b> | <b>ELABORAÇÃO DE PARÂMETROS COMPARTILHADOS PARA<br/>ETIQUETAGEM DA ARMADURA VERTICAL COM TRANSPASSE .....</b>   | <b>161</b> |
| <b>3.3.2</b> | <b>ELABORAÇÃO DE PARÂMETROS COMPARTILHADOS PARA<br/>ETIQUETAGEM DA ARMADURA HORIZONTAL SEM TRANSPASSE .....</b> | <b>162</b> |
| <b>3.3.3</b> | <b>ELABORAÇÃO DE PARÂMETROS COMPARTILHADOS PARA<br/>ETIQUETAGEM DA ARMADURA HORIZONTAL COM TRANSPASSE .....</b> | <b>163</b> |
| <b>3.3.4</b> | <b>ELABORAÇÃO DA FAMÍLIA DE ETIQUETA PARA ARMADURA<br/>HORIZONTAL COM TRANSPASSE .....</b>                      | <b>164</b> |
| <b>3.3.5</b> | <b>ELABORAÇÃO DA FAMÍLIA DE ETIQUETA PARA ARMADURA<br/>HORIZONTAL SEM TRANSPASSE .....</b>                      | <b>167</b> |
| <b>3.3.6</b> | <b>ELABORAÇÃO DA FAMÍLIA DE ETIQUETA PARA ARMADURA<br/>HORIZONTAL COM TRANSPASSE .....</b>                      | <b>171</b> |
| <b>3.4</b>   | <b>TABELAS E QUANTITATIVOS .....</b>  | <b>173</b> |
| <b>3.4.1</b> | <b>TABELAS DE QUANTITATIVO DE BLOCO ESTRUTURAL .....</b>  | <b>174</b> |
| <b>3.4.2</b> | <b>TABELAS DE QUANTITATIVO DE AÇO .....</b>   | <b>176</b> |
| <b>3.4.3</b> | <b>TABELAS DE QUANTITATIVO DE GRAUTE .....</b>  | <b>178</b> |
| <b>3.4.4</b> | <b>TABELAS DE QUANTITATIVO DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO ..</b>  | <b>178</b> |
| <b>4</b>     | <b>RESULTADOS.....</b>  | <b>180</b> |
| <b>5</b>     | <b>CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>   | <b>184</b> |
| <b>5.1</b>   | <b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>   | <b>184</b> |
|              | <b>REFERÊNCIAS .....</b>  | <b>185</b> |
|              | <b>APÊNDICE A - PRIMEIRA METADE DA PRANCHA DE PROJETO .....</b>   | <b>193</b> |
|              | <b>APÊNDICE B – SEGUNDA METADE DA PRANCHA DE PROJETO.....</b>   | <b>194</b> |
|              | <b>APÊNDICE C - TABELAS DE QUANTITATIVOS .....</b>  | <b>195</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) é responsável por parte considerável da movimentação econômica do país, pois fomenta a geração de emprego devido a considerável quantidade de profissionais envolvidos em sua cadeia produtiva, influenciando em uma parcela significativa do PIB. Considerando quão robusto é seu papel no cenário econômico, faz-se necessária a evolução de seus processos produtivos para que suas atividades sejam otimizadas visando a maior eficiência e o menor desperdício de materiais.

Dentre os segmentos que compõem essa indústria em âmbito nacional, destaca-se a etapa de concepção e elaboração de plantas de edificações. Segundo Addor et al. (2010), nesse mercado os projetos são entregues ao contratante e utilizados para composição de quantitativos e planejamento das atividades em obra levando em consideração desenhos 2D apresentados em telas ou de forma impressa. Apesar das ferramentas estarem progredindo, esse método tradicional ainda se caracteriza predominante, dentre as empresas de elaboração de projetos e construção, o que resulta em atraso para o setor.

De acordo com Antunes e Scheer (2015), a competitividade empresarial no setor, historicamente promoveu o surgimento de aplicativos para substituição dos desenhos técnicos manuais pelos virtuais e, posteriormente, foi percebida a necessidade de um sistema que fizesse mais que só desenhos. A evolução das técnicas e ferramentas trouxe a possibilidade de otimização de tempo no ato de projetar, prevendo possíveis incompatibilidade e inconsistência de dados, permitindo a garantia de informações e documentações mais fidedignas para etapas posteriores ao projeto, como planejamento, orçamentação e execução de obras.

Nesse sentido, em breve comparação entre métodos, Eastman et al. (2014) diz que no método CAD tradicional os aspectos da geometria de um elemento devem ser editados manualmente pelos usuários, em contrapartida, em modeladores paramétricos, as geometrias são ajustadas automaticamente às modificações do contexto e aos controles de alto nível do usuário. Esse avanço a partir do emprego de objetos parametrizados foi possível com o advento do conceito e metodologia denominada *Building Information Modeling* (BIM), que traduzida corresponde a Modelagem da Informação da Construção.

A disponibilização dos primeiros aplicativos de modelagem ocorreu na década de 1980, para a indústria da construção, porém esses não foram bem-sucedidos devido a sua alta complexidade, por exigirem uma visão de projeto diferente daquelas praticadas pelos profissionais da época e pela necessidade de aquisição de hardware de custo elevado. (ANTUNES; SCHEER, 2015). Eastman et al. (2014, p. 283) define que: “A evolução na direção do BIM foi inicialmente restringida pelo custo do poder de processamento, e mais tarde pela bem-sucedida e ampla adoção do CAD.”

Por essa metodologia de trabalho, Eastman et al. (2014, p. 17) afirma que “O modelo 3D gerado pelo software BIM é projetado diretamente em vez de ser gerado a partir de múltiplas vistas 2D.” Dessa forma, segundo Eastman et al. (2014), esse pode ser usado para visualizar o projeto em qualquer etapa do processo com a expectativa de que terá dimensões consistentes em todas as vistas.

Entre as desvantagens das técnicas tradicionais, uma é apontada por Rodrigues (2012), que menciona que o planejamento de obra feito por meio dessas não permite sua visualização e compreensão espacial, reduzindo sua confiabilidade. Outro ponto negativo em relação as

ferramentas 2D, em comparação ao BIM, é a ausência da possibilidade da promoção de uma análise mais consistente como apresentado:

Diferentemente da plataforma BIM, a ferramenta mais utilizada em 2D, software CAD (Computer Aided Design), não possui acervo de dispositivos que permitam uma análise mais satisfatórias das informações tridimensionais. Com isso, o levantamento de informações e quantitativos, que são extremamente importantes, ficam enfraquecidas pela ausência dos mecanismos de análises. Como os componentes no BIM são paramétricos, torna-se possível realizar alterações e obter atualizações instantâneas em todo o projeto. (VIEIRA; FIGUEIREDO, 2020, p. 11)

Outro exemplo que versa sobre desvantagem do método convencional em comparação a metodologia BIM é apontada no exemplo:

Tomemos como exemplo o projeto do “*retrofit*” de uma edificação de 50 ou 60 anos atrás: Nesse caso, o resgate das informações nesse processo é mais complexo, pois os documentos que por-ventura existirem terão as informações totalmente fragmentadas, uma vez que foram gerados desta forma. As informações estarão dispersas em desenhos a lápis, em CAD, em publicações e até em fotos. Considerando-se um modelo de BIM, único, todas as informações estariam concentradas, facilitando o processo de resgate e manipulação das informações, otimizando a tarefa de projetar. (ADDOR et al., 2010, p. 106-107)

Voltado para a percepção desta nova metodologia para projetos, conforme Eastman et al. (2014, p. 19) expõem, “Uma vez que o modelo virtual 3D da construção é a fonte para todos os desenhos 2D e 3D, os erros de projeto causados por desenhos 2D inconsistentes são eliminados.” Eastman et al. (2014) ainda aponta que as modificações em projetos podem ser resolvidas com rapidez em sistema BIM, porque podem ser compartilhadas, visualizadas, estimadas e resolvidas sem o uso de transações demoradas feitas em papel, evitando possíveis erros oriundos de sistemas baseados em papeis.

Considerando que o produto da utilização da metodologia BIM é uma implementação integrada de projetos, Eastman et al. (2014) apronta que suas simulações, para serem consideradas inteligentes, devem apresentar seis características principais, sendo essas listadas:

- Ser digital, o que permite a integração para possíveis atualizações de projeto de forma prática e ágil;
- Ser espacial, de forma a abranger diversas dimensões de um projeto;
- Ser mensurável, possibilitando a consulta e extração de dados qualitativos e quantitativos;
- Ser abrangente, comunicando e incorporando a intenção de projeto, as condições de construção e seu desempenho, e incluindo aspectos de cunho financeiro e processual;
- Ser acessível, de modo que todos os colaboradores tenham acesso as informações pertinentes de modo intuitivo e interoperante;
- Ser durável, permitindo o usufruto da edificação durante todas as fases de sua vida;

Acerca do BIM, Viera e Figueiredo (2020, p. 11) asseguram que “[...] no processo de execução e utilização deste modelo, entra em vigor o conceito de interoperabilidade, ou seja, vários profissionais podem alimentar o projeto, cada um em sua máquina, ao mesmo tempo.” Por meio dessa, conforme Addor et al. (2010), as informações são concentradas em um único modelo, sendo que todas as alterações realizadas no modelo serão refletidas nos documentos, onde todos esses são extraídos do modelo.

Para arraigar a problematização solucionada por meio do advento da metodologia BIM, pode-se citar Addor et al. (2010), que afirma que muitos dos problemas da construção civil ocorrem por falta de comunicação e integração entre pessoas e projetos, sendo o grande vilão a baixa qualidade e confiabilidade das informações e a perda dessas ao longo do processo. Ainda Addor et al. (2010, p. 108) apontam que “No modelo gerado na plataforma de BIM, todas as informações de todas as disciplinas estão concentradas e integradas. Todos os projetos estão vinculados em um mesmo modelo.”

Em análise dos sistemas construtivos aplicáveis na construção civil perante a relevância da inserção e tratamento de informações aplicável pela implementação do BIM em fase de projeto, dá-se destaque para a alvenaria estrutural, uma vez que trata-se de um sistema que permite mínima aplicação de alterações em processo executivo da edificação, frente a outros sistemas que apresentam essa flexibilidade em situações de incompatibilidades entre disciplinas de projeto.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A ideia que sustenta o uso do BIM na indústria AEC, segundo Andrade e Ruschel (2009), se apoia nos conceitos de parametrização, interoperabilidade e na colaboração entre os diversos profissionais deste setor, sendo necessário para consolidação do BIM o desenvolvimento de tecnologias de modelagem paramétrica e de interoperabilidade.

Conforme Eastman et al. (2014, p. 101), “Longos ciclos de construção aumentam o risco de mercado. Projetos que são financiados em condições econômicas favoráveis podem chegar ao mercado em um período de recessão, impactando muito o retorno do investimento (ROI) do projeto.” Eastman et al. (2014) ainda menciona que o emprego de processos BIM, como projetos e a pré-fabricação, podem reduzir consideravelmente a duração do empreendimento, da aprovação até a finalização da obra, promovendo a redução do tempo de lançamento por meio do uso de modelos paramétricos.

Dentre os softwares que operam por meio do emprego da metodologia BIM, o Revit é o utilizado em maior escala nos setores da AEC. Segundo Vieira e Figueiredo (2020, p. 10) “Com sua tecnologia 3D, o Revit é capaz de gerar informações valiosas para o planejamento da obra.”, sendo a tecnologia citada referente a modelagem e inserção de informação em elementos. Ainda Viera e Figueiredo (2020), ressaltam a capacidade do software em atender a demanda de interoperabilidade, ao afirmarem que em projetos multidisciplinares, o Revit oferece suporte para trabalhos colaborativos e o compartilhamento de trabalhos, onde esse método permite que todos os membros da equipe trabalhem no mesmo modelo ao mesmo tempo.

Um dos benefícios do emprego do Revit é que quando alterações geram conflitos dentro do projeto, esse emite uma mensagem de erro. Entende-se que o Revit, assim como outros *softwares* atrelados a metodologia BIM, utiliza dois conceitos mediante a alteração de elementos, o primeiro é a capacidade de entender a relação dos objetos e o segundo é a programação das alterações em todas as vistas do projeto, sendo um dos grandes benefícios em seu emprego para elaborar projetos. (VIEIRA; FIGUEIREDO, 2020).

Em exposição acerca da dimensão 3D no Revit, esse, por meio da parametrização, passa a não ser apenas a representação tridimensional de um objeto, mas sim a atribuição de detalhes informativos e regras para o comportamento e a apresentação do sólido. Assim, Arcari et al. (2015) sustenta que no momento em que o detalhe passa a cumprir papel fundamental para a construtibilidade do projeto, sua legibilidade e clareza de informações tornam-se ferramentas essenciais tanto para processo projetual quanto para a materialização, compartilhamento e reutilização de todas as informações, modelos e ideias de projeto.

A metodologia BIM apresenta, atrelada a si, a ideia da modelagem paramétrica que consiste em criar um elemento a partir de certos critérios (parâmetros) declarados previamente. Isto é, geometrias bi ou tridimensionais, simples ou complexas, são geradas através de determinadas informações providas pelo usuário, sendo esses objetos paramétricos conhecidos na construção como componentes BIM (ANTUNES; SCHEER, 2015). Eastman et al. (2014, p. 25) cita que “Objetos paramétricos personalizados permitem a modelagem de geometrias complexas que antes eram impossíveis ou simplesmente impraticáveis.”

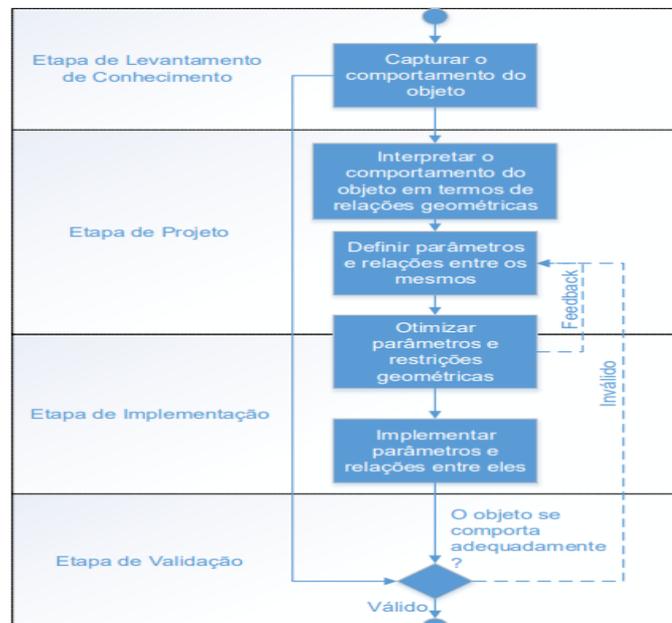
A compreensão de como os parâmetros se organizam é fundamental para a qualificação da informação gerada. Nesse sentido, há uma hierarquia entre esses e uma estrutura interna a cada um, como se segue:

A ideia básica é que instâncias de forma e outras propriedades podem ser definidas e controladas de acordo com uma hierarquia de parâmetros nos níveis de conjunto e subconjunto, assim como no nível de um objeto individual. Alguns dos parâmetros dependem de valores definidos pelo usuário; outros dependem de valores fixos, e outros são obtidos de outras formas ou são relativos a elas. (EASTMAN et al., 2014, p. 29)

Apesar de alguns parâmetros dependerem de valores fixos, que podem ter fruto da necessidade da fixação de uma das dimensões do elemento, por exemplo, conforme exposto, de forma geral, em concordância com as afirmações de Eastman et al. (2014, p. 25), a modelagem paramétrica não representa objetos com geometrias fixas, pelo contrário, elas representam objetos por parâmetros e regras que determinam sua geometria, assim como algumas propriedades e características não geométricas.

A elaboração de um objeto paramétrico para uma família carregável à um projeto, de forma geral, segue as etapas de percepção do comportamento do objeto; interpretação do comportamento do objeto em termos de relação geométrica; definição de parâmetros e relações entre os mesmos; otimização dos parâmetros e das restrições geométricas; implementar parâmetros e as relações entre eles; sendo necessária a promoção da validação dos produtos desses últimos dois passos. A Figura 1.1 ilustra esses processos, agrupando-os em etapas.

Figura 1. 1 – Processo e etapas para criação de objetos paramétricos.



Fonte: Antunes e Scheer. Adaptado de Lee, Sacks e Eastman (2006)

Quanto a parametrização em projetos Vieira e Figueiredo (2020) afirmam que esse mecanismo é caracterizado como a relação de todos os elementos de um projeto que permite a coordenação e o gerenciamento de alterações que o Revit oferece. Nesse sentido Vieira, Figueiredo (2020, p. 4) ainda afirmam que “A parametrização, quando se trata do Revit, é uma grande aliada para agilizar alterações.” Para Eastman et al. (2014) a natureza paramétrica dos componentes do modelo BIM torna mais fáceis as modificações no projeto e as consequentes atualizações automáticas da informação.

O Software Revit dispõe de três tipos de famílias paramétricas, as famílias de sistema, as famílias carregáveis e as famílias no local. Neto e Ruschel (2015, p. 188) aponta a diferença entre esses tipos:

As Famílias de Sistema são predefinidas no Revit e não podem ser modificadas ou expandidas. As Famílias Carregáveis são famílias utilizadas para criar componentes de construção além dos básicos, tais como portas e janelas, e também equipamentos e elementos de anotação. As Famílias Carregáveis são criadas em arquivos externos e importados para o ambiente do Revit para sua utilização. As Famílias Locais são utilizadas para criar componentes específicos dentro de cada projeto na medida do necessário.

As famílias de sistemas, para objetos AEC, fornecidas pelo software para seus usuários, por vezes apresentam algumas delimitações em detalhamentos de suas composições ou tratamento e fornecimento de informações. Sobre essa delimitação Monteiro, Ferreira e Santos (2009, p.1) apresentam o seguinte exemplo: “[...] o objeto *wall* (parede) cuja representação gráfica está limitada às suas dimensões externas. A composição da parede também é representada a partir de uma lista de camadas que definem as características do seu núcleo e de eventuais revestimentos.” Considerando as limitações das famílias de sistema, dá-se ênfase para as famílias carregáveis.

Devido sua possibilidade de criação e personalização de elementos que essas agregam, e considerando o cenário competitivo vinculado a indústria da AEC, Eastman et al. (2014, p. 25) aponta a importância e a necessidade das empresas quanto a detenção do conhecimento para a personalização de modelagens e parametrizações de objetos, quando menciona que as empresas devem ser capazes de desenvolver objetos paramétricos definidos pelos usuários para composição de bibliotecas corporativas, de modo que seja possível o controle de qualidade de forma personalizada, afim de estabelecer suas próprias melhores práticas. Dessa forma, ter domínio sobre os mecanismos para a criação de famílias carregáveis transcende questões estética da personalização da modelagem de projeto, uma vez que com esses é possível automatizar processos que permitam o acréscimo de agilidade ao ato de projetar e promover o tratamento de dados pertinente para todas etapas da vida útil da construção.

Dentre todos os sistemas construtivos passíveis de serem eleitos para terem seus elementos criados como famílias paramétricas para composição de modelos para o software Revit, a alvenaria estrutural se apresenta destacada, devido a necessidade de precisão e controle na geração e tratamento de suas informações em todas as etapas da construção, ou seja, antes, durante e após a elaboração e execução do projeto, devido ao fato das disciplinas, como instalações elétricas e hidrossanitárias, por exemplo, serem executadas de forma mutua, o que sugere todas as compatibilizações de projeto sejam resolvidas antes da etapa de execução da obra, para evitar perdas a necessidade de alterações não previstas. Outro ponto de destaque sobre a alvenaria estrutural repousa nas vantagens técnicas financeiras apresentadas por esse método frente aos demais processos construtivos. Nesse contexto Mohamad, Machado e Jantsch (2017, p. 32) elucidam sobre as vantagens acerca do emprego da alvenaria estrutural, conforme apresentado:

- O emprego de mão de obra qualificada;
- A promoção de um canteiro de obra mais limpo;
- Redução do emprego de armaduras e fôrmas;
- Redução na geração de resíduos;
- Otimização no tempo de execução;
- A integração e compatibilização com instalações prediais, que são realizadas concomitantemente;
- Redução do número de profissionais no canteiro de obras.

Mediante as vantagens apontadas é de suma importância que se tenha um tratamento adequado da informação em termos de planejamento, evitando retrabalho, o que geram maior geração de resíduos e perdas em termo de economia e produtividade. Outro ponto que justifica a elaboração de objetos paramétricos para composição de um modelo de projeto no *software* Revit para esse sistema construtivo é a necessidade para que profissionais elaborem projetos atendendo as necessidades singulares vinculadas a alvenaria estrutural, como o tratamento de quantitativos de blocos, sendo esses variados em suas dimensões conforme sua família de modulação de blocos, o que é pouco abrangido em outros *softwares*.

## 1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

### 1.2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desse trabalho contempla a apresentação das etapas para a criação de famílias carregáveis de elementos paramétricos para o sistema construtivo de alvenaria estrutural, proporcionando a elaboração de um modelo para concepção de projeto (*template*), por onde seja possível a elaboração de tabelas de quantitativos de onde suas informações serão extraídas de um protótipo e para a documentação de projeto serão criados elementos paramétricos de etiquetas e a edições gráficas para detalhamento de representação dos elementos do protótipo em pranchas de projeto.

### 1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Apresentar as etapas para a criação de famílias carregáveis de elementos paramétricos para alvenaria estrutural;
- Demonstrar o procedimento para a elaboração de um modelo de projeto (*Template*);
- Elaborar um protótipo para aferir a funcionabilidade de extração de informações para composição de tabelas quantitativas;
- Produzir tabelas de quantitativos;
- Criar famílias paramétricas de etiquetas (*TAG's*) para demonstrar a automatização no processo de inserção de informações de detalhamento.

## 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho tem sua estrutura segmentada em cinco capítulos, sendo esses partilhados em subcapítulos, quando necessário. O primeiro capítulo, intitulado Introdução, apresenta as seções Justificativa, Objetivo do trabalho, esse fracionado em Objetivo geral e Objetivo específico, e Estrutura do trabalho, conforme apresentado até então, como subcapítulos. O segundo capítulo discursa acerca da revisão bibliográfica, onde são apresentadas as fontes de pesquisas consultadas e que dão respaldo teórico e prático para o cumprimento dos objetivos pronunciados. Sendo assim, nessa seção foram apresentadas as ferramentas disponibilizadas pelo software Revit e como as empregar para a criação de famílias de objetos paramétricos, abordando assuntos como a seleção de modelo de família, estruturação de família, configurações iniciais de famílias, parametrização, modelagem de famílias carregáveis, materiais e representação gráfica e elaboração de tabelas e composição de quantitativos. O capítulo 3 discorre no tocante a metodologia empregada, onde é apresentado o estudo de caso, detalhado o processo de concepção e elaboração das famílias de objetos paramétricos, as famílias de etiquetagem, as configurações aplicadas para documentação gráfica de projetos e a criação de tabelas e estruturação dessas para extração de quantitativos. O quarto capítulo aponta os resultados obtidos e discute sobre esses, no que tange a representação gráfica e a obtenção de dados qualitativos e quantitativos extraídos para as

tabelas. No quinto e último capítulo é apresentada a conclusão relativo aos resultados alcançados e sugestões para trabalhos futuros são indicadas, aludindo sobre possibilidades de aprimoramento de famílias, como a criada no presente trabalho, e de criação de famílias que atendam a outras necessidades vinculadas a indústria de AEC.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 FERRAMENTAS DO SOFTWARE REVIT PARA CRIAÇÃO DE FAMÍLIAS

Conforme exposto pela Autodesk (2020), “Uma família é um grupo de elementos com um conjunto comum de propriedades chamado de parâmetros e uma representação gráfica relacionada.” Para a elaboração de projetos por meio do *software* Revit, faz-se necessário a aplicação de famílias em sua composição. Estas podem ser obtidas de forma gratuita ou paga, por meio da internet ou serem criadas para atender as demandas de cada projeto.

A elaboração de família, compreende a configuração de diferentes elementos que a compõem, tais como a definição de sua modelagem, o arranjo de suas representações gráficas nas diversas vistas de projeto, a determinação de materiais aplicados em sua superfície e a estruturação de suas propriedades paramétricas.

As famílias são classificadas em famílias do sistema, famílias carregáveis e famílias no local (AUTODESK, 2019). As famílias de sistema compreendem elementos básicos no âmbito de construção e da documentação do projeto, tais como paredes, pisos, níveis, eixos entre outros. Estas não podem ser salvas em projeto a partir de arquivos externos ou serem salvas em acervo externo ao projeto (AUTODESK, 2019).

As famílias carregáveis, de modo geral, abrangem componentes como alto grau de personalização que, em edifício, são complementares e adquiridos, sendo listados como exemplo portas, janelas, vegetação, mobiliários, aquecedores de ar, entre outros. Estes são passivos de serem criados, no formato RFA, por projetistas e fabricantes, sendo facilmente editáveis e carregáveis em projeto.

Por sua vez, as famílias no local são singulares, criadas quando um elemento único e específico se faz necessário para o projeto. As ferramentas de edição nesta, pouco diferem das apresentadas para a criação de famílias carregáveis. Como apresentado por Autodesk (2019), “Quando você cria um elemento no local, o Revit cria uma família para o elemento no local, que contém um único tipo de família.”

#### 2.1.1 MODELOS DE FAMÍLIA

Na primeira etapa de criação de família, é solicitado pelo software que seu criador determine um modelo de família. Este é correlato a um banco de dados contendo informações relevantes e de base para a criação do elemento de interesse.

Corriqueiramente os modelos apresentam em sua nomeação a referência ao uso do elemento criado. Subsequentemente, dentre esses, alguns apresentam seu nome incrementado com a definição da forma de sua implementação em projeto, sendo estes “com base na face”, “com base no forro”, “Com base na linha”, “com base em padrão”, “com base em dois níveis”, “com base no piso”, “com base no telhado” e “com base na parede”. Destes, os três últimos são denominados como modelos com base no hospedeiro, que, em outras palavras, significa dizer

que estes são aplicáveis apenas na presença de seus correspondentes hospedeiros, especificados em sua nomenclatura.

Os Quadros 2.1 e 2.2, abaixo, adaptados da página de suporte Autodesk (2019), listam, respectivamente, os modelos disponíveis descrevendo em quais situações a utilização de cada um desses é cabível e transmite a relação entre a natureza da família e o tipo de modelo a ser selecionado.

Quadro 2. 1 – Modelos de famílias e descrição de aplicação.

| <b>Modelo</b>       | <b>Descrição</b>   |
|---------------------|--|
| Com base na parede  | Utilize os modelos com base em parede para criar componentes que serão inseridos em paredes. Alguns componentes de parede podem incluir aberturas (como portas e janelas), para que quando você coloca o componente em uma parede, ele também corta uma abertura na parede. Alguns exemplos de componentes com base em parede, incluem portas, janelas e luminárias. Cada modelo inclui uma parede; a parede é necessária para mostrar como o componente se encaixa em uma parede. |
| Com base no forro   | Utilize os modelos com base em forro para criar componentes que serão inseridos em forros. Alguns componentes de forro podem incluir aberturas, para que quando você coloca o componente em um forro, ele também corta uma abertura no forro. Exemplos de famílias com base em forro incluem sprinklers e luminárias embutidas.  |
| Com base no piso    | Utilize modelos com base em piso para criar componentes que serão inseridos em pisos. Alguns componentes de piso (como registros de aquecimento) podem incluir aberturas, para que quando você coloca o componente em um piso ele também corta uma abertura no piso.   |
| Com base no telhado | Utilize modelos com base em telhado para criar componentes que serão inseridos em telhados. Alguns componentes de telhado podem incluir aberturas, para que quando você coloca o componente em um forro, ele também corta uma abertura no telhado. Exemplos de famílias com base no telhado incluem clarabóias e ventiladores de teto.   |
| Independente        | Utilize o modelo independente para componentes que não dependem de hospedeiros. Um componente independente pode aparecer em qualquer parte de um modelo e pode ser cotado para outros componentes independentes ou com base em hospedeiro. Os exemplos de famílias independentes, incluem mobiliário, eletrodomésticos, dutos e conexões.  |
| Adaptativo          | Utilize este modelo para criar os componentes que necessitam se adaptar com flexibilidade às diversas condições contextuais únicas. Por exemplo, componentes adaptativos podem ser usados em sistemas repetitivos gerados pela ordenação de componentes múltiplos que obedecem às restrições definidas pelo usuário.   |
| Com base na linha   | Utilize os modelos com base em linha para criar famílias de detalhe e modelos que utilizem colocação com duas seleções   |
| Com base na face    | Utilize o modelo com base em face para criar famílias com base em plano de trabalho que podem modificar seus hospedeiros. Famílias criadas a partir do modelo podem criar cortes complexos em hospedeiros. Instâncias destas famílias podem ser colocadas em qualquer superfície, a despeito de sua orientação.  |
| Disciplina          | Utilize um modelo de especial quando a família requer uma interação única com o modelo. Estes modelos de família são específicos à um único tipo de família. Por exemplo, o modelo Estrutura estrutural pode ser utilizado para a criação de conteúdo de framing estrutural.   |

Adaptado de Autodesk help – Revit Suporte e aprendizado (2020)

Quadro 2. 2 – Relação entre a natureza de família e tipo de modelo a ser relacionado.

| Para criar uma...                               | Selecione entre os seguintes tipos de modelo...   |
|---|---|
| Família 2D                                      | Item de detalhe, perfil, anotação ou bloco de margens e carimbo.                                  |
| Família 3D que requer funcionalidade específica | Balaústre, framing estrutural, treliça estrutural, vergalhão ou com base no padrão.               |
| Família 3D que é hospedada                      | Com base na parede, com base no forro, com base no piso, com base no telhado ou com base na face. |
| Família 3D que não é hospedada                  | Com base na linha, independente (com base no nível), adaptativo ou com base em 2 níveis (Coluna)  |

Adaptado de Autodesk help – Revit Suporte e aprendizado (2020)

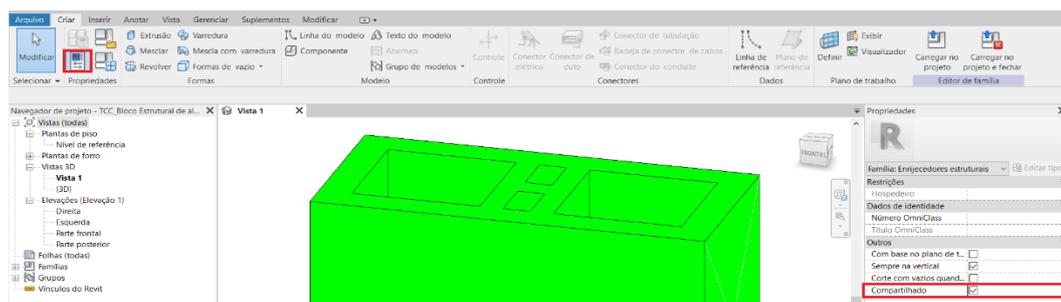
### 2.1.2 COMPOSIÇÃO DE FAMÍLIA

Para o entendimento acerca da composição de famílias, estas podem ser segmentadas em família sem componentes aninhados ou com componentes aninhados. As famílias sem componentes aninhados, ou sem componentes compartilhados, são aquelas que apresentam sua estrutura de arquivo pronta para ser carregada e aplicada a um projeto, ou seja, sua modelagem, parametrização e representação gráfica compreendem todas as características necessárias para designar um objeto. Por outro lado, as famílias com componentes aninhados, conforme sugere o suporte da Autodesk (2019), são famílias incorporadas umas às outras, onde um, a hospedeira (base) pode ser uma família nova (vazia) ou uma família existente, que tenha algum elemento em sua composição.

Apontando como exemplos uma família de vaso decorativo e outra de uma mesa de centro, essas são, inicialmente, famílias sem componentes aninhados, uma vez que estas compreendem, individualmente famílias prontas para aplicação em projeto. Para que estas componham uma nova família de modo que, por meio de parâmetros, o usuário possa alterar a altura da mesa e que o vaso acompanhe a superfície superior de seu tampo, esta será uma família com elementos aninhados, uma vez que a mesa e o vaso deverão incorporá-la.

Para o exemplo apresentado a cima, antes de serem carregadas, as famílias devem ser abertas e, individualmente, ter sua opção de compartilhamento ativado por meio de suas propriedades, de acordo ao apresentado no exemplo da Figura 2.1.

Figura 2. 1 – Ativação do compartilhamento para família de componentes aninhados.



Fonte: Autor.

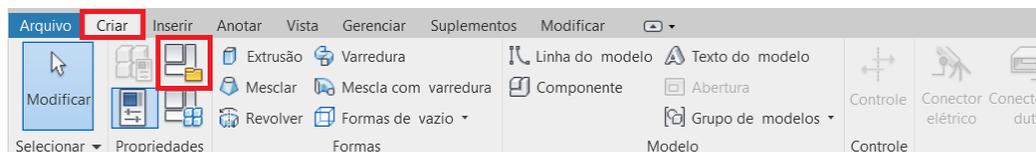
Pelo descrito no suporte da Autodesk (2019) “[...]a primeira decisão que precisa ser tomada é em qual categoria a família hospedeira irá pertencer. Esta decisão possui muitas implicações subsequentes para identificar, tabular e para as informações ODBC [...]”. O *Open Database Connectivity* (ODBC) é um formato de banco de dados utilizado para a exportação de dados gerados pelo software, podendo incluir parâmetros atribuídos para um ou mais categorias de elementos no projeto. Ainda, o Revit exporta, para cada categoria de elemento, uma tabela de dados para tipos de modelo e outra para instancia de modelo (AUTODESK, 2022).

### 2.1.3 CONFIGURAÇÕES INICIAIS PARA CRIAÇÃO DE FAMÍLIAS

Ao iniciar um projeto de criação de família, é imprescindível que o programador tenha convicção de quais são os objetivos de seu emprego, uma vez que isso determinará qual categoria e parâmetros de família deverão ser selecionados. Conforme apresentado no suporte da Autodesk (2019), esta é uma ferramenta que atribui propriedades predefinidas de uma categoria de família sobre o componente que se está produzindo. Cada categoria tem diferentes parâmetros de famílias, compondo seu cerne de dados, baseados no comportamento esperado pelo *software* para o elemento.

Para a seleção, o programador deve acessar, pelo painel Propriedades, a ferramenta Categoria e parâmetros de família. Ao clicar no ícone, apresentado na Figura 2.2, abre-se uma janela com dois campos, um para seleção da categoria de família e, logo a abaixo, para determinação dos parâmetros de família. Estas são reunidas nos grupos Arquitetura, Estrutura, Mecânica, Elétrica e Tubulação, sendo que cada um destes apresenta inúmeras categorias, não cabendo ao propósito desta seção apontar cada uma destas individualmente. O quadro 2.3 apresenta possíveis seleção de configuração dos parâmetros e seus efeitos de aplicação.

Figura 2. 2 – Acesso a ferramenta Categoria e parâmetros de família.



Fonte: Autor.

Quadro 2. 3 – Parâmetros e seus efeitos de aplicação.

(Continua)

| Parâmetro                     | Efeito de aplicação  |
|-------------------------------|--|
| Com base no plano de trabalho | Quando selecionado, a família é hospedada pelo plano de trabalho ativo. Você pode tornar uma família não hospedada em uma família com base no plano de trabalho. |
| Sempre na vertical            | Quando selecionado, a família sempre aparece na vertical em 90 graus, mesmo se estiver em um hospedeiro inclinado, como um piso.                                 |

Quadro 2. 4 – Parâmetros e seus efeitos de aplicação.

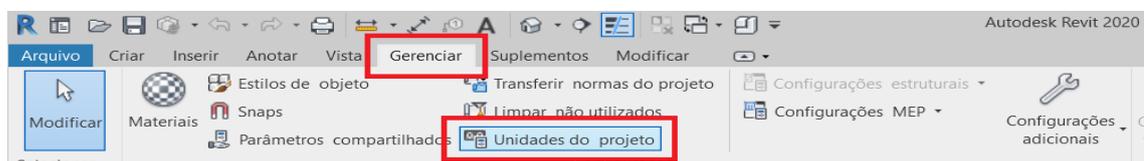
(Conclusão)

| Parâmetro                          | Efeito de aplicação  |
|------------------------------------|--|
| Cortar com vazio quando carregados | Quando selecionado, os vazios criados na família irão cortar através dos sólidos. As seguintes categorias podem ser cortadas pelo vazio: forros, pisos, modelos genéricos, telhados, pilares estruturais, fundações estruturais, framing estrutural e paredes.   |
| Hospedeiro                         | Exibe o hospedeiro para uma família com base em hospedeiro, tal como uma parede. Esta configuração tem base no modelo a partir do qual a família foi criada.   |
| Tipo de peça                       | O tipo de peça fornece uma classificação adicional para uma categoria de família e determina o comportamento da família no modelo. Por exemplo, um cotovelo é um tipo de peça para a categoria da família de conexões.   |
| Cota do conector redondo           | Define se o tamanho do conector é determinado usando o raio ou o diâmetro.   |
| Compartilhado                      | Este parâmetro somente é relevante quando a família estiver aninhada em outra família e, a seguir, carregada em um projeto. Se a família aninhada será compartilhada, é possível selecionar, identificar e tabular a família aninhada separadamente na família hospedeiro. Se a família aninhada não é compartilhada, então os componentes criados pela família hospedeiro e pela família aninhada atuam como uma única unidade. |
| Número OmniClass                   | Inclui o Número OmniClass e o Título OmniClass que têm base na classificação de produto OmniClass Table 23.  |

Fonte: Adaptado de Autodesk help – Revit Suporte e aprendizado (2019)

Outra decisão valiosa para estruturação dos fundamentos do arquivo de família é a determinação de suas unidades, que pode ser acessada pela aba Gerenciar, na ferramenta Unidades do projeto, presente no painel Configurações, como apontado na Figura 2.3 Ao acessá-la, é possível escolher o formato no qual se deseja trabalhar conforme a disciplina escolhida. Para a disciplina comum, por exemplo, é possível promover a configuração das unidades para condições de dimensões linear, de área e volume, assim como para o ângulo, inclinação, moeda e densidade de massa. Adentrando no formato destas, é possível determinar suas unidades, números de casas decimais, a aplicação, ou não, de símbolos de unidades e as condições de supressão de zeros na apresentação de seus valores, em vistas de projeto e tabelas.

Figura 2. 3 – Acesso a ferramenta Unidades de projeto.



Fonte: Autor.

Dentro do contexto da metodologia BIM, segundo Catelani (2016), os objetos podem ser fixos, semiparamétricos ou paramétricos. Os elementos fixos não permitem ajustes de medidas de sua composição ou de seus componentes, os objetos semiparamétricos, conferem a possibilidade o ajustamento de algumas dimensões, porem com consideráveis limitações de variabilidade, e nos totalmente paramétricos, o usuário pode aplicara mudanças na maioria das

dimensões, inclusive da configuração dos principais componentes, bem como dos correspondentes materiais constituintes.

#### 2.1.4 PARAMETRIZAÇÃO

Os parâmetros são armazenadores e comunicadores das informações, empregadas pelo programador da família sobre os elementos que a compõem, sendo aplicados para atribuir registro de informações e modificações personalizadas nestes. Conforme é apresentado pelo suporte e aprendizado no site da Autodesk (2020), os parâmetros criados são exibidos e tem sua edição possibilitada na caixa de diálogo chamada Tipos de família. Para acessar esta, conforme explicitado na Figura 2.4, basta ir ao painel de propriedades, na aba criar ou modificar, e acessar seu ícone. Esta lista todos os parâmetros criados e aplicados aos elementos da família, reunindo-os em grupos fixos. Ressalta-se que o software não permite que sejam originados novos grupos para a caixa de diálogo Tipos de família.

Figura 2. 4 – Acesso a ferramenta Tipos de família.



Fonte: Autor.

No contexto da elaboração de parâmetros, faz-se necessária a definição de sua estrutura de composição, como a seleção de sua disciplina, o tipo de parâmetro e sua forma de armazenamento na família. É relevante enfatizar que os tipos de parâmetros são disponibilizados conforme a disciplina selecionada. Dentre essas, é possível selecionar a disciplina Comum, Estrutural, AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado), Elétrica, Tubulação e Energia. O Quadro 2.4 apresenta os tipos de parâmetros relacionados a cada uma destas.

Quadro 2. 5 – Parâmetros relacionados a cada disciplina.

(Continua)

| Disciplina         | Tipo de parâmetro   |
|--------------------|---------------------|
| Comum              | Texto               |
|                    | Número inteiro      |
|                    | Número              |
|                    | Linear /Comprimento |
|                    | Área                |
|                    | Volume              |
|                    | Ângulo              |
|                    | Inclinação          |
|                    | Moeda               |
| Densidade da massa |                     |

Quadro 2. 6 – Parâmetros relacionados a cada disciplina.

(Continua)

| <b>Disciplina</b> | <b>Tipo de parâmetro</b>                         |           |
|-------------------|--|-----------|
| Comum             | Tempo  |           |
|                   | Velocidade                                       |           |
|                   | URL  |           |
|                   | Material   |           |
|                   | Imagem   |           |
|                   | Sim/Não  |           |
|                   | Texto de múltiplas linhas                        |           |
|                   | <Tipo de família...>                             |           |
| Estrutural        | Força  |           |
|                   | Força linear                                     |           |
|                   | Força da área                                    |           |
|                   | Momento  |           |
|                   | Momento linear                                   |           |
|                   | Tensão   |           |
|                   | Peso da unidade                                  |           |
|                   | Espessura  |           |
|                   | Massa  |           |
|                   | Massa por unidade de área                        |           |
|                   | Coefficiente de expansão térmica                 |           |
|                   | Coefficiente de elasticidade do ponto            |           |
|                   | Coefficiente de elasticidade da linha            |           |
|                   | Coefficiente de elasticidade da área             |           |
|                   | Coefficiente de elasticidade do ponto de rotação |           |
|                   | Coefficiente de elasticidade da linha de rotação |           |
|                   | Deslocamento/Deflexão                            |           |
|                   | Rotação  |           |
|                   | Período  |           |
|                   | Frequência                                       |           |
|                   | Pulsção  |           |
|                   | Velocidade                                       |           |
|                   | Aceleração                                       |           |
|                   | Energia  |           |
|                   | Volume da armadura                               |           |
|                   | Comprimento da armadura                          |           |
|                   | Armadura da área                                 |           |
|                   | Área da armadura por comprimento de unidade      |           |
|                   | Espaçamento da armadura                          |           |
|                   | Cobertura da armadura                            |           |
|                   | Diâmetro da barra                                |           |
|                   | Largura da fissura                               |           |
|                   | Cota de corte                                    |           |
|                   | Propriedade do corte                             |           |
|                   | Área do corte                                    |           |
|                   | Módulo de corte                                  |           |
|                   | Momento de inércia                               |           |
|                   | Constante de empena                              |           |
|                   | Massa por comprimento de unidade                 |           |
|                   | Espessura por comprimento de unidade             |           |
|                   | Área da superfície por comprimento de unidade    |           |
|                   | AVAC   | Densidade |
|                   |  | Fricção   |
| Potência          |  |           |

Quadro 2. 7 – Parâmetros relacionados a cada disciplina.

(Continua)

| <b>Disciplina</b>  | <b>Tipo de parâmetro</b>                       |
|--------------------|--|
| AVAC               | Densidade da potência                          |
|                    | Pressão  |
|                    | Temperatura                                    |
|                    | Diferença de temperatura                       |
|                    | Velocidade                                     |
|                    | Fluxo de ar                                    |
|                    | Tamanho do duto                                |
|                    | Seção transversal                              |
|                    | Ganho de calor                                 |
|                    | Rugosidade                                     |
|                    | Viscosidade dinâmica                           |
|                    | Densidade do fluxo de ar                       |
|                    | Carga de resfriamento                          |
|                    | Carga de aquecimento                           |
|                    | Carga de resfriamento dividida por área        |
|                    | Carga de aquecimento dividida por área         |
|                    | Carga de resfriamento dividida por volume      |
|                    | Carga de aquecimento dividida por volume       |
|                    | Fluxo de ar dividido por volume                |
|                    | Fluxo de ar dividido por carga de resfriamento |
|                    | Área dividida por carga de resfriamento        |
|                    | Área dividida por carga de aquecimento         |
|                    | Inclinação                                     |
|                    | Fator  |
|                    | Espessura do isolamento do duto                |
|                    | Espessura de revestimento do duto              |
|                    | Corrente                                       |
| Potencial elétrico |  |
| Frequência         |  |
| Elétrica           | Luminosidade                                   |
|                    | Corrente luminosa                              |
|                    | Intensidade da luminosidade                    |
|                    | Eficácia                                       |
|                    | Voltagem                                       |
|                    | Temperatura da cor                             |
|                    | Potência                                       |
|                    | Potência aparente                              |
|                    | Densidade da potência                          |
|                    | Resistividade elétrica                         |
|                    | Diâmetro da fiação                             |
|                    | Temperatura                                    |
|                    | Diferença de temperatura                       |
|                    | Tamanho da bandeja de cabos                    |
|                    | Tamanho do conduíte                            |
|                    | Fator de demanda                               |
|                    | Número de pólos                                |
|                    | Classificação de carga                         |
|                    | Densidade                                      |
|                    | Fluxo  |
|                    | Fricção  |
| Tubulação          | Pressão  |
|                    | Temperatura                                    |
|                    | Diferença de temperatura                       |
|                    | Velocidade                                     |
|                    | Viscosidade                                    |

Quadro 2. 8 – Parâmetros relacionados a cada disciplina.

(Conclusão)

| <b>Disciplina</b> | <b>Tipo de parâmetro</b>               |
|-------------------|--|
| Tubulação         | Tamanho do tubo                        |
|                   | Rugosidade                             |
|                   | Volume                                 |
|                   | Inclinação                             |
|                   | Espessura do isolamento da tubulação   |
|                   | Cota da tubulação                      |
|                   | Massa                                  |
|                   | Massa por comprimento de unidade       |
|                   | Unidades de acessório                  |
|                   | Energia                                |
|                   | Coefficiente de transferência de calor |
|                   | Resistência térmica                    |
| Energia           | Massa térmica                          |
|                   | Condutividade térmica                  |
|                   | Calor específico                       |
|                   | Calor específico de vaporização        |
|                   | Permeabilidade                         |

Fonte: Adaptado de Autodesk Revit (2019?)

O armazenamento do parâmetro dentro da família pode ser realização na instância ou no tipo da família, sendo esta seleção realizada no momento de criação, para parâmetros de família e de projeto, ou no momento de integrar um parâmetro compartilhado ao Tipos de família. A diferença básica entre os casos é que, para o armazenamento em Instância, é permitido que o usuário altere a característica do parâmetro por elemento, enquanto que, para armazenamento em Tipo, a alteração realizada em um elemento implicará na alteração de todos os elementos iguais a este.

Para exemplificar a diferença entre estas singulares, considere como elemento de um projeto um pilar. Se este, em sua criação, tiver seu parâmetro de altura armazenado como Instância, no momento em que o usuário alterar seu valor de 2,80 m para 3,00 m, apenas este elemento de pilar terá sua dimensão remoldada. Por outro lado, neste mesmo exemplo, caso, em sua criação, o parâmetro de altura do pilar fosse classificado como parâmetro de Tipo, todos os pilares teriam esta dimensão modificada.

#### 2.1.4.1 TIPOS DE PARÂMETROS

Os parâmetros são fracionados em quatro tipos, sendo esses os parâmetros de projeto, os parâmetros de família, os parâmetros compartilhados e os parâmetros globais. O Quadro 2.5, abaixo, adaptado da página de suporte e aprendizagem do Revit, apresenta cada um dos parâmetros, uma breve descrição e exemplo de utilização dos mesmos.

Quadro 2. 9 – Parâmetros, sua descrição e exemplos de utilização.

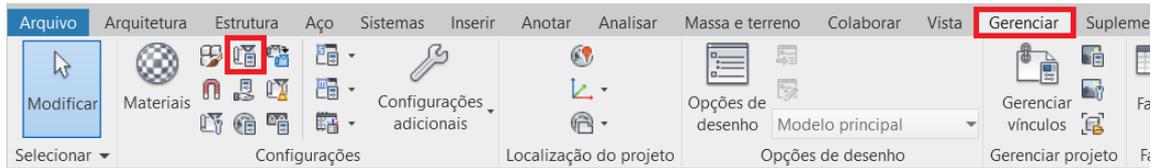
| <b>Parâmetro de tipo</b>  | <b>Descrição</b>  | <b>Exemplos</b>  |
|---------------------------|---|--|
| Parâmetros de projeto     | Os parâmetros de projeto são específicos a um único arquivo de projeto. Eles são adicionados aos elementos ao atribuí-los para múltiplas categorias de elementos, folhas ou vistas. As informações armazenadas nos parâmetros de projeto não podem ser compartilhadas com outros projetos. Os parâmetros de projeto são utilizados para tabular, classificar e filtrar em um projeto.   | Um parâmetro de projeto pode ser usado para categorizar vistas em um projeto.  |
| Parâmetros de família     | Os parâmetros da família controlam os valores da variável da família, como cotas ou materiais. Eles são específicos para a família. Um parâmetro de família também pode ser utilizado para controlar um parâmetro em uma família aninhada ao associar o parâmetro na família hospedeira com o parâmetro na família aninhada.  | Os parâmetros da família, como Largura e Altura podem ser utilizados em uma família de Portas para controlar as cotas dos diferentes tipos de portas.  |
| Parâmetros compartilhados | Os parâmetros compartilhados são definições de parâmetros que podem ser utilizados em múltiplas famílias ou projetos. Após você adicionar uma definição de parâmetro compartilhado em uma família ou projeto, é possível utilizá-lo como um parâmetro de projeto ou de família. Como a definição de parâmetros compartilhados está armazenada em um arquivo separado (não no projeto ou família), ela está protegida contra alteração. Por este motivo, os parâmetros compartilhados podem ser identificados e tabulados. | Se um parâmetro em uma família ou projeto precisa ser tabulado ou identificado, aquele parâmetro precisa ser compartilhado e carregado no projeto (ou na família de elementos) e na família de identificadores. Os parâmetros compartilhados também podem ser usados quando elementos de duas famílias diferentes são tabulados juntos. Por exemplo, se você precisa criar duas famílias de fundação isolada diferentes, e precisa que o parâmetro Espessura de ambas as famílias tabulada na mesma coluna, Espessura precisa ser um parâmetro compartilhado carregado em ambas as famílias de fundação isolada. |
| Parâmetros globais        | Os parâmetros globais são específicos a um único arquivo de projeto, mas não são atribuídos às categorias. Os parâmetros globais podem ser valores simples, valores derivados de equações ou valores obtidos do modelo usando outros parâmetros globais. Utilize os parâmetros globais para conduzir e reportar valores.  | Um parâmetro global pode atribuir o mesmo valor para múltiplas cotas. Também é possível definir a posição de um elemento pelo tamanho de outro elemento. Por exemplo, as vigas podem ser conduzidas para serem deslocadas de forma consistente do piso que elas apoiam. Se o projeto do piso for alterado, as vigas irão responder de acordo.  |

Fonte: Adaptado de Autodesk help – Revit Suporte e aprendizado (2019)

### 2.1.4.1.1 ELABORAÇÃO DE PARÂMETROS DE PROJETO

Os parâmetros de projeto, como o nome sugere, são criados em arquivos de elaboração de projeto, não em arquivos de criação de família. Para a criação deste, deve-se acessar, por meio da guia Gerenciar, no painel Configurações, o ícone da ferramenta Parâmetros do projeto, conforme aponta a Figura 2.5.

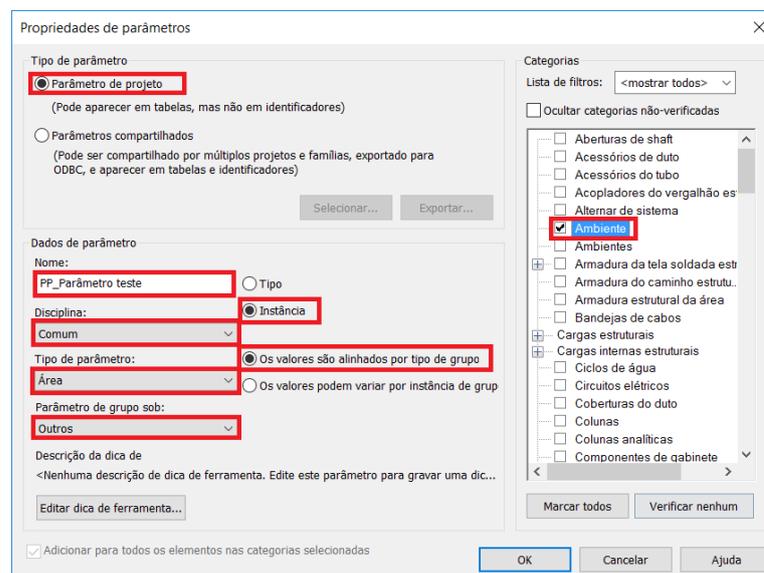
Figura 2. 5 – Acesso a ferramenta parâmetros de projeto.



Fonte: Autor.

Isto ocasionará no surgimento de uma caixa de diálogo, nesta deve-se clicar sobre o ícone adicionar, para elaboração de um novo parâmetro, ocasionando a abertura de uma nova janela chamada Propriedades de parâmetro. Após, basta selecionar o Parâmetro de projeto, inserir um nome que o identifique, selecionar uma disciplina, um tipo de parâmetro e se este será armazenado como parâmetro de tipo ou instância. Nos parâmetros de projeto é possível determinar se os valores são alinhados por tipos de grupo ou se podem variar por instancia de grupo. Ainda, deve ser definido em qual grupo este será englobado. Por último, deve ser selecionada em quais categorias de elementos deve ser aplicado este parâmetro. O conjunto de procedimentos laborais realizado são evidenciados na Figura 2.6.

Figura 2. 6 – Procedimento para elaboração de parâmetros de projeto.



Fonte: Autor.

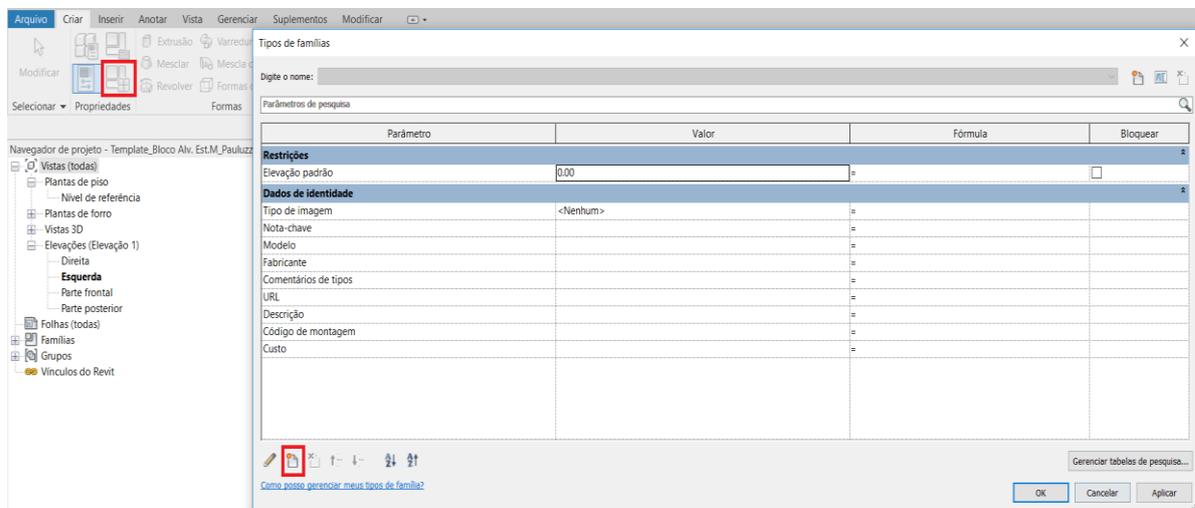
### 2.1.4.1.2 ELABORAÇÃO DE PARÂMETROS DE FAMÍLIA

Para criar um parâmetro de família, por meio de um arquivo de família, é necessário acessar a aba criar e, no painel Propriedades, clicar sobre o símbolo de Tipos de família. Uma caixa de diálogo é aberta e, nesta, deve-se premer sobre o ícone Novo, ocasionando o surgimento de uma janela para a edição das propriedades do parâmetro. Observa-se que os grupos Dados de identidade e Restrições integram a base, com parâmetros, tipos de família, sendo estes parâmetros do sistema, cuja a atribuição decorre da seleção em Categoria e parâmetros de família.

Em seguida, deve ser selecionada a opção de Parâmetro de família, atribuído um nome, determinado a que disciplina pertencerá e tipo de parâmetro ele pertencerá e a qual grupo, na caixa de diálogo Tipos de famílias ele será enquadrado. Como última etapa, é determinado se este parâmetro será mantido como parâmetro de instância ou tipo.

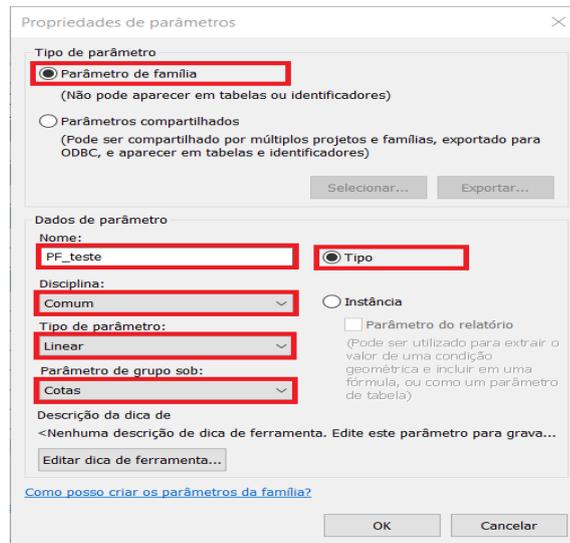
Os procedimentos para o acesso da caixa de diálogo Tipos de famílias e da janela de definição das propriedades do parâmetro são apresentados, respectivamente, nas Figuras 2.7 e 2.8.

Figura 2. 7 – Procedimento para o acesso a caixa de diálogo Tipos de família e elaboração de parâmetros de família.



Fonte: Autor.

Figura 2. 8 – Apresentação da janela Propriedades de parâmetros.



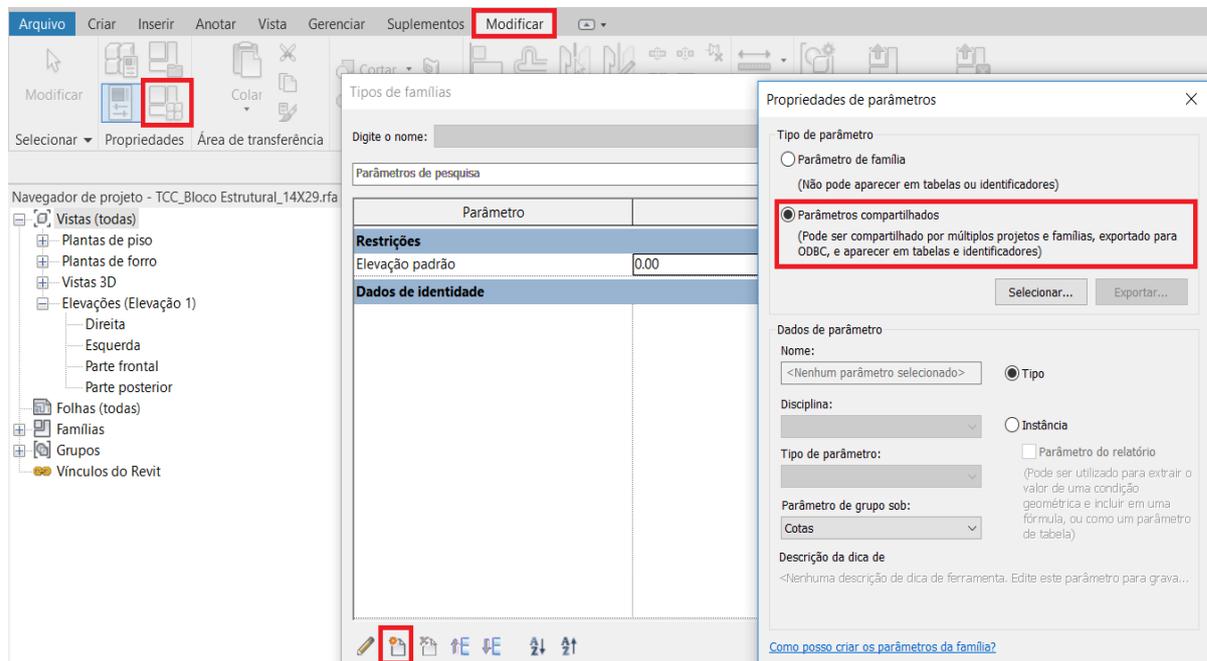
Fonte: Autor.

#### 2.1.4.1.3 ELABORAÇÃO DE PARÂMETROS COMPARTILHADOS

Especial atenção é dada aos parâmetros compartilhados, uma vez que, segundo apontado pela página de suporte e aprendizado da Autodesk (2021), estes são úteis se é desejada a elaboração de uma tabela que exiba diversas categorias de família. Em outras palavras, “Se você cria um parâmetro compartilhado e o adiciona nas categorias de famílias desejadas, poderá então criar uma tabela com estas categorias. Isto se denomina como a criação de uma tabela de multicategorias no Revit.” (Autodesk, 2021). A meio da mesma fonte aponta que este pode ser utilizado para criar tabelas que exibam várias categorias de família, para situação de reutilização de um parâmetro em múltiplas famílias e quando há a possibilidade de surgirem demandas de atualizações de anotações de um modelo de forma automatizada.

Em sua elaboração são necessárias três etapas, a criação de um arquivo no formato de texto (.txt), para armazenagem de dados dos parâmetros compartilhados criados, a preparação de um grupo de parâmetros para a concentração destes e a criação do parâmetro compartilhado de interesse. Para a realização destas, são realizados os mesmos procedimentos realizados para acessar a caixa de diálogo Tipos de família, na produção dos parâmetros de família. Estando nesta, a opção Parâmetro compartilhado selecionada, basta iniciar os procedimentos clicando em Selecionar, como evidenciado na Figura 2.9. Logo após, abre-se uma janela apresentando um filtro de seleção de Grupo de parâmetros compartilhados e a lista de parâmetros contidos neste. Neste presente estágio não há grupo e parâmetros criados, entra-se então nas etapas de criação listadas.

Figura 2. 9 – Procedimento para acesso as ferramentas de elaboração de parâmetros compartilhados.

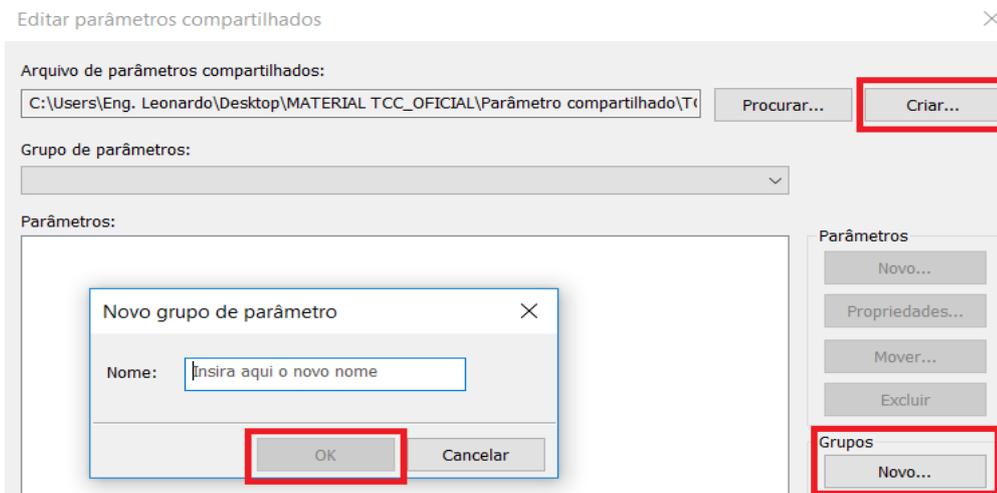


Fonte: Autor.

Para a criação do arquivo de armazenamento de dados dos parâmetros, deve-se clicar em Editar, de modo a surgir um menu para edição de parâmetros compartilhados. Neste, em Arquivo de parâmetros compartilhados é pressionada a opção Criar, por onde é determinado o local onde o arquivo será alocado. É possível selecionar um local em rede, de forma que outros usuários, dentro do mesmo escritório, tenham acesso aos parâmetros compartilhados criados, desde que tenham seus dados armazenados nesse arquivo. É importante enfatizar esta etapa é realizada apenas uma vez, visto que é necessário apenas um arquivo para o armazenamento dos dados gerados para a criação de todos os parâmetros compartilhados.

Criado o arquivo de texto, é necessária a criação do grupo de parâmetros. Este, por contexto organizacional em condição de seleção e identificação dos parâmetros, deve ser nomeado de forma coerente aos parâmetros que este conterà, por meio do comando Novo, dentro do painel Grupos. O procedimento para esta etapa assim como para a anterior é ilustrado na Figura 2.10.

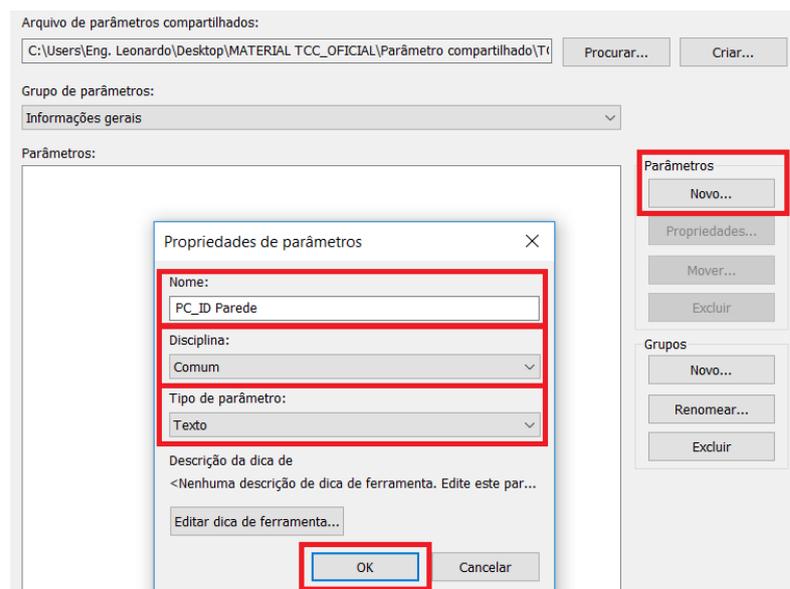
Figura 2. 10 – Procedimento para elaboração de arquivo de armazenamento de dados e criação de um grupo de parâmetros compartilhados.



Fonte: Autor.

Em posse do grupo, basta elaborar os parâmetros de interesse, por meio do painel Parâmetros, em Novo, onde um menu, Propriedades de parâmetros, é acessado. Por este é determinado o nome do parâmetro, sua disciplina e qual será o seu Tipo de parâmetro. Feitas as determinações apontadas, basta confirmar sua criação, conforme ilustrado na Figura 2.11.

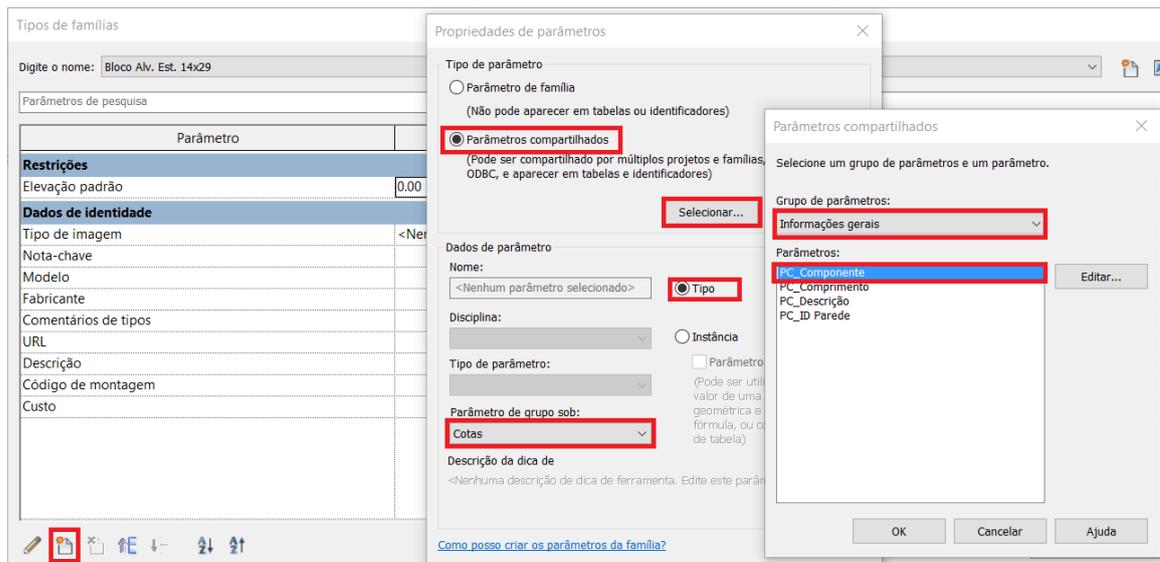
Figura 2. 11 – Elaboração e configuração de um novo parâmetro compartilhado.



Fonte: Autor.

Assim que suas três etapas forem concluídas, para incluir este ao Tipos de família, basta acessar a janela de parâmetros compartilhados, selecionar o grupo de parâmetros compartilhados criado, através do filtro e selecionar o parâmetro criado. Logo após, a janela Propriedades de parâmetros é acessada, sendo necessária a seleção do grupo de parâmetros que este será integrado e se este será contido como parâmetro de tipo ou instância, consumando sua integração ao Tipos de família, Conforme Figura 2.12.

Figura 2. 12 – Inserção e configuração de um parâmetro compartilhado.



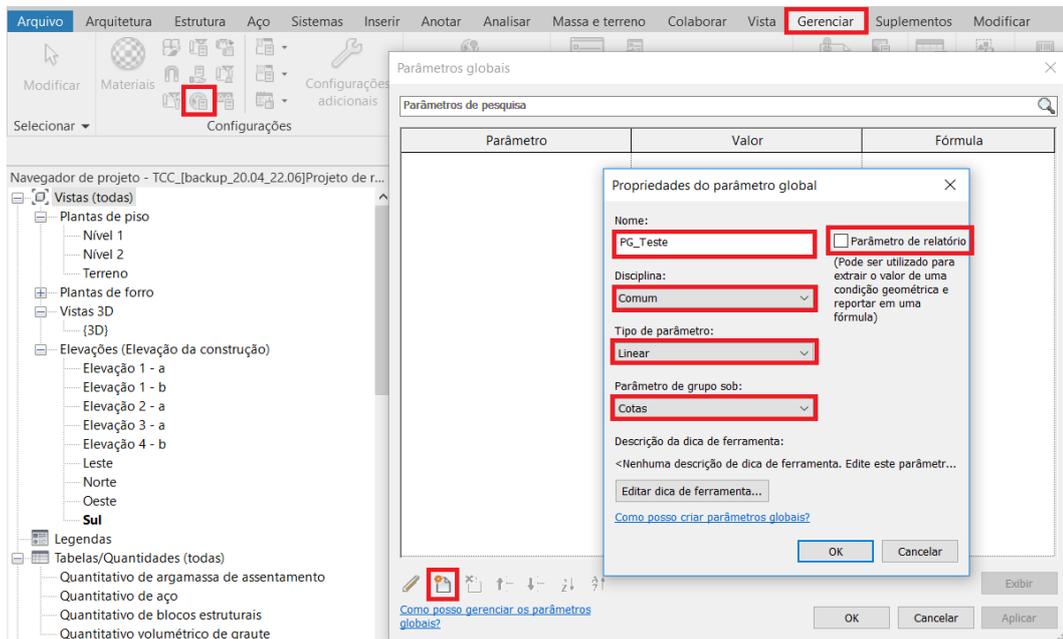
Fonte: Autor.

#### 2.1.4.1.4 ELABORAÇÃO DE PARÂMETROS DE GLOBAIS

Os parâmetros globais são criados em arquivo de projeto, assim como os parâmetros de projeto, através da ferramenta Parâmetros globais, localizada no painel Configurações, na guia Gerenciar. Por meio da caixa de diálogo acessada, deve-se clicar sobre o ícone Novo parâmetro global, que concede admissão para o menu Propriedades do parâmetro global, sendo necessário, neste determinar seu nome, sua disciplina, seu tipo de parâmetro e o grupo de parâmetro ao qual este pertencerá.

O suporte e aprendizado do Revit (2020) orienta que, caso seja de interesse a extração de valor de condição geométrica, deste parâmetro, a utilização deste para reportar dados para uma fórmula ou promover sua associação a um parâmetro tabelável, deve-se ativar a opção Parâmetro de relatório. Todas as etapas de criação são apresentadas na Figura 2.13.

Figura 2. 13 – Procedimento para elaboração de parâmetros globais.



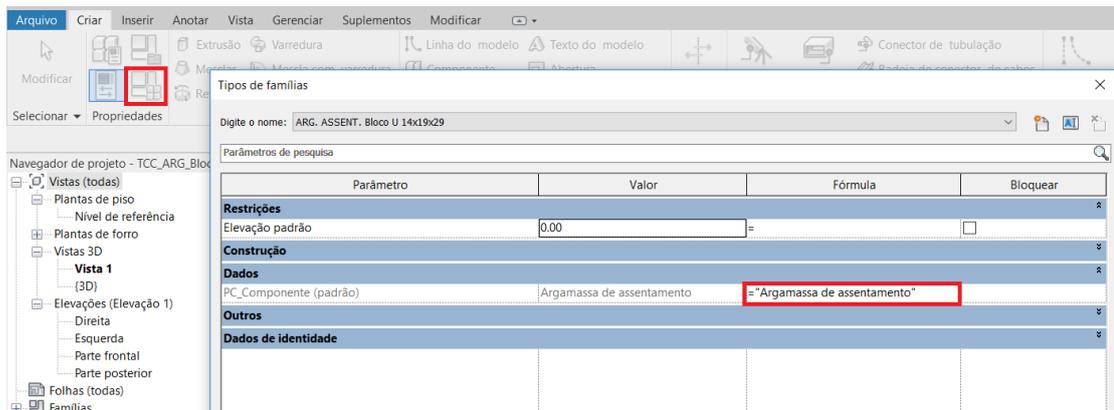
Fonte: Autor.

#### 2.1.4.2 MODOS DE ATRIBUIÇÃO DE PARÂMETROS

Os parâmetros apresentam diferentes tipos de aplicações, de modo que podem ser citados os parâmetros que promovem o registro de informações paramétricas de um elemento, os que controlam a visibilidade de uma parte do elemento, ou deste como um todo, e os parâmetros que limitam o comportamento dimensional do sólido.

Em parâmetros cujo o objetivo é a atribuição de informações, a simples criação de parâmetros do tipo Texto, por exemplo, e o registro da informação desejada em Valor do parâmetro, localizado na janela Tipos de famílias, já garante sua operabilidade na família. Observa-se que, neste caso, caso tenha-se o interesse que o usuário da família criada não possa promover alterações nas informações de um parâmetro, basta registrar, no momento da criação da família, as informações pertinentes entre aspas na coluna Fórmula do parâmetro. A Figura 2.14 apresenta o caminho para o acesso e o registro da informação paramétrica de forma inalterável pelo usuário da família.

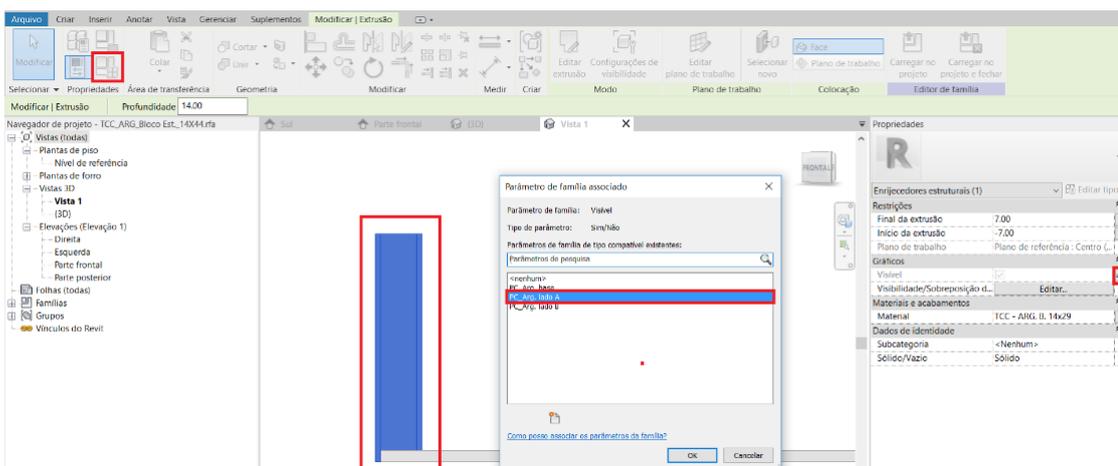
Figura 2. 14 – Registro de informações de forma que se torne inalterável pelo usuário.



Fonte: Autor.

Para o controle de visibilidade o parâmetro criado deve ser do tipo Sim/Não, uma vez que este concederá ao usuário a possibilidade de ligar, relacionado ao “Sim”, do nome do tipo, ou desligar, referenciado pelo “Não”. Neste caso, para tornar o parâmetro prova o controle sobre o elemento, ou parte do modelo, este deve ser selecionado, sua paleta de propriedades deve ser acessada e em sua bandeja Gráfico, deve ser acessado o ícone Parâmetro de família associado, apresenta no canto extremo direito de Visível. Isso ocasionará o surgimento de um a janela listando os parâmetros de controle de visibilidade apresentar na família. Neste ponto, conforme mostrado na Figura 2.15, basta selecionar o parâmetro de interesse e confirma a associação do elemento ao parâmetro.

Figura 2. 15 – Associação de parâmetros de visibilidade.

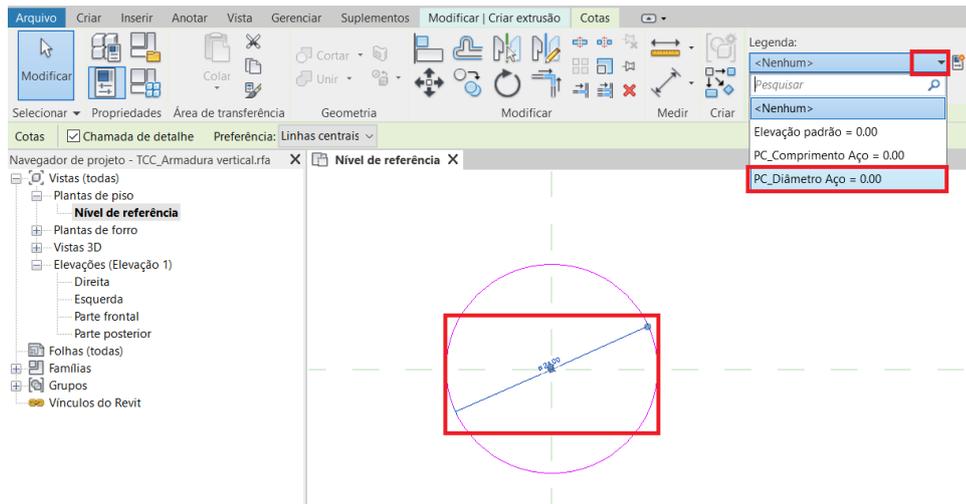


Fonte: Autor.

As cotas apresentam relevante importância para a parametrização, uma vez que, para a efetiva funcionalidade dos parâmetros que controlam o comportamento dimensional de um

elemento, este deve ser atribuído a uma cota. Os parâmetros de controle dimensional, em suma, são do tipo de parâmetro linear. A forma de sua atribuição em cotas pode ser conferida pela Figura 2.16, que apresenta um parâmetro de controle de diâmetro de uma barra de aço sendo atribuída cota correspondente.

Figura 2. 16 – Associação de parâmetros de controle dimensional.



Fonte: Autor.

### 2.1.4.3 APLICAÇÃO DE FÓRMULAS EM PARÂMETROS

As fórmulas podem ser aplicadas em cotas, para promover alterações nas dimensões de um objeto, bem como podem ser utilizadas na composição da coluna Fórmulas, para cálculo de volume ou área, por exemplo. Para acessar a coluna Fórmula dos parâmetros, presente em Tipos de famílias, faz-se necessário seguir caminho externado na Figura 2.4. Além da aplicação de fórmulas, o controle paramétrico também pode ocorrer por meio de declarações condicionais, que, como o nome sugere, aplica determinado controle mediante a contemplação de uma condição de interesse.

#### 2.1.4.3.1 SINTAXE DE FÓRMULAS APLICÁVEIS EM PARÂMETROS

Na coluna Fórmula dos parâmetros, em Tipos de famílias, suporta operações aritméticas e funções trigonométricas, sendo possível aplicar, dentro das operações, um parâmetro numérico criado. Como exemplo, é possível determinar o Valor de um parâmetro Área de um objeto a partir da multiplicação entre outros dois parâmetros, um Comprimento e outro Largura, sendo necessário, apenas, para o reconhecimento destes na Fórmula do parâmetro Área, que sejam escritos conforme foram nomeados em suas criações.

Para a apresentação de todas as possíveis operações matemáticas aplicáveis, é apresentado o Quadro 2.6 abaixo, composto pelas funções e suas descrições.

Quadro 2. 10 – Funções e suas descrições.

| Função sintaxe | Descrição   |
|----------------|---|
| +              | Adição  |
| -              | Subtração   |
| *              | Multiplicação   |
| /              | Divisão   |
| ^              | Exponencial   |
| log            | Logaritmo   |
| ln             | Logaritmo natural   |
| sqrt           | Raiz quadrada   |
| sen            | Seno  |
| cos            | Cosseno   |
| tan            | Tangente  |
| asen           | Arco seno   |
| acos           | Arco cosseno  |
| atan           | Arco tangente   |
| exp(x)         | Constante matemática e elevado à potência de x.   |
| abs            | Valor absoluto  |
| pi             | Razão entre circunferência e diâmetro   |
| round(x)       | Arredonda um valor para um número inteiro mais próximo, desconsiderando se este será para um número maior ou menor. |
| roundup(x)     | Retorna um valor para o maior número inteiro, maior do que ou igual a x.  |
| rounddown(x)   | Retorna um valor para o menor número inteiro, menor do que ou igual a x.  |

**Fonte:** Adaptado site de suporte e aprendizado Revit (2020)

#### 2.1.4.3.2 APLICAÇÃO DE DECLARAÇÃO CONDICIONAL EM PARÂMETROS

As declarações condicionais são aplicáveis em fórmulas para a definição de ações, em uma família, que apresentem dependência em relação a outro ou outros parâmetros, conforme, AUTODESK (2020). Em outras palavras, para que um valor ou ação seja executada em um parâmetro, uma condição, em relação a outro parâmetro, deve ser satisfeita. A aplicação das dessas é mais comum em parâmetros de armazenamento em instância, sendo rara sua aplicação em parâmetros de tipo, uma vez que uma alteração em tipo implica na alteração em todos os elementos que compartilham o mesmo tipo, e normalmente se quer que as alterações sejam mais restringidas a um elemento.

As declarações são atribuídas por meio da condição “If”, que corresponde a “Se”, relacionando um resultado satisfeito, no caso, verdadeiro e um resultado não satisfeito, no caso, falso, conforme a seguinte estrutura:

(IF) (<condição>, <resultado-se-verdadeiro>, <resultado-se-falso>)

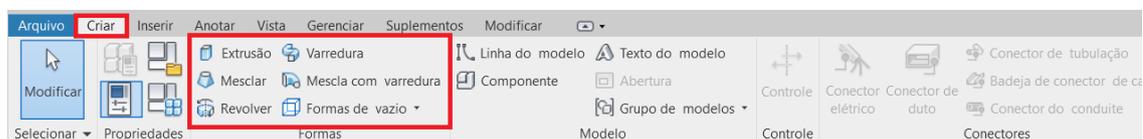
Nas declarações condicionais é possível se utilizar das comparações matemáticas de igualdade (=), maior (>) e menor (<), sendo esses também aplicados, respectivamente, para os contextos de Sim e Não. Os operadores Booleanos, como “E”, “OU” e “NÃO”, podem ser empregados na estrutura de suas condicionais. Em suma, as declarações podem compreender valores numéricos, nomes de parâmetros numéricos e parâmetros do tipo Sim/Não.

### 2.1.5 MODELAGEM DE FAMÍLIAS CARREGÁVEIS

O início da modelagem de qualquer elemento no Revit ocorre a partir das ferramentas de Extrusão, Mesclar, Revolve, Varredura, Mesclar com varredura e Formas de vazio, presentes no painel Formas, da guia Criar. Ao clicar em qualquer destas, o projetista da família é direcionado para a aba Modificar, por onde são acessadas outras para a elaboração do croqui do elemento, sendo estas, no painel Modificar, compostos por ferramenta de Alinhar, Deslocamento, Espelhar: selecionar eixo, Espelhar: desenhar eixo, Dividir elemento, Dividir com distância, Desafixar, Fixar, Excluir, Escala, Aparar/Estender múltiplos elementos, Matriz, Aparar/Estender elemento único, Aparar/Estender para o canto, Rotacionar, Copiar e Mover; e outras para mensuração de dimensões do sólido, no painel Medir, que conta como as ferramentas Medir entre duas referências e Medir ao longo de um elemento, no menu suspenso acessado pelo ícone superior, e Cota alinhada, Cota Angular, Cota radial Cota de diâmetro e Cota de arco-comprimento.

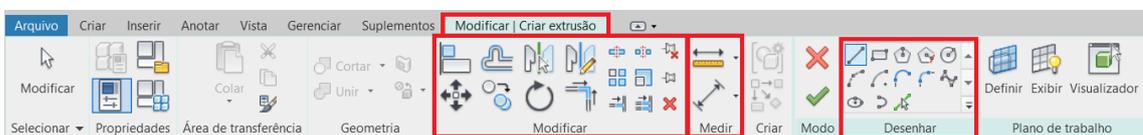
Assim como ocorre na situação apontada acima, o modelador do elemento passa a ter acesso as ferramentas de desenho, no painel Desenhar, da guia Modificar. Neste são acessadas as formas Linha, Retângulo, Polígono Inscrito, Polígono Circunscrito, Círculo, Raio inicial-final do arco, Arco do centro para extremidade, Arco final tangente, Arco em concordância, Spline, Elipse, Elipse parcial e Selecionar linha. Estas ferramentas e o modo de seu acesso são apresentados, nesta ordem, nas Figuras 2.17 e 2.18.

Figura 2. 17 – Ferramentas de modelagem de formas.



Fonte: Autor.

Figura 2. 18 – Ferramentas dos painéis Modificar, Medir e Desenhar.



Fonte: Autor.

#### 2.1.5.1 FERRAMENTAS DE FORMA DA GUIA CRIAR

A Extrusão permite o esboço de um croqui em um plano de trabalho 2D, o qual, após sua finalização de seu perfil, sendo este composto por contorno de arestas fechadas, é realizada sua extrusão de forma perpendicular ao plano. O modelador pode determinar a dimensão de seu início e fim antes ou após a finalização da edição.

Com a ferramenta Mescla, segundo a Autodesk (2020), é possível a criação de formas sólidas 3D alteradas no correr de suas alturas, mesclando dois perfis de contorno, inicial e final. Para exemplificar, caso seja efetuado o croqui de um círculo de raio maior na base e outro de raio menor encima, esta ferramenta permite a mescla entre estas formas, gerando um elemento sólido em forma de tronco de cone.

Por meio da ferramenta Revolver é possível criar um sólido de revolução através da rotação de uma forma 2D em torno de um eixo.

Utilizando a Varredura, é possível criar um sólido por um caminho e um perfil, em forma 2D, onde este é posicionado em relação ao caminho desejado e, em seguida, o sólido é criado puxando a forma 2D sobre este, conforme apontado em Autodesk (2020).

Como o nome sugere, a Mesclar com varredura viabiliza a criação de um sólido regido pela definição de dois croquis na forma 2D, em suas extremidades, e um caminho definido pelo modelador do elemento, onde o elemento em 3D mesclará a transição entre as duas formas ao longo do caminho definido.

Como citado pela Autodesk (2020), a forma de vazios permite a que o modelador crie ou modifique o vazio de uma forma existente. Este citado corresponde a uma “[...] geometria negativa (vazios) para cortar a geometria sólida[...]” (AUTODESK, 2020).

#### 2.1.5.2 FERRAMENTAS DA GUIA MODIFICAR

A guia Modificar, como mencionado, apresenta, entre outras ferramentas, as que permite o desenho de croquis, mensuração de medidas e a modificação da estrutura de suas arestas. A alusão destas e de suas aplicações é realizada nos Quadros 2.7, 2.8 e 2.9, a seguir, que correspondem, em ordem, as ferramentas de desenho, modificação e cota, cujas informações são fundadas nas instruções apresentadas dentro do software.

Quadro 2. 11 – Ferramentas do painel Desenho e suas aplicações.

(Continua)

| Ferramenta                      | Ícone   | Aplicação   |
|---------------------------------|---|---|
| Linha                           |  | Cria uma linha reta ou uma cadeia de linhas conectadas, sendo viável a especificação de seu comprimento.  |
| Retângulo                       |  | Cria uma cadeia retangular de linhas, bastando, para isso, selecionar dois cantos transversais, podendo ser aplicados cantos curvos, por meio da especificação de seus raios de concordância. |
| Polígono Inscrito               |  | Cria o croqui de um polígono cujos vértices são a distância especificada do centro. O número de lados e o deslocamento dos vértices são definidos na barra de opções.                         |
| Polígono Circunscrito           |  | Cria o croqui de um polígono cujos lados são a distância especificada do centro. O número de lados e o deslocamento dos vértices são definidos na barra de opções.                            |
| Círculo                         |  | Cria um círculo ao especificar seu raio e ponto central.  |
| Raio inicial-final do arco      |  | Cria uma curva a partir da especificação dos pontos inicial, final e do raio do arco.   |
| Arco do centro para extremidade |  | Cria o croqui de uma curva através da especificação do ponto central, inicial e final do arco.  |

Quadro 2. 12 – Ferramentas do painel Desenho e suas aplicações.

(Conclusão)

| Ferramenta           | Ícone   | Aplicação  |
|----------------------|---|--|
| Arco final tangente  |  | Cria uma curva que se conecta a extremidade de uma linha existente.  |
| Arco em concordância |  | Arredonda um canto pelo encontro de duas linhas, sendo estas automaticamente aparadas para a concordância.   |
| Spline               |  | Cria uma curva suave, que passa perto ou através de pontos especificados, não sendo possível criar círculos fechados com uma spline. Um círculo fechado pode ser criado com o uso de duas splines. |
| Elipse               |  | Cria uma elipse por meio da especificação de um ponto central e de raios em duas direções.   |
| Elipse parcial       |  | Cria metade de uma elipse.   |
| Selecionar linha     |  | Cria uma linha com base em uma aresta ou uma linha existente, ao selecionar esta última no plano do desenho.   |

Fonte: Adaptado do sistema automático de ajuda do software Revit (2020)

Quadro 2. 13 – Ferramentas do painel Modificar e suas aplicações.

(Continua)

| Ferramenta/Atalho                   | Ícone   | Aplicação  |
|-------------------------------------|---|--|
| Alinhar (AL)                        |   | Alinha um ou mais elementos com um elemento selecionado, podendo aplicar o bloqueio do alinhamento, de modo que alterações realizadas não o afetem.  |
| Deslocamento (OF)                   |  | Copiar ou mover um elemento a uma determinada distância perpendicular ao seu comprimento, sendo possível aplicar para um gerar uma ou uma cadeia de elementos pertencentes à mesma família.                      |
| Espelhar: selecionar eixo (MM)      |  | Reverte a posição de elementos utilizando uma linha ou aresta existente como eixo para espelhamento, possibilitando a que estes elementos sejam apenas deslocados ou que seja realizadas suas cópias espelhadas. |
| Espelhar: desenhar eixo (DM)        |  | Reverte a posição de um elemento, permitindo o desenho e um eixo temporário de espelhamento de modo a promover apenas o deslocamento deste ou a produção de sua cópia espelhada.                                 |
| Dividir elemento (SL)               |  | Corta um elemento em um ponto selecionado ou remove um seguimento deste através da definição de dois pontos do elemento.   |
| Dividir com distância (SLD)         |  | Considerando uma parede, esta ferramenta permite sua divisão, com distância definida, de modo a segmentá-la em duas paredes.   |
| Desafixar (UP)                      |  | Desbloqueia um elemento no modelo a fim de que este possa ser movimentado.   |
| Fixar (PN)                          |  | Bloqueia o deslocamento de um elemento no modelo.  |
| Excluir (DE)                        |  | Exclui os elementos selecionados do modelo.  |
| Escala (RE)                         |  | Redimensiona elementos de forma gráfica e numérica.  |
| Aparar/Estender múltiplos elementos |  | Apara ou estende múltiplos elementos para um limite definido por outro elemento.   |
| Matriz (AR)                         |  | Cria diversas instâncias, linear ou radial, de um ou mais elementos, sendo possível a determinação da distância entre as cópias geradas na matriz.   |
| Aparar/Estender elemento único      |  | Apara ou estende um elemento para um limite definido por outro elemento.   |
| Aparar/Estender para o canto (TR)   |  | Apara ou estende elementos de modo que estes formem um canto.  |
| Rotacionar (RO)                     |  | Rotaciona elementos selecionados em torno de um eixo.  |

|             |   |   |
|-------------|---|---|
| Copiar (CO) |  | Copia elementos seleccionados e posiciona-los em posição específica da vista atual. |
|-------------|---|---|

Quadro 2. 14 – Ferramentas do painel Modificar e suas aplicações.  
(Conclusão)

| Ferramenta/Atalho | Ícone   | Aplicação   |
|-------------------|---|---|
| Mover (MV)        |  | Copia elementos seleccionados para posição específica da vista atual. |

Fonte: Adaptado do sistema automático de ajuda do software Revit (2020)

Quadro 2. 15 – Ferramentas do painel Medir e suas aplicações.

| Ferramenta                    | Ícone   | Aplicação   |
|-------------------------------|---|---|
| Medir entre duas referencias  |    | Mede o comprimento de dois pontos de referência do projeto.   |
| Medir ao longo de um elemento |    | Mede, através de cotas temporárias, as cotas de um elemento.  |
| Cota alinhada                 |    | Adiciona uma cota linear, de forma permanente, que afere a medida entre dois pontos.  |
| Cota angular                  |   | Insere uma cota angular em diferentes pontos considerando apenas um ponto de interseção, sem permitir a composição de um círculo completo |
| Cota radial                   |  | Adiciona uma cota radial para aferir o raio de um arco.   |
| Cota de diâmetro              |  | Insere a cota para o diâmetro de um círculo.  |
| Cota de arco-comprimento      |  | Confere a cota de elementos em arco, como parede, obtendo seu comprimento total.  |

Fonte: Adaptado do sistema automático de ajuda do software Revit (2020)

Observa-se que, quando o modelador conclui a determinação do croqui do elemento, este deve encerrar a utilização das ferramentas no símbolo de checkin verde, ou, caso queira desistir a modelagem do elemento, este deve clicar sobre o ícone X na cor vermelha, ambos presentes na paleta Modo, ao lado da Desenhar, na guia modificar, que pode ser conferida na Figura 2.18.

## 2.1.6 MATERIAIS E REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

Os materiais são responsáveis pela forma como os elementos do modelo são exibidos em vistas e imagens renderizadas, cuja edição é feita pelas ferramentas acessadas pelo ícone Materiais, localizado no painel Configurações, da guia Gerenciar, como transparece a Figura 2.19.

Figura 2. 19 – Acesso a ferramenta de criação e edição de materiais.



Fonte: Autor.

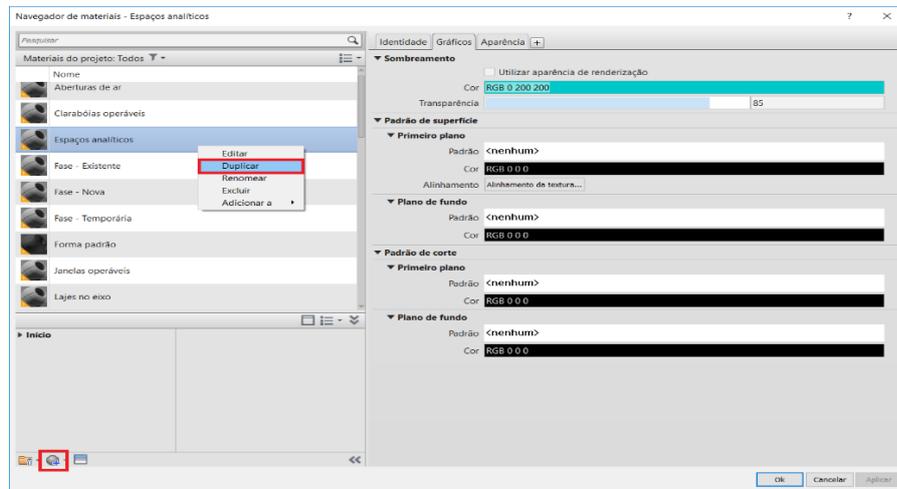
Neste é possível especificar as informações de gráfico, aparência, propriedades térmicas e físicas. Conforme o Autodesk (2019), os materiais definem informações de identidade sobre o material, como descrição, fabricante, custo e notas-chave; a aparência do elemento em vista de renderização e realistas; a características gráficas de aparência do material em uma forma não renderizada, como os padrões de cor exibidos em vistas sombreadas do projeto, nas superfícies de um elemento e de preenchimento apresentada quando o elemento é cortado; as propriedades físicas utilizadas para a análise estrutural; e as propriedades térmicas para análise de energia.

#### 2.1.6.1 ELABORAÇÃO DE NOVOS MATERIAIS

Ao clicar em Materiais um Navegador de matérias é aberto, permitindo a seleção e configuração de materiais existentes, ou possibilitando a criação de novos materiais. A elaboração de um novo material pode partir da duplicação de um existente, onde seu criador deverá renomeá-lo e atribuir as características desejadas a cópia, ou da elaboração deste em sua origem. Em ambas os casos, as propriedades dos materiais são editadas por meio da janela de edição, composta pelas guias Identidade, Gráfico, Aparência, Propriedades físicas e Térmico.

Para o primeiro caso, no Navegador de materiais, um material com características similares ao que se quer criar deve ser selecionado e, na barra de ferramentas do navegador, na parte inferior, deve-se clicar no ícone de Duplicar material selecionado, ou, sobre o material que se deseja duplicar, clicar no botão direito do mouse, podendo ser selecionada, entre outras opções, a duplicação do material, opções apresentadas na Figura 2.20. Uma cópia deste é gerada na lista de materiais, com as mesmas características do original. Através o painel Editor de material é possível alterar o nome e as propriedades do material, conforme demanda.

Figura 2. 20 – Janela de navegação e ferramenta de criação e edição de materiais.



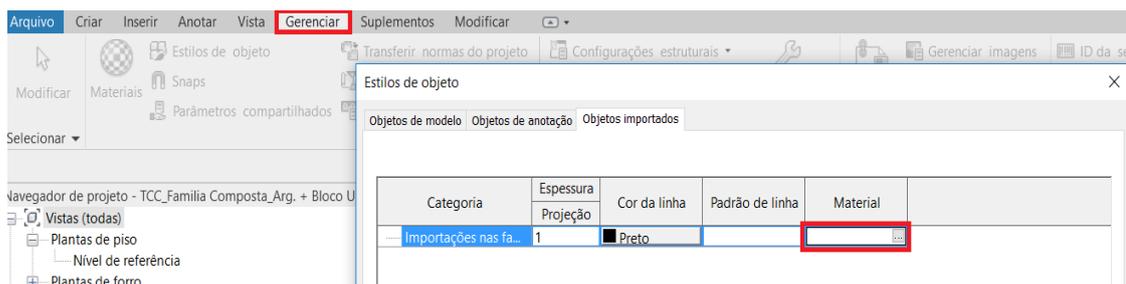
Fonte: Autor.

No segundo caso, ainda no Navegador de material, na aba de ferramentas do navegador, na parte inferior, apontada na Figura 2.20, deve-se clicar no ícone Novo material. Após esta ação, um material denominado Padrão Novo material surge na lista de materiais, onde seu criador deverá selecioná-lo para atribuição de novo nome e configurações pertinentes, no painel Editor de material.

### 2.1.6.2 APLICAÇÃO DE MATERIAIS

A aplicação de materiais em elementos do modelo pode ser feita por categoria ou subcategoria, família, parâmetro do elemento ou pela face da geometria do elemento. Dentre estes, para o primeiro caso, deve-se acessar a guia Gerenciar, ir ao painel Configurações e acessar o ícone da ferramenta Estilo de objetos. Na guia Objetos importados, em Categoria, é necessário clicar no ícone de três pontos, da coluna Material. Após basta, no Navegador de materiais, selecionar o material desejado e encerrar a operação confirmando-a. O processo até o acesso ao Estilo de objeto é apresentado na Figura 2.21.

Figura 2. 21 – Procedimento de acesso a janela Estilos de objeto e aplicação de material por categoria e subcategoria.

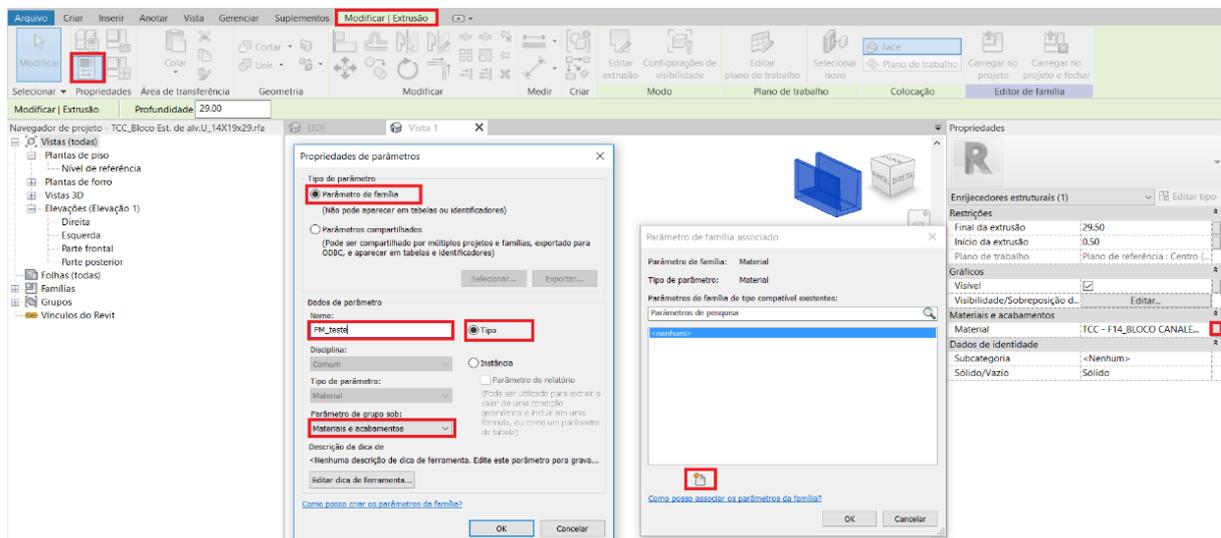


Fonte: Autor.

Na aplicação do material por família, que permite a atribuição de diferentes materiais para cada parte da geometria do componente, por meio do arquivo da família que se quer configurar, primeiramente, segundo Autodesk (2019), é realizada a vinculação do parâmetro de família com o objeto. Por meio da seleção do elemento que o receberá, acessando Material, em sua paleta de propriedades, e clicando no ícone de igualdade, no canto extremo direito, na coluna Valor. Por meio da caixa de diálogo Parâmetro de família associado é necessário selecionar um parâmetro ou criar um novo, sendo este último executado por meio do ícone Novo parâmetro, na parte inferior do quadro. Ao clicar sobre uma janela se abre, chamada Propriedades de parâmetros, onde é determinado se este será um parâmetro de família ou compartilhado, qual será seu nome, se será armazenado como tipo ou instância e seu grupo dentro do Tipos de família, sendo, para materiais, este agrupamento realizado no grupo Materiais e acabamentos.

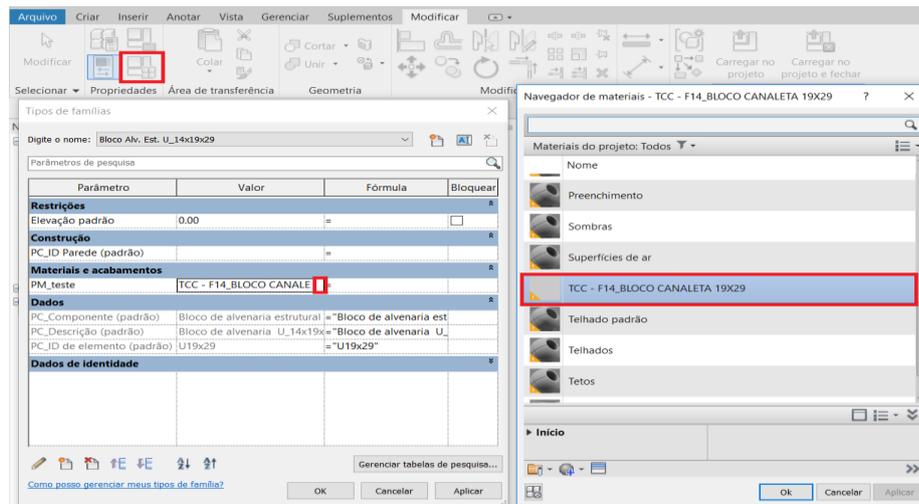
Para finalizar, deve-se aplicar o parâmetro de família acessando Tipos de família, presente no painel de propriedades da guia modificar. Na caixa de diálogo que se sucede, no grupo Materiais e acabamentos, deve-se localizar o parâmetro atribuído para o objeto, sendo necessário, neste, clicar no ícone de igualdade, no canto direito da coluna Valor e, no Navegador de materiais, selecionar o material de interesse para associar ao parâmetro, finalizando a operação. Ambos os procedimentos estão expostos nas Figuras 2.22 e 2.23.

Figura 2. 22 – Elaboração de parâmetro de material para aplicação na família.



Fonte: Autor.

Figura 2. 23 – Aplicação do material a família ao parâmetro criado.

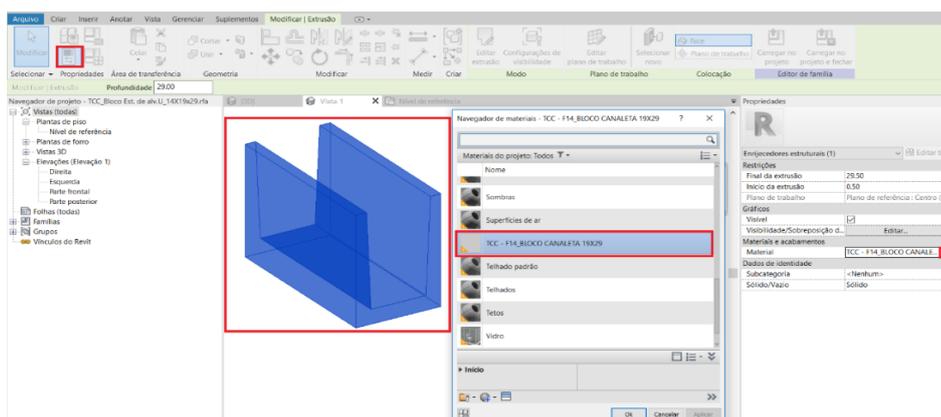


Fonte: Autor.

Por sua vez, a aplicação por parâmetro de elemento, conforme exposto pelo Autodesk (2019), é realizada por meio das propriedades de um elemento selecionado no modelo. Para isso, por meio da seleção do elemento no modelo, sua paleta Propriedades deve ser acessada e localizados os parâmetros Material, dentro do grupo Materiais e acabamentos. Sendo este um parâmetro de instância, em Materiais e acabamentos, deve-se localizar o parâmetro de material a ser modificado e seu Valor para o parâmetro deve ser acessado; se for um parâmetro de tipo, deve-se clicar em Editar tipo, acessar a caixa de diálogo Propriedades de tipo, em Materiais e acabamentos, localizar o parâmetro do material a ser modificado e clicar na coluna Valor para o parâmetro; e se for um parâmetro estrutural, deve-se clicar em Editar tipo e, em Propriedades de tipo, em Estrutura, clicar em Editar. Na caixa de diálogo Editar montagem, clicar na coluna Material para a camada cujo material deseja modificar.

Com o material localizado, clica-se no ícone com três pontos e no Navegador de materiais é selecionado um material, confirmando sua aplicação. A Figura 2.24 abaixo apresenta este procedimento sendo realizado para um elemento, em seu parâmetro de instância.

Figura 2. 24 – Aplicação do material no parâmetro Material do elemento.



Fonte: Autor.

Por último, a aplicação por face da geometria do elemento é aplicada por meio da ferramenta Pintar, localizada na guia Modificar, conforme apresentada na Figura 2.25. Com sua seleção realizada, basta escolher o material desejado e eleger a face do elemento de interesse para sua aplicação.

Figura 2. 25 – Aplicação do material por face da geometria.



Fonte: Autor.

### 2.1.6.3 ELABORAÇÃO E EDIÇÃO DE ESTILOS DE LINHAS

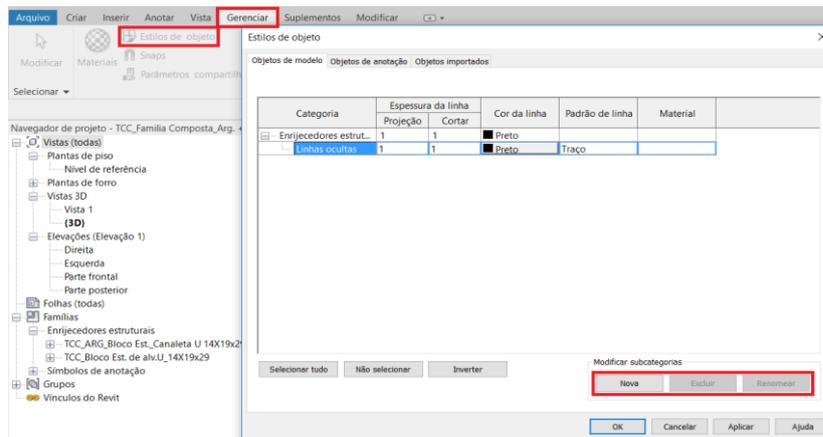
“Os estilos de linha são usados para indicar diferentes efeitos, como uma linha tracejada (-----) para planos de referência.” (AUTODESK, 2019). Ainda, segundo esta, ao instalar o software diversos estilos de linhas são incluídos, sendo que este, dispõem seus estilos, conforme o modelo de projeto selecionado na primeira etapa de criação do arquivo.

A edição dos estilos de linhas é ser realizada por meio do Editor de família, sendo alterável suas espessuras, cores e padrões, este último faz referência ao formato de linha, como por exemplo, se esta é sólida, composta por pontos, por traços, entre outras formas.

As linhas podem ser criadas por meio de Estilos de objeto, em arquivos de criação de família, ou em Estilos de linhas, quando se está em um arquivo de projeto. As linhas, em ambos os casos, são referenciadas como subcategorias.

Para a elaboração de linhas em famílias, deve-se acessar as ferramentas em Estilos de objeto pela guia Gerenciar, acessado no painel Configurações. Ao realizar essas ações uma janela para a edição de linhas é aberta, possibilitando a edição de linhas para modelo, anotações e objetos importados. Em Objetos de modelo são apresentadas as categorias e subcategorias, permitindo a configuração de suas espessuras de visualização em projeção e corte, suas cores, padrões e seleção de material para sua composição. Em sua região inferior, na paleta Modificar subcategorias, é possível criar um novo padrão de linha, assim como excluir ou nomear um padrão existente. Todo o procedimento apresentado é ilustrado na Figura 2.26 abaixo. As guias Objetos de anotação e Objetos importados são compostas pela mesma estrutura de edição apresentado para Objetos de modelo.

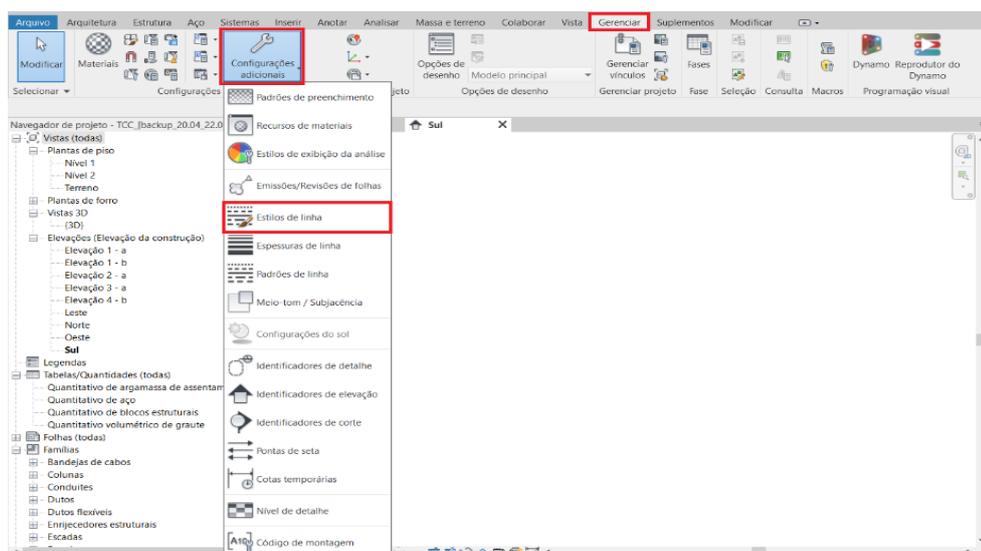
Figura 2. 26 – Elaboração de subcategoria de linha simbólica.



Fonte: Autor.

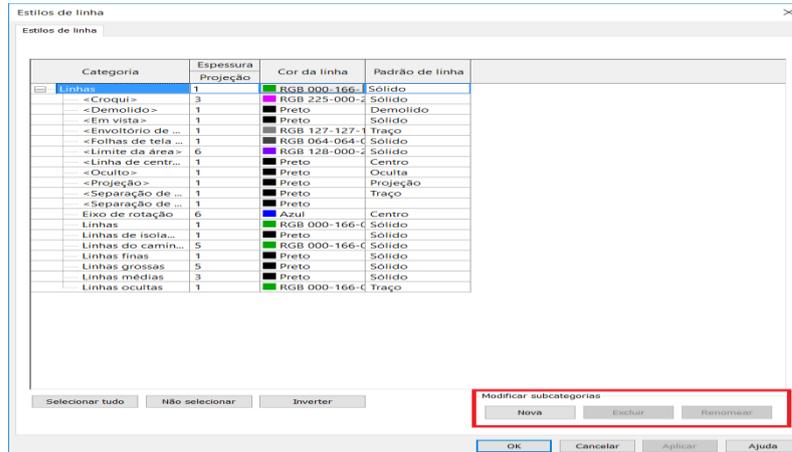
Em arquivo de projeto é possível definir novo padrão de linhas em Estilos de linha, localizada na janela suspensa de Configurações adicionais, integrada ao painel Configurações, na guia Gerenciar. Conforme apresentado na Figura 2.27, além desta, a janela suspensa apresenta outros recursos de configurações. Ao clicar sobre Estilos de linha, surge uma janela composta por categorias e subcategorias, onde as linhas são listadas, viabilizando a edição da espessura, cor e padrão das linhas existentes. Conforme a Figura 2.28, para elaborar uma nova linha, excluir ou renomear uma existente, basta fazer uso das ferramentas dispostas na paleta Modificar subcategoria.

Figura 2. 27 – Janela suspensa Configurações adicionais e acesso a edição de linhas pela ferramenta Estilos de linha.



Fonte: Autor.

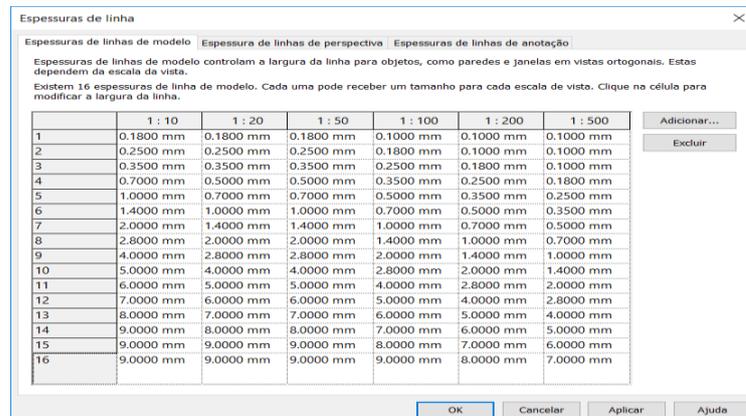
Figura 2. 28 – Janela Estilos de linha ferramentas para elaboração e edição de linhas.



Fonte: Autor.

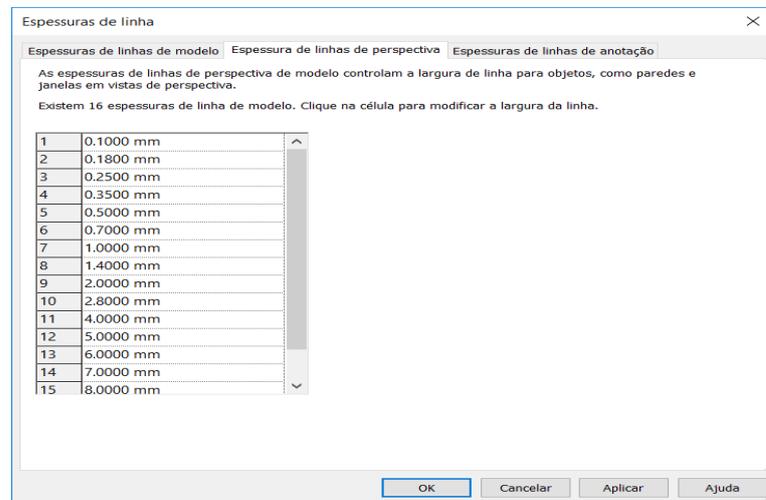
Assim como a criação de estilos de linhas, em arquivo de projeto, é possível alterar as configurações de linhas existentes e criar novos padrões, por meio da janela suspensa, em Configurações adicionais, cujo acesso é apresentado na Figura 2.27, acima. Através de Espessuras de linha, é possível acessar três guias de configuração, sendo que na primeira, chamada Espessuras de linhas de modelo, para cada linha, organizada em números, de 1 até 16, é determinada espessura em função da escala de visualização do projeto, podendo, também, ser adicionadas ou excluídas padrões linhas; na segunda guia, denominada Espessura de linhas de perspectiva, são listadas 16 linhas com suas respectivas espessuras; e, por último, a guia Espessura de linhas de anotação, permite configuração similar a anterior. Todas estas são apresentadas pelas Figuras 2.29, 2.30 e 2.31.

Figura 2. 29 – Guia Espessuras de linhas de modelo dentro da ferramenta Espessuras de linha.



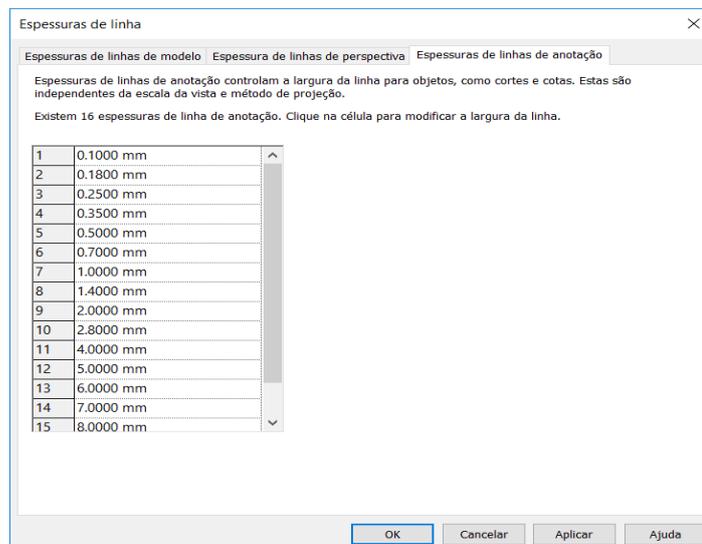
Fonte: Autor.

Figura 2. 30 – Guia espessuras de linhas de perspectiva dentro da ferramenta Espessuras de linha.



Fonte: Autor.

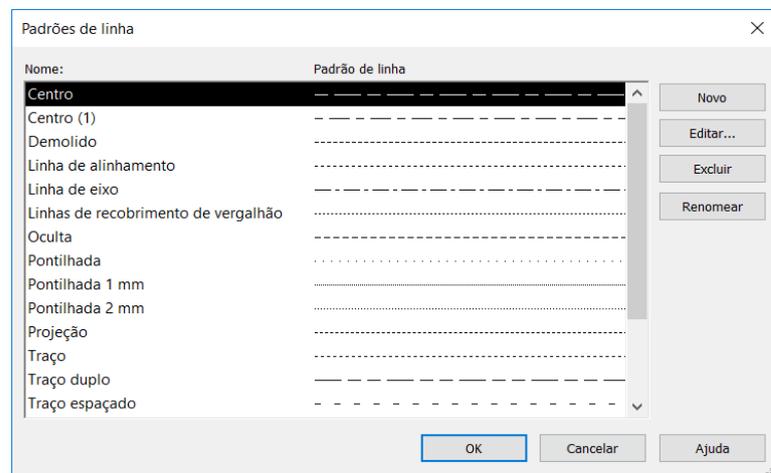
Figura 2. 31 – Guia espessuras de linhas de anotação dentro da ferramenta Espessuras de linha.



Fonte: Autor.

Pela mesma janela suspensa da ferramenta Configurações adicionais apresentada acima, é possível acessar as configurações de Padrões de linha, onde, nesta apresentada na Figura 2.32, há a composição de uma lista de padrões de linha, integrados ao arquivo pelo *software*. Nesta é possível promover a adição de novos padrões e a edição, ou exclusão, de padrões existentes.

Figura 2. 32 – Ferramenta Padrões de linha acessada pela janela suspensa de Configurações adicionais.



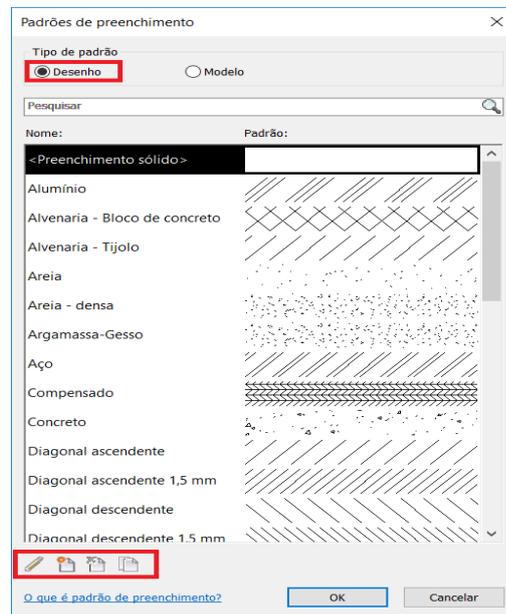
Fonte: Autor.

#### 2.1.6.4 ELABORAÇÃO E EDIÇÃO DE PADRÕES DE PREENCHIMENTO E MODELO

“Os padrões de preenchimento controlam a aparência de superfícies que são cortadas ou exibidas em projeção. Utilize a ferramenta Padrões de preenchimento para criar ou modificar padrões de desenho e de modelo. “(AUTODESK, 2018). Ainda, segundo Autodesk (2018), há também os Padrões de modelo, que representam a aparência real em uma construção e são fixados em relação ao modelo, logo quando, em vista, a escala é alterada, as escalas padrão sofrem alterações de acordo, coisa que não ocorre com os padrões de preenchimento, uma vez que estes não sofrem alteração com a mudança de escala.

Os dois tipos de padrão podem ser criados em projeto por meio da janela suspensa advinda das Configurações adicionais, cujo caminho já foi enfatizado na Figura 2.27. Ao acessar Padrões de preenchimento, é acessada uma janela, por onde pode ser selecionado o trabalho do padrão como desenho, que corresponde ao padrão de preenchimento, ou modelo. Conforme Figura 2.33, para o Tipo de padrão Desenho, são listados os tipos de preenchimentos fornecidos de forma nativa pelo software, sendo possível, nas ferramentas dispostas no faixa inferior da janela, em ordem, da esquerda para direita, promover a edição, a criação, a exclusão e a duplicação de padrões.

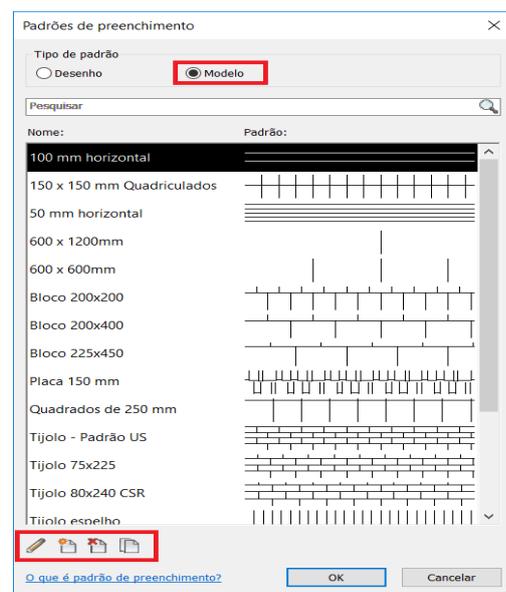
Figura 2. 33 – Ferramenta Padrões de enchimento de desenho acessado pela janela suspensa de Configurações adicionais.



Fonte: Autor.

Ao selecionar Modelo, em Tipo de padrão, é possível acessar a lista de modelos do software, com as mesmas ferramentas apresentadas para o Tipo de padrão Desenho, citadas acima, como ilustra a Figura 2.34.

Figura 2. 34 – Ferramenta Padrões de enchimento de modelo acessado pela janela suspensa de Configurações adicionais.



Fonte: Autor.

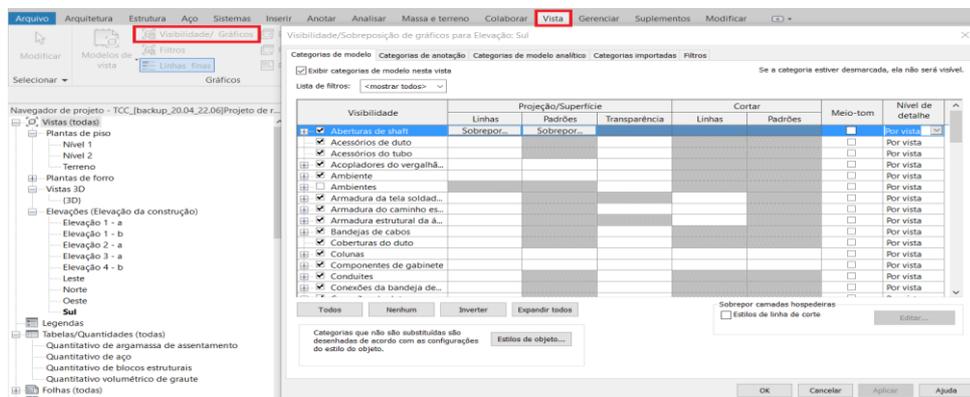
### 2.1.6.5 ELABORAÇÃO E EDIÇÃO DE VISIBILIDADE E SOBREPOSIÇÃO DE GRÁFICOS EM VISTA DE PROJETO

Esta ferramenta permite o controle da forma de exibição e da visibilidade de modelos, anotações, modelos analíticos e importados, assim como a atribuição de filtros para a aplicação de configuração visuais de forma seletiva em elementos de interesse, por meio de parâmetros de sistema. Dentre as possíveis atribuições de aplicação desta ferramenta, segundo Autodesk 2019, aponta-se:

É possível sobrepor a exibição de corte, projeção e superfície para categorias de modelo e filtros. Para categorias de anotação e categorias importadas, é possível editar a exibição da projeção e da superfície. Além disso, para categorias de modelo e filtros, pode-se aplicar transparência a faces. Pode-se também especificar visibilidade, exibição de meio-tom e nível de detalhe de uma categoria de elemento, filtro ou elemento individual.

Para seu acesso, em uma vista de elevação de um arquivo de projeto, é necessário ir na aba Vista, no painel Gráfico e acessar Visibilidade/ Gráficos. A partir deste procedimento a janela Visibilidade/Sobreposição de gráfico para a vista surge, permitindo que sejam feitas configurações de visibilidade. A Figura 2.35 mostra o procedimento para o acesso e a guia Categorias de modelo, por onde são listados os elementos presentes do modelo, permitindo a determinação de visibilidade ou não dos elementos, como serão as representações gráficas de linhas, padrões de superfície e transparência, em visualização em projeção ou superfície dos elementos, para situação em vista de corte, como serão as representações gráficas de linhas e padrões de superfície dos elementos; definir se estes serão exibidos em meio tom, na vista; e se seus níveis de detalhamento serão fixos em baixo, médio ou alto, ou será variável conforme determinado na vista de projeto.

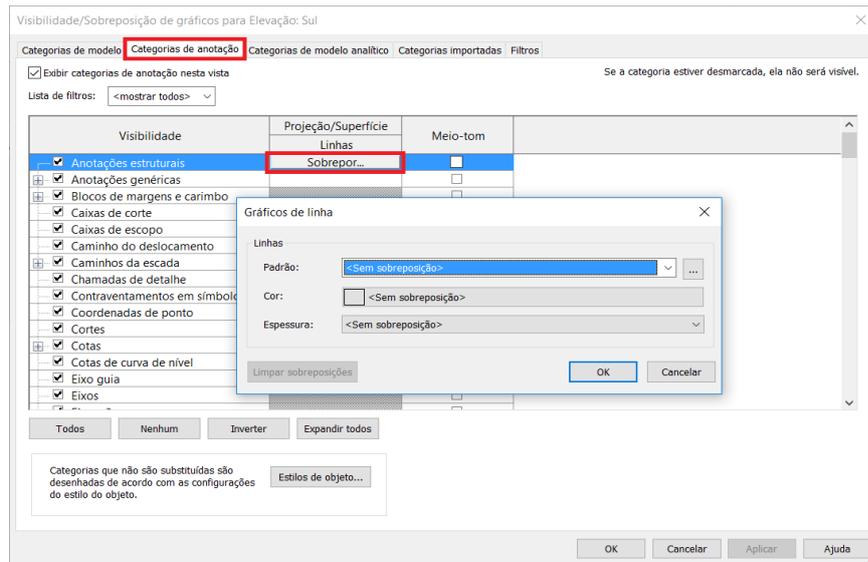
Figura 2. 35 – Procedimento de acesso a ferramenta Visibilidade/Sobreposição de gráficos para a vista e apresentação dos elementos editáveis na guia Categorias de modelo



Fonte: Autor.

Pela guia **Categorias de anotação**, é possível configurar a visibilidade, o gráfico de linha, com o padrão de sobreposição, cor e espessura de linha, e se as anotações serão apresentadas na vista em meio tom, conforme apresentado na Figura 2.36, cuja janela de Gráfico de linha foi acessada em **Sobrepor**, na coluna **Linhas** da **Anotações estruturais**.

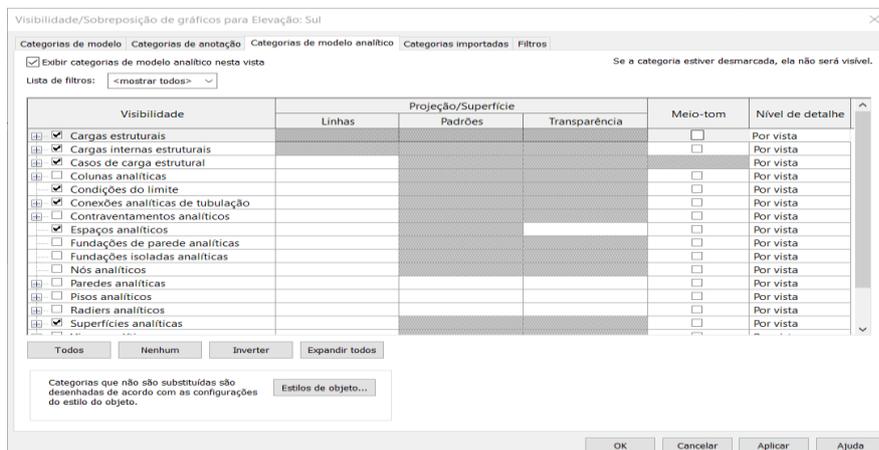
Figura 2. 36 – Apresentação dos elementos editáveis na guia **Categorias de anotação** presente na ferramenta **Visibilidade/Sobreposição** de gráficos para a vista.



Fonte: Autor.

Para a guia **Categorias de modelo analítico** o layout de opções para configuração se aproxima do apresentado para **Categorias de modelo**, porém sem a configuração para condição de vista de corte, conforme apontado na Figura 2.37.

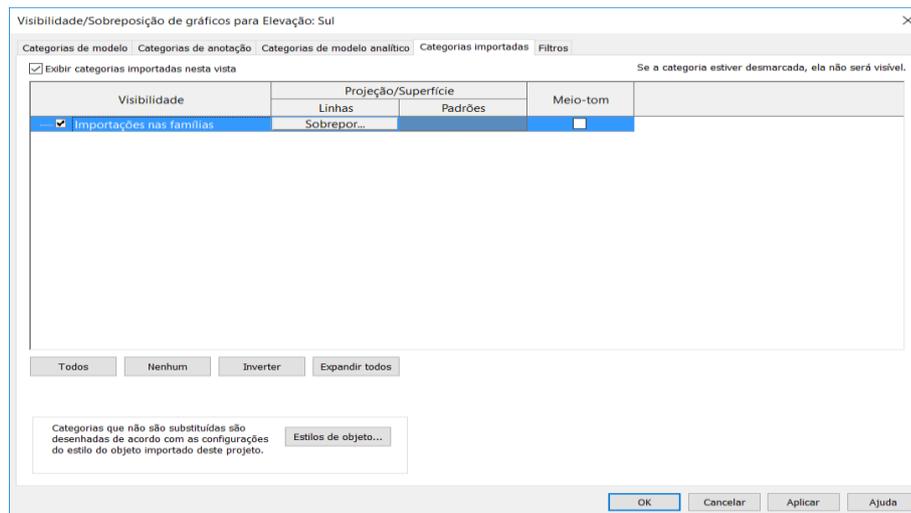
Figura 2. 37 – Apresentação dos elementos editáveis na guia **Categorias de modelo analítico** presente na ferramenta **Visibilidade/Sobreposição** de gráficos para a vista.



Fonte: Autor.

Na guia *Categorias importadas* é possível configurar se um elemento será visível ou não na vista, a visibilidade das linhas e padrões de superfície para projeções e superfícies e determinar se a visibilidade será, ou não, em meio tom, como ilustrado na Figura 2.38.

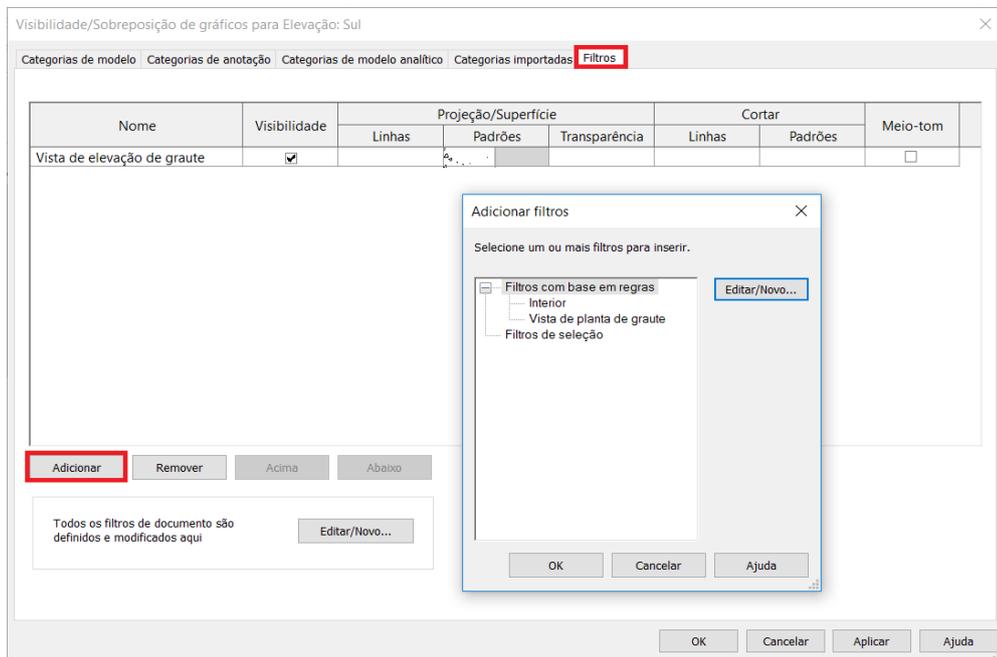
Figura 2. 38 – Apresentação dos elementos editáveis na guia *Categorias importadas* presente na ferramenta *Visibilidade/Sobreposição* de gráficos para a vista.



Fonte: Autor.

Por meio da guia *Filtros*, é possível atribuir a visibilidade, ou não para um filtro, assim como as demais opções de configuração de representação gráfica apresentadas para a guia *Categorias de modelo*. Os filtros permitem que sejam selecionados elementos específicos para edição de sua representação gráfica. Para isso, os filtros devem ser inseridos a lista de edição, conforme interesse, por meio da seleção pela opção *Adicionar*, localizado na faixa inferior do espaço destinada a listagem de filtros. Ao clicar sobre este, conforme Figura 2.39, uma janela com os filtros criados é exibida, podendo ser selecionado um filtro para sua integração a lista de edição da guia *Filtros*. Caso se tenha a intenção de criar um novo filtro, deve-se clicar em *Editar/Novo*, localizado no canto direito da lista de filtro da janela *Adicionar filtros*.

Figura 2. 39 – Apresentação dos elementos editáveis na guia Filtros presente na ferramenta Visibilidade/Sobreposição de gráficos para a vista

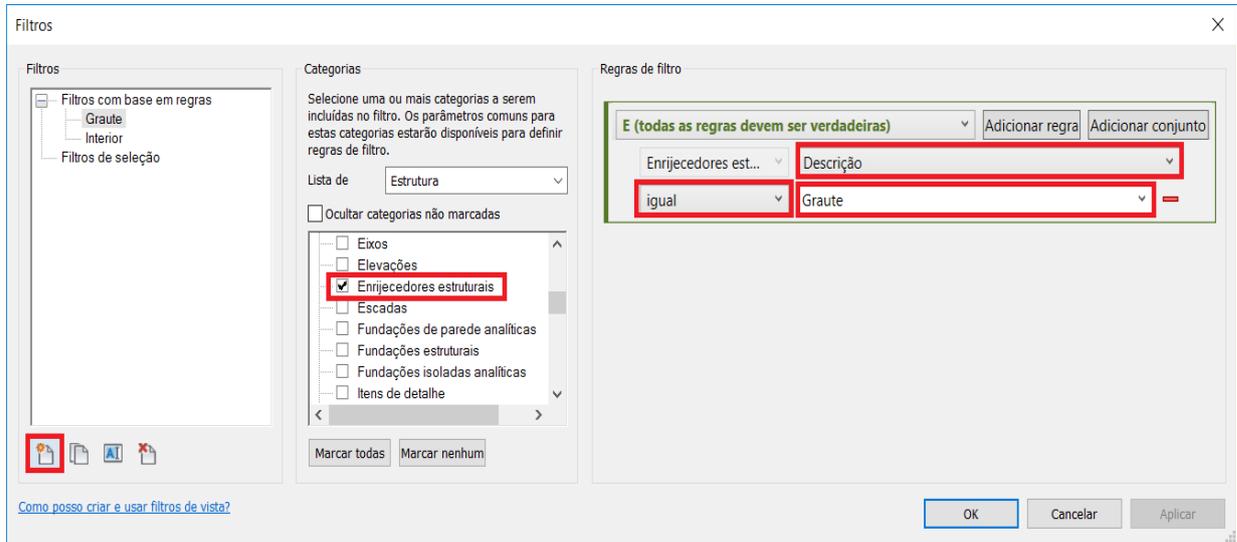


Fonte: Autor.

Quando Editar/Adicionar é clicado, uma janela chamada Filtros se abre, sendo esta composta por uma lista de filtros existentes, onde na parte inferior desta se encontram ferramentas para criação, duplicação, renomeação e exclusão de filtros; ao lado, uma lista de categorias de parâmetros presentes no modelo, onde a categoria é utilizada para refinar os parâmetros que aparecerão para compor a regra de filtragem do elemento; e uma bandeja denominada Regras de filtros, por onde será possível definir o elemento desejado.

A Figura 2.40 apresenta um exemplo para a criação de filtro para o elemento Graute, onde este foi criado por meio do ícone Novo filtro, posicionado na parte inferior da lista de filtros. Logo após foi selecionada a categoria Enrijecedores de estruturais, reduzindo a quantidade de parâmetros selecionáveis em Regras de filtro, onde foi determinado o parâmetro de sistema Descrição com a regra de que o elemento selecionado para compor o filtro deverá ser igual a Graute.

Figura 2. 40 – Procedimento para elaboração de um novo filtro para seleção de um componente de projeto.



Fonte: Autor.

É importante salientar que em Regras de filtro são listados apenas parâmetros de base do software, estes disponibilizados pelo Revit em função do tipo de Modelo de família escolhido, no início da criação da família.

### 2.1.7 TABELAS E COMPOSIÇÃO DE QUANTITATIVOS

Uma tabela, conforme Autodesk (2019?), é uma exibição tabular de informações extraídas das propriedades dos elementos em um projeto, podendo listar cada instância do tipo de elemento que se está tabulando ou retrair múltiplas instâncias em uma única linha, com base no critério de agrupamento da tabela.

Sua criação pode ocorrer em qualquer estágio do projeto. Neste sentido, mesmo que a tabela tenha sido elaborada no meio do processo de projeto, ao finalizar o modelo, todas as modificações nos dados de instância alterados, durante suas etapas, que remetem as instâncias presentes na tabela, são alteradas de forma automática nesta.

Conforme seu suporte, Autodesk (2019?), o Revit permite a elaboração de 9 tipos de tabelas, sendo essas segmentadas e listadas em tabelas quantitativas e qualitativas, ou informativas, juntamente com suas especificações de utilização, no Quadro 2.10.

Quadro 2. 16 – Tipos, tabelas e suas aplicações.

(Continua)

| Tipos de tabelas | Tabelas            | Aplicação                              |
|------------------|--------------------|--|
| Quantitativa     | Tabela/Quantidades | Determinar o quantitativo de materiais |

Quadro 2. 17 – Tipos, tabelas e suas aplicações.

(Conclusão)

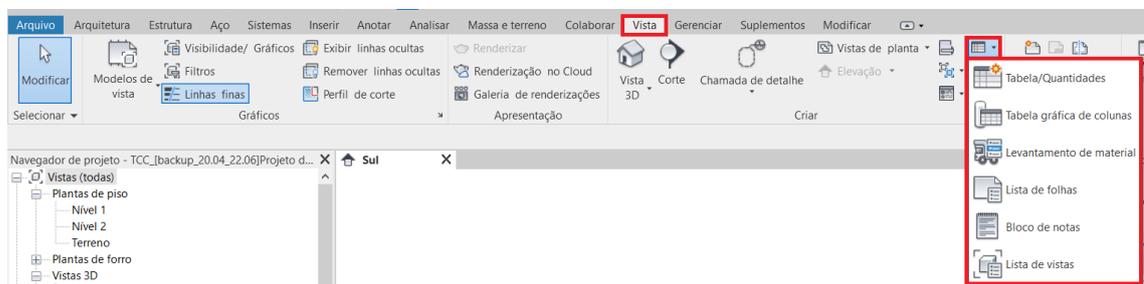
| Tipos de tabelas | Tabelas                   | Aplicação   |
|------------------|---------------------------|---|
| Quantitativa     | Tabela-chave              | Define e utilizada palavras chaves para a automatização de informações na tabela.   |
|                  | Levantamento de materiais | Apresenta maior detalhamento para o quantitativo de materiais ao permitir a elaboração de uma lista com componentes e subcomponentes ou material.   |
|                  | Tabela de anotações       | Permite a elaboração de uma lista de anotações com descrição de para construção de elementos, como um muro, por exemplo.  |
| Qualitativa      | Tabela de revisão         | Vinculada a um bloco de margens e carimbo, a tabela de visão, atualiza automaticamente as informações de revisão e alteração do projeto, quando, ao colocar uma vista em uma folha de documentação, esta inclua as nuvens de revisão. |
|                  | Tabela de vistas          | Lista todas as vistas presentes em projeto.   |
|                  | Listas de desenho         | Compreende uma tabela que lista as folhas presentes em um projeto.  |
|                  | Tabela de painéis         | Utilizada para exibir informações sobre painel, circuitos e cargas de sistemas elétricos.   |
|                  | Tabela gráfica de coluna  | Aplicada para listar pilares estruturais ao efetuar a interseção de linhas de eixo, considerando seus deslocamentos e suas restrições superiores e inferiores.  |

**Fonte:** Adaptado do site de ajuda e suporte Autodesk Revit (2019)

### 2.1.7.1 ELABORAÇÃO DE TABELAS

A elaboração de tabelas, em suma, parte do acesso ao menu suspenso Tabelas, presente no painel Criar, da guia Vista, conforme apontado pela Figura 2.41.

Figura 2. 41 – Procedimento de acesso ao menu suspenso para seleção e elaboração dos diversos tipos de tabelas.



**Fonte:** Autor.

#### 2.1.7.1.1 ELABORAÇÃO DE TABELAS/QUANTIDADES

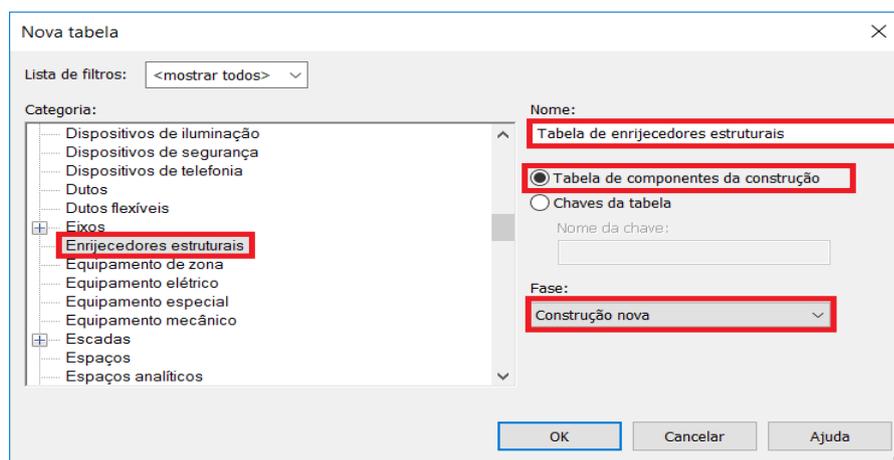
Para a produção da Tabela/Quantidades basta clicar sobre esta, no menu suspenso. Logo após a janela Nova tabela é acessada, por onde a categoria, sua denominação, a opção Tabela

de componentes da construção e a fase de projeto devem ser selecionadas, sendo que dentre as fases, é possível selecionar Construção nova ou Existente, definições atribuídas na elaboração de projeto para definir se há estruturas do modelo, como paredes, por exemplo, que já existiam ou se toda estrutura que o compõem faz parte de uma construção nova. Confirmando as seleções citadas, uma nova janela se abre, chamada Propriedades da tabela, sendo esta composta por cinco guias chamadas Campos, Filtro, Classificar/Agrupar, Formatação e Aparência.

Por meio da guia Campos são selecionados os parâmetros, listados em Campos disponíveis, para comporem a tabela, em Campos tabelados (na ordem). A inclusão destes é realizada ao selecionar o parâmetro de interesse e clicar sobre a seta verde e suas exclusões, de Campos tabelados, por meio da seleção do parâmetro a ser removido e do clique sobre a seta vermelha. Em ordem subsequente, em direção vertical, são posicionadas as ferramentas para criar um novo parâmetro diretamente na tabela, Adicionar parâmetro calculado, que permite o emprego de operações matemáticas utilizando parâmetros integrados a tabela, e Combinar parâmetros, que permite a exibição de dois ou mais parâmetros, separados por uma barra ou caractere personalizado, em célula única da tabela.

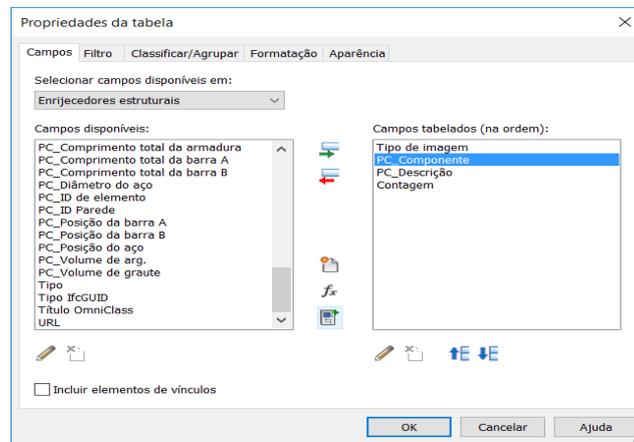
Na faixa inferior da bandeja de Campos tabelados são dispostas, da direita para esquerda, as ferramentas Edição de parâmetro, Excluir o parâmetro, Mover parâmetro para cima e Mover parâmetro para baixo. Ainda, da direita para esquerda são posicionadas as ferramentas Editar parâmetro e Excluir parâmetro, sob a lista de parâmetros Campos disponíveis. O procedimento de acesso a janela Propriedades da tabela e a composição da guia Campos são ilustrados nas Figuras 2.42 e 2.43.

Figura 2. 42 – Procedimento na janela Nova tabela para acesso a janela de definição Propriedades da tabela.



Fonte: Autor.

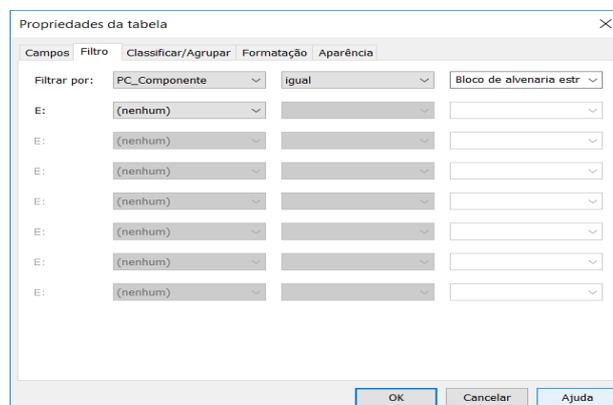
Figura 2. 43 – Determinação dos parâmetros que comporão a tabela pela janela de definição Propriedades da tabela.



Fonte: Autor.

Como a seleção da categoria de parâmetros ocasiona o carregamento de vários parâmetros e em apenas um desses diversas informações podem ser carregadas, através da aba de filtros é possível selecionar as informações de interesse de um determinado parâmetro, escolhendo, primeiramente, dentre os parâmetros carregados para comporem os campos da tabela, aquele do qual se quer extrair a informação, seguido pela determinação de uma regra de busca, sendo possível a seleção das regras que seja igual, não igual, maior do que, maior do que ou igual a que, menor do que, entre outras mostradas na Figura 2.44. Por último, é selecionada a informação de interesse, contida no parâmetro selecionado na primeira etapa. Observa-se ainda, por sua ilustração, que é possível aplicar o filtro mais de uma vez para mesmo parâmetro que compõe a tabela, ou ainda aplicar em mais de um parâmetro que à compõe.

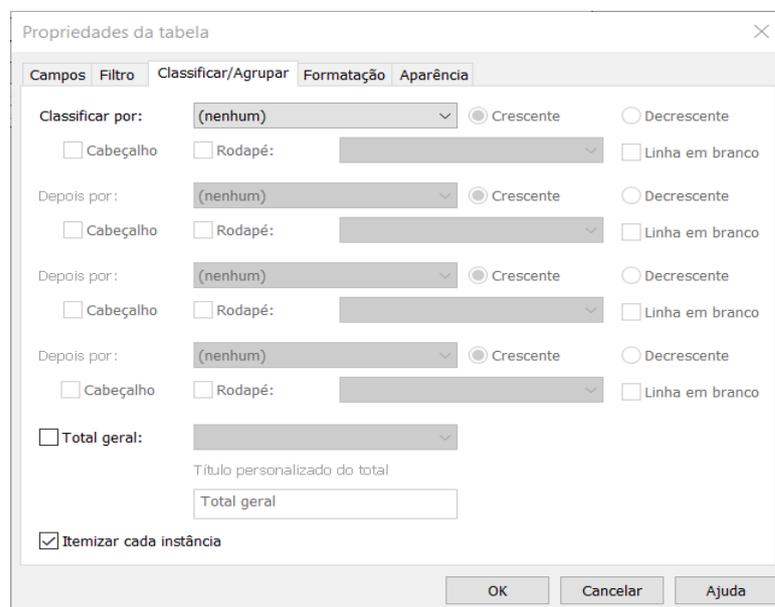
Figura 2. 44 – Guia Filtro da ferramenta Propriedades da tabela e seu funcionamento de edição de tabela.



Fonte: Autor.

Com os filtros aplicados, em primeiro momento os elementos são listados de forma desordenada na tabela. Para que seja feito um refinamento de exibição dos dados, é necessário promover a classificação e agrupamento da informação por meio da aba Classificar/Agrupar. Por esta guia, além de permitir mostrar cada instância de um tipo de elemento ou promover a reunião destas em uma única, segundo Autodesk (2020), “é possível especificar opções de classificação para linhas em uma tabela e adicionar cabeçalhos, rodapés e linhas em branco em linhas classificadas”. Para isto, deve-se selecionar os parâmetros, determinar se será em ordem crescente ou decrescente de itens e, para o agrupamento desses dados em uma linha, conforme sinalizado na Figura 2.45, deve ser desmarcado o campo da ferramenta chamada Itemizar cada instância.

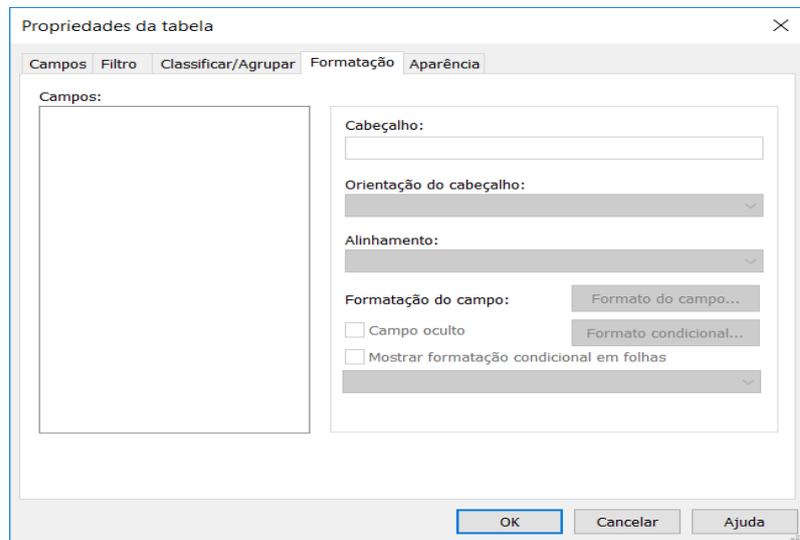
Figura 2. 45 – Guia Classificar/Agrupar da ferramenta Propriedades da tabela e seu funcionamento de edição de tabela.



Fonte: Autor.

Na aba de formatação, exibida na Figura 2.46, é possível promover a edição da apresentação dos parâmetros ingressos na tabela e seus dados, como a renomeação de seu cabeçalho, a formatação da apresentação de seus dados, em caso de dados de comprimento de instâncias de um elemento, por exemplo, quantas casas decimais serão apresentadas, se serão atribuídos símbolos de unidades e haverá a apresentação do somatório do comprimento de todas suas instâncias. Observa-se que todos os parâmetros constituintes da tabela são listados na bandeja Campos.

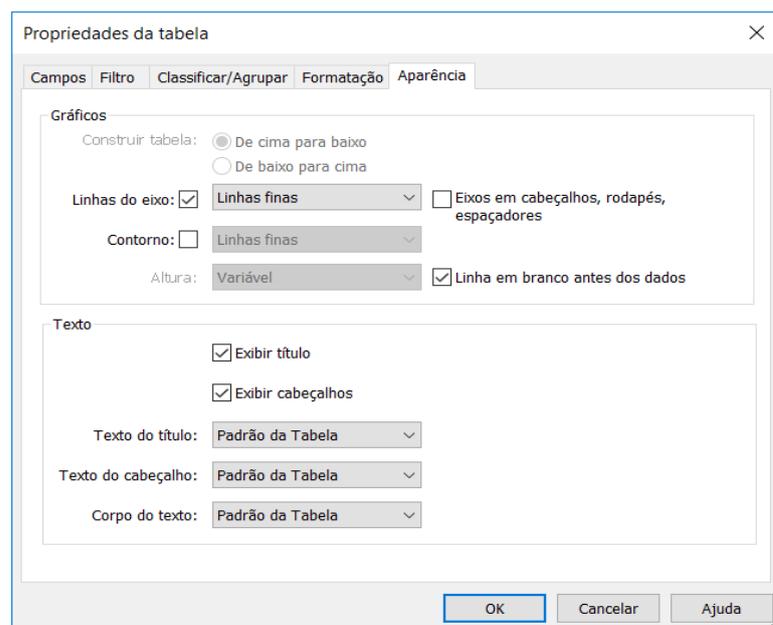
Figura 2. 46 – Guia Formatação da ferramenta Propriedades da tabela e seu funcionamento de edição de tabela.



Fonte: Autor.

De forma a finalizar a edição das propriedades na criação de tabelas e quantitativos, por meio da guia Aparência, apresentada na Figura 2.47, é possível aplicar “[...] várias opções de formatação, como linhas de eixo, contornos e estilo de fonte.” (AUTODESK, 2019).

Figura 2. 47 – Guia Aparência da ferramenta Propriedades da tabela e seu funcionamento de edição de tabela.



Fonte: Autor.

Para sintetizar as possibilidades de edição por meio desta guia, é apresentado abaixo o Quadro 2.11, que lista as configurações possíveis com seus respectivos procedimentos para aplicação.

Quadro 2. 18 – Configurações aplicáveis na aba Aparência da janela Propriedades da tabela.

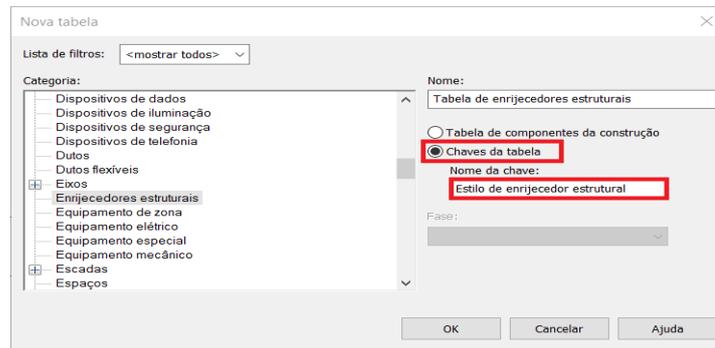
| <b>Configuração</b>  | <b>Modo de aplicação</b>   |
|--|--|
| Exibir linhas do eixo em torno de linhas de tabela                 | Selecione Linhas do eixo e, em seguida, selecione o estilo de linha de eixo na lista. Você pode criar um novo estilo de linha, caso necessário   |
| Estender linhas de eixo verticais em cabeçalhos, rodapés e espaços | Selecione Eixo em cabeçalhos/rodapés/espaçadores.  |
| Exibir uma borda em torno da tabela                                | Marque em Contorno e selecione um estilo de linha na lista. A borda é exibida quando uma tabela é adicionada à uma vista de folha. Se esta opção for desmarcada, mas a opção de linhas de eixo ainda estiver selecionada, o estilo de linha de eixo será utilizado como estilo da borda. |
| Exibir o título da tabela  | Selecione Exibir título.   |
| Especificar a fonte para o texto do título                         | Selecione um tipo de texto da lista de texto do título. Você pode criar um novo tipo de texto, se necessário.  |
| Exibir os cabeçalhos da tabela                                     | Selecione Exibir cabeçalhos.   |
| Especificar a fonte para o texto de cabeçalho                      | Selecione um tipo de texto da lista de texto do cabeçalho. Você pode criar um novo tipo de texto, se necessário.   |
| Especificar a fonte para o texto do corpo                          | Selecione um tipo de texto da lista de texto do corpo. Você pode criar um novo tipo de texto, se necessário.   |
| Inserir uma linha em branco antes das linhas de dados.             | Selecione Linha em branco antes dos dados. Esta opção afeta o segmento tabulado na folha e a vista da tabela.  |

**Fonte:** Adaptado do site de ajuda e suporte Autodesk Revit (2020)

#### 2.1.7.1.2 ELABORAÇÃO DE TABELA-CHAVE

A produção da Tabela-chave ocorre clicando em Tabela/Quantidades, alocado no menu suspenso, por onde a janela Nova tabela é acessada. Nesta são selecionadas a Categoria de parâmetros e o nome para a tabela, conforme realizado para Tabela/Quantidades, diferenciando-se desta, conforme apresentado na Figura 2.48, apenas no fato de Chaves da tabela é selecionada, no lugar de Tabela de componentes de construção. Através da seleção de Chaves de tabela, a seleção de Fase é desativada e o Revit preenche o nome da chave automaticamente com a denominação da categoria selecionada, porém é possível renumera-la.

Figura 2. 48 – Procedimento para elaboração de Tabela-Chave.



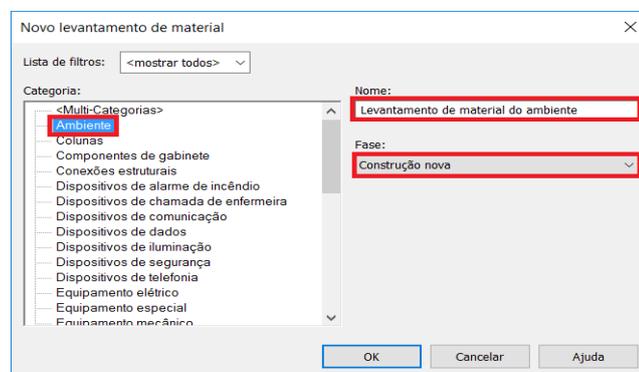
Fonte: Autor.

Ao concluir as ações acima apresentadas, acessa-se a janela Propriedades da tabela, composta por quatro guias, sendo estas Campos, Classificar/Agrupar, Formatação e Aparência, todas com as mesma propriedade e possibilidades de edições apresentadas para Tabela/Quantidades.

### 2.1.7.1.3 ELABORAÇÃO DE TABELA DE LEVANTAMENTO DE MATERIAIS

A tabela de Levantamento de materiais é criada por meio da opção Levantamento de materiais, presente na aba suspensa de Tabelas. Ao acessa-la surge a janela Novo levantamento de materiais, onde deve-se selecionar uma Categoria de parâmetro, selecionar uma Fase e dar um nome para a tabela, que é preenchida automaticamente com o nome da categoria escolhida, em Nome, conforme Figura 2.49. Confirmado este procedimento, a janela, cujo nome é Propriedades de levantamento de materiais, é acessada, sendo esta composta pelas mesmas cinco guias, com as mesmas possibilidades de atribuição de propriedades já apresentado para a Tabela/Quantidades.

Figura 2. 49 – Procedimento para elaboração de tabela de levantamento de materiais.

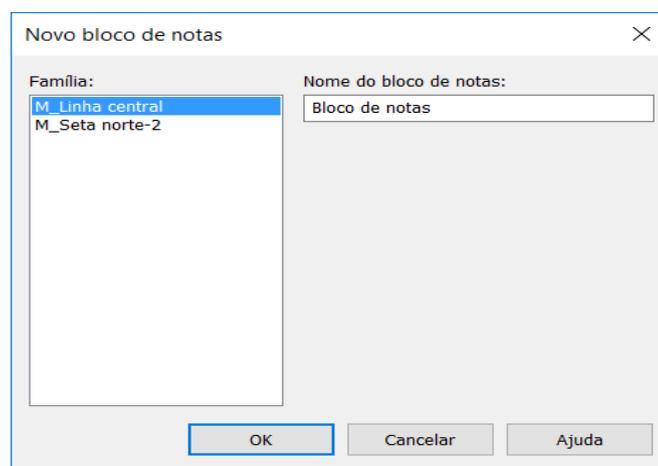


Fonte: Autor.

#### 2.1.7.1.4 ELABORAÇÃO DE TABELA DE ANOTAÇÕES

A elaboração da tabela de anotações é realizada pela aba suspensa de Tabelas, na opção Bloco de notas. Sua seleção promove o surgimento de uma caixa de diálogo denominada Novo bloco de notas, por onde, conforme Figura 2.50, é solicitada a seleção de uma família e a atribuição de um nome. Com a confirmação as seleções, as guias Campos, Filtro Classificar/Agrupar, Formatação e Aparência são apresentadas, compondo a janela Propriedades do bloco de notas. Estas apresentam as mesmas condições de configurações citadas para Tabela/Quantidades.

Figura 2. 50 – Procedimento para elaboração de tabela de anotações.



Fonte: Autor.

#### 2.1.7.1.5 ELABORAÇÃO DE TABELA DE REVISÃO

A Tabela de revisão normalmente compõe a estrutura dos blocos de margens e carimbos de folhas, sendo sua composição e estruturas definidas na produção destes. Sendo assim, esta é apresentada sempre que uma folha para composição documental de projeto é criada.

#### 2.1.7.1.6 ELABORAÇÃO DE TABELA DE VISTAS

A Tabela de vista tem seu acesso de criação realizado por meio do menu suspenso de Tabelas, em Lista suspensa. Ao acessá-la, o criador da tabela é direcionado diretamente para as cinco guias, com as mesmas possibilidades de edição da tabela, apresentadas nas Tabela/Quantidades, Levantamento de materiais e Tabela de anotações.

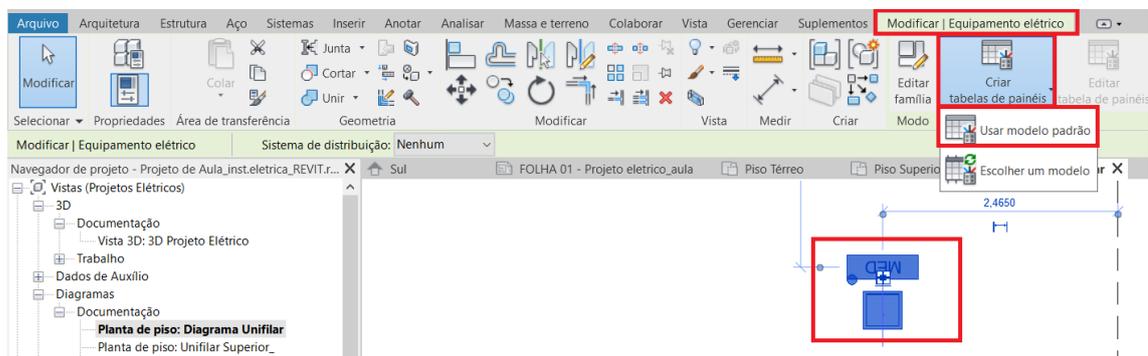
#### 2.1.7.1.7 ELABORAÇÃO DE TABELA DE LISTAS DE DESENHO

Conforme apresentado para a elaboração da Tabela de vistas, nesta, ao clicar sobre Lista de folhas, no menu suspenso de Tabelas, abre-se a caixa de diálogo Propriedades de lista de folhas, apresentando as mesmas cinco guias de edição de suas propriedades.

### 2.1.7.1.8 ELABORAÇÃO DE TABELA DE PAINÉIS

Segundo instruções apresentadas no site de suporte da Autodesk (2019?), para a criação de uma tabela de painéis, faz-se necessária a seleção de um ou mais painéis do mesmo tipo na área de desenho, clicar em Modificar|Equipamentos elétricos, na guia Elétricos, no painel Elétrico e acessar o menu suspenso de Criar tabelas de painéis, onde deve ser selecionado Usar modelo padrão, conforme apresentado na Figura 2.51.

Figura 2. 51 – Procedimento para elaboração de tabela de painéis.



Fonte: Autor.

Na área de desenho surge a Tabela de painéis, contendo informações relevantes e padronizadas pelo software, sobre o painel selecionado. Pode-se ainda atribuir informações adicionais do circuito nos modelos de tabela de painéis. O Quadro 2.12 abaixo mostra as informações possíveis de serem contempladas na tabela e suas respectivas descrições.

Quadro 2. 19 – Informações de tabela de painéis e suas descrições.

(Continua)

| <b>Informação</b>              | <b>Descrição</b>   |
|--------------------------------|--|
| Painel                         | Nome do painel   |
| Volts                          | Sistema de distribuição suportado pelo painel                                      |
| Fases                          | Número de fases disponíveis do painel  |
| Fios                           | Número de fios especificado para o sistema de distribuição atribuído a este painel |
| Classificação da rede elétrica | Classificação da rede elétrica que alimenta o painel                               |
| Montagem                       | Tipo de montagem (superfície ou embutida)  |
| Invólucro                      | Tipo de caixa que envolve o painel   |
| Localização                    | Ambiente onde o painel está instalado  |
| Nome da carga                  | Nome atribuído a um circuito de carga  |
| Trajeto                        | Corrente nominal do trajeto para um disjuntor                                      |
| Pólos                          | O número de pólos no disjuntor   |
| CKT                            | Número do circuito   |
| A/B/C                          | Fases  |
| Fase A/Fase B/Fase C           | Carga aparente (VA) para cada uma das fases  |
| Total de VA                    | Total de carga aparente para todas as três fases                                   |
| Mfg./Tipo                      | Fabricante   |

Quadro 2. 20 – Informações de tabela de painéis e suas descrições.

(Conclusão)

| <b>Informação</b>      | <b>Descrição</b>                                  |
|------------------------|---|
| Modificações           | Anotação de quaisquer alterações feitas ao painel |
| Símbolo de ampéres RMS | Valor quadrático médio da amperagem               |

**Fonte:** Adaptado do site de ajuda e suporte Autodesk Revit (2019)

#### 2.1.7.1.9 ELABORAÇÃO DE TABELA GRÁFICA DE COLUNAS

Conforme apontado pela Autodesk (2019?), a criação desta tabela é realizada por meio do menu suspenso Tabelas, onde a opção Tabela gráfica de colunas deve ser pressionada. Ao realizar esta ação a tabela surge na área de desenho apresentando os dados estruturais de pilares como restrições inferiores e superiores.

### 3 METODOLOGIA

Para que a metodologia BIM funcione adequadamente para o planejamento e a orçamentação, é necessária que a modelagem paramétrica em projeto seja bem elaborada, compreendendo elementos que atendam as necessidades de projeto, de modo a permitir uma extração de dados para que sejam elaborados os levantamentos qualitativos e quantitativos de materiais a serem empregados em obra e, a partir desses, as melhores tomadas de decisões sejam galgadas no âmbito do planejamento de suas etapas.

A aplicação da metodologia BIM permite que estes levantamentos ocorram no ato da modelagem do projeto, desde que as famílias paramétricas, neste empregadas, estejam corretamente configuradas em seus encetamentos, por seu programador. A laboração de uma família deve seguir a premissa que leva em consideração para qual aplicação esta será utilizada e quais dados serão de interesse a quem a empregará nos procedimentos de modelagem. Tendo estas bem definidas a concepção de sua estruturação paramétrica, informativa e gráfica se torna facilitado.

Por estas afirmações, o software Revit foi escolhido para a elaboração das famílias devido sua ampla utilização na modelagem de projetos segundo a metodologia BIM, por ser constituído de ferramentas que permitem arquitetar um projeto em todas suas disciplinas, por disponibilizar uma versão acadêmica gratuita, e, prevendo a utilização futura dos produtos deste projeto, ter como característica a interoperabilidade com outros softwares para composição orçamentária e o planejamento de obras.

#### 3.1 ESTUDO DE CASO

Como apontado, esse trabalho se baseia na elaboração de famílias paramétricas para composição de um modelo para a concepção de projetos em alvenaria estrutural. Para o processo construtivo em alvenaria estrutural, elementos como graute, argamassa de assentamento e barras de aço são empregados. Devido a isto, para elaboração do modelo para projeto neste sistema construtivo, foram criadas as famílias apresentadas no Quadro 3.1.

Quadro 3. 1 – Estrutura de família, famílias elaboradas, descrição e aplicação em modelo.

(Continua)

| <b>Estrutura de família</b>        | <b>Família</b>     | <b>Descrição</b>  | <b>Aplicação no modelo</b>   |
|------------------------------------|--------------------|---|--|
| Famílias sem componentes aninhados | Blocos estruturais | Elementos de pequena dimensão, arranjado de forma sobreposta, uns ao outros, compondo paredes com capacidade de suporte do carregamento próprio da edificação de seu uso. | As famílias foram elaboradas de modo que sua inserção ocorra sempre por sua extremidade inferior esquerda do bloco, considerando a vista de planta, em projeto e os deslocamentos para garantir o espaço de ocupação pela argamassa de assentamento. |

Quadro 3. 2 – Estrutura de família, famílias elaboradas, descrição e aplicação em modelo.

(Continua)

| <b>Estrutura de família</b>        | <b>Família</b>   | <b>Descrição</b>   | <b>Aplicação no modelo</b>  |
|------------------------------------|--|--|---|
| Famílias sem componentes aninhados | Argamassa de assentamento  | Elemento cimentício que garante aderência e união entre blocos estruturais.  | As famílias foram criadas respeitando as dimensões de cada bloco estrutural da Família 14, delimitando as espessuras laterais em 0,5 cm e da base do bloco em 1,0 cm. Esta é inserida por sua extremidade inferior esquerda, considerando sua integração ao projeto pela vista de planta.                     |
|                                    | Graute vertical  | Elemento cimentício aplicado nos furos dos blocos de alvenaria estrutural para aumentar sua capacidade de carga a compressão.                        | Família criada em sentido vertical, para integrarem os furos verticais dos blocos estruturais, respeitando suas dimensões. Esta é inserida no centro dos furos do bloco ao qual será aplicada, considerando, para sua inserção em projeto, pela vista de planta.  |
|                                    | Graute horizontal  |  | Família criada em sentido vertical, para integrarem as canaletas, respeitando suas dimensões. Esta é inserida, em projetos, pela vista de elevação, pelo seu canto inferior esquerdo, considerando a espessura da parede de base dos blocos canaletas.  |
|                                    | Barra de aço vertical  | Elemento utilizado para composição de armaduras estruturais, sendo produzido a partir da laminação a quente, tendo diâmetros de 6,3mm ou superiores. | Esta família foi elaborada para compor a armadura vertical.   |
|                                    | Barra de aço com dobras nas extremidades.                          |  | Esta família foi elaborada para compor a armadura horizontal, inserida no interior do graute horizontal.  |
|                                    | Barra de aço do lado A   |  | Família criada considerando a dobra apenas no lado A, para compor a armadura horizontal, caso o comprimento total desta ultrapasse o comprimento comercial para barras de aço de 12 m. Convencionou-se, para este trabalho que o lado A corresponde ao lado esquerdo da vista de elevação frontal em projeto. |
|                                    | Barra de aço do lado B   |  | Família criada considerando a dobra apenas no lado B, para compor a armadura horizontal, caso o comprimento total desta ultrapasse o comprimento comercial para barras de aço de 12 m. Convencionou-se, para este trabalho que o lado B corresponde ao lado direito da vista de elevação frontal em projeto.  |
|                                    |  |  |   |
| Famílias com componentes aninhados | Família composta pela argamassa de assentamento e bloco estrutural | A junção destes elementos garante a unidade da parede autoportante.  | Originada na união da família de blocos estruturais e de argamassa de assentamento, são integradas em projetos considerando seu ponto de inserção conforme determinado para família de argamassa de assentamento.   |

Quadro 3. 3 – Estrutura de família, famílias elaboradas, descrição e aplicação em modelo.

(Conclusão)

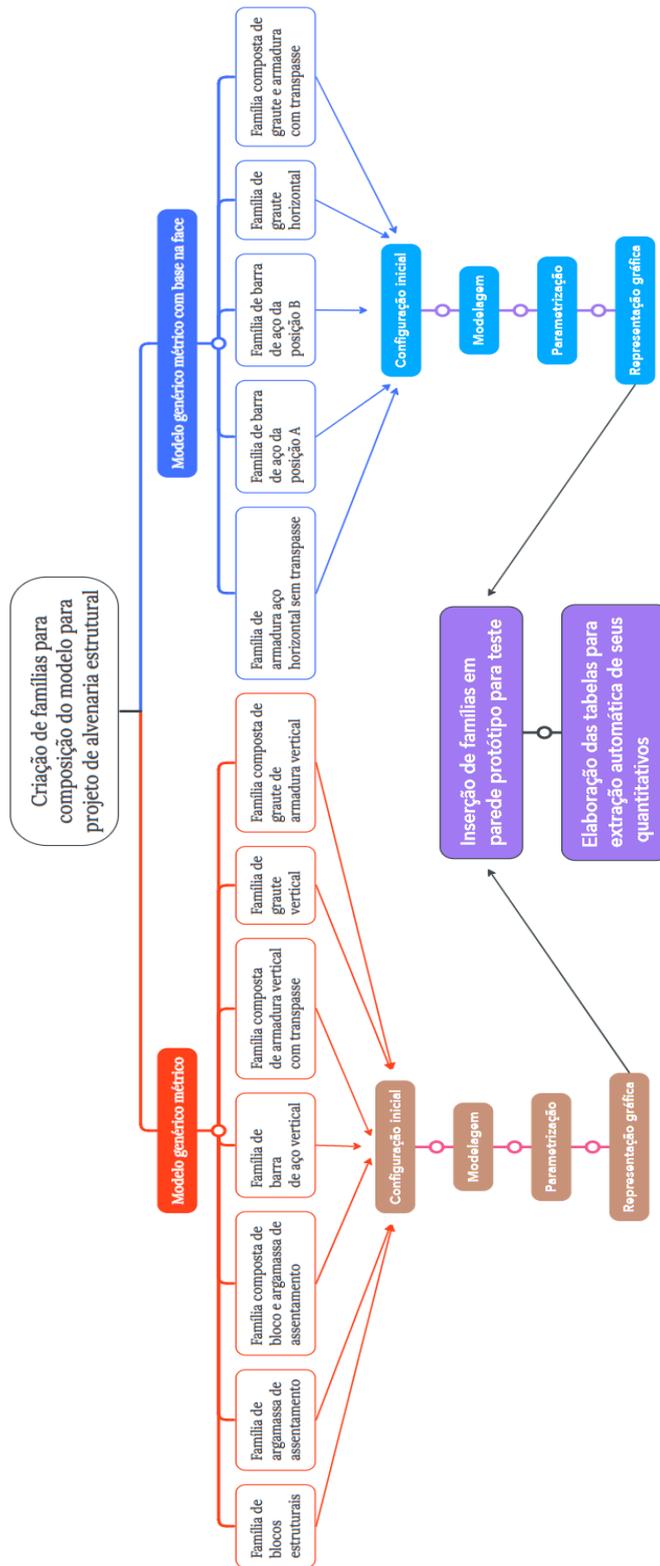
| <b>Estrutura de família</b>        | <b>Família</b>   | <b>Descrição</b>  | <b>Aplicação no modelo</b>   |
|------------------------------------|--|---|--|
| Famílias com componentes aninhados | Família de armadura vertical   | Elemento composto por mais de uma barra de aço, conferindo as propriedades para resistência a flexão.   | A família de armadura vertical é originada pela composição de duas barras verticais, uma posicionada em nível superior a outra, considerando uma região de transpasse.   |
|                                    | Família composta pelo graute e armadura vertical                     | Originado a união entre o graute e a armadura de aço vertical, garantindo o acréscimo de suporte de cargas horizontais e verticais em paredes.  | Esta é criada por meio da inserção das famílias de armadura vertical no interior do graute vertical, de modo que esta fique no centro de sua seção transversal. Em projeto, esta é inserida no centro do furo do bloco de interesse.   |
|                                    | Família composta por graute e barra de aço horizontal com dobra      | Originado a união entre o graute e a armadura de aço horizontal, garante o acréscimo de suporte de cargas horizontais e verticais em viga de solidarizarão entre paredes (cinta de amarração), vergas e contravergas. | Esta é criada por meio da inserção das famílias de armadura horizontal, composta por apenas uma barra, no interior do graute horizontal, de modo que essa fique posicionada próxima da face inferior graute. Em projeto, a família é inserida no interior dos blocos canaletas, respeitando a espessura de sua base. Seu ponto de inserção é o mesmo mencionado para família de graute horizontal. |
|                                    | Família composta por graute Horizontal e barras de aço do lado A e B |   | Esta é constituída pelas barras de aço A e B, inseridas no interior do graute horizontal, de modo a ficarem próximas à sua face inferior, e respeitando um comprimento de transpasse entre estas. Em projeto, sua inserção ocorre de forma análoga a apresentada para a família de graute horizontal.  |

Fonte: Produzido pelo autor.

A elaboração de família dos elementos foi realizada segundo a etapa de definição de suas configurações de base de dados, sua modelagem, parametrização e representação gráfica.

O método pragmático para a produção das famílias é apresentado pelo organograma da Figura 3.1

Figura 3. 1 – Organograma de criação de famílias.



Fonte: Autor

### 3.1.1 ESCOLHA DE BLOCOS ESTRUTURAIS PARA ELABORAÇÃO DE FAMÍLIAS

Conforme apontado por Mohamad, Machado e Jantsch (2017, p. 40) “As principais unidades que compõem a alvenaria estrutural mais adotadas no Brasil são: bloco cerâmico, bloco de concreto e bloco sílico-calcário”. Ainda, segundo Mohamad, Machado e Jantsch (2017), os blocos cerâmicos estruturais também são classificados, conforme sua geometria, em bloco estrutural de parede vazada, bloco estrutural com parede maciças e interna vazada, bloco estrutural com paredes maciças e bloco estrutural furado, segundo a NBR 15270-2: 2005.

Industrialmente os blocos são produzidos de modo a comporem famílias, que nada mais são que conjuntos de componentes modulares de alvenaria estrutural que apresenta largura como característica compartilhada, sendo está a dimensão que confere o nome da família. Cotidianamente é comum o emprego das famílias de 19, 14 e 11,5 cm, sendo a penúltima a mas empregada.

Como o objetivo de produzir blocos com características geométricas fidedignas as aplicadas no contexto comercial, foi selecionado como modelo os elementos de blocos que fazem parte da modulação da Família 14, da classe EST100, produzida pela indústria PAULUZZI PRODUTOS CERÂMICOS LTDA, com endereço registrado na cidade de Sapucaia do Sul e filial na cidade de Santa Maria, ambas do estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Na prática, os elementos modulares da família e classe escolhida, sendo esta última apenas uma classificação de cunho comercial, são aplicados em alvenaria estrutural para edificações de até 10 pavimentos (PAULUZZI, 2018). No presente trabalho são apresentadas apenas as etapas para a produção do bloco de 14x19 cm, apesar de todos os blocos que compõem a família terem sido criados. Essa abordagem é respaldada pela justificativa de tornar a abordagem processual sumarizada e dinâmica, uma vez que a criação dos demais decorre de processos análogos, com a variação, apenas, de suas condições espaciais de comprimento e dimensões e arranjos dos furos, conforme apresentado na Figura 3.2, que confere a ilustração de blocos complementares. Todos os demais serão apresentados ao fim desta seção.

Figura 3. 2 – Blocos complementares da Família 14.



Fonte: Catálogo da Pauluzzi Produtos Cerâmicos All in one 2018 (p. 15, 2018)

### 3.1.2 CONSIDERAÇÕES E CONFIGURAÇÕES GERAIS DE ARQUIVOS DE CRIAÇÃO

Para dar início a criação de uma família, é necessário definir sobre qual modelo de família, fornecido pelo sistema do software, esta terá sua estrutura cunhada. Dentre todos fornecidos pelo *software*, as famílias de blocos estruturais, de argamassa de assentamento, de barra de aço vertical, de graute no sentido vertical e a família composta pelo graute e armadura vertical com transpasse foram criadas sobre o modelo Genérico métrico.

As famílias de graute horizontal, armadura horizontal de barra de aço sem transpasse e, para abarcar a família composta pelo graute e armadura horizontal com transpasse, as famílias de barras para a posição A e B foram geradas, assim como as demais, sobre o modelo de família Genérico métrico com base na face.

Em ambos os modelos, todos os elementos tiveram suas unidades configuradas para serem apresentadas em centímetros, para dimensão linear, e centímetro cúbico, para mensuração em 3 dimensões. Todas as famílias são englobadas na categoria e parâmetros de família de enrijecedores estruturais e tem, em suas propriedades individuais, a opção Compartilhado ativo, uma vez que estas comporão família de componentes aninhados. Esta opção é acessada pela guia Criar ou Modificar, no painel Propriedades, sem a seleção de qualquer item do modelo, conforme visto na Figura 2.1.

Como forma de identificação, neste trabalho, para alguns casos, considerando as vistas de projeto para a elaboração de famílias, foi convencionado que o lado esquerdo dos elementos, em suma, pela Vista de elevação frontal, corresponde ao “lado A”, para a nomenclatura em parâmetros e famílias, e o lado direito, ao “lado B”. Ainda, visando a questão organizacional, foram determinados prefixos para identificação do tipo de parâmetro, aplicados antes de seus nomes, sendo está uma sugestão conferida Galvão (2022), em seu curso. O Quadro 3.2 a seguir apresenta todos prefixos presentes neste projeto e os parâmetros correspondentes.

Quadro 3. 4 – Convenção entre tipos de parâmetros e seus prefixos

| <b>Tipo de parâmetro</b> | <b>Prefixo</b> |
|--------------------------|----------------|
| Parâmetro de família     | PF             |
| Parâmetro compartilhado  | PC             |
| Parâmetro variável       | PV             |

Fonte: Produzido pelo autor.

O parâmetro variável, apresentado no quadro acima, corresponde a parâmetros de família que depende das definições aplicadas em outros parâmetros, normalmente com expressões definidas em sua célula Fórmula, cujo usuário da família não tem acesso para sua edição.

Dentre os parâmetros criados para as famílias de projeto, especial atenção deve ser conferida aos parâmetros compartilhados PC\_ID parede, PC\_Componente e PC\_Descrição, cujas funções são, respectivamente, identificar em qual parâmetro o elemento foi atribuído, permitindo otimizar a sua localização para projetos de grande volumetria; identificar qual componente o elemento representa, ou seja, se é um bloco, uma barra de aço ou um graute, por

exemplo; e uma breve descrição do elemento, considerando que o componente é um graute, na descrição pode ser discretizado seu sentido, se é horizontal ou vertical. Ainda sobre esses, sua importância se respalda no fato destes estarem presentes em todas as famílias aqui criadas, a fim de possibilitar um a tabulação de duas informações, viabilizando a criação e atividade de filtros para quantificar e qualificar materiais.

No presente trabalho, de forma geral, todos os parâmetros criados, sejam estes de família ou compartilhados, foram enquadrados na disciplina comum e em suma, com exceção aos parâmetros de etiqueta, foram classificados como parâmetros de instância. Uma observação válida a ser ponderada, é que ao classificar um parâmetro como armazenamento em instância de família, para sua identificação, o sufixo “padrão” é implementado ao nome deste parâmetro, de forma automática pelo *software*, na caixa de diálogo Tipos de família. Para parâmetros com armazenamento em tipo de família, não há qualquer acréscimo, permanecendo apenas seu nome, atribuído pelo projetista da família.

## 3.2 ELABORAÇÃO DE FAMÍLIAS

Para o coerente funcionamento e contemplação dos objetivos durante o emprego de uma família de elemento construtivo, seu criador deve ter clareza de todas as anuências que permearam sua composição paramétrica no âmbito físico-espacial e de geração, registro, tratamento e exposição de dados ao, ou pelo, seu usuário.

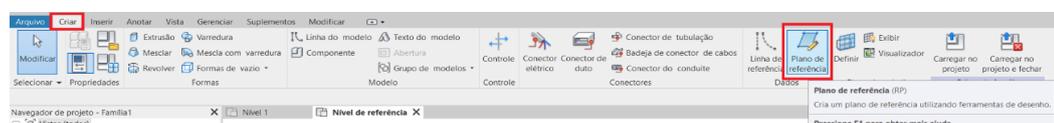
### 3.2.1 ELEMENTOS PARA COMPOSIÇÃO DE PAREDES

Os elementos estruturais para composição de paredes compreendem os blocos estruturais, a argamassa para seu assentamento, que garante aderência e unicidade entre blocos, o graute, que corresponde a mistura de areia, agregados e água, para o acréscimo de resistência a compressão e a armadura, normalmente composta por duas ou mais barras de aço, de modo que seja garantida uma região de transpasse entre barra.

#### 3.2.1.1 FAMÍLIA DE BLOCO ESTRUTURAL

A modelagem das famílias bloco é iniciada por meio das definições dos planos de referência que governam os limites geométrico espaciais do sólido e seu posicionamento perante os eixos de coordenadas do modelo. A inserção dos planos é realizada por meio da ferramenta chamada Plano de referência, situada na aba Criar, conforme Figura 3.3.

Figura 3. 3 – Acesso a ferramenta de inserção de planos de referência.



Fonte: Autor.

Para delimitar a dimensão de comprimento do bloco, foram definidos dois planos de referência distanciados em 29 cm. Destes, considerando a vista do nível de referência, o plano que determina a face lateral esquerdo do bloco, foi posicionado a 0,5 cm do eixo vertical do modelo, distância correspondente a metade da espessura de argamassa nas laterais do bloco. Equivalentemente, foi traçado outro plano, com a mesma distância, na extremidade direita do bloco, de modo a compor a espessura de argamassa da lateral direita do bloco. Esse distanciamento é importante para que, no momento da elaboração da família composta, as famílias de bloco e argamassa sejam inseridas diretamente em suas devidas posições espaciais.

Visando minorar a possibilidade de erros, por meio da aplicação de cotas e, posteriormente, seu travamento através do ícone de cadeado, ao selecioná-la, conforme demonstrado na Figura 3.4, foi imposta a condição para que o espaço correspondente a espessura da argamassa lateral permaneça inalterado.

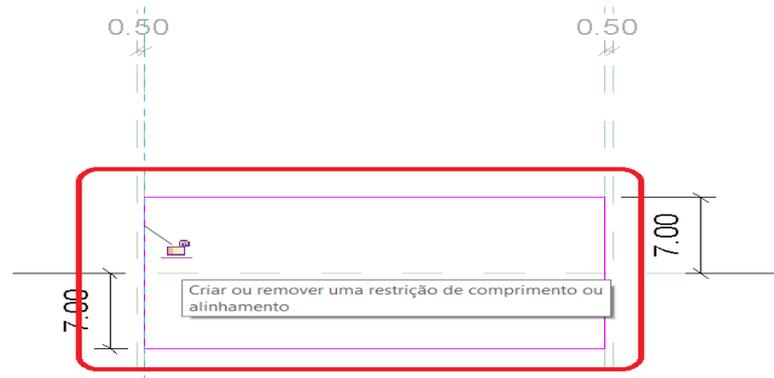
Figura 3. 4 – Restringimento da espessura lateral de argamassa.



Fonte: Autor.

Com os planos estabelecidos de forma estratégica, iniciou-se a modelagem do sólido com o emprego da ferramenta Extrusão, cujo acesso foi referenciado na Figura 2.17. Nessa etapa, foram desenhadas as arestas do bloco de modo que não sobrepuassem os planos de referência. Essa prática permite que, por meio do comando Alinhar, seja realizada a restrição das arestas junto aos planos de referência, conforme apontado na Figura 3.5, de modo que, caso um desses esses seja deslocado, por exemplo, a aresta do sólido se deslocará junto, uma vez que essa está restringida a ele. Ainda em sua edição, as arestas que determinam a largura do bloco foram posicionadas a 7 cm do eixo horizontal do arquivo, de modo que os eixo de simetria longitudinal do bloco se sobreponha a esse.

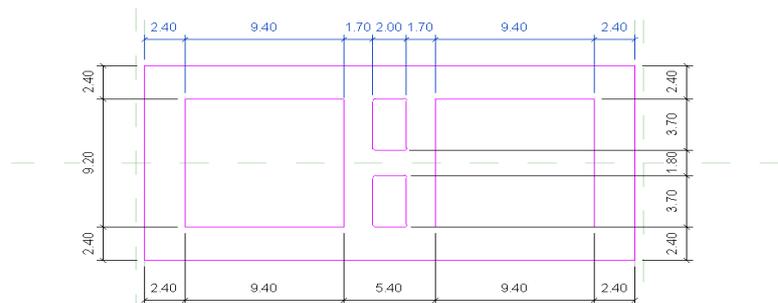
Figura 3. 5 – Sobreposição e restrição das arestas laterais aos planos de referência.



Fonte: Autor.

O modelo de bloco de alvenaria adotado apresenta, em sua face, furos perpendiculares a face superior, no formato prismático, sendo necessária a delimitação destes na etapa de esboço para extrusão. Para isso, ainda com o comando ativo, foram criadas as arestas que determinam as paredes internas e externas do bloco, através da ferramenta chamada Deslocamento, situada na aba Modificar, e contemplada no Quadro 2.9. Para o bloco aludido, os deslocamentos para composição das paredes externas foram de 2,4 cm e, para as paredes internas, de 1,7 e 1,8 cm. A Figura 3.6 ilustra estas medidas, cotadas para demonstração da disposição das arestas antes de finalizar a utilização da ferramenta Extrusão.

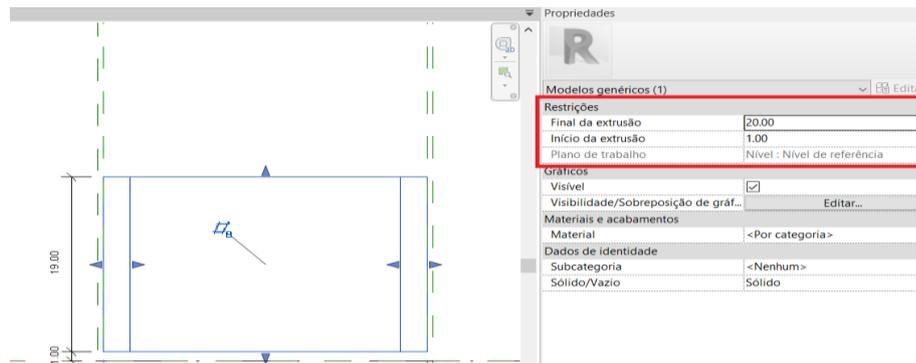
Figura 3. 6 – Espessuras de paredes dos blocos de 14x29 cm.



Fonte: Autor.

Com a conclusão da determinação dos vértices que compõem o sólido, foram definidas as restrições de início e término da extrusão, ou seja, da altura do bloco. Em concordância ao exposto na Figura 3.7, correspondente a espessura de argamassa aplicada a base, definiu-se o início da extrusão em 1 cm, e seu término em 20 cm, de modo a delimitar sua altura em 19 cm. Esta determinação foi aplicada após a conclusão da extrusão, sendo, para isso, selecionado o bloco e acessadas as opções de restrições, presente no menu Propriedades do elemento, no painel Propriedades, sendo possível acessar pelas abas Criar ou Modificar.

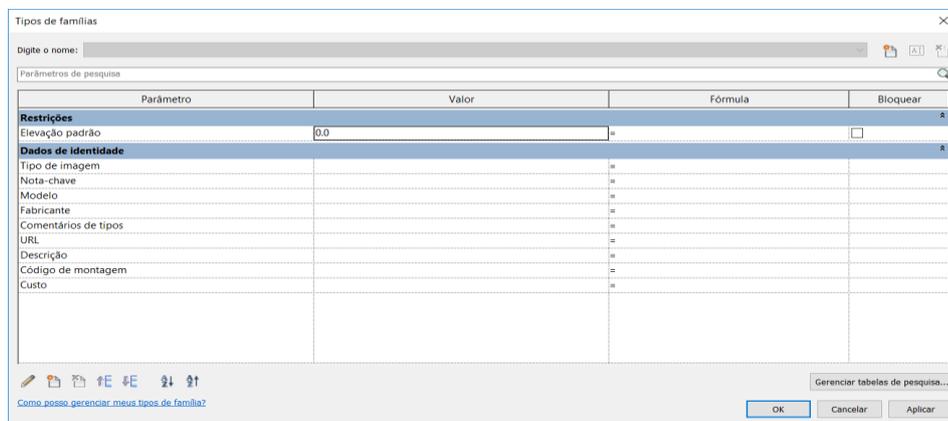
Figura 3.7 – Determinação das restrições de início e fim da extrusão.



Fonte: Autor.

Na parametrização, observa-se que inicialmente na caixa de diálogo chamada Tipos de família, cujo acesso já foi visto na Figura 2.4, que lista todos os parâmetros constituintes da família, são apresentados apenas os parâmetros de sistema fornecidos pelo software, estes diretamente relacionados a Categoria e parâmetros de família selecionados. Estes são reunidos nos grupos de parâmetros Restrições e Dados de identidade, conforme apresentado na Figura 3.8.

Figura 3.8 – Parâmetros de sistema.



Fonte: Autor

As famílias foram estruturadas para serem compostas por parâmetros de família e compartilhados. O que define se um parâmetro a ser criado será do tipo Parâmetro de família ou Parâmetro compartilhado é a intenção de quem o cria. Se a intenção, por exemplo, é de que este contenha informações relevantes para tabulação de dados quantitativos e qualitativos, ou ainda, se este será comum a mais de uma família, então este deve ser do tipo Parâmetro compartilhado. Se este não terá informações tabulares ou não será replicado a mais de uma família, então este deverá ser um Parâmetro de família.

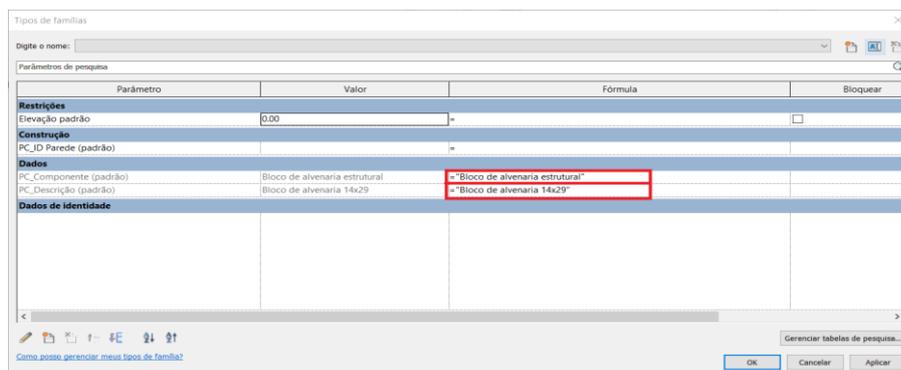
Para elaboração de parâmetros compartilhados, conforme apresentado na seção 2.3.4.1.3, que compõe o referencial bibliográfico, foi criado um arquivo no formato de texto (.txt) para o armazenamento de suas informações e, para organizar estes, foi definido um Grupo de parâmetros, chamado Informações gerais.

Para esse grupo foram criados o parâmetro PC\_ID Parede, PC\_Componente, PC\_Descrição, cujas sua relevante importância e aplicação já foram apontados nas Considerações e configurações gerais de arquivos de criação. Observa-se que todos esses, por se trataram de parâmetros de identificação e informação, foram elaborados pertencendo a disciplina comum e com o tipo de parâmetro no formato de texto.

Posteriormente a suas criações, estes parâmetros foram inseridos individualmente à família de bloco estrutural, por meio da caixa de diálogo Tipos de família, por meio do procedimento apresentado anteriormente na Figura 2.12. O parâmetro PC\_ID Parede foi determinado com armazenamento como parâmetro de instância, sendo este integrado ao grupo Construção, dentro da caixa de diálogo. Os demais parâmetros, PC\_Descrição e PC\_Componente, também foram inseridos como parâmetro com armazenamento em instância, porém, compondo o grupo de parâmetros Dados.

Nos dois últimos parâmetros, abordados acima, foram inseridas as informações entre aspas, para permitir suas visualizações pelo usuário, porém sem que este possa alterá-las. Por meio na Figura 3.9, ainda, é possível observar a introdução dos parâmetros em seus respectivos grupos, assim como o registro de informações em suas células Fórmula.

Figura 3. 9 – Parâmetros ingressos em Tipos de família e registro de informação de modo inalterável pelo usuário.



Fonte: Autor.

Para a identificação do tipo desta família, ao ser carregada para dentro de um projeto, foi realizada sua nomeação como Bloco Alv. Est 14x29, correspondente a abreviação do elemento e suas dimensões. Os tipos de família permitem que uma família tenha variações do mesmo elemento, reduzindo o número de arquivos de família em um projeto. Como as famílias criadas para este trabalho apresentam certo grau de complexidade estrutural, optou-se por criar uma família individual para cada bloco. Conforme Figura 3.10, sua nomeação foi realizada por meio da ferramenta Novo tipo, localizado na faixa superior da janela de diálogo Tipos de família. Ao lado desta há ainda, em ordem, as ferramentas Renomear tipo e Excluir tipo.

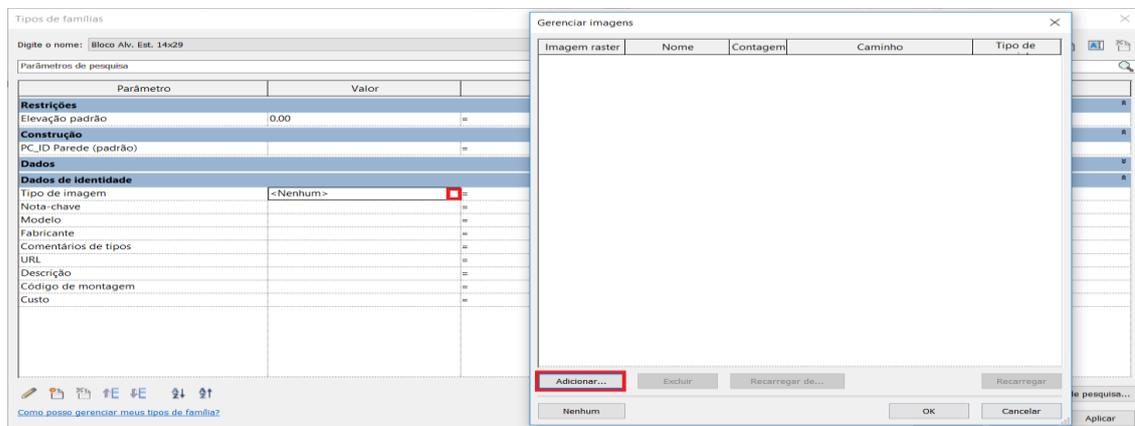
Figura 3. 10 – Criação de Tipo para família.



Fonte: Autor.

Pensando em facilitar a identificação visual dos blocos em tabelas, foi realizado o registro ilustrativo destes, sendo que essas imagens comporão a tabela de quantitativos de blocos. Para isso, na caixa de diálogo Tipos de família, foi acessado o parâmetro de sistema Tipo de imagem, dentro do grupo Dados de identidade, conforme apresentado na Figura 3.11. Isso ocasiona a abertura da janela Gerenciamento de imagem, que permite a atribuição de uma imagem, por meio da opção Adicionar, localizada na barra de ferramentas na região inferior do quadro, conforme sinalizado. Para ilustração foi inserida sua imagem em vista 3D, sendo necessária para finalizar a inserção apenas confirmar a operação.

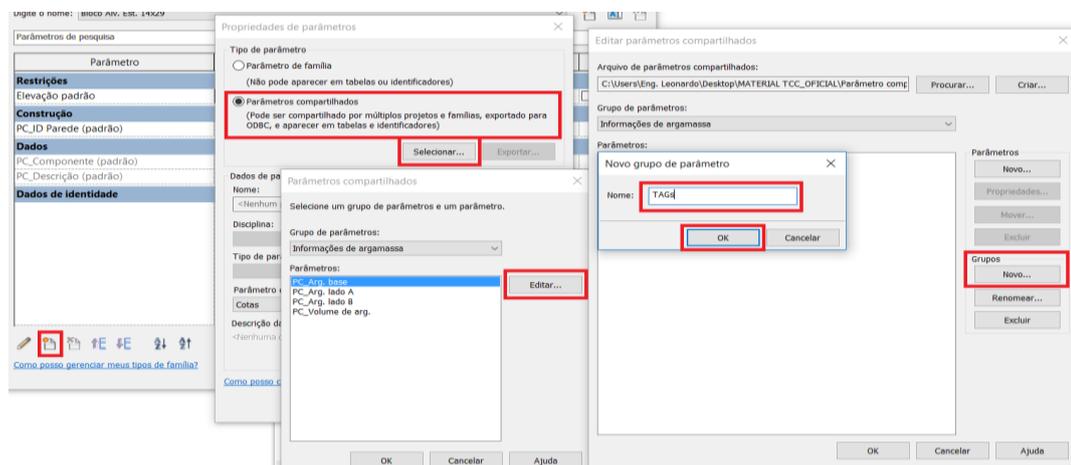
Figura 3. 11 – Inserção de ilustração do bloco para tabulação.



Fonte: Autor.

Outro parâmetro importante a ser criado diz respeito as etiquetas de identificação dos elementos. Esse servirá para agilizar e otimizar o processo de identificação dos elementos e de suas informações de forma individual em projeto. Este poderá ser comum a todos os elementos, logo foi produzido como Parâmetro compartilhado. Vale evidenciar que, para sua criação, faz-se relevante a elaboração de um novo grupo de parâmetros compartilhados, que reunirá outros parâmetros de identificação futuros, denominado como TAGs. Seu procedimento laboral é análogo ao realizado para concepção do grupo Informações gerais, ou seja, na caixa de diálogo Tipos de parâmetro, clicar no ícone Novo parâmetro, acessar a opção Parâmetro compartilhado e, após, entrar em Editar, na caixa de diálogo Parâmetros compartilhados. Isto resultará no acesso a janela Editar parâmetros compartilhados, onde, na bandeja Grupo, deve ser clicado em Novo, aplicar o nome do grupo e confirmar sua criação. Todas as etapas para sua criação podem ser aferidas na Figura 3.12.

Figura 3. 12 – Criação do grupo de parâmetros compartilhados de identificadores.



Fonte: Autor.

O parâmetro de identificação dos blocos, denominado PC\_ID de elemento, foi criado aplicando os mesmos passos já apontados na Figura 2.11, sendo que este, como se trata de um parâmetro para registro de informações, foi atribuído com o tipo de parâmetro Texto. Sua inserção como parâmetro da família do bloco, foi realizada considerando seu armazenamento em Instância e compondo o grupo Dados, em Tipos de família, conforme foi apresentado na Figura 2.12.

Com este integrado aos parâmetros da família, foi feito o registro de identificação do bloco, sendo inserida entre aspas para que o usuário apenas visualize a informação, sem poder aplicar edições, na célula Fórmula deste parâmetro, a denominação B29 que representa a abreviação para Bloco de 29 cm de comprimento, conforme apresentado na Figura 3.13.

Figura 3. 13 – Inserção do parâmetro em Tipos de família.

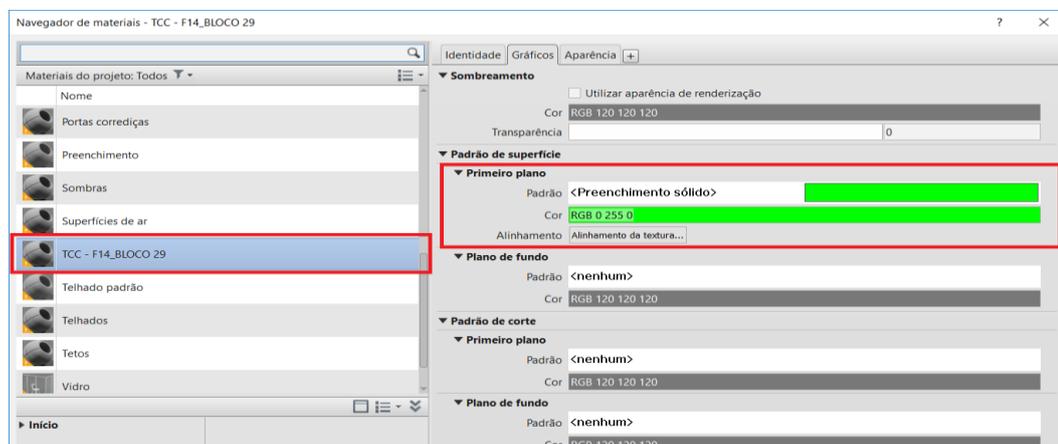
| Parâmetro                  | Valor                         | Fórmula                           | Bloquear                 |
|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| <b>Restrições</b>          |                               |                                   |                          |
| Elevação padrão            | 0.00                          | =                                 | <input type="checkbox"/> |
| <b>Construção</b>          |                               |                                   |                          |
| PC_ID Parede (padrão)      |                               | =                                 |                          |
| <b>Dados</b>               |                               |                                   |                          |
| PC_Componente (padrão)     | Bloco de alvenaria estrutural | = "Bloco de alvenaria estrutural" |                          |
| PC_Descrição (padrão)      | Bloco de alvenaria 14x29      | = "Bloco de alvenaria 14x29"      |                          |
| PC_ID de elemento (padrão) | B29                           | = "B29"                           |                          |
| <b>Dados de identidade</b> |                               |                                   |                          |

Fonte: Autor.

Com as estruturas física e parametrização concluídas, o próximo passo foi determinar a categoria do material que irá compô-lo. Para isso, a ferramenta Propriedades, acessada pela guia Criar, ou Modificar, foi acionada. Nesse processo, o elemento que sofrera a atribuição do material foi selecionado para o acesso ao menu Propriedades, nesse, em seu campo Materiais e acabamentos, em Material, ingressou-se em Por categoria. Este procedimento é análogo ao apresentado anteriormente, na Figura 2.24.

Como não há uma categoria de material para blocos estruturais, deve-se criar um novo material. Para isto, optou-se por criar um novo material através do segundo ícone da barra de ferramentas do navegador, localizada na parte inferior esquerda da janela Navegador de materiais, conforme já demonstrado na Figura 2.20. Desta forma um novo material surge na lista de materiais com o nome Padrão Novo material, sendo necessário atribuir uma nova nomenclatura e configurar sua representação de superfície. Neste trabalho, por meio da guia Identidade, para o nome foi escolhido TCC – F14\_Bloco 29, a fim de identificar sua finalidade de sua criação. Pela guia Gráficos, por sua vez, foi determinada, no campo Primeiro plano, em Padrão de superfície, o padrão de preenchimento sólido com coloração verde. O Material e sua configuração de padrão de superfície são apresentados na Figura 3.14 abaixo.

Figura 3. 14 – Configuração de Padrão de superfície para o material do Bloco 29.



Fonte: Autor

No software Revit é possível trabalhar com as visualizações do sólido em diferentes tipos de vistas, assim como para os diferentes níveis de detalhamento, conforme o interesse de percepções de um sólido. Para isso, faz-se uso das linhas simbólicas e das ferramentas de controle de visualização. A utilização de linhas simbólicas traz como vantagem a possibilidade de ter um melhor controle de representação gráfica quando gerado um arquivo no formato DWG e PDF, ao promover a personalização das espessuras e cores de linhas.

Nessa abordagem, buscando ter uma representação a partir da utilização de linhas para a representação dos limites dos sólidos, principalmente em Vista de referência, que corresponde a vista de topo do elemento, foi necessário criar dois tipos diferentes linhas. Para a representação das arestas externas do bloco, o qual foi nomeado como Contorno externo bloco, optou-se por uma espessura de linha número 1, com padrão de linha sólida e coloração preta. Por sua vez, para representação das suas arestas internas, criou-se uma linha cujo nome conferido foi Contorno interno bloco, com mesmo padrão e espessura de linha, porém na color cinza. Ressalta-se que, como já abordado na seção de Elaboração e edição de estilos de linhas, cada numeração de linha, padronizada no programa, é composta por espessuras, em unidades de milímetros, que variam conforme a escala de projeto adotada. A demonstração destas, pode ser reconferida por meio da Figura 2.29.

Para o proceder dessas criações foi necessário ingressar na aba Gerenciar, selecionar a ferramenta Estilo de objetos, o que conferiu o acesso à sua janela de suas configurações, por onde foi clicado na opção Nova, posicionado na bandeja de ferramentas Modificar subcategorias, onde se fez imperativo a inserção de suas nomenclaturas. Este procedimento é análogo ao já ilustrado na Figura 2.26.

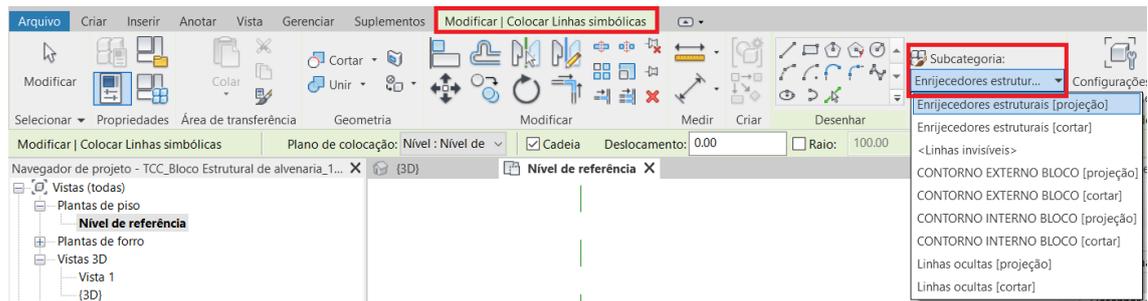
Em posse das linhas criadas, inseriu-se estas sobre as suas respectivas arestas, em outras palavras, para as arestas externas foi sobreposta a linha chamada Contorno externo bloco e, para as internas, Contorno interno bloco, por meio da aba Anotar, onde foi selecionada a ferramenta Linha simbólica, no painel Detalhe, como verificado na Figura 3.15. Após acessar a ferramenta, foi acessada a guia Modificar|Colocar linhas simbólicas, composta pelas mesmas ferramentas presente da aba Modificar, já aludida na Figura 2.18, sendo possível sobrepor as linhas simbólicas por meio das ferramentas do painel Desenhar. A seleção da linha é realizada por meio do menu suspenso acessado em Subcategoria, como realçado na Figura 3.16.

Figura 3. 15 – Ilustração do acesso da ferramenta Linha simbólica.



Fonte: Autor

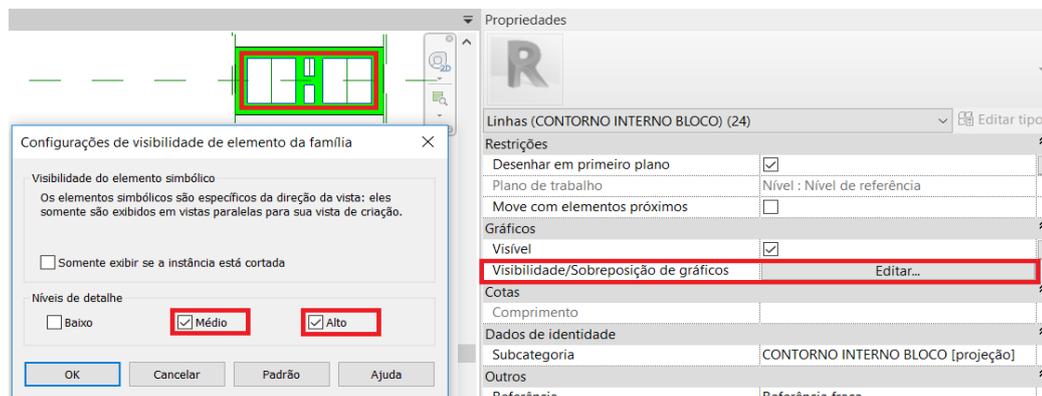
Figura 3. 16 – Seleção da subcategoria pela ferramenta Linha simbólica.



Fonte: Autor

Conforme mencionado, é possível tratar a visibilidade das linhas simbólicas em função dos níveis de detalhamento. As linhas simbólicas das arestas internas, com a finalidade de suas visualizações serem possíveis apenas em níveis de detalhamento médio e alto, foram selecionadas e, no menu de Propriedades, na opção de Visibilidade/Sobreposição de gráficos, no painel Gráficos, clicou-se em editar. Dessa forma, uma janela de diálogo abriu, permitindo configurar, na bandeja Níveis de detalhe, em quais níveis essas podem ser visíveis. Conforme apontado na Figura 3.17, as arestas internas serão visíveis, em vista de topo, ou de planta, apenas para níveis de detalhe Médio e Alto. Para as arestas externas foi mantida a visibilidade para os níveis de detalhe Baixo, Médio e Alto.

Figura 3. 17 – Configuração da visualização de arestas internas em função do nível de detalhe.

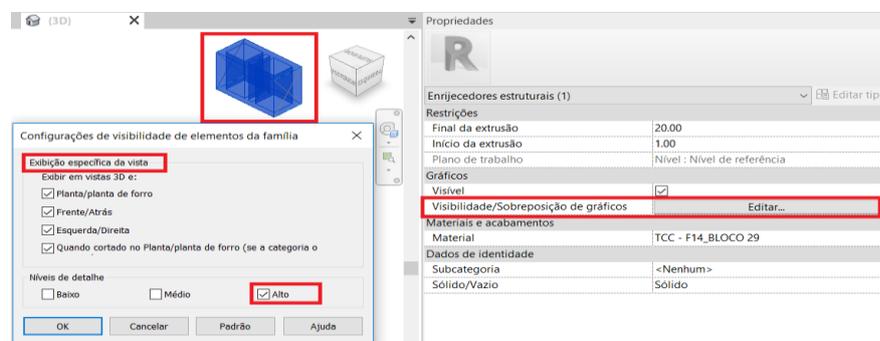


Fonte: Autor

Voltando a atenção para a representação das arestas do sólido nas vistas de elevação, o mesmo procedimento foi realizado para aplicação das linhas simbólicas criadas sobre estas, sobretudo, para as vistas de elevação Frontal e Esquerda do bloco, uma vez que o incremento das mesmas, são replicadas para representação das arestas das demais vistas de elevação. Cabe salientar que nessas foram aplicadas apenas a linha Contorno externo bloco. Para essas, ainda, foi mantida a visibilidade para os três níveis de detalhe.

Como último procedimento, restou configurar o sólido para sua representação em 3D. É de interesse que este só seja visualizado em nível de detalhe alto. Para isso, o sólido, em vista 3D, foi selecionado e, em seu menu Propriedades, a ferramenta de Visibilidade/Sobreposição de gráfico foi acessada por meio da opção Editar. Na janela Configurações de visibilidade de elemento da família foi definida a visibilidade do sólido apenas para o nível alto de detalhe. Um ponto a ser ressaltado é que, conforme destacado na Figura 3.18 a seguir, como nessa etapa foi selecionado um sólido para o tratamento de sua visibilidade, e não apenas das linhas em suas arestas, como realizado anteriormente, na janela Configurações de visibilidade de elemento da família é possível aplicar outras configurações de visibilidade, estas listadas no painel Exibição específica da vista.

Figura 3. 18 – Configuração da visualização sólido em vista 3D.

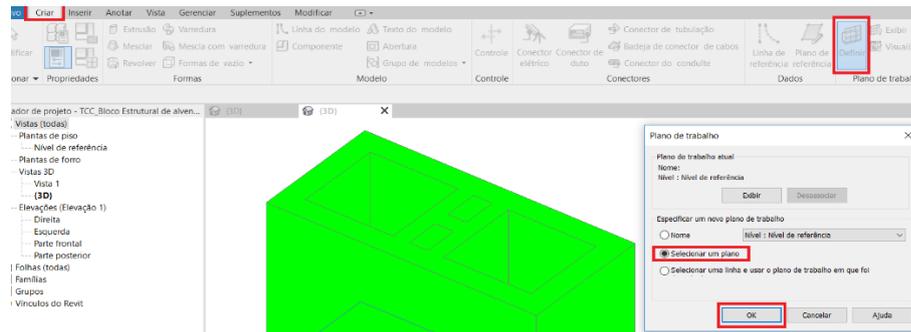


Fonte: Autor

Em sua representação em maquete 3D, deve ser possível, pela visualização lateral, a mesma percepção simbólica de corte promovida individualmente nas vistas de elevação. Para isso, foi aplicada a inserção de linhas de modelo nas faces laterais do mesmo, sendo necessária a determinação dessas como planos de referência de trabalho. Esta seleção ocorre mediante o acesso da aba Criar, onde encontra-se o ícone da ferramenta Definir, onde, ao clicar sobre, uma janela chamada Plano de trabalho surge. Nessa, por meio do menu Especificar um novo plano de trabalho, é possível, por meio da opção Nome, selecionar um plano através da seleção por sua denominação, opção válida quando o plano de interesse foi nomeado em suas propriedades; realizar esta seleção por meio da janela de desenho do projeto, através da opção Selecionar um plano; ou ainda, definir um plano tendo como referencial uma linha ou aresta de projeto, de modo que o plano de trabalho em que esta foi desenhada se torna o plano de trabalho para o projeto.

Para os objetivos deste projeto, foi selecionada a opção Selecionar o plano, uma vez que os planos laterais do bloco não foram nomeados previamente, selecionado um plano, primeiramente, e aplicando as linhas por meio da ferramenta Linha de modelo, sendo posteriormente, realizado o mesmo procedimento para outra face lateral do bloco. A Figura 3.19 demonstra as etapas para esta operação.

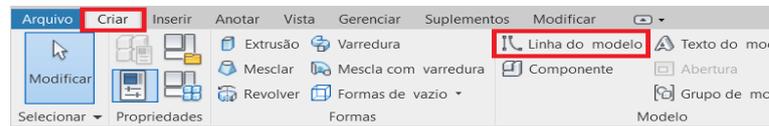
Figura 3. 19 – Determinação como plano de referencia a face lateral do bloco.



Fonte: Autor

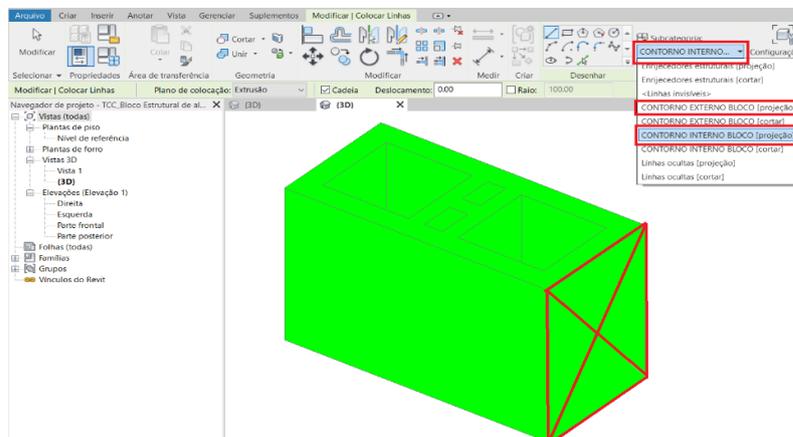
A inserção de Linhas de modelo em ambas as faces laterais é realizada utilizando as mesmas subcategorias de linhas criadas para utilização como linhas simbólicas. Para isso, na aba Criar, selecionou-se o ícone da ferramenta Linha de modelo. Nessa foram determinadas, no menu suspenso de Subcategoria, a seleção da linha denominada Contorno externo bloco para sobrepor as arestas externas e Contorno interno bloco para as linhas diagonais, utilizando-se das ferramentas do painel Desenhar. O caminho de acesso e atribuição das linhas são explanados nas Figuras 3.20 e 3.21.

Figura 3. 20 – Procedimento de acesso a ferramenta Linha do modelo.



Fonte: Autor

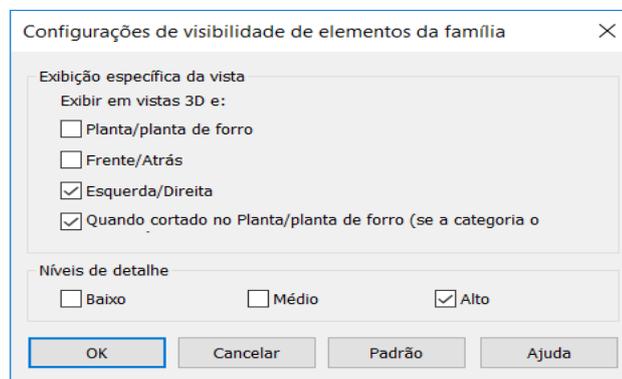
Figura 3. 21 – Aplicação das subcategorias de linhas criadas por meio da ferramenta Linha de modelo.



Fonte: Autor

Da mesma forma que foi aplicado o controle de visibilidade de linhas simbólicas em função do nível de detalhamento do projeto, para cada uma das vistas de elevação do bloco, para a visibilidade de linhas de modelo também devem ser configuradas. Para isso estas devem ser selecionadas para acessar, por meio de seu menu Propriedades, a edição de Visibilidade/Sobreposição de gráfico, onde as opções “Planta/Planta de forro” e “Frente/atrás”, de Exibição específica da vista, são desmarcadas, permanecendo ativas apenas a visibilidade para vista 3D, pela Esquerda/Direita e Quando cortada na Planta ou a Planta de forro. Nesta mesma janela foi determinada a configuração em Níveis de detalhe que as linhas de modelo serão visíveis apenas em nível de detalhamento Alto de projeto. A Figura 3.22 alude sobre as configurações aplicadas.

Figura 3. 22 – Configuração da visualização das linhas de modelo.



Fonte: Autor

Para a elaboração dos demais blocos que compõem a família 14, as mesmas etapas de criação, aplicadas para a produção do bloco de 14x29, foram implementadas. Estes blocos são apresentados pela vista de elevação Sul, com nível de detalhamento Alto, Médio e Baixo, como mostra, respectivamente, as Figura 3.23, 3.24 e 3.25. Ressalta-se que, na elevação norte, têm-se as mesmas representações conferidas nestas ilustrações.

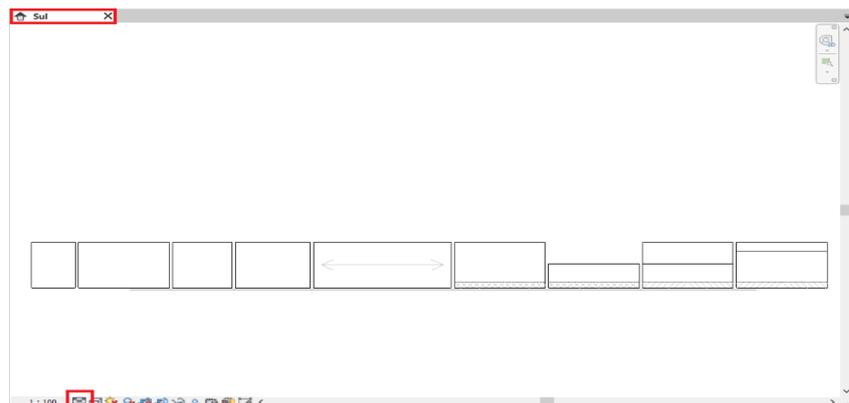
Pela vista de elevação Sul os blocos aparecem alinhados lado a lado, sendo estes, da esquerda para a direita, os blocos estruturais de dimensões 14x14 cm, 14x29 cm, 14x19 cm, 14x24 cm e 14x44 cm; os blocos canaletas U de 14x19x29 cm e 14x10x29 cm; e os blocos canaletas J de 14x19/10x29 cm e 14x19/15x29 cm. Estes dois últimos, os blocos J, apresentam uma variação entre suas paredes, sendo que o primeiro apresenta uma com 19 cm e outra com 10 cm, enquanto, no segundo bloco, estas são de 19 e 15 cm.

Figura 3. 23 – Representação dos blocos da Família 14, em vista de elevação sul, para o nível Alto de detalhe.



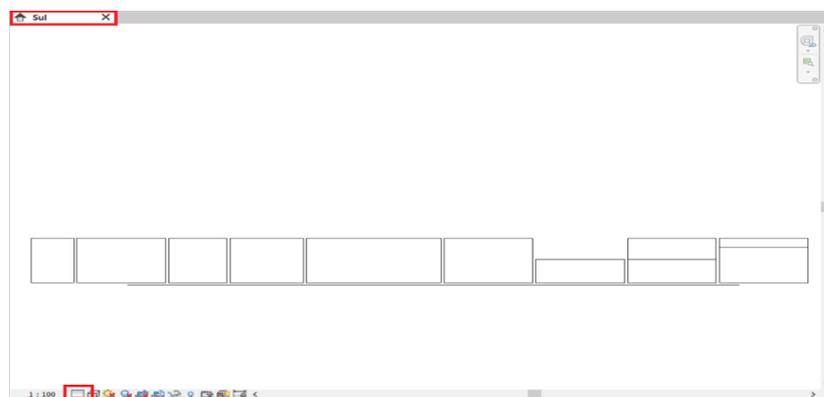
Fonte: Autor

Figura 3. 24 – Representação dos blocos da Família 14, em vista de elevação sul, para o nível Médio de detalhe.



Fonte: Autor

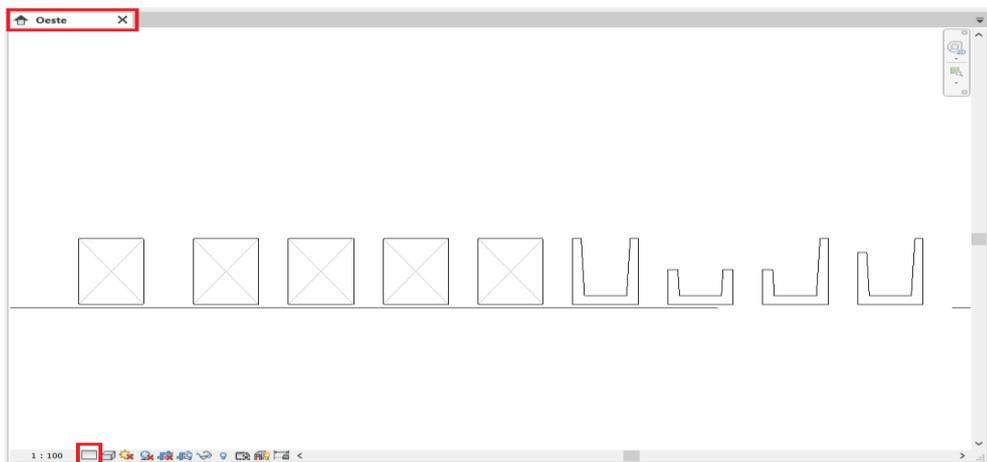
Figura 3. 25 – Representação dos blocos da Família 14, em vista de elevação sul, para o nível de detalhe Baixo.



Fonte: Autor

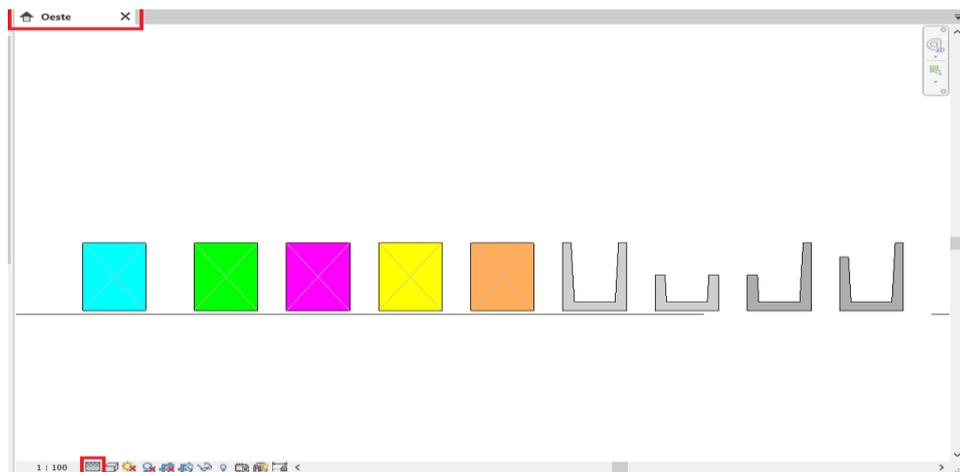
A representação desses, na vista de elevação Oeste, seguindo a mesma disposição de blocos citada acima, para os níveis de detalhamento Baixo e Alto, são apresentadas nas Figuras 3.26, 3.27, respectivamente, a seguir. Para o nível de detalhe Médio, sua representação é idêntica a aferida para nível Baixo de detalhe. Ressalta-se que para a vista de elevação Leste os blocos apresentam as mesmas representações.

Figura 3. 26 – Representação dos blocos da Família 14, em vista de elevação oeste, para os níveis de detalhe Baixo e Médio.



Fonte: Autor

Figura 3. 27 – Representação dos blocos da Família 14, em vista de elevação oeste, para o nível Alto de detalhe.

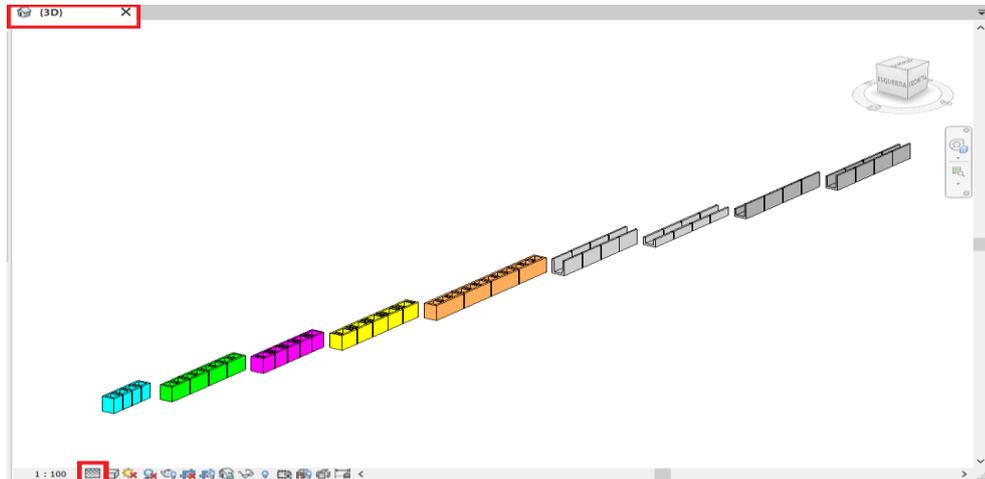


Fonte: Autor

Na vista 3D os blocos foram configurados para não serem visíveis nos níveis de detalhamento Baixo e Médio, fazendo-o possível apenas para o nível alto. Dessa forma, na

Figura 3.28, é apresentada representação gráfica desses, em conjunto de três unidades de cada tipo de bloco, na mesma disposição dos blocos apontado na Figura 3.23.

Figura 3. 28 – Representação dos blocos da Família 14, em vista 3D, para o nível Alto de detalhe.



Fonte: Autor

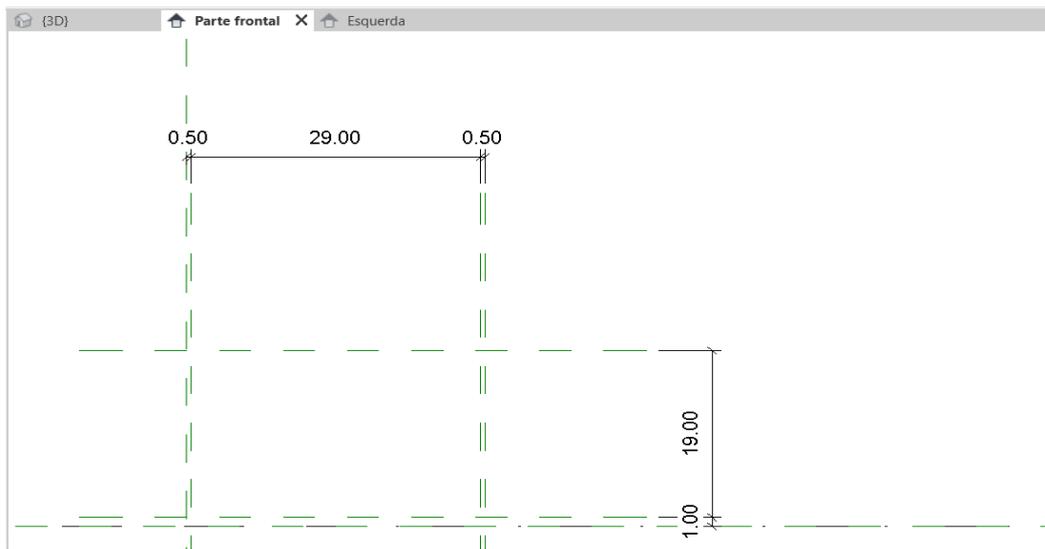
### 3.2.1.2 FAMÍLIA DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

Como realizado em blocos estruturais, para argamassa de assentamento são apresentados os procedimentos para elaboração da argamassa do bloco 14x29, sendo os demais produzidos, porém sem a abordagem detalhada de sua elaboração, uma vez que a produção destes ocorre de forma análoga, tendo variação apenas em suas dimensões.

A primeira etapa de elaboração da família de argamassa de assentamento consiste em sua modelagem, iniciada por meio das definições dos planos de referência que regem seu comportamento físico-espacial. Sendo assim, inseriu-se planos de referência distanciados em 0,5 cm, espessura correspondente a argamassa aplicada nas laterais do bloco. A definição desta espessura é respaldada no fato de que, no dia a dia de obra, é habitual que um bloco seja posicionado a distância de 1cm, sendo este espaço preenchido por argamassa. Desta forma, projetar a família considerando 0,5 cm de espessura de argamassa em cada lateral do bloco garante que, ao posicionar dois blocos lado a lado, a espessura de argamassa entre estes seja de 1cm.

Para delimitar a argamassa de base, foi inserido um plano de referência sobre o eixo horizontal do arquivo, pela vista de elevação frontal. Entre os dois planos de referência foi definida uma distância de 1cm, justificada pelo contexto de aplicação pratica no dia a dia. Para compor os limites espacial entre argamassa e bloco, for definida o distanciamento de 29 cm e 19 cm, correspondentes, respectivamente ao comprimento e altura do bloco. O procedimento para o acesso á ferramenta de inserção de planos de referência pode ser conferida por meio da Figura 3.3, já apresentado para elaboração de blocos, e o resultado dessa composição pode ser averiguado na Figura 3.29.

Figura 3. 29 – Planos de referência para delimitação da argamassa de assentamento.

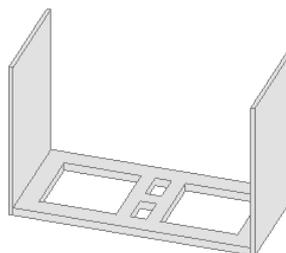


Fonte: Autor

Realizadas as aplicações dos planos de referência, para modelagem, foi a utilização da ferramenta Extrusão, localizada na aba Criar, cujo acesso foi ilustrado pela Figura 2.17. Estas respeitaram os limites predefinidos pelos planos de referência e suas arestas sofreram restrições de sobreposição junto aos planos de referência correspondentes, de forma análoga à apresentada na elaboração dos blocos, na Figura 3.5. A família de argamassa de assentamento, visando o controle individual, teve sua estrutura fragmentada em três partes, estas correspondentes a argamassa do lado direito, do lado esquerdo e na base do bloco.

Como os blocos apresentam furos por onde são inseridas as armaduras e o graute, estes foram definidos conforme as dimensões das paredes internas e externas do bloco, sobre a argamassa de base. Em sua elaboração ferramentas da guia Modificação, sobretudo, as dos painéis Desenhar e Modificar, foram utilizados. O resultado de sua modelagem é apontado na Figura 3.30.

Figura 3. 30 – Demonstração da modelagem da família de argamassa para o bloco 14x29.



Fonte: Autor

Conforme já mencionado em seções anteriores, os parâmetros compartilhados criados para identificação de componente, de elemento e sua descrição são comuns a todas as famílias neste trabalho. Deste modo, estes foram inseridos na grade de Tipos de família, com procedimento análogo ao apresentado na Figura 2.13, atribuindo as mesmas configurações de inserção aplicada para família de bloco, ou seja, como parâmetros de instância, agrupados em Dados. Nestes, ainda, foram registradas as informações Argamassa de assentamento, em PC\_Componente e PC\_ID de elemento, e Argamassa de assentamento de bloco, em PC\_Descrição, estas compreendidas entre aspas, segundo a justificativa mencionada em bloco e análoga a Figura 3.9.

Em sua identificação, para o tipo de família dentro de projeto, foi atribuído o nome de ARG. ASSENT. Bloco 14x29. Para esse elemento, porém, outros parâmetros compartilhados se fizeram necessários, como parâmetros de controle de visibilidade individual de argamassa, para cada um dos lados do bloco, assim como de sua base, e parâmetros para promover o cálculo de volume parcial e total de argamassa. Para isso, um novo grupo foi criado, para critério de organização, o qual foi chamado de Informações de argamassa. Os processos laborais acima citados são análogos a outros já abordados e, em respectiva ordem, podem ser conferidos pelas Figuras 3.10 e 3.12.

Engendrados este grupo, os parâmetros denominados PC\_Arg. Base, PC\_Arg. lado A e PC\_Arg. lado B foram criados, sendo estes importantes para que o usuário tenha controle da visibilidade individual de cada uma das partes que compõem a argamassa no assentamento do bloco, uma vez que, em uma interseção entre parede, formando um canto, a face lateral do bloco, que não terá continuidade, não apresenta a necessidade da aplicação de argamassa, logo o usuário pode tornar esta parte da argamassa invisível, não contabilizando seu volume para quantificação do material.

Para obtenção dos resultados desejados, os parâmetros compartilhados, ao serem criados, foram definidos como parâmetro Sim/Não, tornando-o invisível quando desativado e visível em sua ativação. Após serem criados, esses foram inseridos em tipos de família no grupo de construção. A Figura 3.31 apresenta estes parâmetros atribuídos ao menu Tipos de família.

Figura 3. 31 – Parâmetros de visibilidade atribuídos em Tipos de família.

| Parâmetro               | Valor                               | Fórmula | Bloquear                 |
|-------------------------|-------------------------------------|---------|--------------------------|
| <b>Restrições</b>       |                                     |         |                          |
| Elevação padrão         | 0.00                                | =       | <input type="checkbox"/> |
| <b>Construção</b>       |                                     |         |                          |
| PC_Arg. base (padrão)   | <input checked="" type="checkbox"/> | =       |                          |
| PC_Arg. lado A (padrão) | <input checked="" type="checkbox"/> | =       |                          |
| PC_Arg. lado B (padrão) | <input checked="" type="checkbox"/> | =       |                          |
| PC_ID Parede (padrão)   |                                     | =       |                          |

Fonte: Autor

A operabilidade dos parâmetros de visibilidade sobre os elementos de interesse, no modelo, foi garantida por meio da associação destes aos seus respectivos elementos. Conforme já mencionado nas Considerações e configurações gerais de arquivos de criação, convencionou-se que o lado esquerdo, considerando a vista de Elevação frontal, é o Lado A para nomeação e associação de parâmetros, e o direito, o lado B.

Para realizar a correlação entre parâmetro e elemento, foi selecionado o elemento e, em suas propriedades, no campo Visibilidade, presente no painel Gráfico, foi clicado sobre a ferramenta Parâmetro de família associado, representado por um ícone de um quadrado no canto extremo direito da deste campo. Ao acessá-la, uma janela composta pelos parâmetros criados se abriu, possibilitando a seleção do parâmetro para associado junto ao elemento, onde foi necessário, após a seleção, confirmar a finalização desse procedimento. Este procedimento é análogo ao apresentado na Figura 2.15 e aplicado para associação da argamassa do lado A, lado B e de base aos seus respectivos parâmetros de visibilidade.

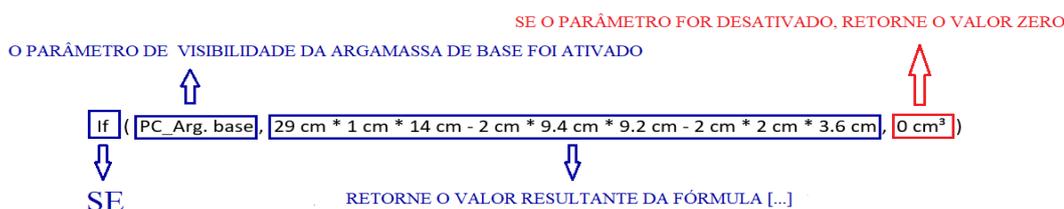
Um dado importante a ser extraído deste modelo, associado aos quantitativos, é o volume de argamassa de assentamento aplicado ao bloco. Para obter este dado tabulado de forma automatizada, foi necessária a concepção de parâmetros compartilhados para a determinação do volume, individualmente, das três partes que compõem a argamassa, e um para o somatório destas. Esta necessidade deriva da possibilidade, conferida ao usuário, de tornar uma das partes invisíveis, de modo que seu volume não será computado.

Dessa forma, estes foram concebidos com os nomes de PC\_Arg. vol. base, PC\_Arg. vol. lado A, PC\_Arg. vol. lado B e PC\_Volume de arg., onde, para todos, foi determinado como tipo de parâmetro Volume. Buscando que o usuário não tenha acesso para sua edição, ao integrá-los na caixa de diálogo Tipos de família, foi determinado suas integrações ao grupo Outros. Os procedimentos para a criação e integração desses como parâmetros desse tipo de família são semelhantes aos ilustrados, em ordem, nas Figuras 2.11 e 2.12.

Com os parâmetros inseridos em Tipos de família, em suas células Fórmula, foram inseridas as respectivas expressões matemáticas para determinação de volume, em cada umas das partes de argamassa. Para estas, foi utilizada a declaração condicional If, de modo que, tomando por exemplo a argamassa lateral esquerda, ou lado A, seu volume seja quantificado apenas se o usuário ativar sua visualização, caso não, seu volume não entrará no quantitativo.

Em tentativa de explicar de forma transparente acerca da estrutura de aplicação, a Figura 3.32 a seguir, apresenta a declaração condicional aplicada ao parâmetro de volume da argamassa de base, segmentando-o em condição, resultado verdadeiro e resultado falso.

Figura 3. 32 – Exemplo de estrutura da declaração condicional.



Na célula Fórmula, para os parâmetros de volume das argamassas laterais, foi feita a aplicação das declarações de forma análoga, variando a penas a expressão para o cálculo de seus volumes. Estas podem ser verificadas na Figura 3.33, que apresenta a lista de parâmetros no menu Tipos de parâmetro. Ainda, nesta figura, denota-se que, após a determinação dos volumes individuais, para a tabulação quantitativa, foi aplicada a expressão de somatório dos valores obtidos, pela célula Fórmula do parâmetro PC\_Volume de arg.

Figura 3. 33 – Determinação dos volumes por meio das declarações condicionais.

| Parâmetro                    | Valor                               | Fórmula  | Bloquear |
|------------------------------|-------------------------------------|--|----------|
| <b>Restrições</b>            |                                     |  |          |
| <b>Construção</b>            |                                     |  |          |
| PC_Arg. base (padrão)        | <input checked="" type="checkbox"/> | =  |          |
| PC_Arg. lado A (padrão)      | <input checked="" type="checkbox"/> | =  |          |
| PC_Arg. lado B (padrão)      | <input checked="" type="checkbox"/> | =  |          |
| PC_ID Parede (padrão)        | <input type="checkbox"/>            | =  |          |
| <b>Dados</b>                 |                                     |  |          |
| <b>Outros</b>                |                                     |  |          |
| PC_Arg. vol. base (padrão)   | 218.640                             | =if(PC_Arg. base, 29 cm * 1 cm * 14 cm - 2 cm * 9.4 cm * 9.2 cm - 2 cm * 2 cm * 3.6 cm, 0 cm³) |          |
| PC_Arg. vol. lado A (padrão) | 133.000                             | =if(PC_Arg. lado A, 19 cm * 0.5 cm * 14 cm, 0 cm³)   |          |
| PC_Arg. vol. lado B (padrão) | 133.000                             | =if(PC_Arg. lado B, 19 cm * 0.5 cm * 14 cm, 0 cm³)   |          |
| PC_Volume de arg. (padrão)   | 484.640                             | =PC_Arg. vol. base + PC_Arg. vol. lado A + PC_Arg. vol. lado B                                 |          |
| <b>Dados de identidade</b>   |                                     |  |          |

Fonte: Autor

Para aferir a efetividade da correlação entre a visibilidade e o volume calculado, para cada uma das partes, e o volume total de argamassa empregada no bloco, são apresentadas, a seguir, as Figuras 3.34, 3.35, 3.36, considerado, respectivamente, a situação em que a argamassa de base estar não está visível, enquanto as demais estão; a situação em que a argamassa de base está visível e as demais não estão; e a situação que a argamassa no lado A não está visível, enquanto as demais estão.

Figura 3. 34 – Desativação da visibilidade da argamassa de base.

| Parâmetro                    | Valor                               | Fórmula  | Bloquear |
|------------------------------|-------------------------------------|--|----------|
| <b>Construção</b>            |                                     |  |          |
| PC_Arg. base (padrão)        | <input type="checkbox"/>            | =  |          |
| PC_Arg. lado A (padrão)      | <input checked="" type="checkbox"/> | =  |          |
| PC_Arg. lado B (padrão)      | <input checked="" type="checkbox"/> | =  |          |
| PC_ID Parede (padrão)        | <input type="checkbox"/>            | =  |          |
| <b>Dados</b>                 |                                     |  |          |
| PC_Componente (padrão)       | Argamassa de assentamento           | = "Argamassa de assentamento"  |          |
| PC_Descrição (padrão)        | Argamassa de assentamento de bloco  | = "Argamassa de assentamento de bloco"   |          |
| <b>Outros</b>                |                                     |  |          |
| PC_Arg. vol. base (padrão)   | 0.000                               | =if(PC_Arg. base, 29 cm * 1 cm * 14 cm - 2 cm * 9.4 cm * 9.2 cm - 2 cm * 2 cm * 3.6 cm, 0 cm³) |          |
| PC_Arg. vol. lado A (padrão) | 133.000                             | =if(PC_Arg. lado A, 19 cm * 0.5 cm * 14 cm, 0 cm³)   |          |
| PC_Arg. vol. lado B (padrão) | 133.000                             | =if(PC_Arg. lado B, 19 cm * 0.5 cm * 14 cm, 0 cm³)   |          |
| PC_Volume de arg. (padrão)   | 266.000                             | =PC_Arg. vol. base + PC_Arg. vol. lado A + PC_Arg. vol. lado B                                 |          |
| <b>Dados de identidade</b>   |                                     |  |          |

Fonte: Autor

Figura 3. 35 – Desativação da visibilidade das argamassas laterais.

| Parâmetro                    | Valor                               | Fórmula  | Bloqueio |
|------------------------------|-------------------------------------|--|----------|
| <b>Construção</b>            |                                     |  |          |
| PC_Arg. base (padrão)        | <input checked="" type="checkbox"/> | =  |          |
| PC_Arg. lado A (padrão)      | <input type="checkbox"/>            | =  |          |
| PC_Arg. lado B (padrão)      | <input type="checkbox"/>            | =  |          |
| PC_ID Parede (padrão)        | <input checked="" type="checkbox"/> | =  |          |
| <b>Dados</b>                 |                                     |  |          |
| PC_Componente (padrão)       | Argamassa de assentamento           | = "Argamassa de assentamento"  |          |
| PC_Descrição (padrão)        | Argamassa de assentamento de bloco  | = "Argamassa de assentamento de bloco"   |          |
| <b>Outros</b>                |                                     |  |          |
| PC_Arg. vol. base (padrão)   | 218.640                             | =if(PC_Arg. base, 29 cm * 1 cm * 14 cm - 2 cm * 9.4 cm * 9.2 cm - 2 cm * 2 cm * 3.6 cm, 0 cm³) |          |
| PC_Arg. vol. lado A (padrão) | 0.000                               | =if(PC_Arg. lado A, 19 cm * 0.5 cm * 14 cm, 0 cm³)   |          |
| PC_Arg. vol. lado B (padrão) | 0.000                               | =if(PC_Arg. lado B, 19 cm * 0.5 cm * 14 cm, 0 cm³)   |          |
| PC_Volume de arg. (padrão)   | 218.640                             | =PC_Arg. vol. base + PC_Arg. vol. lado A + PC_Arg. vol. lado B                                 |          |
| <b>Dados de identidade</b>   |                                     |  |          |

Fonte: Autor

Figura 3. 36 – Desativação da visibilidade da argamassa do lado A.

| Parâmetro                    | Valor                               | Fórmula  | Bloqueio |
|------------------------------|-------------------------------------|--|----------|
| <b>Construção</b>            |                                     |  |          |
| PC_Arg. base (padrão)        | <input checked="" type="checkbox"/> | =  |          |
| PC_Arg. lado A (padrão)      | <input type="checkbox"/>            | =  |          |
| PC_Arg. lado B (padrão)      | <input checked="" type="checkbox"/> | =  |          |
| PC_ID Parede (padrão)        | <input checked="" type="checkbox"/> | =  |          |
| <b>Dados</b>                 |                                     |  |          |
| PC_Componente (padrão)       | Argamassa de assentamento           | = "Argamassa de assentamento"  |          |
| PC_Descrição (padrão)        | Argamassa de assentamento de bloco  | = "Argamassa de assentamento de bloco"   |          |
| <b>Outros</b>                |                                     |  |          |
| PC_Arg. vol. base (padrão)   | 218.640                             | =if(PC_Arg. base, 29 cm * 1 cm * 14 cm - 2 cm * 9.4 cm * 9.2 cm - 2 cm * 2 cm * 3.6 cm, 0 cm³) |          |
| PC_Arg. vol. lado A (padrão) | 0.000                               | =if(PC_Arg. lado A, 19 cm * 0.5 cm * 14 cm, 0 cm³)   |          |
| PC_Arg. vol. lado B (padrão) | 133.000                             | =if(PC_Arg. lado B, 19 cm * 0.5 cm * 14 cm, 0 cm³)   |          |
| PC_Volume de arg. (padrão)   | 351.640                             | =PC_Arg. vol. base + PC_Arg. vol. lado A + PC_Arg. vol. lado B                                 |          |
| <b>Dados de identidade</b>   |                                     |  |          |

Fonte: Autor

Para sua representação gráfica, em Matérias e acabamentos, localizado nas propriedades do elemento, foi criado um material para a argamassa de assentamento, seguindo o mesmo procedimento já demonstrado para a elaboração do material para o bloco, estes referenciados, em ordem, pelas Figuras 2.19, 2.20 e 3.14. Este foi nomeado como TCC – ARG. B. 14x29, sendo determinada sua tonalidade na cor cinza claro. Essa especificação de cor foi aplicada para a argamassa de todos os blocos, onde, apenas por critério de identificação, estas sofreram alteração em sua nomenclatura, correlacionado a dimensão de bloco ao qual estão correspondem.

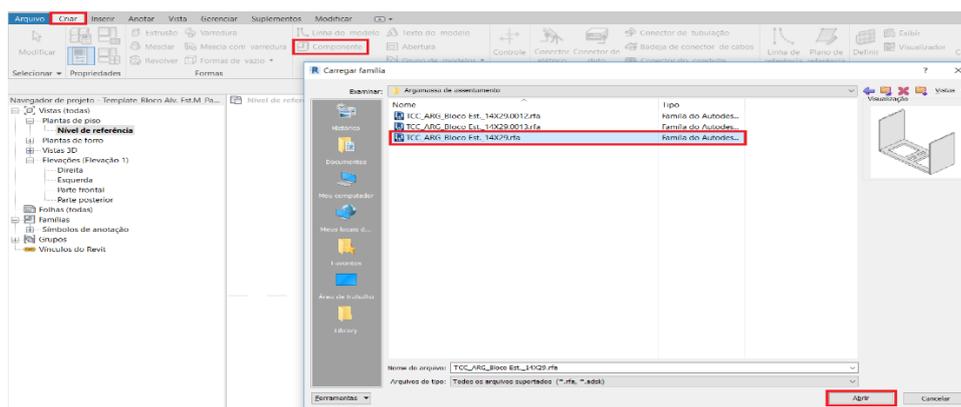
A sua representação gráfica seguiu a mesma premissa aplicada nos blocos, onde sua visibilidade, para vista 3D, se limitou ao nível de detalhamento alto. Foram aplicadas as linhas

simbólicas criadas, Contorno externo bloco e Contorno interno bloco, em suas arestas externas e internas. As linhas de contorno externas foram configuradas para serem visíveis nos três níveis de detalhe, enquanto de contorno interna, para os níveis alto e médio.

### 3.2.1.3 FAMÍLIA DE COMPONENTES ANINHADOS COMPOSTA POR ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO E BLOCOS ESTRUTURAIS

A elaboração da família composta pelas famílias de bloco estrutural e argamassa de assentamento teve sua origem na concepção de um novo arquivo, regido pelas configurações explanadas na seção 3.1.2, intitulada Considerações e configurações gerais de arquivos de criação. Tendo estas realizadas, executou-se o carregamento das famílias que a constituirão, por meio da ferramenta Componente, localizado na aba Criar, no painel Modelo. Por intermédio desta, como mostra a Figura 3.37, para família de argamassa de assentamento, é possível selecionar o arquivo de família de interesse e confirmar seu carregamento em Abrir.

Figura 3. 37 – Carregamento da família de argamassa de assentamento de bloco na família de componentes aninhados.



Fonte: Autor

Ao carregar estas para dentro do novo arquivo de família, seus parâmetros, elaborados individualmente, não são integrados automaticamente para seu menu Tipos de família, estes devem ser concebidos novamente dentro da nova família, caso sejam parâmetros de família, ou carregados para a caixa de diálogo, caso sejam parâmetros compartilhados.

Como todos os parâmetros elaborados nas famílias de bloco e argamassa são parâmetros compartilhados, fez-se necessária a inserção desses, um a um, para que o usuário possa controlar, por meio desta família, os parâmetros e, conseqüentemente o comportamento dos elementos integrantes das duas famílias, individualmente, assim como determinar e preencher informações pertinentes. No que tangencia a identificação, é de suma importância a nomeação da família, em Tipo de família, na faixa superior da janela, onde esta foi nomeada como Composição Arg. Bloco 14x29, para possibilitar sua identificação ao carregar esta família em projeto.

A família de blocos, em suma apresentam apenas parâmetros para sua identificação, descrição e identificação dos elementos, o que em outras palavras, por serem parâmetros comum a todas as famílias deste projeto, estes parâmetros já seriam carregados neste arquivo, naturalmente. Já, a família de argamassa, apresentam Parâmetros importantes para inserção, como os de visibilidade, cuja importância e operabilidade foram tratadas na contemplação dos processos de suas criações. Todos os parâmetros integrados ao arranjo desta família com componentes aninhados podem ser conferidos na Figura 3.38.

Figura 3. 38 – Parâmetros integrados ao menu Tipo de família para a família de componentes aninhados.

| Parâmetro                  | Valor                               | Fórmula                                | Bloquear |
|----------------------------|-------------------------------------|--|----------|
| <b>Restrições</b>          |                                     |  |          |
| <b>Construção</b>          |                                     |  |          |
| PC_Arg_base (padrão)       | <input checked="" type="checkbox"/> | =                                      |          |
| PC_Arg_lado A (padrão)     | <input checked="" type="checkbox"/> | =                                      |          |
| PC_Arg_lado B (padrão)     | <input checked="" type="checkbox"/> | =                                      |          |
| PC_ID Parede (padrão)      |                                     | =                                      |          |
| <b>Dados</b>               |                                     |  |          |
| PC_Componente (padrão)     | Composição_argamassa e              | = "Composição_argamassa e bloco 14x29" |          |
| PC_Descrição (padrão)      | Composição_argamassa e              | = "Composição_argamassa e bloco 14x29" |          |
| PC_ID de elemento (padrão) | B29                                 | = "B29"                                |          |
| <b>Dados de identidade</b> |                                     |  |          |

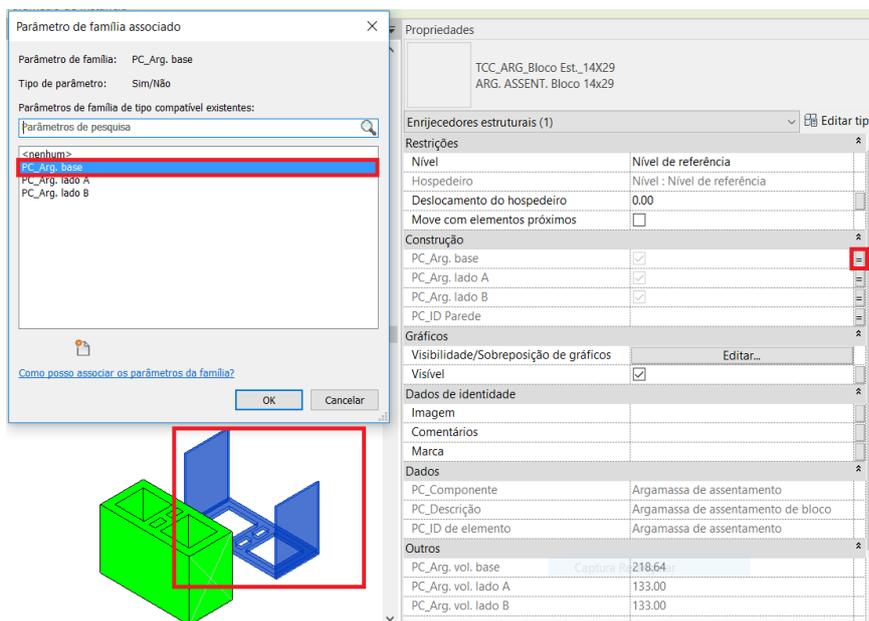
Fonte: Autor

Pela ilustração apresentada, observa-se que, mesmo esta família sendo composta por famílias de argamassa e bloco, no parâmetro de identificação do elemento, parâmetro compondo o grupo de Dados, deve ser preenchida a informação com a identificação do bloco, no caso “B29”, para que futuramente, ao buscar sua identificação, tenha-se o retorno desta.

Como procedimento posterior, foram associados os parâmetros de visibilidade, criados na família de argamassa, com os parâmetros que foram inseridos nesta família, afim de que aquelas sejam corretamente controladas por estas. Para isso, após a abertura do menu Propriedades, localizado no painel Propriedades das guias Criar ou Modificar, o componente Argamassa de assentamento foi selecionado para que, em suas propriedades, os parâmetros criados neste elemento fossem acessados. Observa-se que no menu Propriedades, para cada elemento carregado neste arquivo, é possível acessar os parâmetros contidos nestes.

Por meio deste, em componente Argamassa, para o controle sua visibilidade, os parâmetros de controle de visibilidade neste foram associadas aos parâmetros criados na família com componentes aninhados, clicando em seu canto extremo direito, sobre o ícone quadrado, que corresponde a Ferramenta de associação de parâmetros de família. Da mesma forma, como explicado na seção Modos de atribuição de um parâmetro, na Figura 2.15, foi acessada a janela Parâmetros de família associado, onde bastou selecionar o parâmetro correspondente e confirmar sua associação. A Figura 3.39 apresenta o procedimento para a associação do parâmetro de controle de visibilidade para a argamassa de base, sendo este replicado também para a associação entre parâmetros das famílias hospedadas e hospedeiras, essas apresentadas no Quadro 3.3 a seguir.

Figura 3. 39 – Procedimento para associação dos parâmetros de controle de visibilidade da argamassa da base.



Fonte: Autor

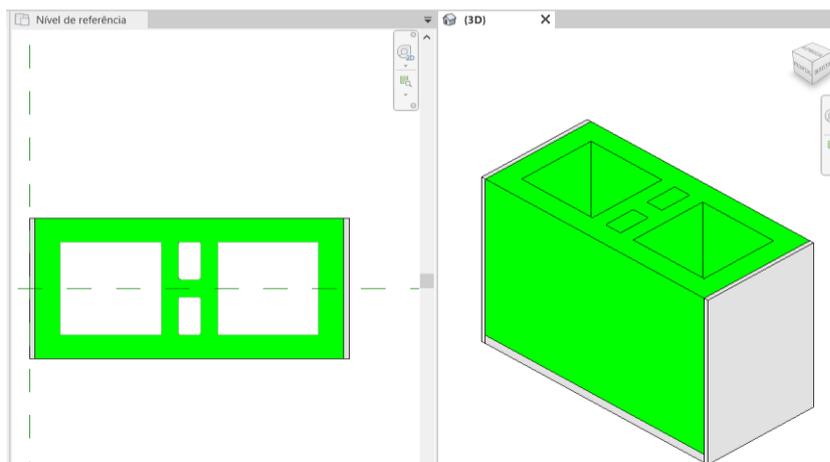
Quadro 3. 5 – Associação entre parâmetros das famílias hospedadas e hospedeira para família composta por bloco e argamassa.

| Parâmetros da família de componentes aninhados | Parâmetros associados as famílias |                              |
|--|-----------------------------------|------------------------------|
|  | De bloco estrutural               | De argamassa de assentamento |
| PC_Arg. base                                   | -                                 | PC_Arg. base                 |
| PC_Arg. lado A                                 | -                                 | PC_Arg. lado A               |
| PC_Arg. lado B                                 | -                                 | PC_Arg. lado B               |
| PC_ID Parede                                   | -                                 | PC_ID Parede                 |

Fonte: Produzido pelo autor

Os componentes de bloco e argamassa, pelo método visto na Figura 3.37, durante suas inserções, foram colocados lado a lado pelo propósito de permitir um melhor controle de sua seleção para associação entre parâmetros. Para que seja finalizada a elaboração desta família composta por estes elementos, estes foram corretamente posicionados, de modo que a argamassa envolva o bloco e respeitando o posicionamento dos elementos em relação aos planos de referências do sistema do modelo de família. Para isso, foi utilizada a ferramenta Alinhar, presente na aba Modificar, como já contemplado na Figura 2.18. O resultado de seu posicionamento é apontado na Figura 3.40.

Figura 3. 40 – Posicionamento final dos elementos concluintes da família de componentes aninhados.



Fonte: Autor

### 3.2.2 ELEMENTOS ESTRUTURAIS VERTICAIS

Ao promover a execução de assentamento dos blocos de alvenaria estrutural que irão compor a parede de uma edificação, faz-se necessária a determinação de pontos de grauteamento de alguns furos do bloco, afim de promover um ganho de resistência dessa quanto ações verticais.

Para o graute armado, nesse trabalho, foi elaborado apenas a configuração de armadura composta por duas barras, compreendendo entre elas uma região de transpasse da armadura. Mas cabe salientar que tem situações, em âmbito pratico, que surge a necessidade dessa armadura ser dupla, ou seja, composta por duas barras posicionadas em nível superior a outras duas barras, que são posicionadas em nível inferior a essas, porem essas não tiveram sua elaboração abordada nesse projeto.

Ciente desse fato, é de suma importância que, para possibilitar a elaboração de um projeto de alvenaria estrutural, famílias de barra de aço e graute sejam elaboradas, com adequados parâmetros para a elaboração de quantitativos e qualitativos expressivos para o interesse de projeto e execução de obra.

Seguindo os mesmos moldes em que as famílias de blocos de alvenaria estrutural e argamassa de assentamento foram feitos, aqui, as famílias de graute e barras de aço foram elaboradas separadamente, contendo os parâmetros de interesse para cada uma e, após, foram colocados em um único arquivo de família, gerando assim famílias de componentes aninhados.

Para as barras de aço, considerou-se a elaboração de duas famílias, uma para a compor as barras de aço vertical e outra para as barras de aço horizontal. Essa opção se ancora em duas singularidades entre elas, uma dessas é sua direção de posicionamento e a outra, sua estrutura dentro do elemento cimentício, que para as barras verticais é o grauteamento dos furos do bloco e para as horizontais, a viga.

De forma distinta ao realizado na abordagem sobre elementos estruturais para composição de paredes, a representação gráfica das famílias que compõem o graute armado, mediante sua complexidade estrutural do arquivo e dado o fato do graute ser representado por meio de hachuras, não dentro do arquivo de família, mas sim em modelo de projeto, foi reunida em uma seção única. Essa estruturação do trabalho garantiu melhor didática e clareza para explanação acerca dos processos laborais.

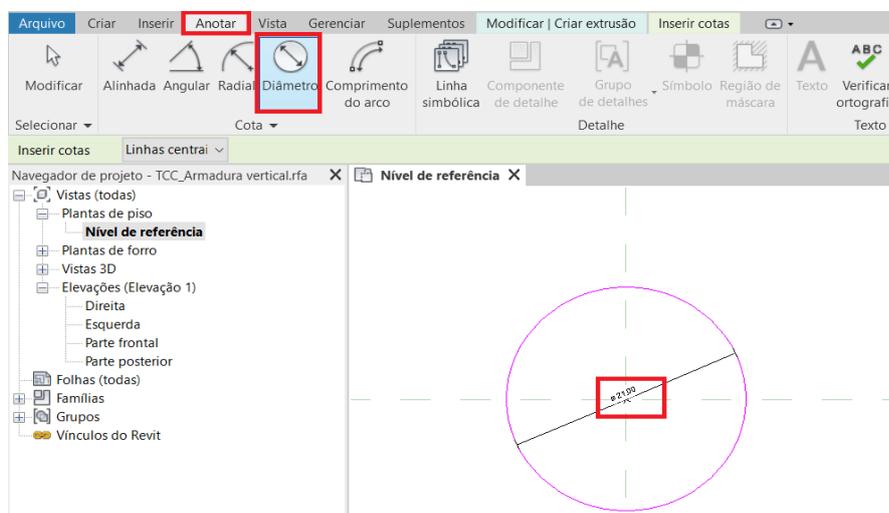
### 3.2.2.1 FAMÍLIA DE BARRA DE AÇO VERTICAL

A modelagem da barra de aço para composição de armadura vertical para o graute iniciou consecutivamente a aplicação das configurações iniciais para o arquivo paramétrico de família escolhido, o modelo genérico métrico, iniciou-se a modelagem da barra de aço para composição de armadura vertical para o graute.

Para isso, foi utilizada a ferramenta de Extrusão, cujo acesso e apresentação foram apresentadas na seção de modelagem de família carregáveis. Como trata-se de uma barra de aço, dentre os contidos no painel Desenhar, apresentado na Figura 2.18, utilizou-se o instrumento de desenho Círculo, cuja aplicabilidade é abordada no Quadro 2.7. Em primeira etapa, o diâmetro e comprimento de extrusão não são importantes, uma vez que esses serão controlados, posteriormente, a partir de parâmetros.

Do mesmo modo que as cotas recebem a associação de parâmetros para que o usuário tenha o controle sobre a modificação geométrica de um objeto, para elementos circulares, o diâmetro tem a mesma atribuição. Para isso, porém, esse não pode ser inserido com a utilização de Cota alinhada. A cota dessa dimensão é realizada através da ferramenta Diâmetro, presente no painel Cota da guia Anotar, conforme mostra a Figura 3.41. Esse procedimento, para que não haja conflito ao associar o parâmetro de controle de diâmetro da barra, deve ser realizado durante o processo de edição da extrusão.

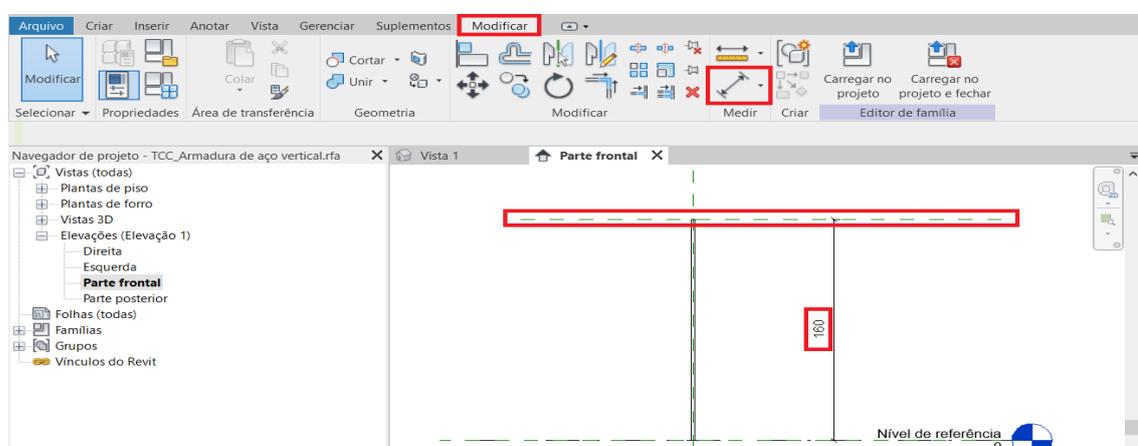
Figura 3. 41 – Inserção da cota de diâmetro da barra.



Fonte: Autor

Concluída extrusão, um plano de referência foi criado, por meio da vista de elevação Parte frontal, para a atribuição do controle de seu comprimento, pelo mesmo caminho já apresentado na Figura 3.3. Entre esse e o eixo horizontal do arquivo chamado Nível de referência, foi colocada uma cota, para a posterior associação do parâmetro de controle do comprimento da barra, por meio da Ferramenta Cota alinhada, presente no painel Medir da aba Modificar, cujo acesso também pode ser realizado por meio do atalho DI. Na Figura 3.42 são destacados a cota e plano de referência inseridos e o caminho de acesso a ferramenta Cota alinhada.

Figura 3. 42 – Inserção da cota alinhada.

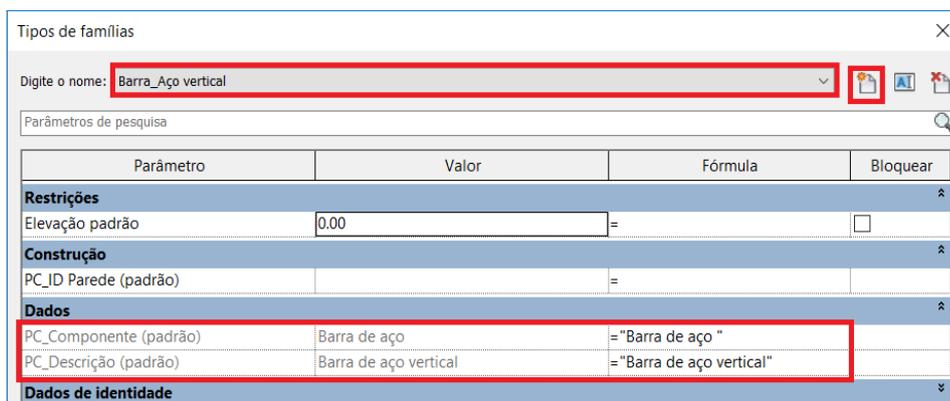


Fonte: Autor

Com o objetivo de que ao movimentar o plano de referência, esse promova alteração no comprimento da barra, restringiu-se a extremidade superior da barra a partir da ferramenta Alinhar, apresentada no Quadro 2.9, com procedimento correlato ao feito na modelagem de blocos e ilustrado na Figura 3.5.

Para a identificação do tipo de família dentro do projeto, esse foi nomeado como Barra\_Aço vertical. Em sua parametrização, foram utilizados dos parâmetros compartilhados comuns a todas as famílias desse trabalho, criados para o registro de informações, como o parâmetro de descrição e de componente, onde foram respectivamente registradas as informações Barra de aço vertical e Barra de aço, ambas entre aspas. Destes, o registro atribuído ao último parâmetro será comum para o aço vertical e horizontal, permitindo que, indiferente de seus sentidos, esses sejam contabilizados juntos na tabulação de aço. A justificativa para esses registros serem entre aspas é a mesma apresentada no registro em famílias e blocos e resultado final dos procedimentos realizados pode ser conferido na Figura 3.43.

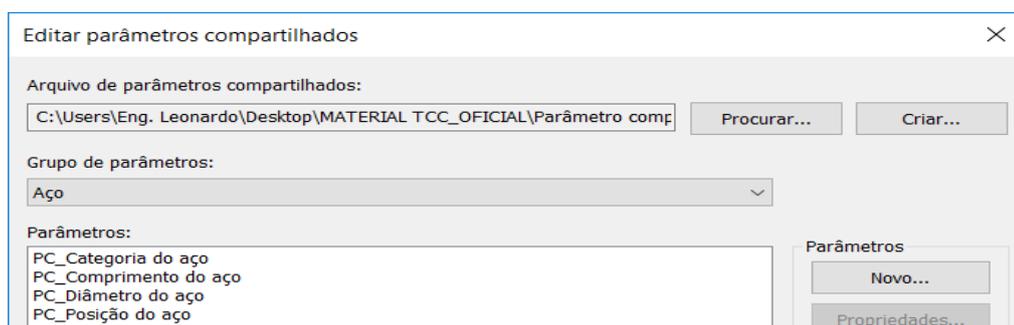
Figura 3. 43 – Nomeação do tipo de família e atribuição de informações aos parâmetros.



Fonte: Autor

Para o controle geométrico e como as informações extraídas deverão ser acessíveis para compor informações exportáveis da família, novos parâmetros compartilhados foram criados. Para isso foi criado um novo grupo de parâmetros compartilhados, denominado Aço, através de procedimento similar ao apresentado na revisão bibliográfica, apresentado na Figura 2.10. Nesse foram criados, por meio de procedimento similar ao apresentado na Figura 2.11, os parâmetros de controle geométrico, PC\_Diâmetro do aço e PC Comprimento do aço, esses como tipo de parâmetro Linear, assim como novos parâmetros de registo de informações, do tipo Texto, chamados PC\_Categoria do aço e PC\_Posição do aço. Todos os parâmetros criados são apresentados na Figura 3.44, sendo esses inseridos no grupo Construção, da janela de diálogo Tipos de parâmetro, onde o parâmetro de PC\_Categoria recebe a identificação da categoria de aço CA50, essa registrada entre aspas na célula Fórmula.

Figura 3. 44 – Parâmetros compartilhados criados e integrados ao grupo Aço.

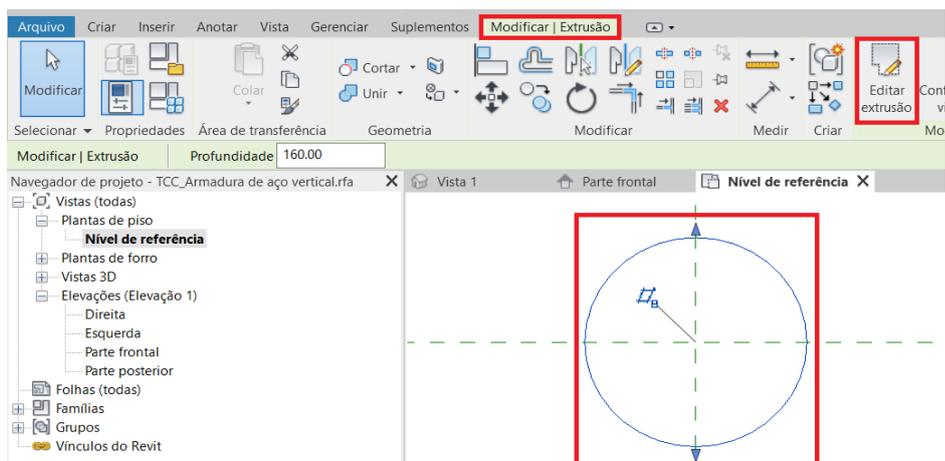


Fonte: Autor

Após a criação e inclusão desses parâmetros a família, associou-se o parâmetro PC\_Diâmetro à cota de diâmetro, sendo necessário, para isso, entrar na edição de extrusão, selecionando a barra de aço, na vista Nível de referência e clicando na ferramenta Editar extrusão, localizada no painel Modo da guia Modificar|Extrusão, conforme Figura 3.45. Dentro desta ferramenta, com o diâmetro cotado e selecionado, foi clicado no ícone do painel Cota da

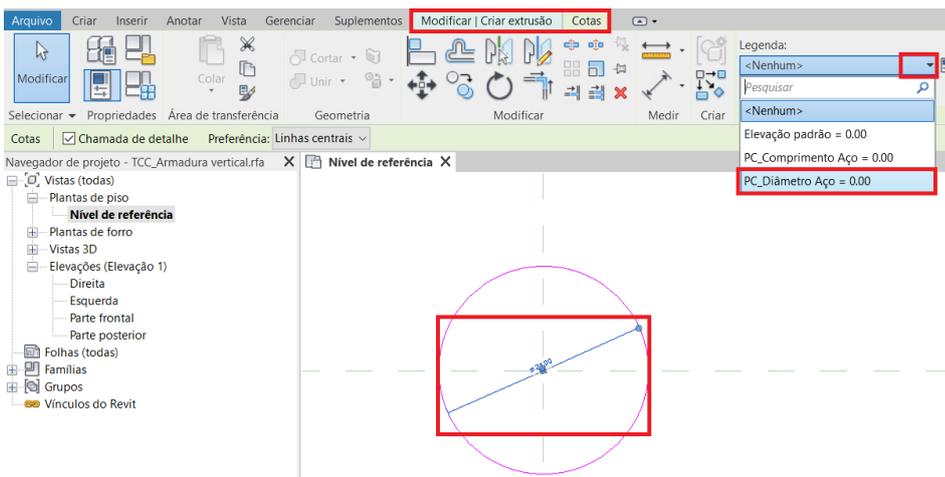
legenda, presente na guia Modificar|Extrusão > Editar extrusão Cotas, e, por meio da janela suspensa de Legenda, foi selecionado o parâmetro a ser associado. O mesmo processo deve ser feito para a associação do parâmetro PC\_Comprimento do aço a sua cota correspondente, ou seja, por intermédio da vista de elevação Parte frontal, selecionar a cota inserida entre plano de referência, acessar os parâmetros criados e listados na janela de suspensão de seleção Legenda, alocada no painel Cota da legenda da aba Modificar e selecionar o parâmetro de interesse. As Figuras 3.46 e 3.47 ilustram os respectivos procedimentos.

Figura 3. 45 – Acesso a ferramenta Editar extrusão.



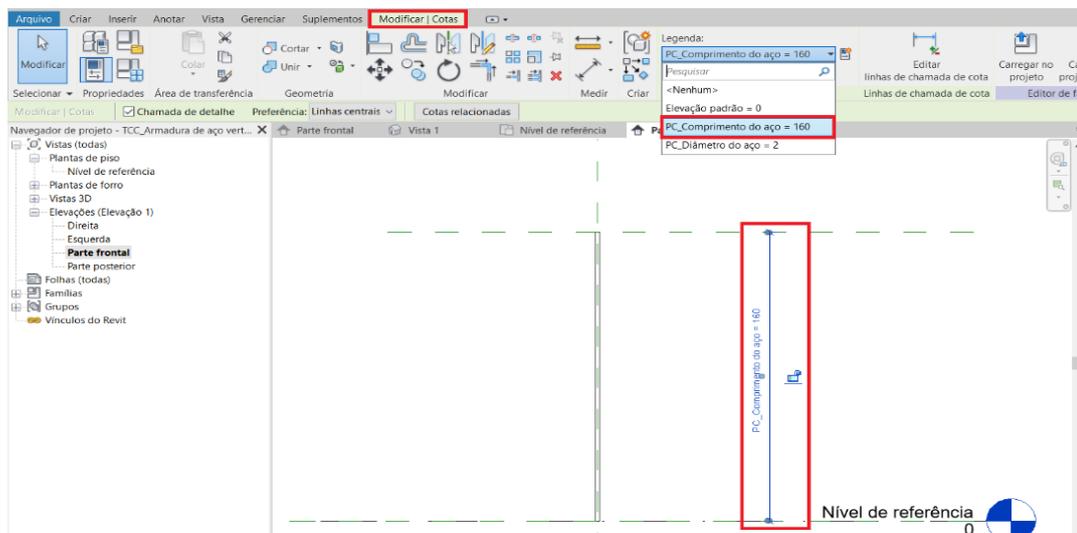
Fonte: Autor

Figura 3. 46 – Associação entre parâmetro e diâmetro da barra.



Fonte: Autor

Figura 3. 47 – Associação entre parâmetro e comprimento da barra.



Fonte: Autor

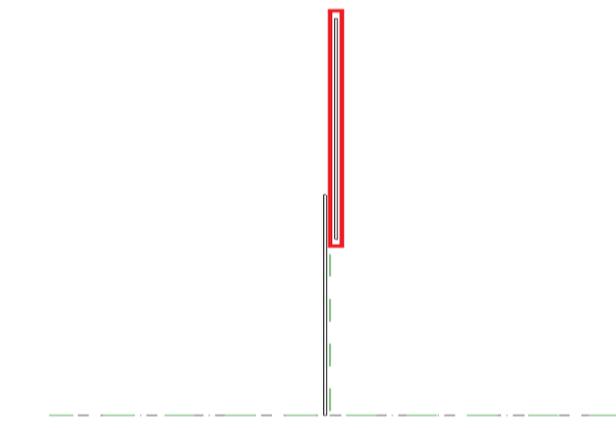
### 3.2.2.2 FAMÍLIA DE ARMADURA VERTICAL

Para a construção de uma parede de alvenaria estrutural, sua armadura vertical, em cenário prático, é composta por duas barras, uma sobreposta a outra, onde, entre essas, deve haver uma região de transpasse, ou seja, seus posicionamentos devem ser tais que a barra inferior avance, em determinado comprimento, a dimensão longitudinal da barra superior. Nesse trabalho, para efeito didático, a barra inferior será denominada barra A e a superior, barra B.

A produção de um arquivo de família composta por duas barras, iniciou-se por meio de um novo arquivo, com as mesmas configurações iniciais já apontadas para o modelo de família, unidade, categoria de parâmetros de família e ativação de compartilhamento do arquivo para composição de família de elementos alinhados, uma vez que essa será implementada em uma outra família composta por esta e a família de graute vertical.

Com o arquivo criado e configurado, nesse foi inserida a família da barra de aço por meio da ferramenta Componente, presente na aba Criar, da mesma forma como foi realizado para elaboração da família composta pelo bloco e argamassa de assentamento, conforme foi ilustrado na Figura 3.37. Na realização desse procedimento, inseriu-se a barra duas vezes, lado a lado, onde uma delas, por meio da vista de elevação Parte frontal, com a ferramenta Mover, presente na aba Modificar, foi deslocada para cima, como é evidenciado na Figura 3.48.

Figura 3. 48 – Inserção e posicionamento de barras na família de armadura vertical.



Fonte: Autor

Conforme ocorreu na elaboração da família composta de bloco e argamassa de assentamento, esse arquivo de família de armadura vertical, criado para hospedar a família de barra de aço vertical duplicada, em sua origem não é composto pelos parâmetros criados nas famílias hospedadas, sendo necessário carregá-los conforme interesse ou necessidade, como foi realizado com os parâmetros de diâmetro, categoria de aço, identificação da parede, componente e descrição, afim de que o usuário tenha acesso a essas informações e possa alterar a geometria do aço, caso deseje. Ainda, para identificação dessa família, ao carregá-la em projeto, esta teve seu tipo nomeado como Barra\_Aço vertical\_Família composta, seguindo o mesmo procedimento abordado nas demais famílias e apresentado nas Figura 3.10. Essa primeira etapa de parametrização pode ser verificada na Figura 3.49.

Figura 3. 49 – Inserção dos parâmetros da família de barra de aço na família de armadura vertical.

Tipos de famílias

Digite o nome: Barra\_Aço vertical\_Família Composta

Parâmetros de pesquisa

| Parâmetro                    | Valor                 | Fórmula                  | Bloquear                 |
|------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Restrições</b>            |                       |                          |                          |
| Elevação padrão              | 0.00                  | =                        | <input type="checkbox"/> |
| <b>Construção</b>            |                       |                          |                          |
| PC_Categoria do aço (padrão) | CA50                  | ="CA50"                  | <input type="checkbox"/> |
| PC_Diâmetro do aço (padrão)  | 0.00                  | =                        | <input type="checkbox"/> |
| PC_ID Parede (padrão)        |                       | =                        | <input type="checkbox"/> |
| <b>Dados</b>                 |                       |                          |                          |
| PC_Componente (padrão)       | Barra de aço          | ="Barra de aço "         | <input type="checkbox"/> |
| PC_Descrição (padrão)        | Barra de aço vertical | ="Barra de aço vertical" | <input type="checkbox"/> |
| <b>Dados de identidade</b>   |                       |                          |                          |

Fonte: Autor

Como as duas barras, conforme citado anteriormente, são posicionadas em alturas distintas, parâmetros que identifiquem e informem a posição dessas barras ao usuário devem ser criados. Objetivando, ainda, que essas barras possam apresentar comprimentos distintos, parâmetros para controle individuais devem ser criados, para o controle dos comprimentos da barra A e B. Esses foram criados como parâmetros de família, por não serem tabulados. Dessa forma, os de comprimento, nomeados como PF\_Comprimento da barra A e PF\_Comprimento da barra B, foram criados como parâmetros do tipo Linear e os de posição, chamados PF\_Posição da barra A e PF\_Posição da barra B, foram incorporados como parâmetros de Texto. Esses são apresentados, já integrados ao grupo Construir, na Figura 3.50.

Figura 3. 50 – Parâmetros de família criados para comprimento e posição das barras de aço.

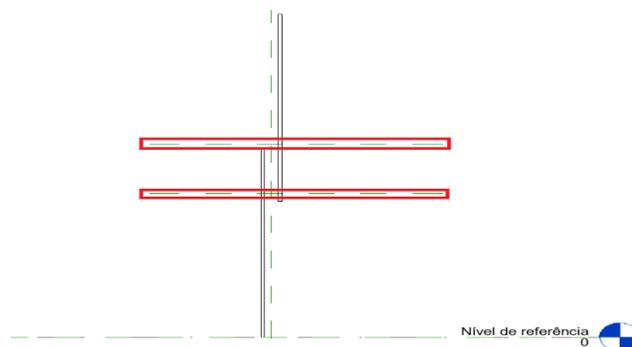
| Parâmetro                          | Valor | Fórmula | Bloquear                 |
|------------------------------------|-------|---------|--------------------------|
| <b>Restrições</b>                  |       |         |                          |
| Elevação padrão                    | 0.00  | =       | <input type="checkbox"/> |
| <b>Construção</b>                  |       |         |                          |
| PC_Categoria do aço (padrão)       | CA50  | ="CA50" |                          |
| PC_Diâmetro do aço (padrão)        | 1.25  | =       | <input type="checkbox"/> |
| PF_Comprimento da barra A (padrão) | 0.00  | =       | <input type="checkbox"/> |
| PF_Comprimento da barra B (padrão) | 0.00  | =       | <input type="checkbox"/> |
| PF_Posição da barra A (padrão)     | 01    | =       |                          |
| PF_Posição da barra B (padrão)     | 02    | =       |                          |
| PC_ID Parede (padrão)              |       | =       |                          |
| <b>Dados</b>                       |       |         |                          |

Fonte: Autor

Para efetivar suas funcionalidades, esses foram associados aos parâmetros internos as famílias hospedadas nesse arquivo. Para isso os parâmetros de comprimento e posição da barra A foram associados aos parâmetros intrínsecos da barra inferior e os mesmo parâmetros da barra B foram associados aos parâmetros internas a barra superior. Para ambas as barras o PC\_ID Parede foi associados aos correspondentes parâmetros intrínsecos as famílias hospedadas. Essas associações entre parâmetros são realizadas por ações similares ao método ilustrado na Figura 3.39.

Pensando na condição dos comprimentos das barras e na definição do comprimento da região de transpasse e de arranque da armadura, como é aferido na Figura 3.51, foram definidos planos de referência que, inseridos pelo acesso da ferramenta através da aba Criar, no painel Dados, são posicionados de forma que limitam os extremos superior e inferior da região de transpasse da armadura, onde a barra inferior teve sua extremidade restringida juntamente ao plano superior, e a barra superior teve sua extremidade inferior ao plano inferior, por métodos análogo ao enfatizado na extrusão do bloco e ilustrado na Figura 3.4.

Figura 3. 51 – Planos de referência de controle do comprimento de transpasse.

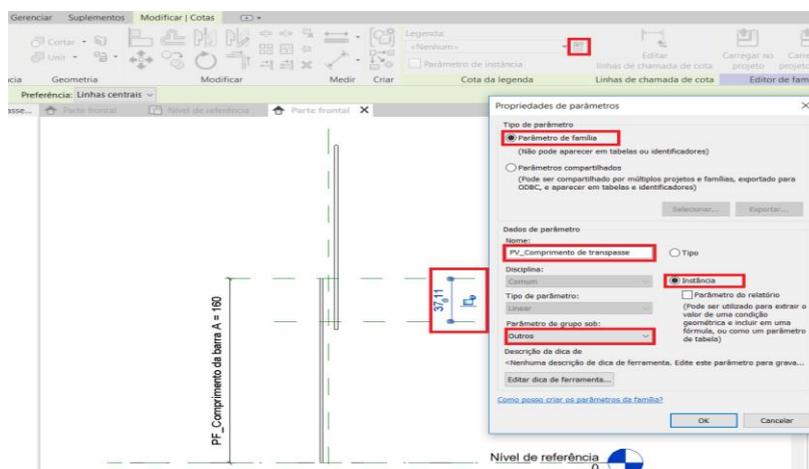


Fonte: Autor

Para proporcionar um mecanismo de determinação das dimensões de comprimento, foi promovida a inserção de cotas, assim como feito na família de aço vertical, para que a essas sejam atribuídos parâmetros de controle. Dessa forma, cotou-se a distância entre o eixo horizontal do arquivo, chamado Nível de referência, e o plano de referência superior, atribuindo a essa cota o parâmetro de comprimento da barra A.

Na região de transpasse foi aplicada uma cota entre os planos de referência inseridos, sendo que, como nesse momento o parâmetro para essa região não havia sido criado, selecionou-se essa cota e, por meio do ícone no extremo direito da janela suspensa de Legenda, no painel Cota da legenda, da guia Modificar|Cota, promoveu-se sua criação. Esse, como mostra a Figura 3.52, foi criado como um parâmetro de família do tipo variável, com o prefixo PV\_, onde o usuário dessa família não terá acesso diretamente a suas informações. Por esse motivo, também, esse parâmetro foi incorporado ao grupo Outros, dentro da janela de diálogo Tipos de família.

Figura 3. 52 – Planos de referência de controle do comprimento de transpasse.



Fonte: Autor

Com objetivo de determinar o comprimento de transpasse das barras, levando em consideração que esse é definido pela multiplicação do diâmetro da barra utilizada por um coeficiente, criou-se um parâmetro para esse, uma vez que para o diâmetro já foi criado e aplicado. Seu parâmetro foi criado do tipo parâmetro de família, sendo do tipo Número e compondo o grupo Construção, para que o usuário possa definir seu valor, como mostra a Figura 3.53. Botelho, Marchetti (2015, p.117) apresentam valores para o comprimento de ancoragem dado pela multiplicação apontada acima, onde o coeficiente que multiplica o diâmetro varia em função da resistência característica do concreto, o  $f_{ck}$ . No Quadro 3.4 apronta os valores tabelados apresentados em seu livro, onde o símbolo ( $\emptyset$ ) corresponde ao maior diâmetro dentre as barras que compõem a emenda

Quadro 3. 6 – Coeficiente para o cálculo do comprimento de transpasse e arranque.

| Fck do concreto (MPa) | CA25            | CA50            | CA60            |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 20                    | 51. $\emptyset$ | 44. $\emptyset$ | 53. $\emptyset$ |
| 25                    | 45. $\emptyset$ | 38. $\emptyset$ | 46. $\emptyset$ |
| 30                    | 41. $\emptyset$ | 34. $\emptyset$ | 40. $\emptyset$ |

Fonte: Adaptado de BOTELHO; MARCHETTI (2015, p.117).

Figura 3. 53 – Parâmetros implementados e aplicação da expressão para determinação do comprimento de transpasse.

| Parâmetro                             | Valor               | Fórmula                                      | Bloquear                 |
|---------------------------------------|---------------------|--|--------------------------|
| <b>Restrições</b>                     |                     |  |                          |
| Elevação padrão                       | 0.00                | =  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Construção</b>                     |                     |  |                          |
| PC_Categoria do aço (padrão)          | CA50                | ="CA50"                                      |                          |
| PC_Diâmetro do aço (padrão)           | 1.25                | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Coef. de transpasse (padrão)       | 40.000000           |  |                          |
| PF_Comprimento da barra A (padrão)    | 160.00              | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Comprimento da barra B (padrão)    | 0.00                | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Posição A do aço (padrão)          | 01                  | =  |                          |
| PF_Posição B do aço (padrão)          | 02                  | =  |                          |
| PC_ID Parede (padrão)                 |                     | =  |                          |
| <b>Dados</b>                          |                     |  |                          |
| PC_Componente (padrão)                | Barra de aço        | ="Barra de aço"                              |                          |
| PC_Descrição (padrão)                 | Barra de aço vertic | ="Barra de aço vertical"                     |                          |
| <b>Outros</b>                         |                     |  |                          |
| PV_Comprimento de transpasse (padrão) | 50.00               | =PF_Coef. de transpasse * PC_Diâmetro do aço | <input type="checkbox"/> |
| <b>Dados de identidade</b>            |                     |  |                          |

Fonte: Autor

Nessa figura, ainda, é apresentada, no parâmetro PV\_Comprimento de transpasse, em sua célula Fórmula, a expressão para sua determinação, composta pela multiplicação do parâmetro do coeficiente com o de diâmetro do aço, ou seja, respectivamente o PF\_Coeficiente de transpasse e o PC\_Diâmetro do aço.

Tendo definidos os demais comprimentos, foi determinado o comprimento da barra B. Para isso, fez-se necessária a elaboração quatro parâmetros, sendo esses o PF\_Espessura da laje, PF\_Altura da parede, PV\_Comprimento de arranque e PF\_Coef. De arranque, esse último também é conhecido como coeficiente de ancoragem. O comprimento de arranque é definido pela multiplicação do diâmetro da barra pelo coeficiente, esse último, sendo definido em função da resistência característica do concreto (fck) empregado, com valores apontados já apontados no Quadro 3.4.

Como realizado para o comprimento de transpasse, o parâmetro de comprimento de arranque foi inserido no grupo Outros, da janela Tipos de família, e criado para ser um parâmetro variável como tipo de parâmetro Linear, essas definições caracterizam que o usuário não terá acesso direto a sua edição. Conforme evidenciado na Figura 3.54, na célula Fórmula do parâmetro de comprimento é aplicada a multiplicação mencionada entre parâmetros. Nesta figura é possível identificar que os parâmetros da espessura da laje, altura da parede e coeficiente de arranque foram integrados, em Tipos de família, ao grupo Construção, sendo o último determinado como Número e os demais como Linear, na seleção do Tipo de parâmetro, no momento de suas inserções.

Figura 3. 54 – Parâmetros implementados e aplicação da expressão para determinação do comprimento de arranque.

| Parâmetro                             | Valor               | Fórmula                                      | Bloquear                 |
|---------------------------------------|---------------------|--|--------------------------|
| PC_Diâmetro do aço (padrão)           | 1.00                | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Coef. de arranque (padrão)         | 40.000000           | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Coef. de transpasse (padrão)       | 40.000000           | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Comprimento da barra A (padrão)    | 180.00              | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Comprimento da barra B (padrão)    | 0.00                | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Espessura da laje (padrão)         | 15.00               | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Altura da parede (padrão)          | 300.00              | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Posição A do aço (padrão)          | 01                  | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Posição B do aço (padrão)          | 02                  | =  | <input type="checkbox"/> |
| PC_ID Parede (padrão)                 |                     | =  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Dados</b>                          |                     |  |                          |
| PC_Componente (padrão)                | Barra de aço        | = "Barra de aço"                             | <input type="checkbox"/> |
| PC_Descrição (padrão)                 | Barra de aço vertic | = "Barra de aço vertical"                    | <input type="checkbox"/> |
| <b>Outros</b>                         |                     |  |                          |
| PV_Comprimento de arranque (padrão)   | 40.00               | =PF_Coef. de arranque * PC_Diâmetro do aço   | <input type="checkbox"/> |
| PV_Comprimento de transpasse (padrão) | 40.00               | =PF_Coef. de transpasse * PC_Diâmetro do aço | <input type="checkbox"/> |
| <b>Dados de identidade</b>            |                     |  |                          |

Fonte: Autor

Em posse de todos os fatores necessários, na célula de Fórmula do PC\_Comprimento da barra B, para sua determinação, aplicou-se a soma dos parâmetros de comprimento de arranque, espessura da laje, altura da parede, comprimento de transpasse e, desses, subtraiu-se o comprimento da barra A, como mostra a Figura 3.55. Dessa forma, foi obtido o comprimento necessário para a barra B.

Figura 3. 55 – Aplicação da expressão para determinação do comprimento do comprimento da barra B.

| Parâmetro                        | Valor  | Fórmula   | Bic ^                    |
|----------------------------------|--------|---|--------------------------|
| <b>Restrições</b>                |        |   |                          |
| Elevação padrão                  | 0.00   | =   | <input type="checkbox"/> |
| <b>Construção</b>                |        |   |                          |
| PC_Categoria do aço (padrão)     | CA50   | = "CA50"  |                          |
| PC_Diâmetro do aço (padrão)      | 1.00   | =   | <input type="checkbox"/> |
| PF Comprimento da barra A (padr) | 180.00 | =   | <input type="checkbox"/> |
| PF Comprimento da barra B (padr) | 215.00 | =(PV Comprimento de arranque + PF Espessura da laje + PF Altura da parede + PV Comprimento de transpasse) - PF Comprimento da barra A | <input type="checkbox"/> |
| PF Posição A do aço (padrão)     | 01     | =   | <input type="checkbox"/> |
| PF Posição B do aço (padrão)     | 02     | =   | <input type="checkbox"/> |

Fonte: Autor

### 3.2.2.3 FAMÍLIA DE GRAUTE VERTICAL

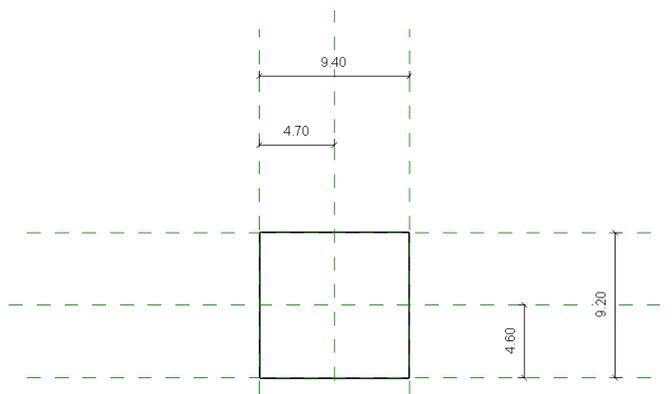
O graute é o elemento cimentício rígido que promove um acréscimo de resistência a compressão. Esse é adicionado aos furos dos blocos estruturais a fim de aumentas a capacidade de carga da edificação a qual são inseridos.

Por meio de um novo arquivo de família, configurado para os modelos de família, unidades, compartilhamento de informações e Categoria e parâmetros de família já mencionado e aplicado para as demais famílias, foi iniciado o procedimento de modelagem inserindo quatro planos na vista de nível de referência, desses, dois correspondendo ao comprimento, no sentido horizontal, e, os demais, no sentido vertical, à largura do graute.

Em ambos os sentidos, cotou-se as dimensões correspondentes a largura e comprimento e suas respectivas metades, para que, por meio de atribuições de parâmetros, seja possível automatizar as variações desses, de forma simétrica, ao variar suas dimensões, em função dos eixos de referência do arquivo de modelo de família.

Para a estruturação do sólido, utilizou-se a ferramenta de extrusão que, como visto em outras seções, é acessada por meio da aba Criar. Por meio dessa, traçou-se um retângulo, o qual restrições entre suas linhas e os planos de referência foram aplicadas, por meio da utilização da ferramenta Alinhar, presente no painel Modificar da guia Modificar. O resultado do procedimento descrito é referenciado na Figura 3.56.

Figura 3. 56 – Extrusão e cota das dimensões da seção transversal do graute vertical.



Fonte: Autor

Assim como as dimensões da seção transversal da peça necessitam de planos e cota para controle, o mesmo deve ser feito em sua vista de elevação Frontal, a fim de que sua altura seja moderada. Dessa forma, um plano de referência, no sentido horizontal a vista, é posicionado acima da peça e cotado. As extremidades do sólido sofrem restrições junto aos planos que correspondem aos limites da altura do mesmo, em procedimento parecido ao apresentado na Figura 3.4, para a elaboração da extrusão do bloco estrutural.

Do mesmo modo como realizado para iniciar a parametrização de uma nova família, parâmetros comuns a essas, como os que permite o registro de informações e suas identificações, foram incluídos nessa.

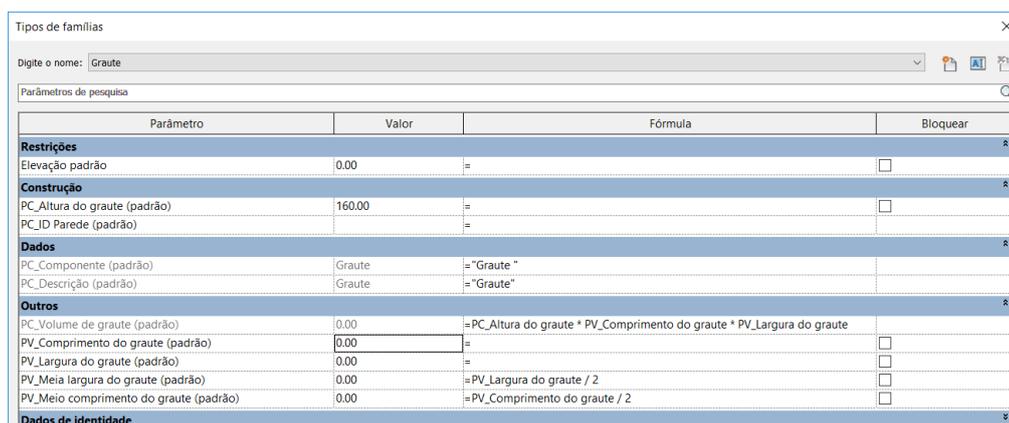
Para promover uma adequada organização, um novo grupo de parâmetros compartilhados foi criado para conceber os parâmetros compartilhados PC\_Volume de graute, PC Comprimento do graute e PC\_Altura do graute, cujo tipo de parâmetro selecionado para o primeiro foi Volume e, para os demais, Linear, seguindo o mesmo mecanismo apresentado nas Figuras 2.9, 2.10 e 2.11, para elaboração de parâmetros compartilhados. O parâmetro de altura do graute foi configurado para compor o grupo de construção, enquanto o parâmetro para seu volume, para constituir o grupo Outros, uma vez que não será permitida sua edição.

O controle das dimensões de sua seção transversal é realizado por meio dos parâmetros PV Comprimento do graute, PV\_Largura do graute, PV\_Meia largura do graute e PV\_Meio comprimento do graute, onde esses são parâmetros de família, do tipo Linear e todos integrados ao Grupo outros, uma vez que o usuário terá essas modificadas de forma semi-automatizada em função do bloco ao qual o graute será empregado. Observa-se que foi necessária a criação de outro parâmetro para o comprimento do bloco, esse como parâmetro de família, por ser aplicado apenas a essa família, para compor seu sistema de resposta a semi automatização de seleção de dimensões do graute, e para evitar conflitos desse com o parâmetro compartilhado criado para seu comprimento, na composição de tabelas, quando esse for empregado na família de graute horizontal.

Nas células Fórmula dos parâmetros de meia dimensão de largura e comprimento, é aplicado o cálculo para suas respectivas definições, dividindo cada parâmetro, por dois. Para a definição do volume de graute, em seu parâmetro, na célula Fórmula, os parâmetros de altura,

comprimento e largura do graute foram multiplicados, correspondendo a expressão matemática para o cálculo de sua volumetria. Para sua identificação, o tipo dessa família foi nomeado como Graute. A janela dos parâmetros integrados à família, assim como seus cálculos e registro de dados é apontado na Figura 3.57.

Figura 3. 57 – Parâmetros integrados a janela de diálogo Tipos de família e suas expressões.

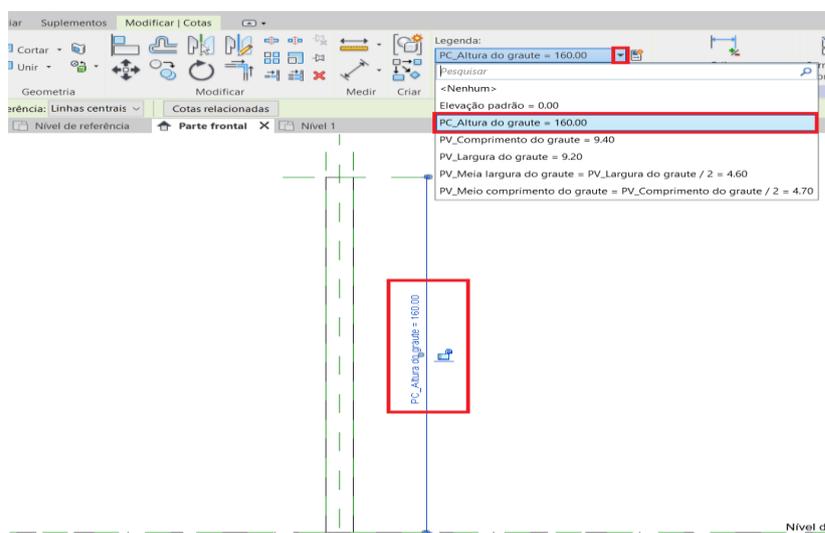


| Parâmetro                              | Valor  | Fórmula  | Bloquear                 |
|--|--------|--|--------------------------|
| <b>Restrições</b>                      |        |  |                          |
| Elevação padrão                        | 0.00   | =  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Construção</b>                      |        |  |                          |
| PC_Altura do graute (padrão)           | 160.00 | =  | <input type="checkbox"/> |
| PC_ID Parede (padrão)                  |        | =  |                          |
| <b>Dados</b>                           |        |  |                          |
| PC_Componente (padrão)                 | Graute | ="Graute "   |                          |
| PC_Descrição (padrão)                  | Graute | ="Graute"  |                          |
| <b>Outros</b>                          |        |  |                          |
| PC_Volume de graute (padrão)           | 0.00   | =PC_Altura do graute * PV_Comprimento do graute * PV_Largura do graute |                          |
| PV_Comprimento do graute (padrão)      | 0.00   | =  | <input type="checkbox"/> |
| PV_Largura do graute (padrão)          | 0.00   | =  | <input type="checkbox"/> |
| PV_Meia largura do graute (padrão)     | 0.00   | =PV_Largura do graute / 2  | <input type="checkbox"/> |
| PV_Meio comprimento do graute (padrão) | 0.00   | =PV_Comprimento do graute / 2  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Dados de identidade</b>             |        |  |                          |

Fonte: Autor

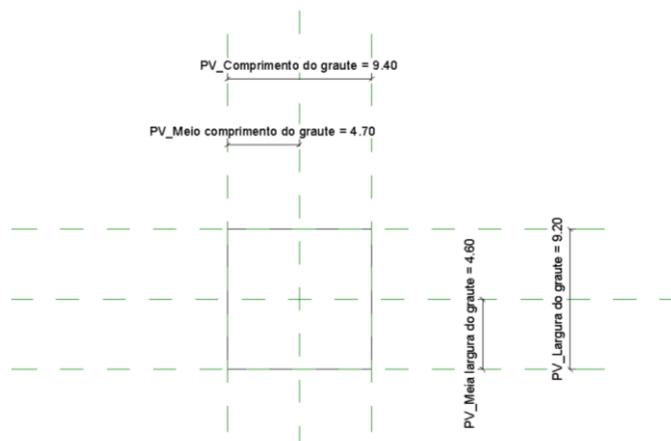
Em posse dos parâmetros pertinentes a família, esses foram associados as suas respectivas cotas, utilizando-se de metodologia análoga a apresentada na seção de modos de atribuição de um parâmetro e lustrada na Figura 2.16. As Figura 3.58 e Figura 3.59, apresentadas abaixo, na devida ordem, demonstram as atribuições dos parâmetros de altura dimensões da seção transversal do graute.

Figura 3. 58 – Parametrização da altura do graute.



Fonte: Autor

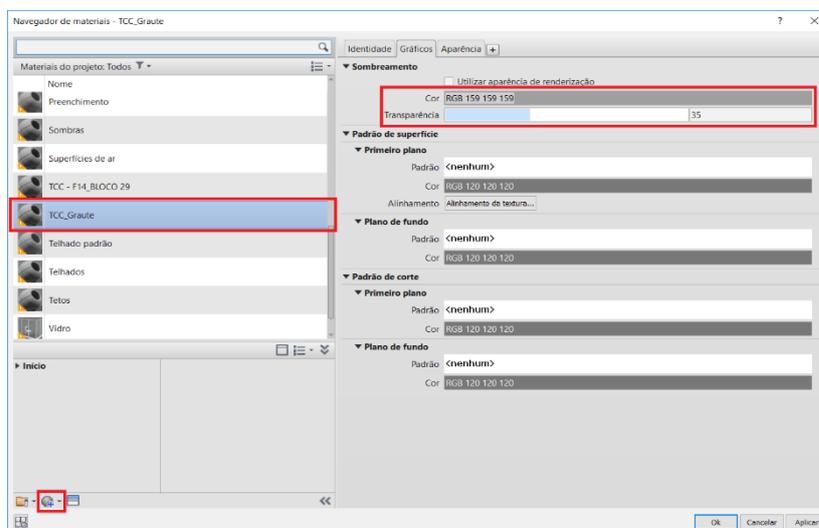
Figura 3. 59 – Resultado da parametrização da seção transversal do graute.



Fonte: Autor

Para fins de visualização e manejo da família do componente de armadura no interior da família de graute, quando esses forem integrados a uma família hospedeira de graute armado, fez-se necessário a elaboração de um material para o graute, cujas suas configurações confirmam um determinado grau de transparência. Sendo assim, foi elaborado o material TCC\_Graute, pelos mesmos procedimentos elucidados na seção de elaboração de novos materiais, na revisão bibliográfica, onde, para esse, como confere a Figura 3.60, foi aplicada uma coloração acinzentada com transparência de 35%. Sua aplicação segue os mesmos preceitos ilustrados na Figura 2.24.

Figura 3. 60 – Criação do material aplicado ao graute.



Fonte: Autor

### 3.2.2.4 FAMÍLIA DE COMPONENTES ANINHADOS COMPOSTA PELO GRAUTE E ARMADURA VERTICAL

Para que o elemento enrijecedor da parede tenha propriedades de resistência da compressão e tração, esse deve ser composto pela união entre o graute, que confere sua resistência a compressão e a armadura, que garante sua resistência a tração.

Com o arquivo de família composta criado e configurado, conforme premissas já mencionadas, inseriu-se as famílias de graute e armadura vertical, por meio da ferramenta Componentes, localizado dentro da aba Criar, seguindo o mesmo procedimento já apresentado para criação da família composta por bloco e argamassa e ilustrado na Figura 3.37.

Esses foram alocados lado a lado, para possibilitar a promoção das devidas configurações, antes da armadura ser introduzida no meio do graute. Ao serem carregadas, cada uma dessas, traz em sua estrutura os parâmetros gerados em sua criação, porém, esses não são carregados diretamente nos parâmetros da família que as hospedam, sendo necessário criá-los também nessa família, ou integrá-los, caso esses sejam parâmetros compartilhados, possibilitando, após a associação entre parâmetros correspondentes, sua manipulação pelo usuário.

Dessa forma, os parâmetros de altura da parede, espessura da laje e comprimento da barra A, assim como os que descrevem o posicionamento das barras A e B foram criados, da mesma forma e com as mesmas configurações que foram concebidos para família de armadura vertical. Discorrendo sobre os parâmetros, é importante ressaltar que esses tiveram que ser criados desde seus princípios, nessa família composta, devido esses serem parâmetros de família. Os parâmetros de identificação de parede e a definição do diâmetro do aço, foi escolhido que seus parâmetros fossem do tipo compartilhado, permitindo que fossem apenas inseridos na nova família composta pela armadura e pelo graute.

Na família de armadura vertical, como visto, foram criados parâmetros de altura de transpasse e de arranque, onde esses, por serem produtos da multiplicação de seus coeficientes com o diâmetro do aço, não são necessários nessa família composta. Desse modo, faz-se necessário que essa família tenha apenas os parâmetros correspondentes aos seus coeficientes, para que o usuário atribua seus valores de acordo com a resistência característica do concreto a compressão e diâmetro de armadura adotados. Esses foram incorporados com as mesmas características aplicadas em suas concepções, dentro da família de armadura vertical.

Para que as informações inseridas pelo usuário promovam as alterações desejadas, esses parâmetros devem ser associados aos parâmetros internos das famílias carregadas. Observa-se que nesse processo ocorrem casos em que um parâmetro, integrado a família que hospeda as demais, é capaz de controlar mais de um parâmetro por família ou pode ser compartilhado entre elas, controlando parâmetros presente em famílias distintas. Nessa família composta ocorrem dois casos como os apontados, onde, por exemplo, o parâmetro de altura de parede, presente nessa, é associado aos parâmetros de altura de graute, da família de graute, e altura de parede, na família de armadura vertical. Por sua vez, o parâmetro de identificação de parede também se associa com os parâmetros de identificação de parede das demais famílias. Para contemplar as associações realizadas nessa composição, o Quadro 3.5 apresenta quais parâmetros das famílias hospedadas são associados aos parâmetros da família hospedeira.

Quadro 3. 7 – Associação entre parâmetros das famílias hospedadas e hospedeira para família composta por armadura e graute vertical.

| Parâmetros da família de componentes aninhados | Parâmetros associados as famílias |                       |
|--|-----------------------------------|-----------------------|
|  | Do graute                         | Da armadura vertical  |
| PF_Altura da parede                            | PF_Altura do graute               | PF_Altura da parede   |
| PC_ID Parede                                   | -                                 | PC_ID Parede          |
| PF_Espessura da laje                           | -                                 | PF_Espessura da laje  |
| PF_Coef. de arranque                           | -                                 | PF_Coef. de arranque  |
| PF_Coef de transpasse                          | -                                 | PF_Coef de transpasse |
| PF_Comp. Da barra A                            | -                                 | PF_Comp. da barra A   |
| PF_Posição da barra A                          | -                                 | PF_Posição da barra A |
| PF_Posição da barra B                          | -                                 | PF_Posição da barra B |
| PC_Diâmetro do aço                             | -                                 | PC_Diâmetro do aço    |

Fonte: Produzido pelo autor

A associação entre parâmetros da família hospedeira e famílias hospedadas é realizada por meio de metodologia similar à apresentada para associação de parâmetros de visibilidade em família composta aninhada composta de bloco e argamassa de assentamento, ilustrada na Figura 3.39, sendo então, considerando os parâmetros do graute como exemplo, selecionada o componente graute para associação do PC\_Altura de graute e PC\_ID parede aos parâmetros PF\_altura de parede e PC\_ID parede, respectivamente, sendo esses últimos, parâmetros da família de componentes aninhados, em concordância ao apresentado no Quadro 3.5. Esse processo foi realizado também para a componente armadura vertical.

As dimensões do graute estão diretamente relacionadas com as dimensões do furo do bloco, uma vez que este é empregado preenchendo-os. Como blocos diferentes podem ter variações nas dimensões de seus furos, para que o usuário não tenha que as definir manualmente, possibilitando a ocorrência de erros e tornando o quantitativo de graute não fidedigno, essas foram automatizadas, por meio de parâmetros, em relação ao bloco ao qual o graute será inserido.

Para iniciar sua automatização, primeiro, um mecanismo de seleção de bloco deve ser criado. Para isso, foi concebido um parâmetro chamado PF\_Modelo dimensional do graute, sendo seu tipo Número inteiro, inserido no grupo Construção ao ser integrado ao Tipos de família. A seleção numérica nesse parâmetro permite que o usuário, ao selecionar um número, que recebeu previamente o registro dimensional do furo do bloco ao qual corresponde, aplique a configuração dimensional do graute relativo ao bloco ao qual esse será inserido.

Pensando em sua efetividade e acessibilidade ao usuário, foi elaborado outro parâmetro que, ao selecionar um número, transmita uma mensagem identificando o bloco ao qual o graute irá incorporar. Esse, denominado PF\_Descrição do graute, foi compreendido no grupo Construção, corresponde ao tipo de parâmetro Texto. Em sua coluna Fórmula a função If foi empregada para condicionar esse parâmetro ao parâmetro de modelo dimensional do graute.

Formatados os parâmetros de seleção e descrição, para consumir a alteração em suas dimensões, outros dois parâmetros foram criados, correspondendo ao comprimento e largura do graute, ambos como parâmetros de família, compondo o grupo Outros de parâmetros e contemplados como tipo linear. Para esses também foi aplicada a função if, correlacionando suas dimensões em função das dimensões de furo do bloco correspondente.

Os parâmetros criados para seleção e descrição, assim como para o controle dimensional do bloco, são apresentados, respectivamente, nas Figura 3.61 e 3.62. Seus códigos, empregados seus controles, podem ser analisados na Figura 3.63, onde nessa estão expostos, de forma ordenada em blocos, o código para identificação, aplicação da largura e de comprimento do graute, cada um desses em uma estrutura sequencial de declarações condicionais, separadas em linhas que compreendem a estrutura lógica de condição e o resultado verdadeiro, sendo no final de cada bloco, apresentado o resultado falso para o conjunto, segundo a estruturação enfatizada na seção 2.3.4.3.2, da revisão bibliográfica. Cabe salientar que em sua aplicação na célula Fórmula, essas são compostas em linha única.

Figura 3. 61 – Apresentação de parâmetros de seleção de modelo dimensional do graute e sua descrição.

| Parâmetro                                | Valor                 | Fórmula  |
|--|-----------------------|--|
| <b>Construção</b>                        |                       |  |
| PC_ID Parede (padrão)                    |                       | =  |
| PF_Altura da parede (padrão)             | 300.00                | =  |
| PF_Espessura da laje (padrão)            | 15.00                 | =  |
| PF_Coef. de arranque (padrão)            | 40.000000             | =  |
| PF_Coef. de transpasse (padrão)          | 40.000000             | =  |
| PC_Diâmetro do aço (padrão)              | 1.25                  | =  |
| PF_Comprimento da barra A (padrão)       | 180.00                | =  |
| PF_Posição da barra A (padrão)           |                       | =  |
| PF_Posição da barra B (padrão)           |                       | =  |
| PF_Modelo dimensional do graute (padrão) | 2                     | =  |
| PF_Descrição do graute (padrão)          | Graute do bloco 14x19 | =if(PF_Modelo dimensional do graute = 1, "Graute do bloco 14x14", if(PF_Modelo dimensional do graute = 2, "Graute do bloco 14x19", if(PF_Modelo dimensional do graute = 3, "Graute do bloco 14x14", "Graute do bloco 14x19"))) |

Fonte: Autor

Figura 3. 62 – Apresentação de parâmetros dimensionais de comprimento e largura do graute.

| Parâmetro                                | Valor                 | Fórmula  |
|--|-----------------------|--|
| <b>Construção</b>                        |                       |  |
| PC_ID Parede (padrão)                    |                       | =  |
| PF_Altura da parede (padrão)             | 300.00                | =  |
| PF_Espessura da laje (padrão)            | 15.00                 | =  |
| PF_Coef. de arranque (padrão)            | 40.000000             | =  |
| PF_Coef. de transpasse (padrão)          | 40.000000             | =  |
| PC_Diâmetro do aço (padrão)              | 1.25                  | =  |
| PF_Comprimento da barra A (padrão)       | 180.00                | =  |
| PF_Posição da barra A (padrão)           |                       | =  |
| PF_Posição da barra B (padrão)           |                       | =  |
| PF_Modelo dimensional do graute (padrão) | 2                     | =  |
| PF_Descrição do graute (padrão)          | Graute do bloco 14x19 | =if(PF_Modelo dimensional do graute = 1, "Graute do bloco 14x14", if(PF_Modelo dimensional do graute = 2, "Graute do bloco 14x19", if(PF_Modelo dimensional do graute = 3, "Graute do bloco 14x14", "Graute do bloco 14x19"))) |
| <b>Dados</b>                             |                       |  |
| <b>Outros</b>                            |                       |  |
| PV_Comprimento do graute (padrão)        | 9.40                  | =if(PF_Modelo dimensional do graute = 1, 9 cm, if(PF_Modelo dimensional do graute = 2, 9.4 cm, if(PF_Modelo dimensional do graute = 3, 9.2 cm, 9.4 cm)))   |
| PV_Largura graute (padrão)               | 9.20                  | =if(PF_Modelo dimensional do graute = 1, 9 cm, if(PF_Modelo dimensional do graute = 2, 9.2 cm, if(PF_Modelo dimensional do graute = 3, 9.4 cm, 9.2 cm)))   |
| <b>Dados de identidade</b>               |                       |  |

Fonte: Autor

Figura 3. 63 – Estrutura lógica aplicada aos parâmetros de controle dimensional semi automatizado

```

if(PF_Modelo dimensional do graute = 1, "Graute do bloco 14x14",
if(PF_Modelo dimensional do graute = 2, "Graute do bloco 14x19",
if(PF_Modelo dimensional do graute = 3, "Graute do bloco 14x24",
if(PF_Modelo dimensional do graute = 4, "Graute do bloco 14x29",
if(PF_Modelo dimensional do graute = 5, "Graute do bloco 14x44",
"Dimensão de graute não cadastrado"))))

if(PF_Modelo dimensional do graute = 1, 9,
if(PF_Modelo dimensional do graute = 2, 9.2,
if(PF_Modelo dimensional do graute = 3, 9.6,
if(PF_Modelo dimensional do graute = 4, 9.6,
if(PF_Modelo dimensional do graute = 5, 9,
50))))

if(PF_Modelo dimensional do graute = 1, 9,
if(PF_Modelo dimensional do graute = 2, 9.4,
if(PF_Modelo dimensional do graute = 3, 10.9,
if(PF_Modelo dimensional do graute = 4, 12.2,
if(PF_Modelo dimensional do graute = 5, 9.2,
50))))

```

Fonte: Autor

Em observação da Figura 3.63, é evidenciado que, caso um número menor que 1 ou maior que 5 for aplicado ao parâmetro de modelo dimensional do graute, a mensagem “Dimensão de graute não cadastrado” surgirá no parâmetro de descrição do graute e as dimensões do componente extrapolarão as do furo, indicando que não há bloco cadastrado para o número digitado.

Após a nomeação do tipo de família como Graute e armadura vertical e concluída concepção de parâmetros, esses devem ser associados a elemento de interesse, no caso, o graute conforme já realizado para demais parâmetros dessa família de elementos compostos.

Como será abordado na seção de representação gráfica, para o graute, faz-se o por meio de aplicação e edição de hachuras, onde sua seleção, para isso, é realizada por meio da ferramenta de filtros. Porém, ao aplica-la, essa ferramenta não permite a seleção do elemento por meio de parâmetros criados, sendo possível apenas por meio de parâmetros de sistema. Desse modo, no parâmetro de sistema de descrição, presente no grupo de parâmetros chamado Dados de identidade, na família composta pelo graute e armadura, “Graute” foi registrado para permitir que essa seja realizada, como mostra a Figura 3.64.

Figura 3. 64 – Registro do termo “graute” na célula Fórmula do parâmetro Descrição.

| Parâmetro                                | Valor                 | Fórmula  | Bloquear                 |
|--|-----------------------|--|--------------------------|
| PF_Modelo dimensional do graute (padrão) | 2                     | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Descrição do graute (padrão)          | Graute do bloco 14x19 | =if(PF_Modelo dimensional do graute = 1, "Gra  |                          |
| <b>Dados</b>                             |                       |  |                          |
| PC_Componente (padrão)                   | Barra de aço          | "=Barra de aço "                               |                          |
| PC_Descrição (padrão)                    | Barra de aço vertical | "=Barra de aço vertical"                       |                          |
| <b>Outros</b>                            |                       |  |                          |
| PV_Comprimento do graute (padrão)        | 9.40                  | =if(PF_Modelo dimensional do graute = 1, 9 cm, | <input type="checkbox"/> |
| PV_Largura graute (padrão)               | 9.20                  | =if(PF_Modelo dimensional do graute = 1, 9 cm, | <input type="checkbox"/> |
| <b>Dados de identidade</b>               |                       |  |                          |
| Tipo de imagem                           | <Nenhum>              | =  |                          |
| Nota-chave                               |                       | =  |                          |
| Modelo                                   |                       | =  |                          |
| Fabricante                               |                       | =  |                          |
| Comentários de tipos                     |                       | =  |                          |
| URL                                      |                       | =  |                          |
| Descrição                                | Graute                | "=Graute"                                      |                          |

Fonte: Autor

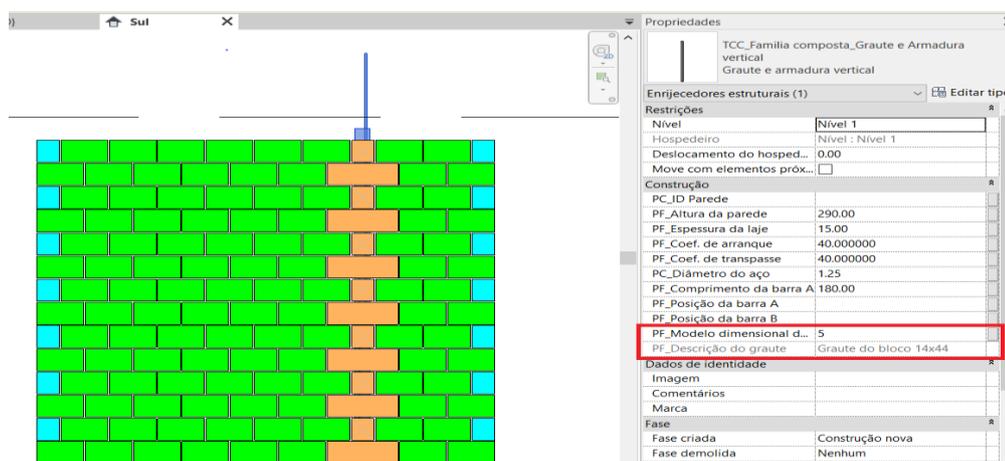
Para o emprego dessa família aninhada em projeto, os elementos, antes separados para facilitar suas parametrizações, foram reposicionados de forma que a armadura seja envolta pelo graute. Para isso ambas as famílias foram posicionadas com seus centros geométricos sobre o encontro dos eixos de coordenadas do projeto, pela vista de planta chamada Nível de referência. O encontro entre eixos corresponde ao ponto de origem (0,0) do arquivo de família composta.

### 3.2.2.5 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS VERTICAIS

Para iniciar a configuração das representações gráficas para a documentação de projeto, um novo arquivo de projeto foi criado e, nesse, um protótipo de parede foi elaborado para correta demonstração do produto das configurações aplicadas.

Em posse do protótipo de parede devidamente elaborado, dentro desse, a família composta foi carregada e inserida no interior dos furos dos blocos que fazem parte do encontro entre paredes perpendiculares, compondo um reforço em sua amarração. Como nessa foram empregados blocos 14x44, no parâmetro de modelo dimensional do graute foi selecionado o número 5, ocasionando a indicação, em seu parâmetro de descrição, de a qual bloco esse graute deve ser aplicado, comprovando a funcionalidade esperada da semi automatização dimensional do graute, como é exibido na Figura 3.65.

Figura 3. 65 – Resultado da parametrização da seção transversal do graute.



Fonte: Autor

#### 3.2.2.5.1 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ARMADURA EM ELEVAÇÕES FRONTAL E POSTERIOR

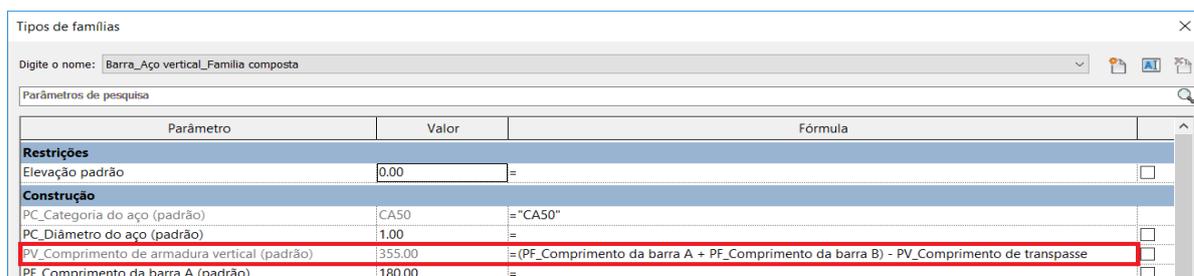
Na comunicação visual da documentação de projeto, em vista de elevação, foi convencionado que a armadura vertical será representada por uma linha azul compreendendo o comprimento da armadura vertical. Para essas, duas representações foram criadas, uma como uma linha única, correspondendo a altura total de armadura vertical necessária, posicionada dentro no centro geométrico do graute, e outra representando o comprimento de cada uma das barras que compõem a armadura vertical.

A criação das linhas e suas configurações devem ser executadas dentro da família de armadura vertical. Sendo assim, tendo aberto esse arquivo, na vista de elevação frontal, primeiramente, um plano de referência foi inserido em sentido horizontal e desse foi implementada uma cota desse plano até o eixo horizontal do arquivo, chamado Nível de referência 0.

Nessa cota foi vinculado um parâmetro, o PV\_Comprimento de armadura vertical, correspondente ao comprimento total da armadura, sendo esse incorporado ao grupo de parâmetros Construção, como parâmetro do tipo Linear e em sua célula Fórmulas, para conferir o controle de comprimento, foi aplicada a soma dos parâmetros de comprimento das barras A e B e, dessa, subtraído o comprimento de transpasse.

Abaixo, as Figuras 3.66 e 3.67 ilustram, na ordem, a implementação do parâmetro na família e a atribuição desse junto a cota de comprimento total da barra.

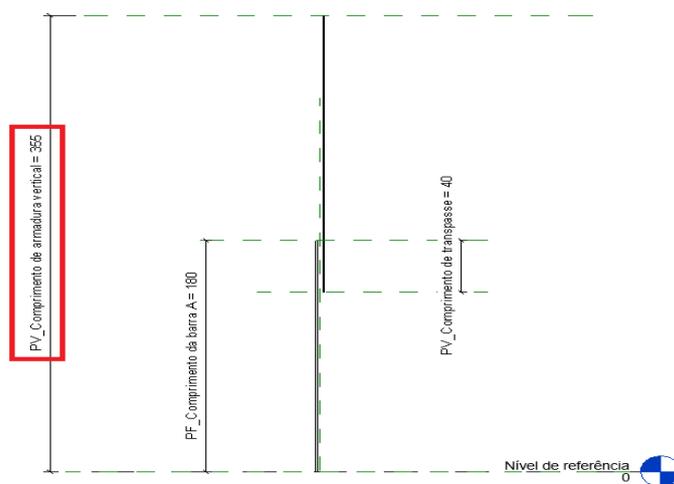
Figura 3. 66 – Implementação do parâmetro de comprimento da armadura vertical.



| Parâmetro   | Valor         | Fórmula  |
|---|---------------|--|
| <b>Restrições</b>                                   |               |  |
| Elevação padrão                                     | 0.00          | =  |
| <b>Construção</b>                                   |               |  |
| PC_Categoria do aço (padrão)                        | CA50          | = "CA50"   |
| PC_Diâmetro do aço (padrão)                         | 1.00          | =  |
| <b>PV_Comprimento de armadura vertical (padrão)</b> | <b>355.00</b> | <b>=(PF_Comprimento da barra A + PF_Comprimento da barra B) - PV_Comprimento de transpasse</b> |
| PF_Comprimento da barra A (padrão)                  | 180.00        | =  |

Fonte: Autor

Figura 3. 67 – Cota associada ao parâmetro de comprimento da armadura vertical.

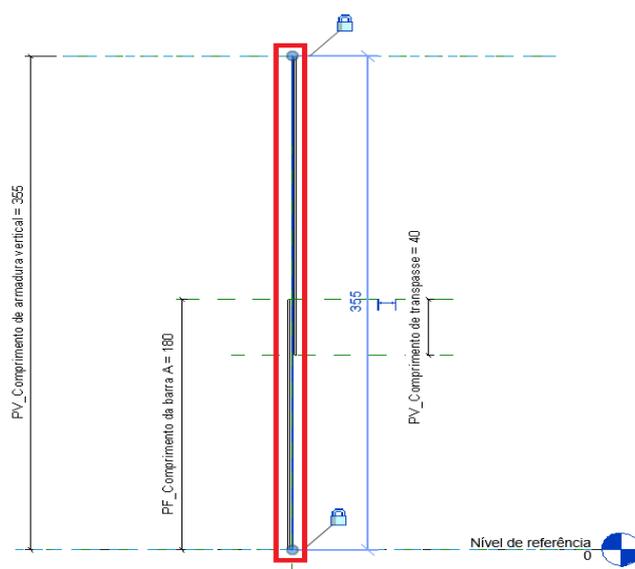


Fonte: Autor

A linha de representação foi criada acessando a ferramenta Estilos de objeto, presente na aba Gerenciar. Nomeada como Armadura vertical de representação de elevação, na cor azul, a linha foi configurada para ter o padrão sólido e espessura 2 para as situações de corte e projeção, sendo que essa espessura, na prática, varia conforme a escala de projeto. O procedimento para sua criação é o mesmo apresentado na seção 2.3.6.3, que aborda também sobre a edição de estilos de linhas, cuja Figura 2.26 ilustrou o processo de acesso ao menu de criação.

Após sua configuração, através da ferramenta de inserção de linha simbólica, presente na aba Anotar, como visto para blocos na Figura 3.15, essa linha foi traçada e suas extremidades foram restringidas aos planos de referência correspondentes aos limites do comprimento da barra. Por meio da ferramenta de alinhar, essa foi sobreposta ao plano vertical, que corresponde ao eixo do arquivo, sendo aplicada sua restrição sobre esse, conforme Figura 3.68.

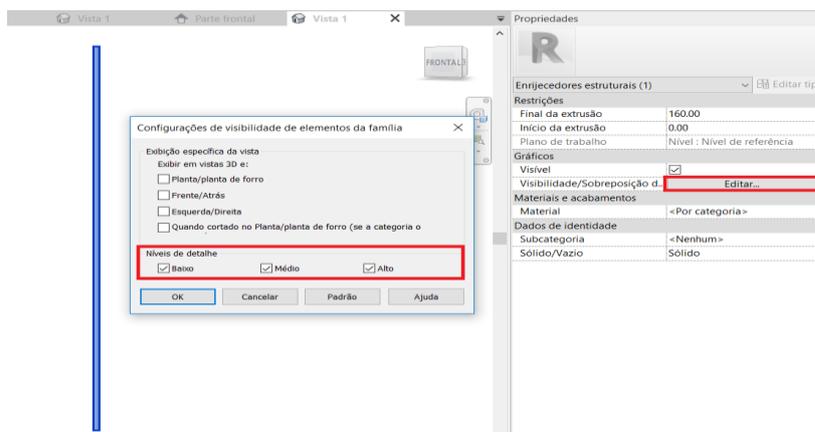
Figura 3. 68 – Inserção de linha simbólica para representação gráfica do comprimento de armadura vertical.



Fonte: Autor

Com a intenção de que as barras sejam visíveis apenas para a vista 3D, no arquivo de família de barra de aço vertical, a sua visibilidade foi editada selecionando a barra e, em suas propriedades, no menu Gráficos, na ferramenta de Visibilidade/Sobreposição de gráficos, clicando em editar, como mostra a Figura 3.69, manteve-se marcado apenas as opções para visibilidade dos três níveis de detalhamento do elemento. Encerrada essa configuração, a família de barra de aço foi carregada novamente dentro da família de armadura vertical.

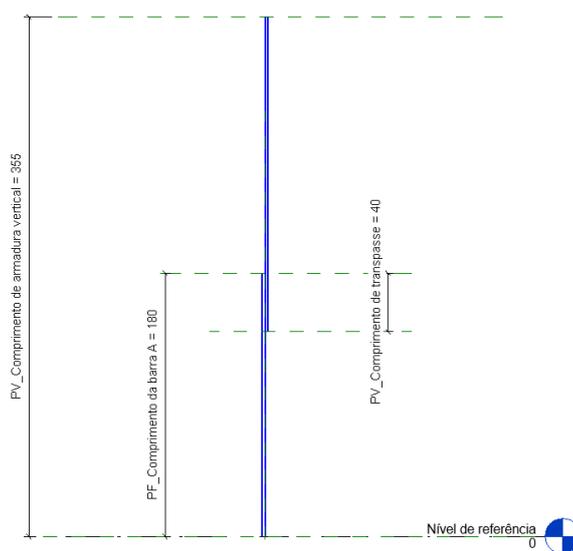
Figura 3. 69 – Edição de visibilidade da família de barra de aço vertical.



Fonte: Autor

Concluída a representação do comprimento total da armadura em elevação, iniciou-se a elaboração da representação das barras individuais, dentro da família de armadura vertical, de forma que essa seja atribuída ao detalhamento da armadura. Para isso, traçou-se duas linhas simbólicas composta pelo tipo de linha criado para representação de armadura, posicionadas de forma sobrepostas as barras A e B. Conforme exibido na Figura 3.70, suas extremidades sofreram as mesmas restrições aos planos de referência que as barras as quais representam.

Figura 3. 70 – Representação gráfica das barras que compõem a armadura vertical.



Fonte: Autor

Como essas duas representações gráficas são aplicadas em situações distintas, criou-se controles de visibilidade para essas. Os parâmetros desenvolvidos para isso foram do tipo

Sim/Não, para permitir o controle de ligar ou desligar suas visibilidades, contemplando o grupo Outros, uma vez que o usuário não terá acesso diretamente a esses parâmetros.

Os parâmetros, que podem ser analisados na Figura 3.71, foram nomeados como PV\_Detalhamento de armadura e PV\_Representação da armadura em elevação, para controlar, nessa ordem, a visibilidade das barras e o comprimento total da armadura no interior do graute. Para efetivar seus controles, as linhas que representam as barras foram selecionadas e a elas, por meio de suas propriedades, no canto extremo direito do campo visível, em gráficos, foram associadas o parâmetro de detalhamento de armadura. A linha que representa o comprimento total da armadura, foi associada ao parâmetro de representação da armadura em elevação. Esse procedimento é similar ao realizado para o controle de visibilidade de argamassa, na Figura 3.31.

Figura 3. 71 – Parâmetros de visibilidade criados para representação gráfica da armadura.

| Parâmetro   | Valor                    | Fórmula                                       | Bloquear                 |
|---|--------------------------|---|--------------------------|
| PF_Coef. de transpasse (padrão)                   | 40.000000                | =   |                          |
| PF_Coef. de arranque (padrão)                     | 40.000000                | =   |                          |
| PF_Espessura da laje (padrão)                     | 15.00                    | =   | <input type="checkbox"/> |
| PF_Altura da parede (padrão)                      | 300.00                   | =   | <input type="checkbox"/> |
| PC_ID Parede (padrão)                             |                          | =   |                          |
| <b>Dados</b>                                      |                          |   |                          |
| PC_Componente (padrão)                            | Barra de aço             | = "Barra de aço"                              |                          |
| PC_Descrição (padrão)                             | Barra de aço vertical    | = "Barra de aço vertical"                     |                          |
| <b>Outros</b>                                     |                          |   |                          |
| PV Comprimento de arranque (padrão)               | 40.00                    | = PF_Coef. de arranque * PC_Diâmetro do aço   | <input type="checkbox"/> |
| PV Comprimento de transpasse (padrão)             | 40.00                    | = PF_Coef. de transpasse * PC_Diâmetro do aço | <input type="checkbox"/> |
| PV_Detalhamento de armadura (padrão)              | <input type="checkbox"/> |   |                          |
| PV_Representação da armadura em elevação (padrão) | <input type="checkbox"/> |   |                          |

Fonte: Autor

Com esse procedimento concluído, a família de armadura vertical foi carregada novamente para integrar a família de componentes aninhados, composta por essa e a família de graute. Com o objetivo de permitir que o usuário tenha controle sobre qual visibilidade que deseja ter, o parâmetro denominado PF\_Detalhamento de armadura foi criado, respeitando as mesmas configurações aplicadas para criação do parâmetro PV\_Detalhamento de armadura, dentro da família de armadura vertical. Nessa, ainda, os parâmetros PV\_Detalhamento de armadura e PV\_Representação da armadura em elevação foram criados seguindo as mesmas diretrizes e configurações aplicadas para suas elaborações dentro da família de parâmetros aninhados de armadura vertical.

Para os parâmetros PV\_Detalhamento de armadura e PV\_Representação da armadura em elevação, dentro da família composta, foi aplicada a declaração condicional If, onde, como ilustrado nas Figura 3.72 e 3.73, em ordem, quando o usuário ativa, no grupo de Construção, o PF\_Detalhamento da armadura, o parâmetro PV\_Detalhamento da armadura, presente no grupo Outros, é ativado e o PV\_Representação da armadura em elevação permanece desativado. Por outro lado, quando o parâmetro PF\_Detalhamento da armadura é desativado, o parâmetro PV\_Representação da armadura em elevação é ativado e o PV\_Detalhamento da armadura é

desativado, esses alocados no grupo de parâmetros Outros. Abaixo são apresentadas as estruturas condicionais aplicadas na célula Fórmula da família, em ordem, para o PV\_Detalhamento de armadura e PV\_Representação da armadura em elevação:

$\text{IF}(\text{Detalhamento da armadura}, 1 > 0, 1 < 0)$

$\text{IF}(\text{Detalhamento da armadura}, 1 < 0, 1 > 0)$

Figura 3. 72 – Funcionamento da ativação do parâmetro PF\_Detalhamento da armadura.

| Parâmetro   | Valor                               | Fórmula  | BI ^                     |
|---|-------------------------------------|--|--------------------------|
| PF_Coef. de arranque (padrão)                     | 40.000000                           | =  |                          |
| PF_Coef. de transpasse (padrão)                   | 40.000000                           | =  |                          |
| PC_Diâmetro do aço (padrão)                       | 1.25                                | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Comprimento da barra A (padrão)                | 180.00                              | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Posição da barra A (padrão)                    |                                     | =  |                          |
| PF_Posição da barra B (padrão)                    |                                     | =  |                          |
| PF_Modelo dimensional do graute (padrão)          | 2                                   | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Descrição do graute (padrão)                   | Graute do bloco 14x19               | =if(PF_Modelo dimensional do graute = 1, "Graute do bloco 14x14"; if(PF_Modelo |                          |
| <b>PF_Detalhamento da armadura (padrão)</b>       | <input checked="" type="checkbox"/> |  |                          |
| <b>Dados</b>                                      |                                     |  |                          |
| PC_Componente (padrão)                            | Barra de aço                        | "Barra de aço "  |                          |
| PC_Descrição (padrão)                             | Barra de aço vertical               | "Barra de aço vertical"  |                          |
| <b>Outros</b>                                     |                                     |  |                          |
| PV_Comprimento do graute (padrão)                 | 9.40                                | =if(PF_Modelo dimensional do graute = 1, 9 cm, if(PF_Modelo dimensional do gra | <input type="checkbox"/> |
| PV_Largura graute (padrão)                        | 9.20                                | =if(PF_Modelo dimensional do graute = 1, 9 cm, if(PF_Modelo dimensional do gra | <input type="checkbox"/> |
| <b>PV_Detalhamento de armadura (padrão)</b>       | <input checked="" type="checkbox"/> | =if(PF_Detalhamento da armadura, 1 > 0, 1 < 0)                                 |                          |
| PV_Representação da armadura em elevação (padrão) | <input type="checkbox"/>            | =if(PF_Detalhamento da armadura, 1 < 0, 1 > 0)                                 |                          |
| <b>Dados de identidade</b>                        |                                     |  |                          |

Fonte: Autor

Figura 3. 73 – Funcionamento da desativação do parâmetro PF\_Detalhamento da armadura.

| Parâmetro   | Valor                               | Fórmula  | BI ^                     |
|---|-------------------------------------|--|--------------------------|
| PF_Coef. de arranque (padrão)                     | 40.000000                           | =  |                          |
| PF_Coef. de transpasse (padrão)                   | 40.000000                           | =  |                          |
| PC_Diâmetro do aço (padrão)                       | 1.25                                | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Comprimento da barra A (padrão)                | 180.00                              | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Posição da barra A (padrão)                    |                                     | =  |                          |
| PF_Posição da barra B (padrão)                    |                                     | =  |                          |
| PF_Modelo dimensional do graute (padrão)          | 2                                   | =  | <input type="checkbox"/> |
| PF_Descrição do graute (padrão)                   | Graute do bloco 14x19               | =if(PF_Modelo dimensional do graute = 1, "Graute do bloco 14x14"; if(PF_Modelo |                          |
| <b>PF_Detalhamento da armadura (padrão)</b>       | <input type="checkbox"/>            |  |                          |
| <b>Dados</b>                                      |                                     |  |                          |
| PC_Componente (padrão)                            | Barra de aço                        | "Barra de aço "  |                          |
| PC_Descrição (padrão)                             | Barra de aço vertical               | "Barra de aço vertical"  |                          |
| <b>Outros</b>                                     |                                     |  |                          |
| PV_Comprimento do graute (padrão)                 | 9.40                                | =if(PF_Modelo dimensional do graute = 1, 9 cm, if(PF_Modelo dimensional do gra | <input type="checkbox"/> |
| PV_Largura graute (padrão)                        | 9.20                                | =if(PF_Modelo dimensional do graute = 1, 9 cm, if(PF_Modelo dimensional do gra | <input type="checkbox"/> |
| <b>PV_Detalhamento de armadura (padrão)</b>       | <input type="checkbox"/>            | =if(PF_Detalhamento da armadura, 1 > 0, 1 < 0)                                 |                          |
| PV_Representação da armadura em elevação (padrão) | <input checked="" type="checkbox"/> | =if(PF_Detalhamento da armadura, 1 < 0, 1 > 0)                                 |                          |
| <b>Dados de identidade</b>                        |                                     |  |                          |

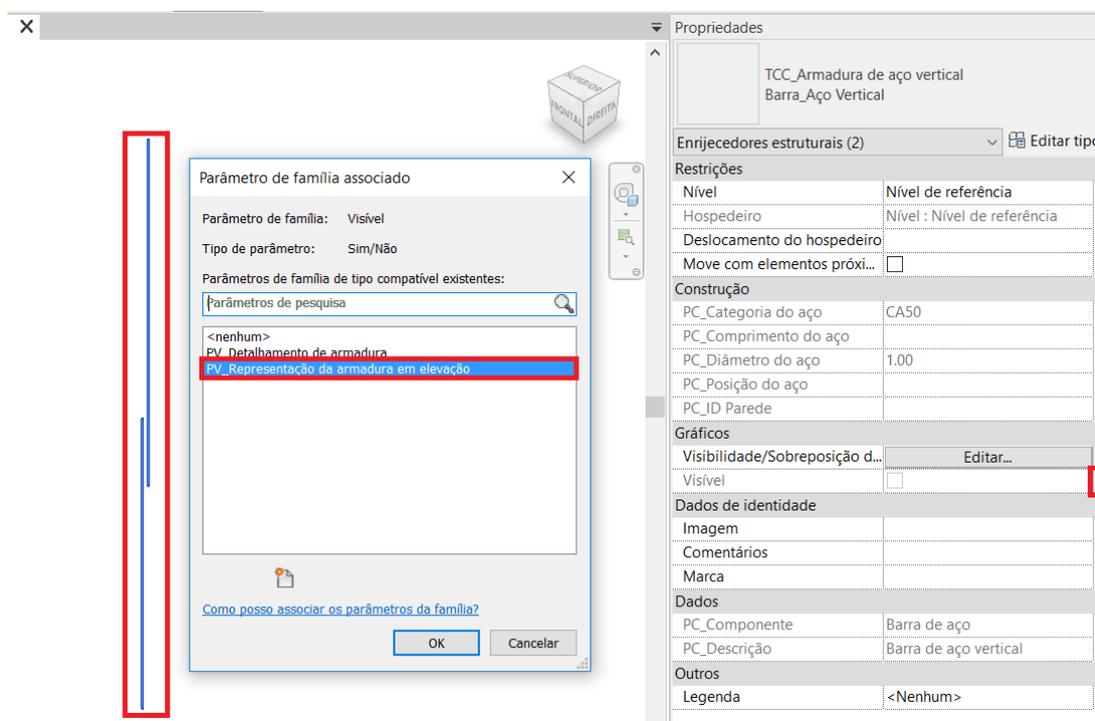
Fonte: Autor

Com o correto funcionamento dos controles apresentados acima, na família de graute e armadura vertical, associou-se seus parâmetros com os presentes na família da armadura, por meio de processo similar ao empregado para associação entre parâmetros da família de componentes aninhados composta pelo bloco estrutural e a argamassa de assentamento. Aqui, os parâmetros PV\_Detalhamento de armadura e PV\_Representação da armadura em elevação foram associados com os mesmos, presentes na família de componentes aninhados da armadura vertical.

### 3.2.2.5.2 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE ARMADURA E GRAUTE EM VISTA 3D

Analisando a situação para a vista 3D, se a representação das barras permanecerem visíveis, durante a ativação do detalhamento da armadura, essas serão contabilizadas mais de uma vez, prejudicando o quantitativo. Sendo assim, é necessário atribuir sua visibilidade aos parâmetros criados. Dessa forma, conforme Figura 3.74, o arquivo da família de armadura vertical foi aberto e, em sua vista 3D, as barras da armadura foram selecionadas e suas visibilidades, na ferramenta Parâmetros de família associado, foram vinculadas ao parâmetro de representação da armadura em elevação, para que essas sejam visíveis, em vista 3D, apenas quando o detalhamento de armadura estiver desativo. Após essa associação ser efetuada, a família foi carregada na família composta de graute e armadura vertical.

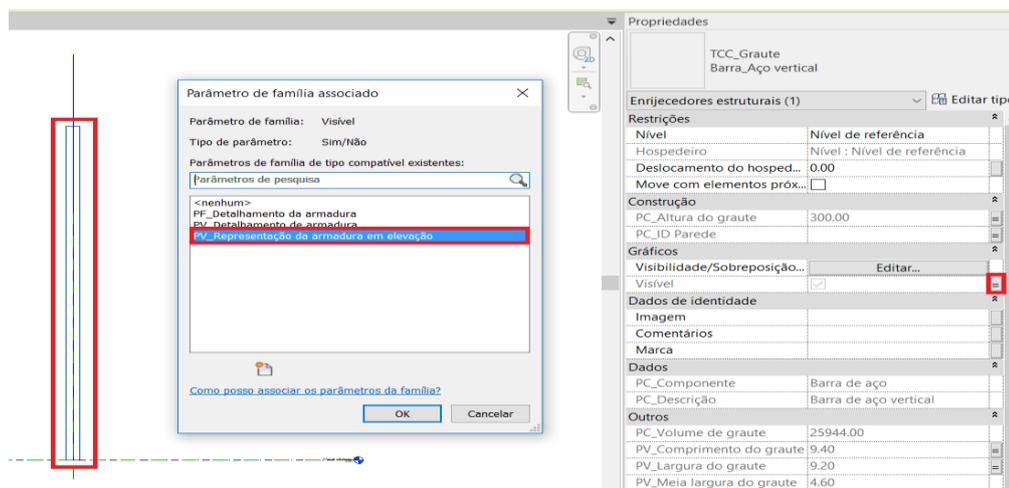
Figura 3. 74 – Associação da visibilidade da armadura ao parâmetro de representação gráfica da armadura em elevação.



Fonte: Autor

Agora, com o arquivo da família composta aberto, fez-se necessário configurar a visibilidade do graute em termos vista em 3D. De forma similar a realizada para a armadura, o graute foi selecionado e, em suas propriedades, esse foi vinculado, por meio de Parâmetros de família associado, ao parâmetro de representação da armadura em elevação, como evidenciado na Figura 3.75.

Figura 3. 75 – Associação da visibilidade do graute ao parâmetro de representação gráfica da armadura em elevação.



Fonte: Autor

### 3.2.2.5.3 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO GRAUTE EM VISTA DE ELEVAÇÃO FRONTAL E POSTERIOR

A representação gráfica do graute deve ser configurada através de hachuras. Essas não devem ser realizadas dentro da criação de famílias, mas sim no projeto em que essas são aplicadas. Dessa forma, pela vista de elevação Sul, em arquivo de projeto, foi criado um filtro para seleção do graute, de modo que esse receba a configuração de hachura desejada. Sua concepção ocorreu por meio das ferramentas presentes na aba Filtro, disponível dentro ferramenta de visibilidade/sobreposição de gráfico, na guia Vista.

No menu Filtros, para criação de um novo, fez-se necessária a seleção de categoria que esse abrangerá, o parâmetro para o qual esse será empregado, a regra utilizada para que sua seleção seja efetuada e a qual informação registrada nesse parâmetro será empregada a hachura. Para o novo filtro, foi selecionada a categoria Enrijecedores estruturais, com o parâmetro Descrição, onde a regra vigente foi que seja igual à informação registrada para identificação do elemento que, no caso, corresponde ao graute.

Vale ressaltar que, como abordado no momento da parametrização da família composta pelo graute e armadura de aço, na seleção do parâmetro, o filtro não apresenta os parâmetros criados para essa, sendo apenas listados os parâmetros de sistema. Devido ao exposto, no parâmetro de sistema denominado Descrição, presente no grupo Dados de identidade, foi preenchido o termo “Graute” em sua coluna de fórmula, como foi apresentado na Figura 3.64.

O processo de criação de filtro segue o mesmo processo abordado na seção de elaboração e configuração de visibilidade e sobreposição de gráficos em vista de projeto, segundo preceitos e acesso as ferramentas e configurações expostos nas Figuras 2.35, 2.39 e 2.40.

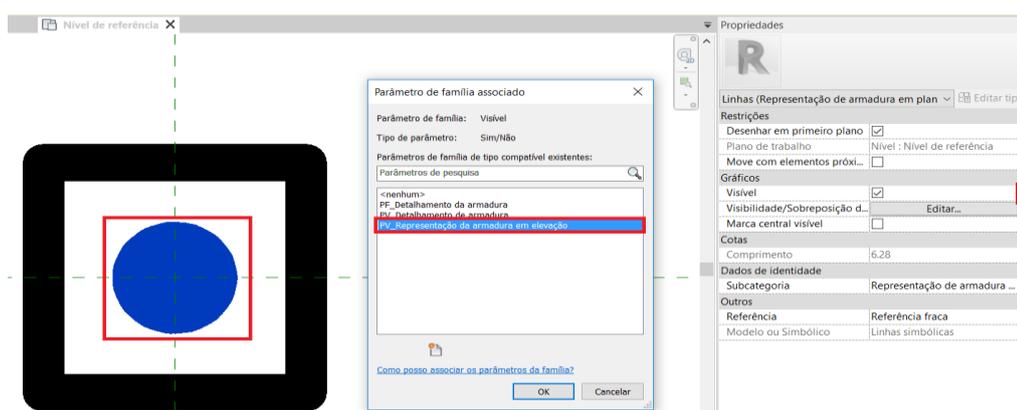
#### 3.2.2.5.4 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE ARMADURA E GRAUTE EM VISTA DE PLANTA

Conforme já mencionado, para a representação de barra de aço, onde essa ocorre predominantemente por meio de linhas, sua edição deve ser feita dentro das famílias e no caso do graute, por se tratar de representações de superfície, por meio da aplicação de hachuras.

Começando pela edição das configurações de representação gráfica das armaduras em vista de planta, o arquivo da família composta pelo graute e armadura foi aberto e nesse foi criado um novo estilo de linha, por meio da ferramenta Estilo de objeto, presente na aba Gerenciar, seguindo processo similar ao ilustrado na Figura 2.26, realizado na seção 2.3.6.3. Essa foi denominada como Representação de armadura em planta, configurada para ter a cor preta, com espessura, em projeção e corte, de 2 e ser do padrão sólido de linha.

Com a linha criada, por meio da ferramenta Linhas simbólicas, cujo acesso já foi apresentado na Figura 3.15, foi inserida a representação da armadura no interior do graute e, como exibido na Figura 3.76, essa foi associada, por meio de suas configurações de visibilidade, ao parâmetro PV\_Representação da armadura em elevação, para que essa seja visível, em vista de planta, apenas quando esse estiver ativado. Encerrado as configurações de linha para a armadura, essa família foi carregada novamente para o projeto.

Figura 3. 76 – Associação da linha simbólica ao parâmetro de controle de visibilidade de representação da armadura em elevação.

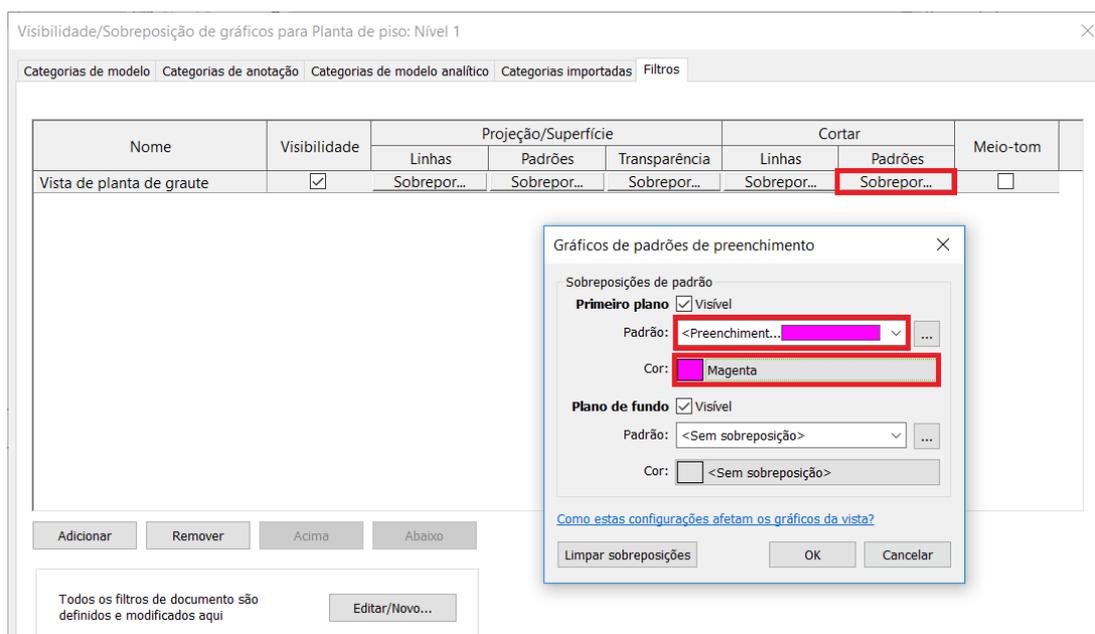


Fonte: Autor

Agora, em arquivo de projeto, iniciou-se a edição da representação do graute em vista de planta. Para isso, como foi realizado para a vista de elevação, um novo filtro de seleção do graute foi criado, denominado Vista de planta de graute, com as mesmas configurações de

seleção apresentados na Figura 2.40. Para esse, como declarado na Figura 3.77, em seus padrões aplicados na condição de visibilidade de vista de corte, uma vez que em vista de planta se origina de um corte horizontal em altura de 1,20 m, partindo do nível de planta de piso, foi atribuído a cor magenta e o preenchimento sólido para o graute.

Figura 3. 77 – Configuração de hachura para graute em vista de planta.



Fonte: Autor

### 3.2.2.5.5 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ARMADURA EM ELEVAÇÕES LATERAIS

A representação por elevação lateral leva em consideração a exibição da armadura para o usuário, para que, por meio dessa, esse tenha um referencial de quando aquela armadura está, ou não, inserida na elevação em que se está trabalhando. Para esse trabalho foi padronizado que, caso a armadura não esteja compondo a elevação que esse está visualizando, essa deve ser representada por uma linha pontilhada na cor vermelha.

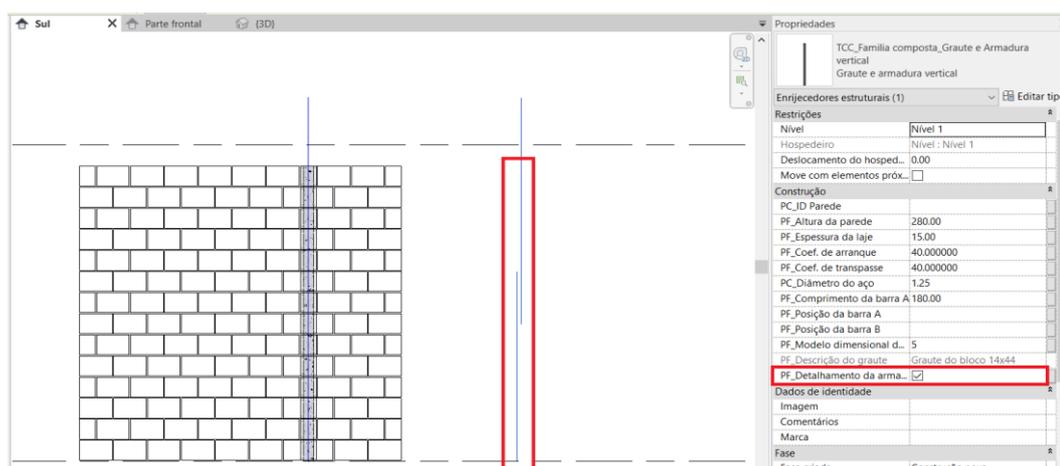
Para isso, por meio do arquivo da família de armadura vertical, aos moldes de como foi elaborado para a representação nas vistas de planta e elevação, um novo estilo de linha, intitulada como Armadura vertical em representação lateral, na cor vermelha, espessura número 3 e no padrão de linha tracejada, foi criada. Essa foi inserida em vista lateral, sendo restringida junto ao eixo vertical da família e tendo suas extremidades restringidas juntamente aos planos de referência que governam o comprimento total da armadura.

### 3.2.2.5.6 TESTAGEM DAS REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS DAS FAMÍLIAS EM PROJETO

Para a demonstração e teste das configurações empregadas no detalhamento da armadura em suas representações nas diferentes vistas, a família composta pelo graute e armadura vertical foi carregada no projeto.

Em sua vista de elevação frontal, do graute armado, inserido na amarração de parede, foi feita uma cópia ao lado da parede. Essa foi selecionada e, em suas propriedades, como apresentado na Figura 3.78, o parâmetro de detalhamento da armadura foi ativado, fazendo com que o graute em seu entorno se tornasse invisível e a duas barras, para a futura inserção de informações, como diâmetros e comprimentos, se tornassem visíveis. A armadura, dentro do graute de amarração, por sua vez, que apresenta o parâmetro de detalhamento da armadura desativado, foi representada por uma linha contínua estendida por todo o comprimento da armadura. Essa mesma representação é visualizada pela vista posterior do projeto.

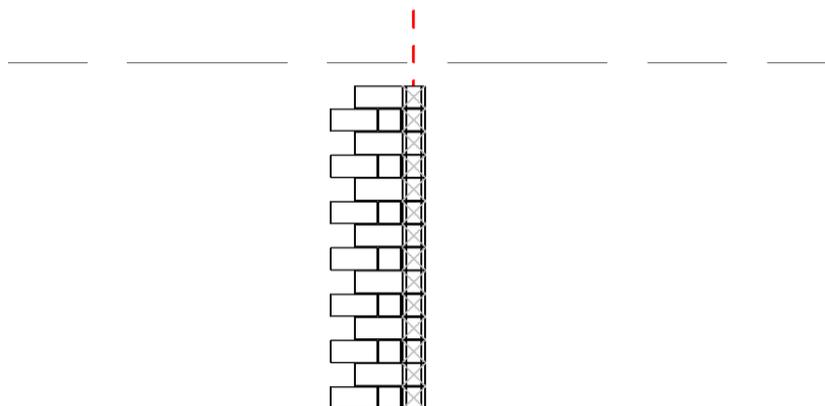
Figura 3. 78 – Representação gráfica de armaduras em vista de elevação frontal e posterior.



Fonte: Autor

Pelas vistas de elevações laterais, como apresentado para vista de elevação Oeste na Figura 3.79, pode-se perceber a representação da armadura por meio de uma linha vermelha tracejada, caracterizando que essa compõe a parede posicionada em plano posterior ao do observador e está com seu parâmetro de detalhamento da armadura desativado.

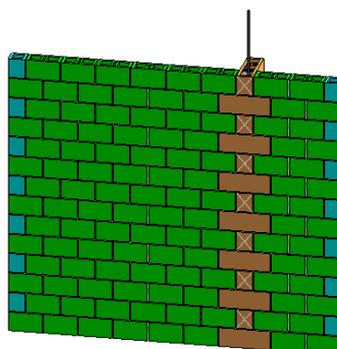
Figura 3. 79 – Representação da armadura em vistas de elevações laterais.



Fonte: Autor

Ainda, como mostra a Figura 3.80, pela vista 3D, o graute armado, correspondente a cópia do graute aplicado na amarração entre paredes, posicionados ao lado da parede, com seu detalhamento visível em vistas de elevação Sul e Norte, não permanece visível. Por sua vez, o graute armado presente na amarração de paredes, cujo detalhamento não foi ativado, em vista 3D permanecesse visível, atingindo o objetivo da edição de visibilidade para essa vista.

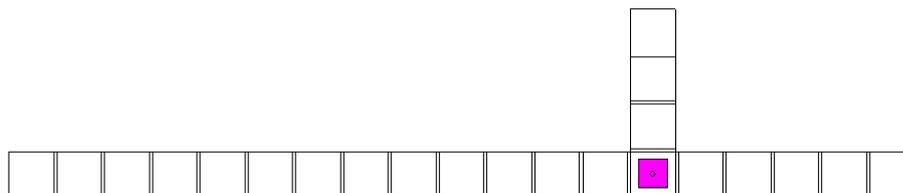
Figura 3. 80 – Representação gráfica da armadura em vista 3D.



Fonte: Autor

Na vista de planta de piso, é possível identificar o graute na cor magenta e, em seu centro, um círculo, representando a armadura, como é exibido na Figura 3.81. Ao lado da parede, da mesma forma que foi conferido na vista em 3D, não é possível a visualização da família composta pelo graute e armadura, que está com seu detalhamento ativado, uma vez que esses só se tornam visíveis quando este está desativado, como é o caso do graute armado da parede.

Figura 3. 81 – Representação gráfica da armadura em vista de planta de piso.



Fonte: Autor

Dessa forma é comprovado o funcionamento dos parâmetros de visibilidade criados, bem com a funcionalidade das configurações empregadas para a representação gráfica e detalhamento gráfico para a documentação de projeto.

### 3.2.3 ELEMENTOS ESTRUTURAIS HORIZONTAIS

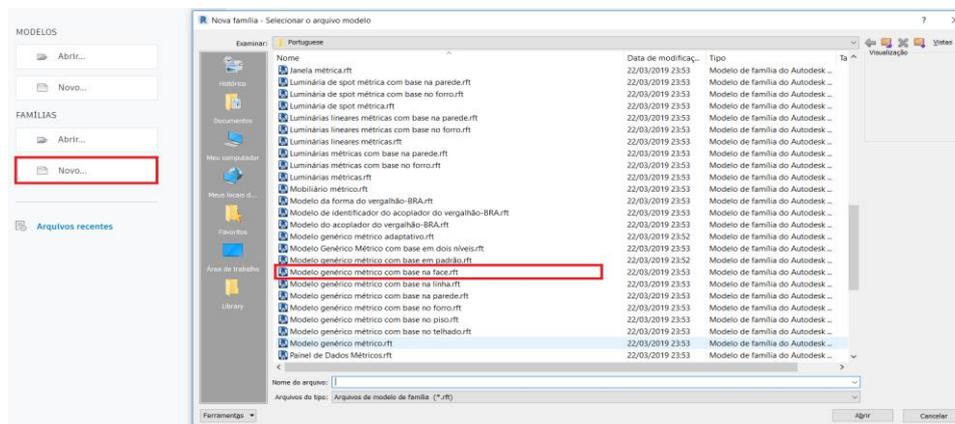
Os elementos estruturais compreendem o graute e a armadura. Quando ocorre o emprego de uma armadura dentro do graute, diz-se que esse é um graute armado. A armadura pode ser composta, minimamente, por apenas uma barra de aço ou mais, posicionadas lados a lado dentro do graute, gerando uma armadura simples, ou seja, sem apresentar região de transpasse entre barras. Essa armadura é utilizada em componentes de verga, conta-verga e vigas de vão inferiores a 12 metros.

Para situações em que há vigas com dimensões superiores a 12 metros, é comum o emprego mínimo de 2 barras, uma sobreposta a outra, de forma que resulte na origem de uma região de transpasse entre essas. Nessa situação pode ter casos de aplicação de 4 barras ou mais, onde para 4, duas ficam lado a lado sobrepostas a outras duas, também lado a lado, caracterizando uma armadura dupla com transpasse.

#### 3.2.3.1 FAMÍLIA DE BARRA DE AÇO HORIZONTAL

Como realizado para as demais famílias, como primeiro procedimento, foi escolhido um modelo de família para compor a base do arquivo composto pela família de armadura horizontal e graute. Para as famílias apresentadas até então, foi escolhido o modelo genérico métrico, pois, para seus empregos em projeto, manipula-se essas por meio da planta de piso ou por meio de vista 3D. Para essa, por ter a necessidade de empregar as famílias em vista de elevação, uma vez que essas compreenderam a função de verga, contra verga e cinta de amarração, o modelo de família genérico métrico com base na face se apresenta como a opção mais adequada, cuja seleção é apresentada na Figura 3.82.

Figura 3. 82 – Seleção do modelo genérico métrico com base na face.

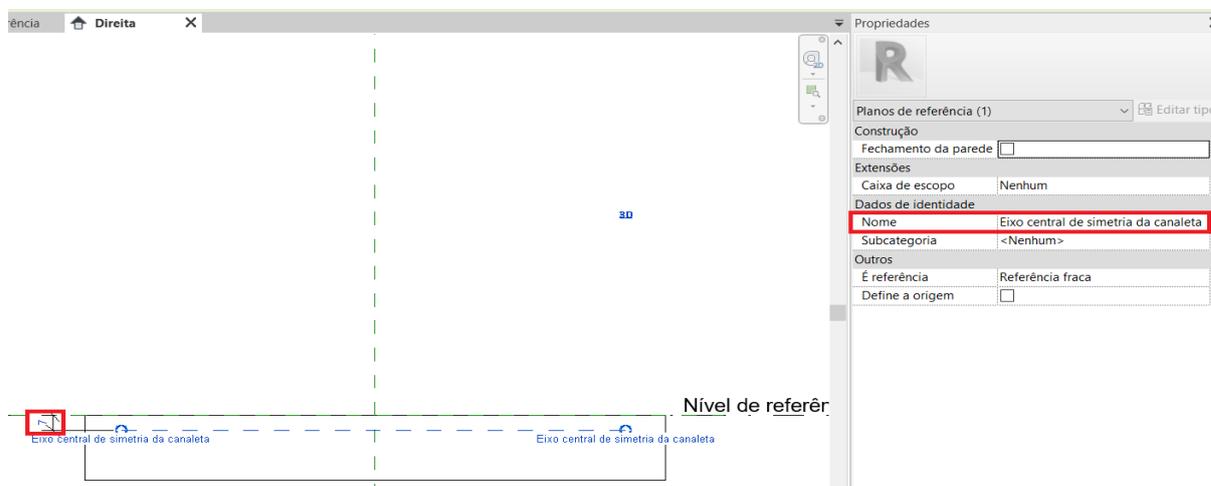


Fonte: Autor

No emprego desse modelo, deve-se atentar que a vista pela parte frontal corresponde a visualização do elemento pela vista superior, a parte posterior pela vista inferior, a vista de referência a vista pela lateral e as vistas da direita e esquerda correspondem a seções transversais do elemento.

Tendo conhecimento das questões de orientações do arquivo, pela vista da esquerda foi inserido um plano de referência e a esse foi conferida uma nomeação, por meio de sua janela de propriedades, em Nome, no painel Dados de identidade, passando a se chamar Eixo central de simetria da canaleta. Isso foi realizado a fim de que esse se tornasse o plano de referência de trabalho do arquivo de família, ou seja, por onde todos os elementos serão vinculados em suas respectivas criações e inserções em projeto. Como mostra a Figura 3.83, esse foi distanciado em 7 cm do eixo de nível de referência do arquivo, correspondendo a metade da largura do bloco e ao eixo de inserção da face do bloco em projeto.

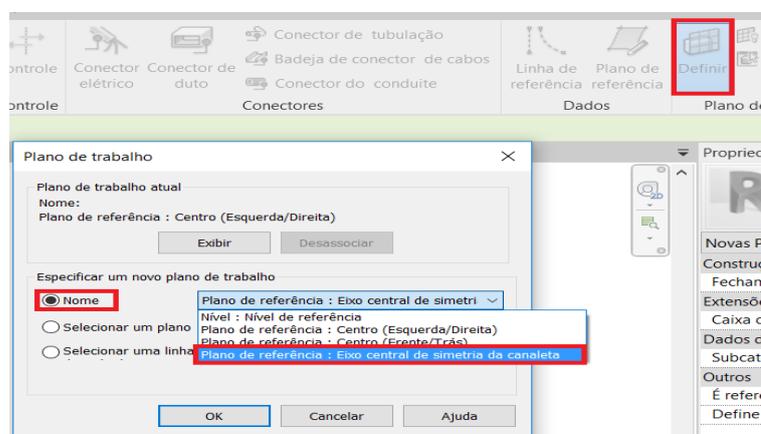
Figura 3. 83 – Nomeação do plano de referência.



Fonte: Autor

Para que o plano inserido se torne referência como plano de trabalho da família, ou seja, as extrusões realizadas partam desse, a ferramenta de seleção foi acessada por meio da aba Criar, na ferramenta chamada Definir, como é apresentado na Figura 3.84. Ao acessá-la, a janela Plano de trabalho é aberta, onde, entre outras opções como apresentado para elaboração de blocos na Figura 3.19, o plano de interesse foi selecionado por meio de seu nome. Para o caso, optou-se por sua nomeação devido sua praticidade de seleção e mitigação de possíveis erros operacionais.

Figura 3. 84 – Seleção do plano de trabalho por meio de sua denominação.

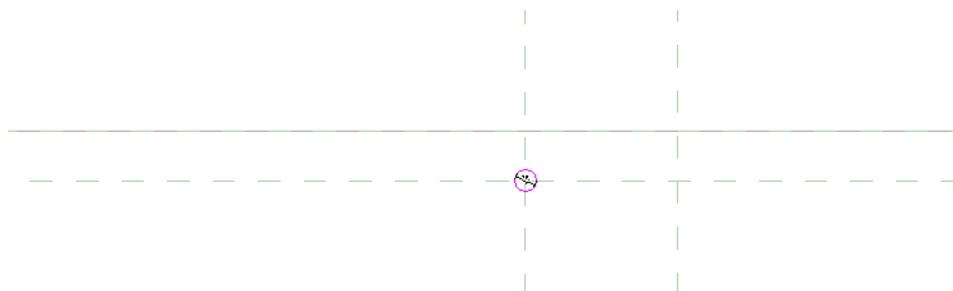


Fonte: Autor

A barra que compõem a armadura horizontal, quando não necessita de transpasse, apresenta dobras em suas extremidades. Essa família foi estruturada para permitir a consideração de controles de comprimento das dobras de forma independente, sendo, para isso imprescindível a inserção de um plano de referência em cada extremo. Para finalizar o aspecto dimensional, outro plano de referência foi aplicado para o controle do comprimento dessa, desconsiderando a dimensão das dobras.

Pela vista da elevação direita, como apresentado na Figura 3.85 é observado a intersecção entre planos e como o círculo foi criado, por meio da ferramenta Extrusão, representando a seção transversal da barra de aço, no encontro entre o plano de referência de trabalho, nomeado, e adotado e o eixo vertical do arquivo de família. Seu diâmetro foi cotado por meio da ferramenta presente na aba Anotar, como já apresentado na Figura 3.41, para criação de barra de aço vertical. Realizada a extrusão, por meio da visa de referência, as extremidades dessa foram restringidas junto aos planos que limitam o comprimento da barra sem considerar as dobras, por meio do comando Alinhar, cujo acesso é apresentado na Figura 2.18.

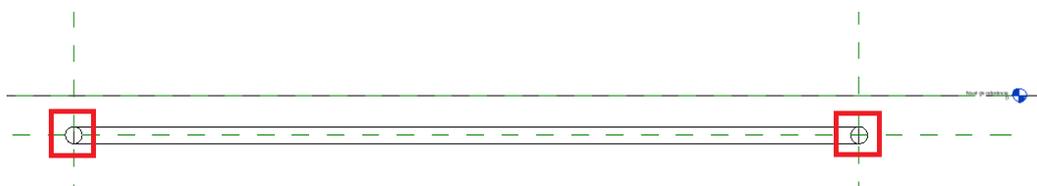
Figura 3. 85 – Elaboração da extrusão da barra de aço horizontal.



Fonte: Autor

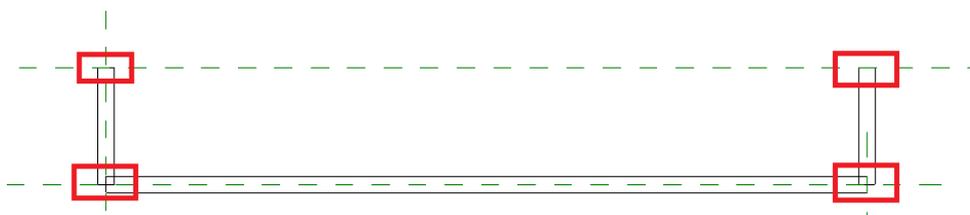
Para que possam ser executadas as extrusões das dobras em suas extremidades, por meio da vista de elevação Parte frontal, foi realizada a modelagem de suas extrusões, como visto na Figura 3.86. Nessas, as cotas referentes ao diâmetro já foram aplicadas, antes de encerrar a operação de extrusão, afim de que, após elaboração de seu parâmetro de controle, esse possa ser vinculado as mesmas. Voltando para a vista de Nível de referência, o comando Alinhar foi aplicado para restringir as extremidades das barras junto aos planos que farão o controle de seus comprimentos por meio de parâmetros, conforme Figura 3.87, finalizando assim a modelagem da barra de aço para armadura simples.

Figura 3. 86 – Elaboração das extrusões das dobras da armadura simples.



Fonte: Autor

Figura 3. 87 – Restrição das dobras junto aos planos de referência.



Fonte: Autor

A parametrização dessa família se iniciou com a aplicação de um nome no tipo dessa família para sua identificação ao ser carregada no projeto, sendo chamado de Barra horizontal. Nessa, parâmetros compartilhados de registro e identificação foram carregados, como foi

habitual realizar para todas as famílias desse projeto, tais como de identificação de componentes e descrição, esses compoendo o grupo Dados, e para determinar a categoria do aço, seu comprimento, diâmetro e posição, que são parâmetros característicos da família de aço, esses no grupo de parâmetros Construção. O parâmetro de identificação da parede também foi carregado no mesmo grupo dos últimos citados.

Como já argumentado, as dobras, para o lado A e B, sendo A, o lado esquerdo, e B, o lado direito da barra na vista do nível de referência, devem apresentar controle de visibilidade e de seus comprimentos de forma individual. Para isso, todos parâmetros foram criados para os dois lados, sendo, esses, parâmetros de família, onde para a visibilidade das dobras os parâmetros são do tipo Sim/Não e o de controle do comprimento, do tipo linear, todos concebido no grupo Construção.

O parâmetro compartilhado de comprimento, carregado nessa família, corresponde ao comprimento total, considerando o comprimento longitudinal da armadura mais suas dobras. Nesse sentido, fez-se preciso a criação de uma família para o controle do comprimento longitudinal, sendo esse um parâmetro variável, uma vez é dispensável que o usuário tenha acesso a sua informação. Nessas diretrizes, para esse parâmetro, incluso no grupo Outros, foi empregado o tipo de parâmetro linear.

Todos os parâmetros até essa etapa, abordados, podem ser conferidos na Figura 3.88.

Figura 3. 88 – Composição paramétrica da família de barra horizontal.

| Parâmetro                           | Valor                               | Fórmula                     | Bloquear                            |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| <b>Restrições</b>                   |                                     |                             |                                     |
| Elevação-padrão                     | 121.92                              | =                           | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>Construção</b>                   |                                     |                             |                                     |
| PC_Categoria do aço (padrão)        | CA50                                | = "CA50"                    | <input type="checkbox"/>            |
| PC Comprimento do aço (padrão)      | 0.00                                | =                           | <input type="checkbox"/>            |
| PC Diâmetro do aço (padrão)         | 1.25                                | =                           | <input type="checkbox"/>            |
| PF_Visibilidade da dobra A (padrão) | <input checked="" type="checkbox"/> | =                           | <input type="checkbox"/>            |
| PF Comprimento da dobra A (padrão)  | 0.00                                | =                           | <input type="checkbox"/>            |
| PF_Visibilidade da dobra B (padrão) | <input checked="" type="checkbox"/> | =                           | <input type="checkbox"/>            |
| PF Comprimento da dobra B (padrão)  | 0.00                                | =                           | <input type="checkbox"/>            |
| PC_Posição do aço (padrão)          |                                     | =                           |                                     |
| PC_ID Parede (padrão)               |                                     | =                           |                                     |
| <b>Dados</b>                        |                                     |                             |                                     |
| PC_Componente (padrão)              | Barra de aço                        | = "Barra de aço"            |                                     |
| PC_Descrição (padrão)               | Barra de aço horizontal             | = "Barra de aço horizontal" |                                     |
| <b>Outros</b>                       |                                     |                             |                                     |
| PV Comprimento da barra (padrão)    | 0.00                                | =                           | <input type="checkbox"/>            |
| <b>Dados de identidade</b>          |                                     |                             |                                     |

Fonte: Autor

Para a obtenção do cálculo do comprimento total da barra de aço, na célula Fórmula de seu parâmetro, foi aplicada a declaração condicional If, de modo que, caso os parâmetros de visibilidade das dobras fossem ativados, o comprimento dessas seriam somados ao comprimento longitudinal da barra. Por outro lado, caso a visibilidade de um dos lados seja desativado, o valor de seu comprimento no somatório é nulo, ou seja, zero. As Figura 3.89 e Figura 3.90 mostram, respectivamente, a expressão segmentada em parcelas da aplicação das adições e essa sendo aplicada no parâmetro correspondente.

Figura 3. 89 – Expressão segmentada em parcelas considerando a declaração condicional If.

```

if(PF_Visibilidade da dobra A, PF_Comprimento da dobra A, 0)
if(PF_Visibilidade da dobra B, PF_Comprimento da dobra B, 0)
PV_Comprimento da barra

```

Fonte: Autor

Figura 3. 90 – Aplicação da expressão para determinação do comprimento do aço na célula Fórmula do parâmetro.

| Parâmetro                           | Valor                               | Fórmula  |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| <b>Restrições</b>                   |                                     |  |
| Elevação-padrão                     | 121.92                              | =  |
| <b>Construção</b>                   |                                     |  |
| PC_Categoria do aço (padrão)        | CA50                                | = "CA50"   |
| PC_Comprimento do aço (padrão)      | 180.00                              | =if(PF_Visibilidade da dobra A, PF_Comprimento da dobra A, 0 cm) + if(PF_Visibilidade da dobra B, PF_Comprimento da dobra B, 0 cm) + PV_Comprimento da barra |
| PC_Diâmetro do aço (padrão)         | 1.25                                | =  |
| PF_Visibilidade da dobra A (padrão) | <input checked="" type="checkbox"/> | =  |
| PF_Comprimento da dobra A (padrão)  | 15.00                               | =  |
| PF_Visibilidade da dobra B (padrão) | <input checked="" type="checkbox"/> | =  |
| PF_Comprimento da dobra B (padrão)  | 15.00                               | =  |
| PC_Posição do aço (padrão)          |                                     | =  |
| PC_ID Parede (padrão)               |                                     | =  |

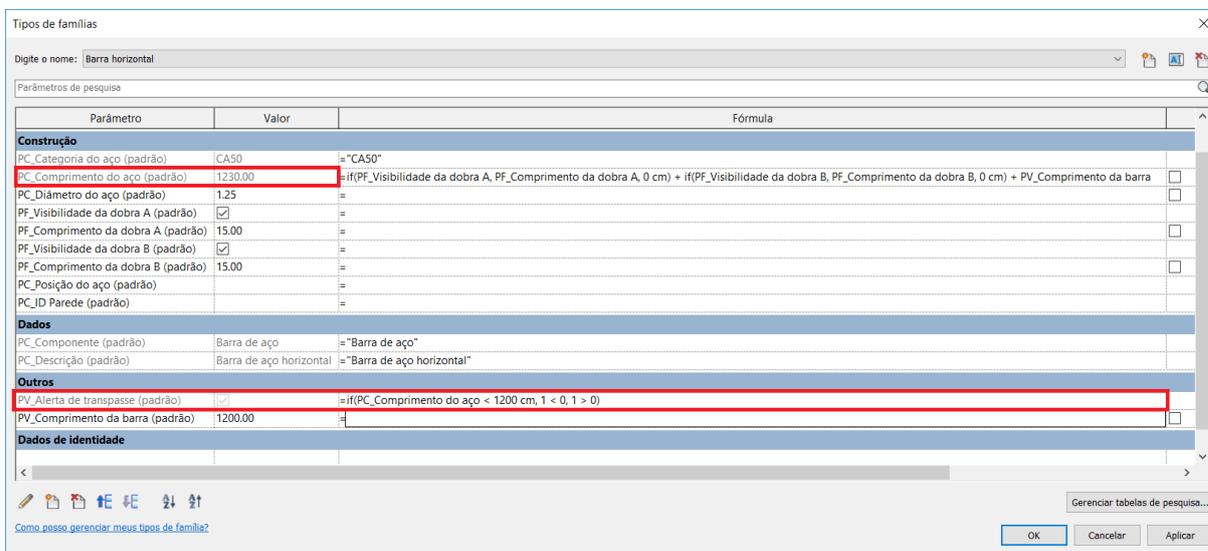
Fonte: Autor

Da mesma forma, já apresentada em para outras famílias, os parâmetros de diâmetro foram associados a cora de diâmetro, dentro da edição da extrusão das barras e os controles de comprimento foram atribuídos as suas cotas correspondentes.

Na prática, as barras de aço são vendidas em comprimento padronizado em 12 metros, sendo necessário, caso o vão ou o comprimento da viga ultrapasse essa dimensão, a aplicação de um transpasse entre barras. Considerando essa situação, é interessante que o usuário receba um aviso sobre a necessidade de aplicação de um transpasse e para isso uma família de alerta e um texto foram integrados à família.

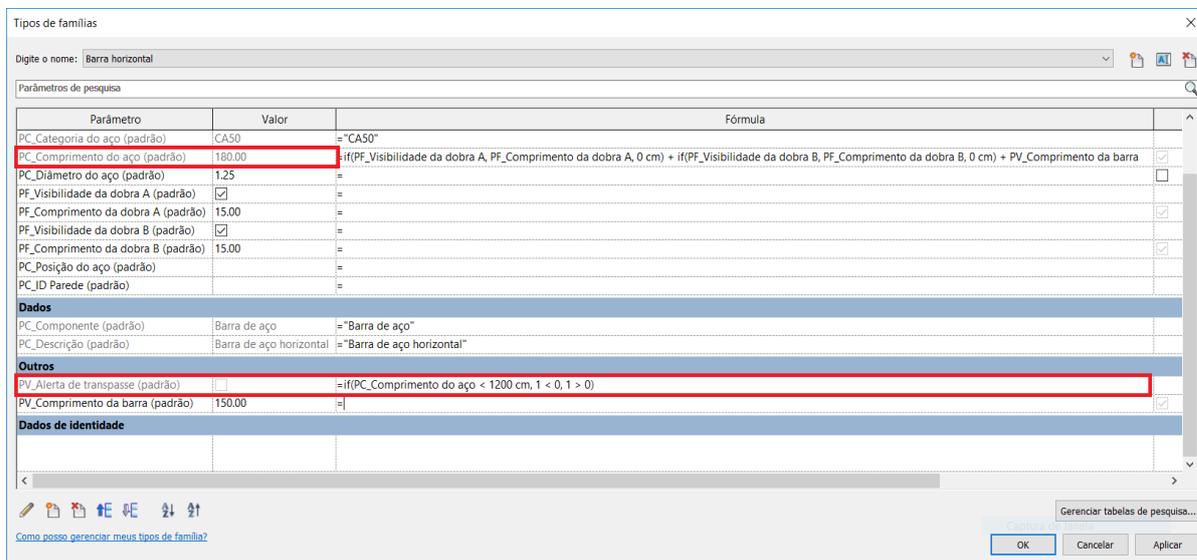
Em projeto, quer-se que apareça a mensagem “Insira um transpasse” e, para isso, foi criado o parâmetro PV\_Alerta de transpasse, do tipo Sim/Não e compondo o grupo de parâmetros Outros. Nesse parâmetro, em sua célula Fórmula, foi aplicada a declaração condicional If, para que, caso o comprimento total do aço extrapolar os 12 metros, a visibilidade desse será ativada e, caso contrário, sua visibilidade permanecerá desativa. Para ilustrar sua funcionalidade, as Figura 3.91 e 3.92 apresentam de forma respectiva as duas situações, assim como formula lógica aplicada ao parâmetro de alerta de transpasse e, a Figura 3.93, exhibe como o alerta aparecerá em projeto.

Figura 3. 91 – Ativação do parâmetro de alerta de transpasse quando o comprimento do aço excede 12 metros.



Fonte: Autor

Figura 3. 92 – Desativação do parâmetro de alerta de transpasse quando o comprimento do aço é inferior a 12 metros.



Fonte: Autor

Figura 3. 93 – Demonstração da mensagem de alerta de transpasse.



Fonte: Autor

### 3.2.3.2 FAMÍLIA DE BARRAS DE AÇO PARA COMPOSIÇÃO DA ARMADURA HORIZONTAL COM TRANSPASSE

A família horizontal com transpasse foi estruturada como uma família de componentes aninhados, composta por duas barras, uma que compreende a soma do comprimento longitudinal da barra e o comprimento da dobra A, até que essa abranja os 12 metros comerciais e, outra, composta pelo comprimento da dobra do lado B e a dimensão necessária para englobar todo o comprimento do vão, considerando o comprimento de transpasse. De forma a otimizar a produção dessa, originou-se, a partir da família de aço horizontal dois novos arquivos, um para a barra do lado A, denominada como Barra horizontal do lado A, e outra para o lado B, denominado Barra horizontal do lado B.

Para a família da barra A, alguns parâmetros presentes na família de barra horizontal são desnecessários, assim como a estrutura da modelagem. Dessa forma, a dobra do lado B foi apagada, assim como a seus parâmetros de controle de comprimento e visibilidade. O mesmo foi feito para a mensagem de alerta e seu parâmetro, uma vez que ao ser ativado o alerta no emprego da família de barra sem transpasse, essa será substituída pela família de componentes aninhados composta pelas armaduras dos lados A e B.

Para o controle do comprimento longitudinal dessa barra, cujas dobras são desconsideradas, foi criado um parâmetro variável, PV\_Comprimento da barra lado A, compondo o grupo Outros e sem acesso pelo usuário, ao qual, em sua célula Fórmula foi aplicada a declaração condicional If de modo que, se a dobra A tiver sua visibilidade acionada, esse será o resultado de 1200 cm, correspondente a largura total da barra comercial, menos o comprimento dessa dobra, e caso essa esteja desativa, seu comprimento longitudinal será de 12 metros.

Nessa família, o parâmetro de comprimento total da barra também teve sua fórmula preenchida por uma expressão utilizando a declaração condicional If que considera a situação inversa, ou seja, a soma do parâmetro de comprimento longitudinal da barra com o comprimento da dobra A, caso essa esteja com sua visibilidade ativa, e, caso essa esteja desativa, o parâmetro de comprimento de base será somado à zero, correspondendo, nas duas situações, ao comprimento total da barra da barra igual a 12 metros.

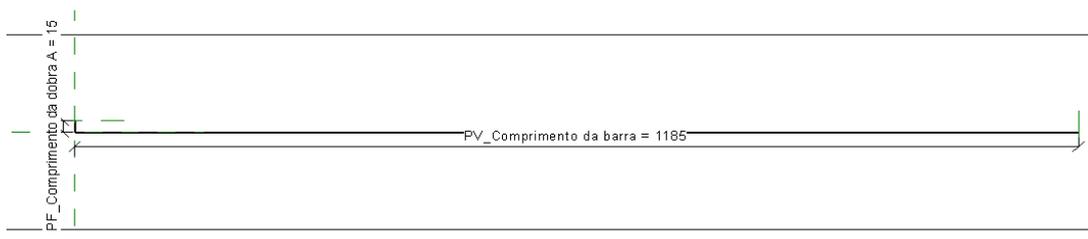
Todos os parâmetros que a compõem essa família e as expressões incorporadas as células Fórmula dos parâmetros citados, assim como a estrutura física de modelagem podem ser analisados pelas Figura 3.94 e 3.95.

Figura 3. 94 – Parâmetros da barra A e expressões aplicadas as suas células Fórmula.

| Parâmetro                               | Valor                               | Fórmula   | Bloquear                            |
|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
| <b>Restrições</b>                       |                                     |   |                                     |
| Elevação-padrão                         | 121.92                              | =   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>Construção</b>                       |                                     |   |                                     |
| PC_Categoria do aço (padrão)            | CA50                                | ="CA50"   | <input type="checkbox"/>            |
| PC_Comprimento do aço (padrão)          | 1200.00                             | =PV_Comprimento da barra lado A + (PF_Visibilidade da dobra A, PF_Comprimento da dobra A, 0 cm) | <input type="checkbox"/>            |
| PC_Diâmetro do aço (padrão)             | 1.25                                | =   | <input type="checkbox"/>            |
| PF_Visibilidade da dobra A (padrão)     | <input checked="" type="checkbox"/> | =   | <input type="checkbox"/>            |
| PF_Comprimento da dobra A (padrão)      | 15.00                               | =   | <input type="checkbox"/>            |
| PC_Posição do aço (padrão)              |                                     | =   | <input type="checkbox"/>            |
| PC_ID Parede (padrão)                   |                                     | =   | <input type="checkbox"/>            |
| <b>Dados</b>                            |                                     |   |                                     |
| PC_Componente (padrão)                  | Barra de aço                        | ="Barra de aço"   | <input type="checkbox"/>            |
| PC_Descrição (padrão)                   | Barra de aço horizontal             | ="Barra de aço horizontal"  | <input type="checkbox"/>            |
| <b>Outros</b>                           |                                     |   |                                     |
| PV_Comprimento da barra lado A (padrão) | 1185.00                             | =1200 cm - (PF_Visibilidade da dobra A, PF_Comprimento da dobra A, 0 cm)                        | <input type="checkbox"/>            |
| <b>Dados de identidade</b>              |                                     |   |                                     |

Fonte: Autor

Figura 3. 95 – Ilustração da estrutura física cotada e parametrizada.



Fonte: Autor

Conforme mencionado, tem-se que configurar também uma família para a barra B. Para essa, inicialmente composta pela mesma estrutura e parâmetros da família de barra horizontal, procedimento análogo ao realizado para a barra A foi executado. Em outras palavras, o alerta, a dobra do lado A e seus respectivos parâmetros foram deletados, um parâmetro variável para o comprimento longitudinal da barra B foi criado, chamado PV\_Comprimento da barra lado B, também sem permitir o acesso desse pelo usuário.

Como esse parâmetro está em função do comprimento necessário para compreender o vão, que extrapola 12 metros, nessa família esse não terá uma vinculação com função e o valor atribuído a esse, visto na Figura 3.96, torna-se apenas simbólico, sendo esse, vinculado no momento em que essa família for carregada na montagem da família com componentes aninhados de transpasse. Pela ilustração, é constatado que em seu parâmetro de comprimento total, aplicou-se a fórmula que soma o comprimento longitudinal da barra B ao comprimento

da dobra do lado B, caso a visibilidade dessa seja ativada e na Figura 3.97 é apresentada sua estrutura física cotada e parametrizada.

Figura 3. 96 – Parâmetros da barra B e expressões aplicadas as suas células Fórmula.

| Parâmetro                               | Valor                               | Fórmula   | Bloquear                            |
|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
| <b>Restrições</b>                       |                                     |   |                                     |
| Elevação-padrão                         | 121.92                              | =   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>Construção</b>                       |                                     |   |                                     |
| PC_Categoria do aço (padrão)            | CA50                                | = "CA50"  |                                     |
| PC Comprimento do aço (padrão)          | 165.00                              | = PV Comprimento da barra lado B + if (PF_Visibilidade da dobra B, PF Comprimento da dobra B, 0 cm) | <input type="checkbox"/>            |
| PC Diâmetro do aço (padrão)             | 1.25                                | =   | <input type="checkbox"/>            |
| PF_Visibilidade da dobra B (padrão)     | <input checked="" type="checkbox"/> | =   |                                     |
| PF Comprimento da dobra B (padrão)      | 15.00                               | =   | <input type="checkbox"/>            |
| PC Posição do aço (padrão)              |                                     | =   |                                     |
| PC_ID Parede (padrão)                   |                                     | =   |                                     |
| <b>Dados</b>                            |                                     |   |                                     |
| PC_Componente (padrão)                  | Barra de aço                        | = "Barra de aço"  |                                     |
| PC_Descrição (padrão)                   | Barra de aço horizontal             | = "Barra de aço horizontal"   |                                     |
| <b>Outros</b>                           |                                     |   |                                     |
| PV Comprimento da barra lado B (padrão) | 150.00                              | =   | <input type="checkbox"/>            |
| <b>Dados de identidade</b>              |                                     |   |                                     |

Fonte: Autor

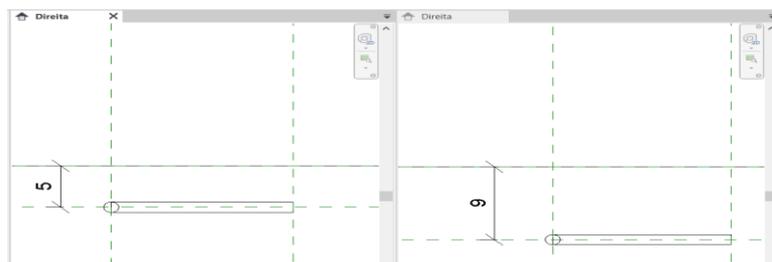
Figura 3. 97 – Ilustração da estrutura física cotada e parametrizada.



Fonte: Autor

Devido ao fato de que essas barras compõem a família da barra de transpasse, ao serem carregadas, deseja-se que seus posicionamentos sejam tal que uma fique distanciada em 4 cm uma da outra. Para isso, na família da barra de aço do lado A, pela vista de elevação Direita, a oposição do plano de trabalho adotado, que antes era chamado de Eixo central de simetria da canaleta é alterada para 5 cm e seu nome é alterado para Plano de trabalho da barra A. Na família da barra de aço do lado B são realizadas as mesmas alterações, porém com o nome alterado para Plano de trabalho da barra B, distanciada em 9 cm do eixo horizontal de referência do arquivo, como mostra a Figura 3.98.

Figura 3. 98 – Alterações aplicadas ao distanciamento das barras A e B em relação ao eixo horizontal do arquivo de família.



Fonte: Autor

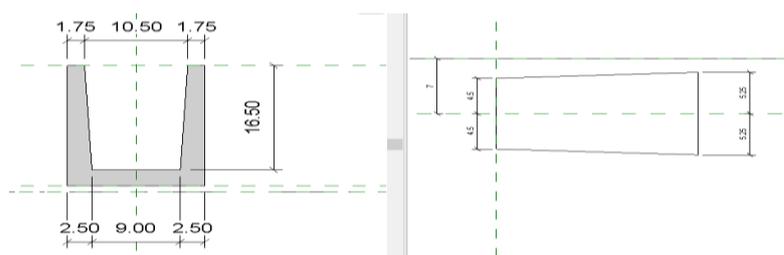
### 3.2.3.3 FAMÍLIA DE GRAUTE HORIZONTAL

Para iniciar a elaboração do graute horizontal, a mesma conduta, aplicada antes de modelar os elementos da barra de armadura horizontal, como a seleção de modelo de arquivo de família, categoria e parâmetros de família, configuração de unidade e acionamento de compartilhamento do arquivo, foi realizada.

Nos mesmos moldes que foi realizado para a família de barra horizontal, pela vista da direita, foi traçado um plano de referência, posicionado a 7 cm do eixo horizontal, que corresponde ao eixo do nível de referência do modelo. Ressalta-se que, como já mencionado, essa distância corresponde à metade da largura do bloco calha U, passando sobre seu eixo de simetria. Esse plano recebeu a mesma nomenclatura que apresenta na família da barra horizontal, como apresentado na Figura 3.83.

Por meio da mesma vista, sucedeu-se a modelagem da seção transversal do graute, sendo esse composto pelas dimensões do espaço vazio no interior do bloco de canaleta U. A Figura 3.99 ilustra os dois arquivos de família, na direita, a seção transversal de um bloco canaleta U e, na esquerda a modelagem do graute. Por meio dessa, é possível observar a variação de sentido para a modelagem dos dois elementos. Isso decorre da variação de modelo de família selecionado para os hospedar no momento que se inicia suas criações, onde a imagem da esquerda corresponde ao modelo genérico métrico e o da direita o modelo genérico métrico com base na face.

Figura 3. 99 – Comparativo das dimensões na seção transversal do bloco canaleta e do graute horizontal.



Fonte: Autor

Para que o comprimento do graute possa ser parametrizado, um plano paralelo a seção do graute foi inserido na vista Nível de referência, por meio da ferramenta Plano de referência, localizada na aba Criar. A distância entre esse e o plano de eixo vertical do arquivo de modelo de família foi cotada, a fim de que possa receber a atribuição do parâmetro de comprimento. As extremidades do graute sofreram restrições junto a esses planos por meio do comando Alinhar. O mesmo procedimento foi realizado para o controle da altura da seção do graute, com a inserção de um plano de referência no sentido vertical, na vista de elevação Direita e com a aplicação de uma cota, entre o eixo vertical do modelo e o plano de referência inserido para limitar essa dimensão.

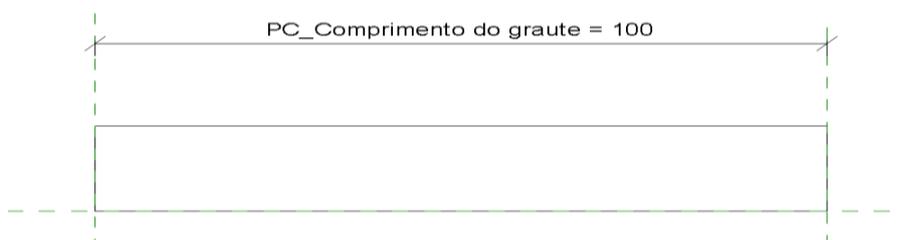
Na etapa de parametrização, como corriqueiramente realizado, o tipo de família foi nomeado como Graute horizontal, para identificação desse no momento de compor a família composta pelo graute e armadura horizontal. Alguns parâmetros de identificação e registro de informações foram carregados, tais como o de identificação de parede, no grupo Construção, e os parâmetros de registro de componente e descrição, esse no grupo de Dados, sendo registrado Graute, entre aspas em sua célula Fórmula, como mostra a Figura 3.100. O parâmetro compartilhado, para o controle do comprimento do graute, PC\_Comprimento do graute, foi carregado em Tipos de família, no grupo Construção e sua atribuição para controle dimensional é apresentada Figura 3.101.

Figura 3. 100 – Caixa de diálogo do tipo de família Graute horizontal e sua estrutura paramétrica.

| Parâmetro                         | Valor    | Fórmula  | Bloquear                            |
|-----------------------------------|----------|--|-------------------------------------|
| <b>Restrições</b>                 |          |  |                                     |
| Elevação-padrão                   | 121.92   | =  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>Construção</b>                 |          |  |                                     |
| PC_Altura do graute               | 16.50    | =  | <input type="checkbox"/>            |
| PC_Comprimento do graute (padrão) | 100.00   | =  | <input type="checkbox"/>            |
| PC_ID Parede (padrão)             |          | =  | <input type="checkbox"/>            |
| <b>Dados</b>                      |          |  |                                     |
| PC_Componente (padrão)            | Graute   | ="Graute"  |                                     |
| PC_Descrição (padrão)             | Graute   | ="Graute"  |                                     |
| <b>Outros</b>                     |          |  |                                     |
| PC_Volume de graute (padrão)      | 16087.50 | =PC_Comprimento do graute * ((9 cm + 10.5 cm) * PC_Altura do graute) / 2 |                                     |
| <b>Dados de identidade</b>        |          |  |                                     |

Fonte: Autor

Figura 3. 101 – Associação entre parâmetro de controle do comprimento do graute e cota.



Fonte: Autor

Para compor o quantitativo, o parâmetro compartilhado de volume de graute também foi inserido, esse compondo o grupo Outros, uma vez que o usuário terá acesso indireto a essa informação, apenas por meio de tabelas. Para seu cálculo, foi aplicada a formula de determinação do volume de um trapézio, devido sua geometria, conforme destacado na Figura 3.102.

Figura 3. 102 – Expressão de cálculo do volume de trapézio, aplicado a célula Formula do parâmetro correspondente.

| Parâmetro                         | Valor    | Fórmula  | Bloquear                            |
|-----------------------------------|----------|--|-------------------------------------|
| <b>Restrições</b>                 |          |  |                                     |
| Elevação-padrão                   | 121.92   | =  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>Construção</b>                 |          |  |                                     |
| PC_Altura do graute               | 16.50    | =  | <input type="checkbox"/>            |
| PC_Comprimento do graute (padrão) | 100.00   | =  | <input type="checkbox"/>            |
| PC_ID Parede (padrão)             |          | =  |                                     |
| <b>Dados</b>                      |          |  |                                     |
| PC_Componente (padrão)            | Graute   | = "Graute"   |                                     |
| PC_Descrição (padrão)             | Graute   | = "Graute"   |                                     |
| <b>Outros</b>                     |          |  |                                     |
| PC_Volume de graute (padrão)      | 16087.50 | =PC_Comprimento do graute * (((9 cm + 10.5 cm) * PC_Altura do graute) / 2) |                                     |
| <b>Dados de identidade</b>        |          |  |                                     |

Fonte: Autor

Dentro do arquivo de família do graute, objetivando sua representação para manipulação entre famílias que comporão a família de componentes aninhados de graute e armadura horizontal, de forma que esse apresente um grau de transparência que permita a visualização da armadura em seu interior, o mesmo material, criado e empregado para o graute vertical, foi aplicado, segundo procedimento apresentado na Figura 2.24, cujas características de criação podem ser conferidas na Figura 3.60.

### 3.2.3.4 FAMÍLIA DE COMPONENTES ANINHADOS COMPOSTA POR BARRA DE AÇO SEM TRANSPASSE E GRAUTE HORIZONTAL

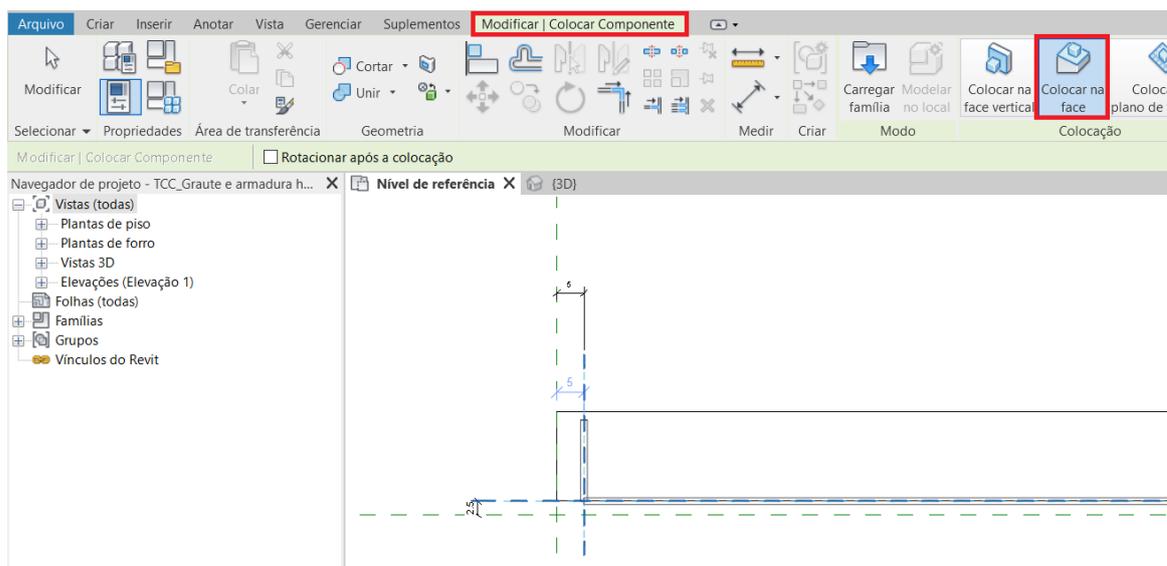
Conforme é habitual para a criação de arquivos de família, no início dessa composta por componentes aninhados, foram definidos o modelo de arquivo de família, a categoria e parâmetros de família, a configuração de unidade e o acionamento de compartilhamento do arquivo, conforme realizado para as demais famílias que envolvem a criação desse arquivo.

Para sua estruturação, deve ser considerado o ponto em que as famílias serão posicionadas no momento de seu emprego em projeto. Na prática, o ponto de inserção corresponde, em projeto, pela vista de elevação Frontal ou Posterior, ao canto inferior esquerdo do bloco canaleta, sendo esse o primeiro a esquerda da estrutura que receberá o graute. Outro ponto a ser considerado é que se tem a intenção de que a barra seja introduzida no interior do graute, considerando a espessura de cobertura de concreto nas faces longitudinais das dobras da armadura, e que esse ocupe o espaço no interior dos blocos canaletas.

Para que isso ocorra, um plano de referência horizontal foi traçado a 2,5 cm acima do eixo horizontal do arquivo, distância correspondente a espessura da parede da base do bloco, e outro no sentido vertical, próximo ao eixo vertical do arquivo, para que a cota entre esses seja parametrizada para controle do cobrimento. Esse corresponde à espessura mínima de concreto, previsto pela ABNT NBR 6118:2014, para promover proteção da armadura contra oxidação, sendo essa regulamentada pela classe de agressividade do ambiente, podendo variar de 2,5 até 5cm, para pilares e viga. No posicionamento correspondente a outra extremidade da família, foram feitas as mesmas considerações de cobrimento ao traçar os planos e ao cotar a distancias entre elas, que a regulará após sua parametrização.

Sendo realizadas essas definições, os dois componentes foram carregados por meio do mesmo procedimento apresentado na Figura 3.37. Como o arquivo de modelo de família adotado é com base na face, para que possam ser carregados, foi selecionada a opção de coloca-los na face, como mostra a Figura 3.103, opção presente em colocação, na aba modificar. De modo a finalizar essa etapa, foram feitas as restrições dos elementos junto aos planos de referência pertinentes.

Figura 3. 103 – Carregamento de componentes em arquivo de modelo métrico com base na face.



Fonte: Autor

A etapa de parametrização, assim como feita nas demais famílias, iniciou por meio da aplicação dos parâmetros de identificação e descrição do elemento, esses no grupo Dados, e os parâmetros de diâmetro, comprimento, posição do aço, registro de sua categoria e identificação de parede, esses no grupo Construção, de parâmetros da família.

Como mencionado, é necessário que o usuário tenha controle sobre a espessura do cobrimento, para isso esses parâmetros foram criados, compreendido no grupo Construção, sendo esses parâmetros de tipo Linear. Outro parâmetro necessário faz referência ao controle do comprimento da família composta, ou seja, do graute armado, que considera a distância entre

as duas seções transversais do elemento cimentício, com a armadura em seu interior. Esse também compõe o grupo Construção e o tipo Linear de parâmetro.

Para a quantificação de aço, é importante a existência de um parâmetro que determine o comprimento longitudinal da barra de aço, em contato com a face interna da base da canaleta. Em sua elaboração, esse, pertencente ao grupo Outros, uma vez que o usuário não poderá editá-lo, e, como se trata de um parâmetro unidimensional, teve seu tipo determinado como Linear. Nesse, como demonstrado na Figura 3.104, em sua célula Fórmula, foi aplicada uma expressão que subtrai do comprimento do graute armado o cobrimento das dobras de suas extremidades.

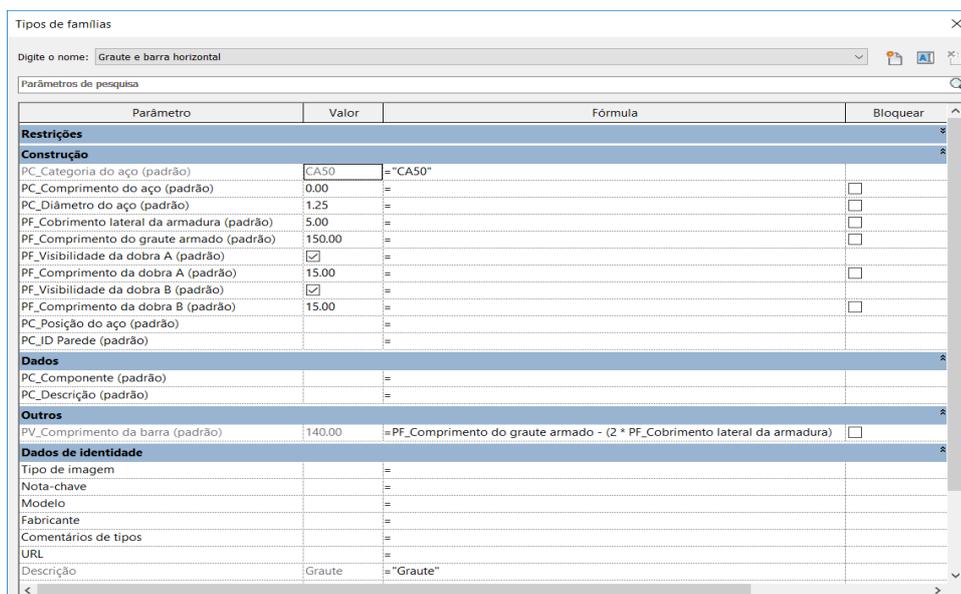
Figura 3. 104 – Expressão aplicada a célula Fórmula do parâmetro de comprimento da barra longitudinal.

| Parâmetro                                  | Valor                   | Fórmula  | Bloquear                            |
|--|-------------------------|--|-------------------------------------|
| <b>Restrições</b>                          |                         |  |                                     |
| Elevação-padrão                            | 121.92                  | =  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>Construção</b>                          |                         |  |                                     |
| PC_Categoria do aço (padrão)               | CA50                    | ="CA50"  |                                     |
| PC Comprimento do aço (padrão)             | 0.00                    | =  | <input type="checkbox"/>            |
| PC Diâmetro do aço (padrão)                | 0.00                    | =  | <input type="checkbox"/>            |
| PF_Cobrimento lateral da armadura (padrão) | 0.00                    | =  | <input type="checkbox"/>            |
| PF Comprimento do graute armado (padrão)   | 0.00                    | =  | <input type="checkbox"/>            |
| PC Posição do aço (padrão)                 |                         | =  |                                     |
| PC_ID Parede (padrão)                      |                         | =  |                                     |
| <b>Dados</b>                               |                         |  |                                     |
| PC Componente (padrão)                     | Barra de aço            | ="Barra de aço"  |                                     |
| PC Descrição (padrão)                      | Barra de aço horizontal | ="Barra de aço horizontal"   |                                     |
| <b>Outros</b>                              |                         |  |                                     |
| PV Comprimento da barra (padrão)           | 0.00                    | =PF_C Comprimento do graute armado - (2 * PF_Cobrimento lateral da armadura) | <input type="checkbox"/>            |
| <b>Dados de identidade</b>                 |                         |  |                                     |

Fonte: Autor

A família composta, aqui criada, deve conter os mesmos parâmetros presentes nas famílias que a compõem, conforme necessidade de acesso pelo usuário. Desse modo, foi necessária a criação dos parâmetros de visibilidade e controle do comprimento das dobras A e B. Assim, a Figura 3.105 declara todos os parâmetros abarcados nessa, onde se destaca que em seu parâmetro de sistema Descrição, foi registrado o termo Graute, entre aspas e em sua célula de fórmula, de modo a viabilizar a aplicação de filtro para configurações de hachura para o componente cimentício, em arquivo de projeto ao qual a família será integrada.

Figura 3. 105 – Parâmetros inseridos em sua caixa de diálogo Tipos de famílias.



Fonte: Autor

Finalizada a criação de todos os parâmetros pertinentes, esses foram atribuídos as respectivas cotas e elementos. A associação entre parâmetros da família de componentes aninhados, composta por graute e armadura horizontal, aos parâmetros presentes na estrutura desses elementos carregados a família, foi feito seguindo os preceitos apresentados na seção da revisão bibliográfica, que aborda os modos de atribuições de parâmetros, e podem ser aferidas no Quadro 3.6 abaixo.

Quadro 3. 8 – Associação entre parâmetros das famílias hospedadas e hospedeira para família composta por armadura e graute horizontal sem transpasse.

| Parâmetros da família de componentes aninhados | Parâmetros associados as famílias |                            |
|--|-----------------------------------|----------------------------|
|  | Do graute                         | Da armadura vertical       |
| PV_Ativação representação do elemento composto | Visível                           | Visível                    |
| PC_Diâmetro do aço                             | -                                 | PC_Diâmetro do aço         |
| PF_Visibilidade da dobra A                     | -                                 | PF_Visibilidade da dobra A |
| PF_Comprimento da dobra A                      | -                                 | PF_Comprimento da dobra A  |
| PF_Visibilidade da dobra B                     | -                                 | PF_Visibilidade da dobra B |
| PF_Comprimento da dobra B                      | -                                 | PF_Comprimento da dobra B  |
| PF_Posição do aço                              | -                                 | PF_Posição do aço          |
| PC_ID Parede                                   | -                                 | PC_ID Parede               |
| PV_Comprimento da barra                        | -                                 | PF_Comprimento da barra    |

Fonte: Produzido pelo autor

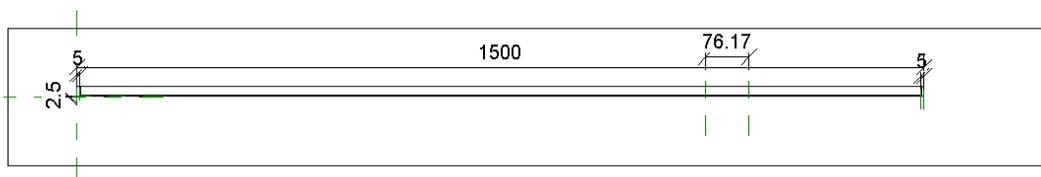
### 3.2.3.5 FAMÍLIA DE COMPONENTES ANINHADOS COMPOSTA POR BARRA DE AÇO COM TRANSPASSE E GRAUTE HORIZONTAL

Um novo arquivo de família para a hospedagem das famílias de graute horizontal, barra de aço do lado A e barra de aço do lado B foi criado e configurado em sua categoria e parâmetro de família, unidade e acionamento de seu compartilhamento, sobre um modelo de família genérico métrico com base na face, como realizado na família de componentes aninhados composta por barra de aço com transpasse e graute horizontal.

Nessa família, assim como realizado para a composta de barra de aço sem transpasse e graute, conforme pode ser conferido na Figura 3.103, devem ser consideradas condições para o posicionamento dos elementos, ou seja, a distância de cobertura e a espessura da base do bloco canaleta, e, por meio da inserção de planos de referência e da cotagem dos mesmos, criar os devidos controles por meio da parametrização. O que difere nessa família, é a necessidade da inserção de dois planos adicionais, cuja distância entre essas corresponde ao comprimento de transpasse entre barras.

Com os planos adequadamente posicionados e cotados, as famílias foram carregadas para dentro do arquivo, sendo, o graute, posicionado conforme o a distância correspondente a espessura da base do bloco com sua seção transversal esquerda, considerada pela vista de Nível de referência, tangenciando o eixo vertical do arquivo. A barra do lado A, por sua vez, foi posicionada sobre a aresta inferior do graute e teve sua dobra restringida, por meio do comando Alinhar, junto ao plano que determina o cobertura do lado esquerdo e, para a barra do lado B, o mesmo método foi realizado, porém, para o lado direito da vista de Nível de referência da família, conforme apontado na Figura 3.106.

Figura 3. 106 – Ilustração do posicionamento das barras do lado A e B carregadas na família hospedeira.



Fonte: Autor

Os parâmetros de identificação e descrição do elemento foram introduzidos no grupo Dados e os parâmetros de diâmetro, comprimento, posição do aço, registro de sua categoria e identificação de parede, no grupo de parâmetros da família Construção. Sendo essa uma família composta por 3 famílias distintas, deve-se levar em consideração que sua estrutura paramétrica deve apresentar os mesmos parâmetros presentes nessas, pertinentes para sua utilização. Dessa forma, os parâmetros de visibilidade e comprimentos das dobras A e B e de cobertura das dobras foram criados, todos compondo o grupo de parâmetros Construção, dentro da caixa de diálogo Tipos de família.

Como nessa há duas barras, foi criado com parâmetro de controle de seu comprimento de transpasse, sendo esse criado como compartilhado do tipo Linear e compondo o grupo Outros, uma vez que o usuário não manipulará seu valor, pelo mesmo método de criação e integração desse ao Tipo de famílias apresentado nas Figuras 2.11 e 2.13. Para o cálculo de seu valor, cuja determinação ocorre pelo produto entre o diâmetro da barra de aço adotada pelo coeficiente de transpasse, foi criado, também, o parâmetro de seu coeficiente, sendo esse do tipo de Número, no grupo de construção, procedimento realizado para o transpasse da armadura vertical.

No processo de criação da barra do lado A um parâmetro para o controle de seu comprimento longitudinal, que permanece em contato com a face interna da base da canaleta, foi criado, sendo, para essa família composta, necessário que esse também a componha. Por esse motivo, o parâmetro de controle desse comprimento foi criado e, em sua célula Fórmula, foi empregue a mesma expressão aplicada na família da barra do lado A que subtrai de 1200 cm, correspondente a 12 m, a dimensão do comprimento da dobra do lado A, caso essa esteja com sua visibilidade ativa, como foi mostrado na Figura 3.94.

Um parâmetro arbitrário, chamado Comprimento da barra, para a determinação do comprimento total de barra que fica em contato com a base do bloco canaleta, desconsiderando o comprimento de transpasse, foi criado. Por se tratar de uma dimensão unidimensional, do tipo Linear e no grupo de parâmetro Outros. Para esse, sem sua célula Fórmula, uma expressão foi aplicada sendo essa a subtração dos cobrimentos laterais do comprimento do graute.

No caso da barra do lado B, como realizado em sua elaboração, na família composta também foi criado um parâmetro variável para determinar seu comprimento, esse do tipo Linear e compondo o grupo Outros. Para sua determinação, foi aplicada uma expressão que subtrai do parâmetro arbitrário de comprimento da barra, o comprimento calculado para a barra A e, a essa, soma o comprimento de transpasse, restando o comprimento da barra B considerando a soma do comprimento da dobra no lado B apenas se essa estiver visível.

Por fim, para o parâmetro de comprimento do aço, que determina o somatório dos comprimentos das barras de aço do lado A e B, foi aplicada uma operação matemática onde foram somados os comprimentos das duas barras, calculados na determinação dos parâmetros anteriores, mais o comprimento das dobras dos lados A e B, caso essas tenham suas visibilidades ativadas. Para esse, o condicionante foi aplicado através do manejo declaração If.

Nessa família, no parâmetro de sistema Descrição, foi registrado o termo Graute entre aspas na célula Fórmula, pelo mesmo motivo já explanado na abordagem sobre a parametrização da família de componentes aninhados composta pelo graute e armadura horizontal com transpasse. Os parâmetros criados nessa família, assim como seus respectivos cálculos, em suas células Fórmula, são ilustrados na Figura 3.107, que apresenta a janela Tipos de família com todos os parâmetros que a compõem. A Figura 3.108 apresenta as aplicações desses as respectivas cotas para a barra do lado A. Com especial atenção, pela Figura 3.109 é possível observar dois pontos importantes, o primeiro, a atribuição dos parâmetros dimensionais para a barra do lado B e comprimento e transpasse, e o segundo que ao selecionar a barra do lado B, sem sua janela Propriedades é possível verificar que os parâmetros do grupo Construção, esses internos a barra do lado B, apresentam um sinal de igualdade, isso representa que esses parâmetros foram associados aos parâmetros criados na família hospedeira, pelo mesmo método de atribuição de parâmetros, vistos nas figuras presentes na seção 2.3.4.2.

Figura 3. 107 – Parâmetros ingressos no Tipos de famílias da família de componentes aninhados composta pelo graute e armadura horizontal com transpasse.

| Parâmetro                                  | Valor                               | Fórmula  |
|--|-------------------------------------|--|
| <b>Construção</b>                          |                                     |  |
| PC_Categoria do aço (padrão)               | CAS0                                | "CAS0"   |
| PC Comprimento do aço (padrão)             | 1670.00                             | =PV Comprimento da barra lado A + PV Comprimento da barra lado B + #PF_Visibilidade da dobra B, PF Comprimento da dobra B, 0 cm) + #PF_Visibilidade da dobra A, PF Comprimento da dobra A, 0 cm) |
| PC Diâmetro do aço (padrão)                | 1.25                                | "  |
| PF_Coef. de transpasse (padrão)            | 40.000000                           | "  |
| PF_Cobrimento lateral da armadura (padrão) | 5.00                                | "  |
| PF_Cobrimento do graute armado (padrão)    | 1600.00                             | "  |
| PF_Visibilidade da dobra A (padrão)        | <input checked="" type="checkbox"/> | "  |
| PF_Cobrimento da dobra A (padrão)          | 15.00                               | "  |
| PF_Visibilidade da dobra B (padrão)        | <input checked="" type="checkbox"/> | "  |
| PF_Cobrimento da dobra B (padrão)          | 15.00                               | "  |
| PC_Posição do aço (padrão)                 | "                                   | "  |
| PC_ID Parede (padrão)                      | "                                   | "  |
| <b>Dados</b>                               |                                     |  |
| PC_Componente (padrão)                     | "                                   | "  |
| PC_Descrição (padrão)                      | "                                   | "  |
| <b>Outros</b>                              |                                     |  |
| PC Comprimento de transpasse (padrão)      | 50.00                               | =PC Diâmetro do aço * PF_Coef. de transpasse   |
| PV Comprimento da barra (padrão)           | 1590.00                             | =PF_Cobrimento do graute armado - (2 * PF_Cobrimento lateral da armadura)  |
| PV Comprimento da barra lado A (padrão)    | 1185.00                             | =1200 cm - #PF_Visibilidade da dobra A, PF_Cobrimento da dobra A, 0 cm)  |
| PV Comprimento da barra lado B (padrão)    | 455.00                              | =PV Comprimento da barra - PV Comprimento da barra lado A + PC Comprimento de transpasse   |
| <b>Dados de identidade</b>                 |                                     |  |
| Tipo de imagem                             | "                                   | "  |
| Nota-chave                                 | "                                   | "  |
| Modelo                                     | "                                   | "  |
| Fabricante                                 | "                                   | "  |
| Comentários de tipos                       | "                                   | "  |
| URL  | "                                   | "  |
| Descrição                                  | Graute                              | "Graute"   |
| Código de montagem                         | "                                   | "  |

Fonte: Autor

Figura 3. 108 – Atribuição de parâmetros da família hospedeira as cotas do lado esquerdo da barra A que a compõe.



Fonte: Autor

Figura 3. 109 – Atribuição de parâmetros da família hospedeira as cotas do lado direito da barra b que a compõe e demonstração da associação de parâmetros.

Fonte: Autor

As associações entre parâmetros da família hospedeira e famílias hospedadas podem ser conferidas no Quadro 3.7.

Quadro 3. 9 – Associação entre parâmetros das famílias hospedadas e hospedeira para família composta por armadura e graute horizontal com transpasse.

| Parâmetros da família de componentes aninhados | Parâmetros associados as famílias |                            |                                |
|--|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
|  | Do graute                         | Da armadura do lado A      | Da armadura do lado B          |
| PV_Representação do elemento composto          | Visível                           | Visível                    | Visível                        |
| PC_Diâmetro do aço                             | -                                 | PC_Diâmetro do aço         | PC_Diâmetro do aço             |
| PF_Visibilidade da dobra A                     | -                                 | PF_Visibilidade da dobra A | -                              |
| PF_Comprimento da dobra A                      | -                                 | PF_Comprimento da dobra A  | -                              |
| PF_Visibilidade da dobra B                     | -                                 | -                          | PF_Visibilidade da dobra B     |
| PF_Comprimento da dobra B                      | -                                 | -                          | PF_Comprimento da dobra B      |
| PF_Posição do aço                              | -                                 | PF_Posição do aço          | PF_Posição do aço              |
| PC_ID Parede                                   | -                                 | PC_ID Parede               | PC_ID Parede                   |
| PV_Comprimento da barra lado B                 | -                                 | -                          | PV_Comprimento da barra lado B |

Fonte: Produzido pelo autor

### 3.2.3.6 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS HORIZONTAIS

Para a representação gráfica das armaduras, dentro das famílias de componentes aninhados de graute de armadura com e sem transpasse, foi criado um modelo de linha acessando a ferramenta Estilos de objeto, presente na aba Gerenciar. Nesse modelo de linha, denominado Armadura Horizontal Rep. Ele. Frontal e Posterior, foram aplicadas as mesmas características de cor, padrão e espessura de linhas, como realizado para linha de representação da Armadura vertical. Seu procedimento de criação é igual ao abordado na seção 2.3.6.3, onde a Figura 2.26 demonstrou o processo de acesso de seu menu de criação.

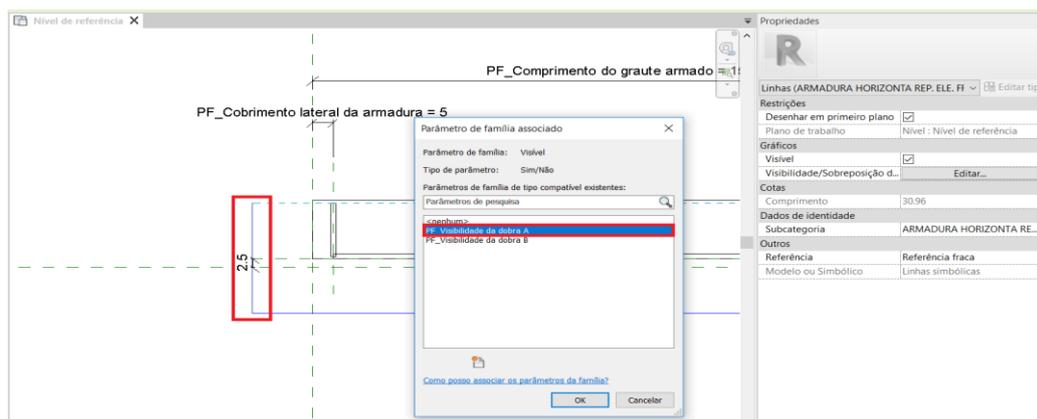
A representação do graute, realizada por intermédio da aplicação de hachuras, possível por meio da utilização de filtro de seleção desse elemento no arquivo de projeto, no momento da configuração gráfica realizada após o carregamento da família de componentes aninhados de graute e barra de aço vertical. Para que a configuração criada anteriormente fosse aplicada automaticamente para a família de componentes aninhados de armadura e graute horizontal com e sem transpasse, bastou, dentro do arquivo da família, no parâmetro de sistema Descrição, localizado no grupo Dados de identidade, em sua célula Fórmula, registrar o termo Graute, entre aspas, como já foi demonstrado na Figura 3.64.

### 3.2.3.6.1 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ARMADURA DE AÇO COM E SEM TRANSPASSE EM VISTAS DE ELEVAÇÃO FRONTAL E POSTERIOR

As linhas de representação da armadura da família composta pelo graute e armadura horizontal sem transpasse, foram traçadas na vista de referência desse arquivo, por meio da ferramenta Linha simbólica. Para essa linha foi atribuído o modelo criado, chamado Armadura Horizontal Rep. Ele. Frontal e Posterior, e em suas dobras, as suas extremidades superiores da representação foram restringidas às extremidades das barras que essas representam, de modo que quando a barra sofrer alguma alteração em seu comprimento, ou de suas dobras, a representação acompanhe essa variação dimensional.

Considerando a correlação entre elemento e sua representação, no segmento vertical, correspondente a dobra, foi associado o parâmetro de visibilidade da dobra A, para o seguimento à esquerda conforme Figura 3.110. O mesmo processo foi aplicado para a dobra B, no lado esquerdo.

Figura 3. 110 – Associação do parâmetro de visibilidade ao segmento de dobra do lado A.



Fonte: Autor

Com as devidas vinculações de parâmetros realizadas dentro da família de barra de aço horizontais sem transpasse, as linhas de representação gráfica foram, por meio do comando Alinhar, no painel Modificar da aba Modificar, sobrepostas aos planos que compreendem o posicionamento da armadura e restringidas esses. Como o objetivo é que essa representação seja visível em vistas de elevações, mas não em situações de visualização dos elementos em vista 3D, conforme realizado para família de armadura vertical, visto na Figura 3.69, a família da barra de aço vertical foi aberta e, por meio da seleção de seus elementos, essa teve sua visibilidade editada, desmarcando as opções de exibição específica das vistas e permanecendo marcadas apenas os níveis de detalhamento.

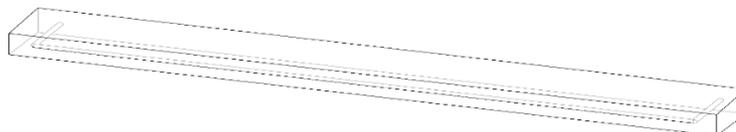
Por meio dessas configurações aplicadas, e com a família de armadura salva e carregada dentro da família composta, é possível observar pela Figura 3.111 que, em vista de corte e elevação, o elemento de barra de aço dá espaço apenas para visualização da sua representação em padrão de linha simbólica e, em contrapartida, em vista 3D, tem-se a visualização da barra e não de sua representação, conforme apresentado na Figura 3.112.

Figura 3. 111 – Representação gráfica da armadura horizontal em vista de elevação e corte.



Fonte: Autor

Figura 3. 112 – Representação gráfica da armadura horizontal em vista 3D.



Fonte: Autor

O detalhamento da armadura deve ocorrer de modo que quando o usuário ativar o parâmetro de detalhamento da armadura, os elementos de graute e armadura de aço sejam ocultados das vistas de elevação e corte, ficando visível apenas na vista em 3D. Para isso, nas famílias compostas de graute e armadura de barra de aço com e sem transpasse, foram criados dois parâmetros do tipo Sim/Não, um para o controle do usuário, chamado PF\_Detalhamento da armadura, contido no grupo de Construção, e outro chamado PF\_Ativação representação do elemento composto, contido no grupo Outros, onde o usuário não tem acesso de edição.

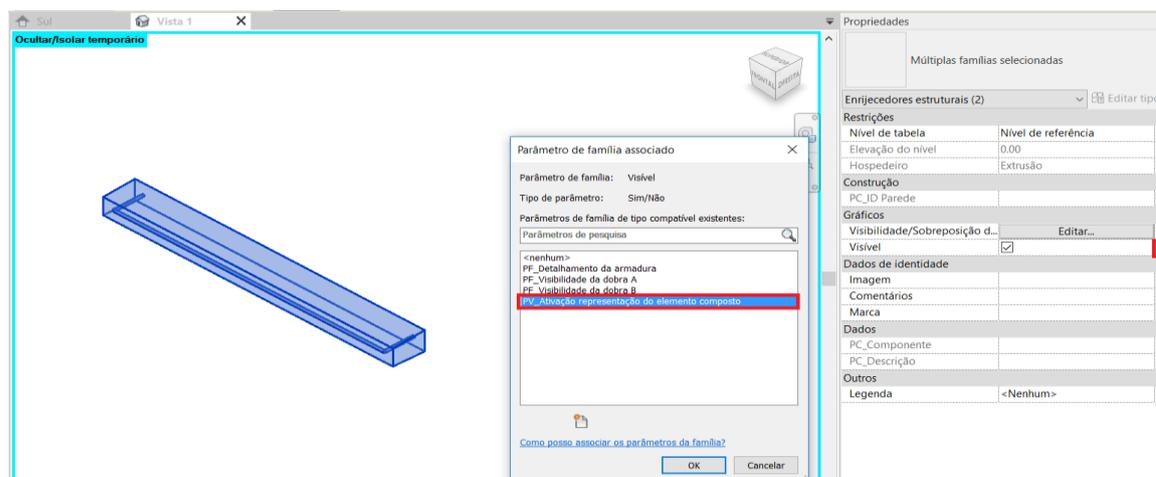
Nesse último parâmetro, por meio da aplicação da declaração condicional If, foi aplicada como condição para que esse parâmetro seja ativado somente quando o usuário desativar o parâmetro de PF\_Detalhamento da armadura, conforme exibido na Figura 3.113. Para efetivar o funcionamento dessa parametrização, os elementos de graute e armadura foram selecionados e a esses foi associado o parâmetro variável de representação do elemento conforme Figura 3.114, que apresenta esse procedimento aplicado para família composta pelo graute e armadura sem transpasse. Vale ressaltar que os procedimentos para representação gráfica explanados até o momento foram executados para a família composta pelo graute e armadura com e sem transpasse.

Figura 3. 113 – Demonstração do funcionamento da declaração condicional aplicada na vinculação de parâmetros.

| Parâmetro   | Valor                               | Fórmula  | Bloc                     |
|---|-------------------------------------|--|--------------------------|
| <b>Restrições</b>                                       |                                     |  |                          |
| <b>Construção</b>                                       |                                     |  |                          |
| PC_Categoria do aço (padrão)                            | CA50                                | "=CA50"  |                          |
| PC_Comprimento do aço (padrão)                          | 0,00                                | "=   | <input type="checkbox"/> |
| PC_Diâmetro do aço (padrão)                             | 1,25                                | "=   | <input type="checkbox"/> |
| PF_Cobrimto lateral da armadura (padrão)                | 5,00                                | "=   | <input type="checkbox"/> |
| PF_Comprimento do graute armado (padrão)                | 150,00                              | "=   | <input type="checkbox"/> |
| PF_Detalhamento da armadura (padrão)                    | <input type="checkbox"/>            | "=   | <input type="checkbox"/> |
| PF_Visibilidade da dobra A (padrão)                     | <input checked="" type="checkbox"/> | "=   | <input type="checkbox"/> |
| PF_Comprimento da dobra A (padrão)                      | 15,00                               | "=   | <input type="checkbox"/> |
| PF_Visibilidade da dobra B (padrão)                     | <input checked="" type="checkbox"/> | "=   | <input type="checkbox"/> |
| PF_Comprimento da dobra B (padrão)                      | 15,00                               | "=   | <input type="checkbox"/> |
| PC_Posição do aço (padrão)                              |                                     | "=   |                          |
| PC_ID Parede (padrão)                                   |                                     | "=   |                          |
| <b>Dados</b>  |                                     |  |                          |
| PC_Componente (padrão)                                  |                                     | "=   |                          |
| PC_Descrição (padrão)                                   |                                     | "=   |                          |
| <b>Outros</b>   |                                     |  |                          |
| PV_Ativação representação do elemento composto (padrão) | <input checked="" type="checkbox"/> | "=if(PF_Detalhamento da armadura, 1 < 0, 1 > 0)" |                          |

Fonte: Autor

Figura 3. 114 – Associação de parâmetros para operabilidade de visualização de representação gráfica.



Fonte: Autor

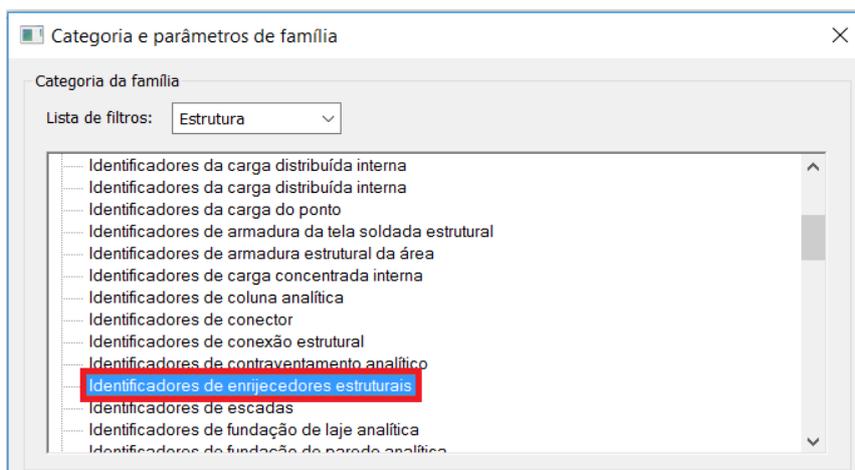
### 3.3 ETIQUETAGEM E DOCUMENTAÇÃO DE FAMÍLIAS

As etiquetas externam as informações contidas em um elemento ou conjunto de elementos. Estas são na verdade famílias que transmitem, através do formato textual e numérico, as informações pertinentes para que em projeto, na construção de uma edificação, sejam contempladas as informações necessárias para boa pratica dos colaboradores.

Para a elaboração das etiquetas, assim como realizado no início da criação das demais famílias desse trabalho, foi selecionado um modelo de família, pelo procedimento apresentado na Figura 3.82, chamado Anotação genérica métrica. Dentro dessa família, configurou-se a

categoria de parâmetros de família onde foi selecionada, conforme Figura 3.115, a categoria Identificadores de enrijecedores estruturais, predefinindo que a busca das informações será em torno da categoria e parâmetros dos elementos de Enrijecedores estruturais, categoria escolhida para a composição de todas as famílias que compõem o modelo para projeto em alvenaria estrutural.

Figura 3. 115 – Categoria selecionada para extração de informações para composição de etiquetas.



Fonte: Autor

Conforme mencionado, as etiquetas explicitam as informações que foram tratadas previamente por meio de parametrização. Porém, ao definir quais informações serão apresentadas por uma etiqueta, é permitida a busca apenas destas em parâmetros de sistema do software ou por parâmetros compartilhados criados, excluindo os parâmetros de família da lista de seleção. Dessa forma, como alguns parâmetros de interesse para a composição das etiquetas, criados na elaboração das famílias, foram do tipo de família, fez-se necessário a elaboração de parâmetros compartilhados para receberem os mesmos dados destes, para ser possível a vinculação desses junto a etiqueta.

Pelas considerações apresentadas acima, a seguir são apresentadas as retificações realizadas nos parâmetros de cada família de interesse que compõem o projeto de alvenaria estrutural, seguido pelo processo que permite a elaboração e efetiva aplicação das famílias de etiquetas, após a prévias configurações de modelo de família e categoria de parâmetros citados.

### 3.3.1 ELABORAÇÃO DE PARÂMETROS COMPARTILHADOS PARA ETIQUETAGEM DA ARMADURA VERTICAL COM TRANSPASSE

Quando se aborda a extração de informações para etiquetagem da armadura vertical que compõem a região de enrijecimento, através da aplicação de graute em alvenaria estrutural, essas devem remeter o diâmetro e posição das barras, seus comprimentos e comprimento da região de transpasse entre essas. Desse modo, para o projeto, foi necessário criar parâmetros

compartilhados de posição das barras, sendo essas A e B, conforme convencionado. Esses parâmetros foram concebidos sendo do tipo Texto e os parâmetros de comprimento da barra A, barra B e de comprimento de arranque do tipo Linear.

Esses parâmetros foram criados dentro do grupo de parâmetros compartilhados chamado TAGs, acessado na opção Parâmetros compartilhados, presente na janela Propriedade de parâmetros que é aberta ao clicar no ícone Novo, na janela Tipos de famílias, e clicando em editar. O modo para a criação desses é análogo ao apresentado na Figura 2.11, com a nomeação do parâmetro, escolha de qual tipo esse pertencerá e conformação da criação.

Para essa etapa de parametrização para etiquetagem, fica padronizado que os parâmetros compartilhados comporão o grupo de parâmetros Texto, sendo dessa forma, com estes prontos, o parâmetro compartilhado de posição da barra A, posição da barra B e comprimento da barra A associados diretamente aos seus correspondentes no formato de parâmetros de família. Os parâmetros de comprimento da barra B, comprimento de arranque e transpasse, tiveram expressões inseridas em suas células Fórmulas, de modo que, no primeiro, foi subtraído da soma entre a altura de parede, a espessura da laje, o comprimento de transpasse e de arranque, o comprimento da barra A; foi aplicada a multiplicação entre o coeficiente de arranque e o diâmetro da barra de aço, para os segundo; e, para o terceiro parâmetros, a multiplicação entre o coeficiente de transpasse e o diâmetro, de modo apresentado na Figura 3.116.

Figura 3. 116 – Parâmetros compartilhados de etiquetagem da família de armadura vertical com transpasse.

| Parâmetro                                | Valor                    | Fórmula   |
|--|--------------------------|---|
| PC_ID Parede (padrão)                    |                          | =   |
| PF_Altura da parede (padrão)             | 300.00                   | =   |
| PF_Espessura da laje (padrão)            | 15.00                    | =   |
| PF_Coef. de arranque (padrão)            | 40.000000                | =   |
| PF_Coef. de transpasse (padrão)          | 40.000000                | =   |
| PC_Diâmetro do aço (padrão)              | 1.25                     | =   |
| PF_Comprimento da barra A (padrão)       | 180.00                   | =   |
| PF_Posição da barra A (padrão)           |                          | =   |
| PF_Posição da barra B (padrão)           |                          | =   |
| PF_Modelo dimensional do graute (padrão) | 2                        | =   |
| PF_Descrição do graute (padrão)          | Graute do bloco          | =if(PF_Modelo dimensional do graute = 1, "Graute do bloco 14x14", if(PF_Modelo dimensional do graute = 2, "Graute do bloco 14x19", if(PF_Modelo d |
| PF_Detalhamento da armadura (padrão)     | <input type="checkbox"/> | =   |
| <b>Texto</b>                             |                          |   |
| PC_Comprimento da barra A (padrão)       | 180.00                   | =PF_Comprimento da barra A  |
| PC_Comprimento da barra B (padrão)       | 235.00                   | =(PF_Altura da parede + PF_Espessura da laje + PC_Comprimento de transpasse + PC_Comprimento de arranque) - PF_Comprimento da barra A             |
| PC_Comprimento de arranque (padrão)      | 50.00                    | =PF_Coef. de arranque * PC_Diâmetro do aço  |
| PC_Comprimento de transpasse (padrão)    | 50.00                    | =PF_Coef. de transpasse * PC_Diâmetro do aço  |
| PC_Posição da barra A (padrão)           |                          | =PF_Posição da barra A  |
| PC_Posição da barra B (padrão)           |                          | =PF_Posição da barra B  |
| <b>Dados</b>                             |                          |   |

Fonte: Autor

### 3.3.2 ELABORAÇÃO DE PARÂMETROS COMPARTILHADOS PARA ETIQUETAGEM DA ARMADURA HORIZONTAL SEM TRANSPASSE

Conforme realizado para a complementação da parametrização da armadura vertical com transpasse, com a família composta pelo graute e barra de aço horizontal simples, foram elaborados os parâmetros compartilhados para composição de dados de sua etiqueta. Nessa, também pelo grupo chamado TAG's, todos do tipo Linear, foram criados os parâmetros compartilhados para o comprimento parcial da armadura, correspondente a dimensão linear da

barra sem suas dobras, o comprimento total da armadura, que considera o comprimento parcial mais o comprimento das dobras caso esses estejam visíveis, situação aplicável pela utilização da declaração condicional If na célula Fórmula dos parâmetros, e os comprimentos da dobra A e B.

Compondo o grupo de parâmetros Texto e, conforme apresentado na Figura 3.117, os parâmetros compartilhados de comprimento da dobra A e B receberam as informações dos parâmetros com mesmo nome, criados como parâmetros de família, o parâmetro de comprimento parcial recebeu os dados do parâmetro variável que determina o comprimento da barra desconsiderando suas dobras e, para consistir o dado do parâmetro de comprimento total da armadura, por meio da condicionante If, em sua célula Fórmula, foi aplicada a soma das dobras ao comprimento da barra em contato com a base dos blocos canaleta, caso estas estejam com sua visibilidade ativada.

Figura 3. 117 – Parâmetros compartilhados de etiquetagem da família de armadura horizontal sem transpasse.

| Parâmetro                                     | Valor                               | Fórmula   | Bloquear                            |
|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
| <b>Restrições</b>                             |                                     |   |                                     |
| Elevação-padrão                               | 121.92                              | =   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>Construção</b>                             |                                     |   |                                     |
| PC_Categoria do aço (padrão)                  | CA50                                | = "CA50"  |                                     |
| PC Comprimento do aço (padrão)                | 170.00                              | = PV_C Comprimento da barra + if(PF_Visibilidade da dobra A, PF_C Comprimento da dobra A, 0 cm) + if(PF_Visibilidade da | <input type="checkbox"/>            |
| PC Diâmetro do aço (padrão)                   | 1.25                                | =   | <input type="checkbox"/>            |
| PF_Cobrimento lateral da armadura (padrão)    | 5.00                                | =   | <input type="checkbox"/>            |
| PF_C Comprimento do graute armado (padrão)    | 150.00                              | =   | <input type="checkbox"/>            |
| PF_Detalhamento da armadura (padrão)          |                                     | =   |                                     |
| PF_Visibilidade da dobra A (padrão)           | <input checked="" type="checkbox"/> | =   |                                     |
| PF_C Comprimento da dobra A (padrão)          | 15.00                               | =   | <input type="checkbox"/>            |
| PF_Visibilidade da dobra B (padrão)           | <input checked="" type="checkbox"/> | =   |                                     |
| PF_C Comprimento da dobra B (padrão)          | 15.00                               | =   | <input type="checkbox"/>            |
| PC Posição do aço (padrão)                    |                                     | =   |                                     |
| PC_ID Parede (padrão)                         |                                     | =   |                                     |
| <b>Texto</b>                                  |                                     |   |                                     |
| PC_C Comprimento da dobra A (padrão)          | 15.00                               | = PF_C Comprimento da dobra A   | <input type="checkbox"/>            |
| PC_C Comprimento da dobra B (padrão)          | 15.00                               | = PF_C Comprimento da dobra B   | <input type="checkbox"/>            |
| PC_C Comprimento parcial da armadura (padrão) | 140.00                              | = PV_C Comprimento da barra   | <input type="checkbox"/>            |
| PC_C Comprimento total da armadura (padrão)   | 170.00                              | = PV_C Comprimento da barra + if(PF_Visibilidade da dobra A, PF_C Comprimento da dobra A, 0 cm) + if(PF_Visibilidade da | <input type="checkbox"/>            |
| <b>Dados</b>                                  |                                     |   |                                     |

Fonte: Autor

### 3.3.3 ELABORAÇÃO DE PARÂMETROS COMPARTILHADOS PARA ETIQUETAGEM DA ARMADURA HORIZONTAL COM TRANSPASSE

A parametrização para a aplicação de etiquetas foi realizada também na família de componentes aninhados composta pelo graute e armadura horizontal, essa integrada por duas barras e apresentando, no caso, uma região de transpasse. Para isso, com essa família aberta, foram criados no grupo de TAG's os parâmetros compartilhados de comprimento total da barra A e B, estes do tipo Linear, inseridos no grupo de Texto. Como inicialmente essa família não estava com os parâmetros de comprimento de transpasse, comprimentos das barras A e B e comprimentos das dobras do lado A e B, esses foram carregados, também compondo o grupo Texto.

De forma análoga ao realizado nas demais famílias abordadas, os parâmetros compartilhados receberam as informações dos parâmetros de família com os dados de interesse, gerados na criação dessa, conforme Figura 3.118, sendo aplicada, na célula da Fórmula do comprimento total da barra A, a soma do comprimento da barra do lado A com o comprimento de sua dobra, caso a visibilidade desta seja ativada e, para o comprimento total da barra B, a soma de seu comprimento com o comprimento da dobra B, caso esta seja visível.

Figura 3. 118 – Edição de visibilidade da família de barra de aço vertical.

| Parâmetro                                 | Valor                               | Fórmula   | Bloquear                 |
|---|-------------------------------------|---|--------------------------|
| PC_Categoria do aço (padrão)              | CA50                                | "CA50"  |                          |
| PC_Compimento do aço (padrão)             | 1670.00                             | =PV_Compimento da barra lado A + PV_Compimento da barra lado B + if(PF_Visibilidade da dobra B, PF_Compri | <input type="checkbox"/> |
| PC_Diâmetro do aço (padrão)               | 1.25                                | =   | <input type="checkbox"/> |
| PF_Coef. de transpasse (padrão)           | 40.000000                           | =   | <input type="checkbox"/> |
| PF_Cobertura lateral da armadura (padrão) | 5.00                                | =   | <input type="checkbox"/> |
| PF_Compimento do graute armado (padrão)   | 1600.00                             | =   | <input type="checkbox"/> |
| PF_Detalhamento da armadura (padrão)      | <input type="checkbox"/>            | =   | <input type="checkbox"/> |
| PF_Visibilidade da dobra A (padrão)       | <input checked="" type="checkbox"/> | =   | <input type="checkbox"/> |
| PF_Compimento da dobra A (padrão)         | 15.00                               | =   | <input type="checkbox"/> |
| PF_Visibilidade da dobra B (padrão)       | <input checked="" type="checkbox"/> | =   | <input type="checkbox"/> |
| PF_Compimento da dobra B (padrão)         | 15.00                               | =   | <input type="checkbox"/> |
| PC_Posição da barra A (padrão)            |                                     | =   | <input type="checkbox"/> |
| PC_Posição da barra B (padrão)            |                                     | =   | <input type="checkbox"/> |
| PC_Posição do aço (padrão)                |                                     | =   | <input type="checkbox"/> |
| PC_ID Parede (padrão)                     |                                     | =   | <input type="checkbox"/> |
| <b>Texto</b>                              |                                     |   |                          |
| PC_Compimento da barra A (padrão)         | 1185.00                             | =PV_Compimento da barra lado A  | <input type="checkbox"/> |
| PC_Compimento da barra B (padrão)         | 455.00                              | =PV_Compimento da barra lado B  | <input type="checkbox"/> |
| PC_Compimento da dobra A (padrão)         | 15.00                               | =PF_Compimento da dobra A   | <input type="checkbox"/> |
| PC_Compimento da dobra B (padrão)         | 15.00                               | =PF_Compimento da dobra B   | <input type="checkbox"/> |
| PC_Compimento total da barra A (padrão)   | 1200.00                             | =PV_Compimento da barra lado A + if(PF_Visibilidade da dobra A, PF_Compimento da dobra A, 0 cm)           | <input type="checkbox"/> |
| PC_Compimento total da barra B (padrão)   | 470.00                              | =PV_Compimento da barra lado B + if(PF_Visibilidade da dobra B, PF_Compimento da dobra B, 0 cm)           | <input type="checkbox"/> |

Fonte: Autor

### 3.3.4 ELABORAÇÃO DA FAMÍLIA DE ETIQUETA PARA ARMADURA HORIZONTAL COM TRANSPASSE

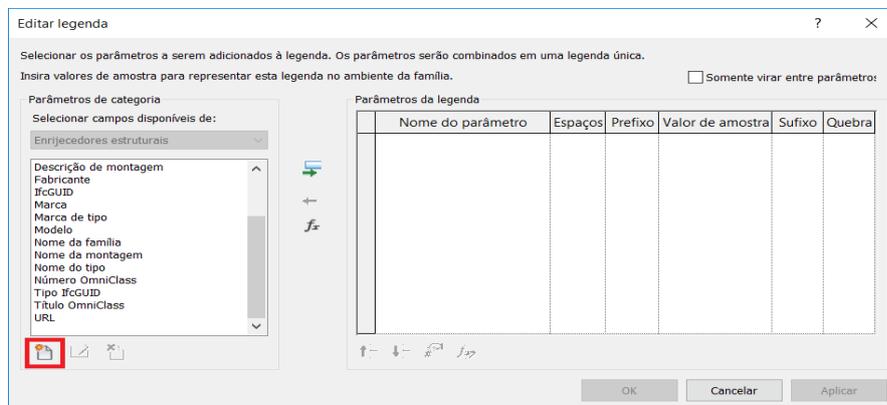
Com o arquivo aberto e as configurações apontadas na introdução dessa seção aplicadas, as informações são inseridas no arquivo por meio da elaboração de legendas, na ferramenta Legenda acessada por meio da aba criar, conforme Figura 3.119. Ao realizar essa ação, uma janela com uma lista de parâmetros de categoria é aberta, composta apenas por parâmetros de sistema, sendo necessário, para a implementação dos parâmetros compartilhados à esta lista, acessando o ícone Adição de parâmetro conforme sinalizado na Figura 3.120. Por meio desse procedimento são incorporados a lista os parâmetros de interesse, no caso, para compor as informações da barra A e esses a lista Parâmetros da legenda.

Figura 3. 119 – Procedimento para acesso a ferramenta Legenda.



Fonte: Autor

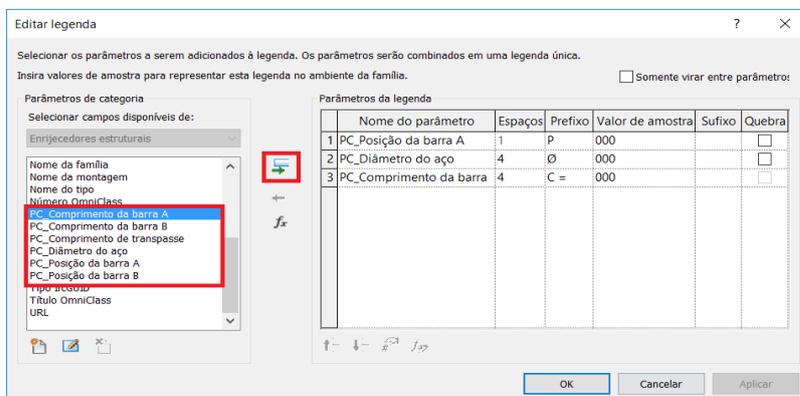
Figura 3. 120 – Janela de edição de legenda.



Fonte: Autor

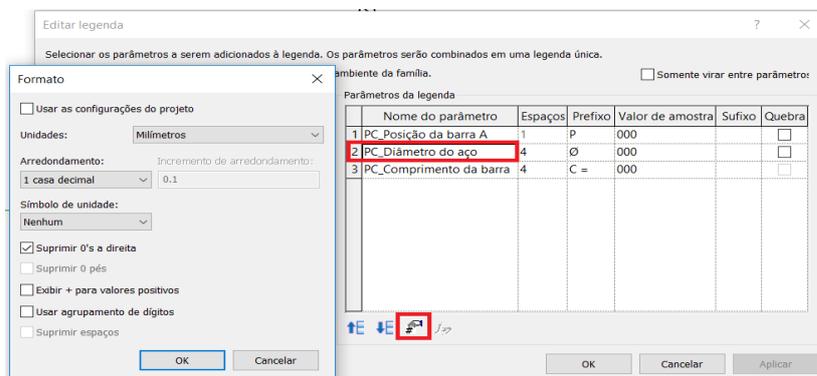
Nessa lista, conforme Figura 3.121, é possível editar o espaçamento entre parâmetros e os prefixos para representá-los na legenda, onde, conforme convenção, são usados a letra “P” para informações de posição, “Ø” para diâmetro e “C=” para comprimento. Na coluna de valor de amostra, foi a representação por números zero apenas para questão ilustrativas, pois no lugar destes, será preenchida a informação presente no parâmetro integrado à legenda. Antes de encerrar a edição e posicionar a legenda, foi configurada o formato de unidades que acompanham os parâmetros de comprimento e diâmetro, esse último, conforme Figura 3.122, a unidade será em milímetro, tendo uma casa decimal e tendo supressão dos números zeros à direita. Para o comprimento, a unidade será em centímetros e sem casa decimal. Todos os parâmetros, para esse projeto, terão o espaçamento 4, com exceção do primeiro que não pode ser editado.

Figura 3. 121 – Integração de parâmetros e apresentação de layout do quadro Parâmetros da legenda.



Fonte: Autor

Figura 3. 122 – Procedimento de acesso ao menu de edição da apresentação unidade para o parâmetro de diâmetro



Fonte: Autor

Para as informações paramétricas atribuídas a barra vertical B foi realizada a elaboração de outra legenda, sendo carregado em Parâmetros de legenda, para essa, os parâmetros de posição da barra B, diâmetro e comprimento da barra B. As unidades foram configuradas conforme realizado para a legenda da barra A, que pode ser conferido na Figura 3.122. Como as barras juntas apresentam uma região de transpasse, foi realizada a criação de uma legenda a parte, composta apenas pelo parâmetro de comprimento de transpasse, com o Prefixo “T=” e suas unidades configuradas como comprimento, em centímetros e sem apresentarem casas decimais.

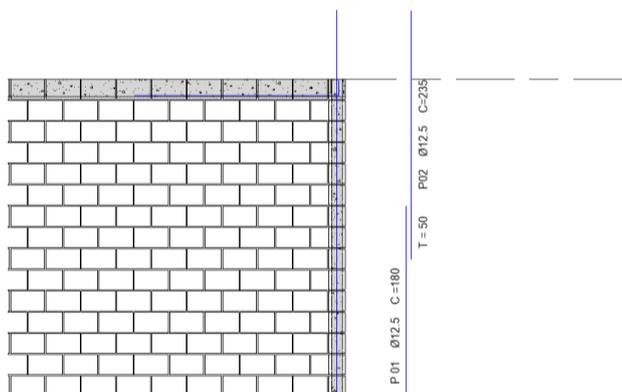
O ponto de interseção entre os eixos horizontal e vertical que compõem o modelo de família, que determina o ponto de origem do arquivo, ou ponto “0,0”, como também é chamado, representa o centro de simetria da família ao qual a legenda será utilizada para atribuir informações, ou seja, nessa situação, o ponto de simetria da família composta pelo graute e armadura vertical e, conseqüentemente, o ponto de inserção da legenda. Dessa forma, as legendas criadas foram posicionadas no sentido vertical e próximas dos eixos, como ilustrado na Figura 3.123, obtendo como resultado demonstrado na Figura 3.124, ao ser aplicada em projeto.

Figura 3. 123 – Posicionamento dos textos dentro da família de legenda para família de armadura horizontal com transpasse.



Fonte: Autor

Figura 3. 124 – Aplicação da legenda na armadura vertical com transpasse dentro do arquivo de projeto.

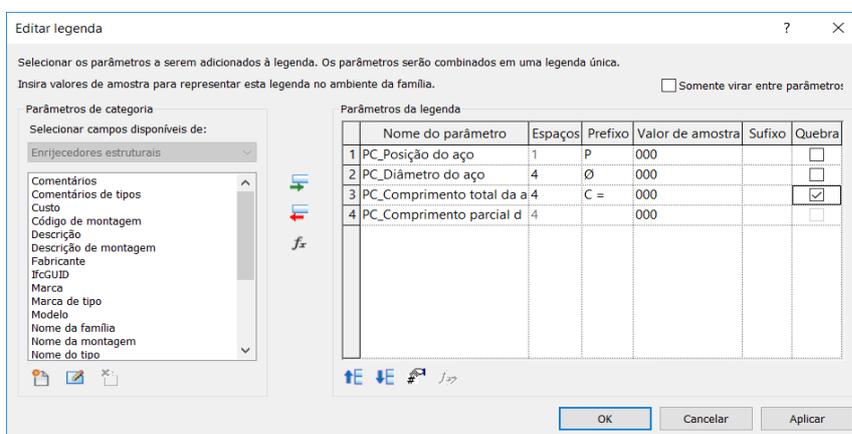


Fonte: Autor

### 3.3.5 ELABORAÇÃO DA FAMÍLIA DE ETIQUETA PARA ARMADURA HORIZONTAL SEM TRANSPASSE

Pelo arquivo, com as configurações iniciais aplicada, o procedimento para a inserção de legenda e carregamento dos parâmetros compartilhados de interesse, realizados para a elaboração de legenda da armadura vertical com transpasse, se repetiu, onde, para esse caso, foram carregados os parâmetros de posição do aço, diâmetro, comprimento total da armadura e seu comprimento parcial, seguindo os mesmos prefixos convencionados e apresentados para a legenda da armadura vertical, onde, conforme Figura 3.125, os comprimentos parciais, para esta e para armaduras que apresentam dobras em suas extremidades, não apresentam sufixo, e para o comprimento total, em sua extremidade de direita, é aplicada uma quebra, passando o parâmetro subsequente uma linha abaixo.

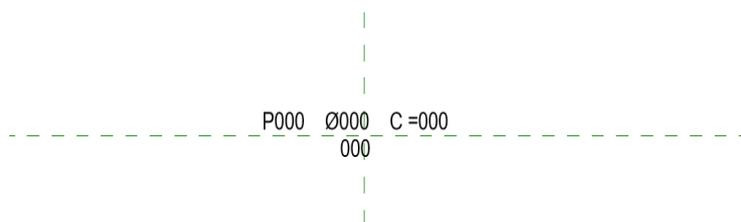
Figura 3. 125 – Parâmetros integrados ao quadro Parâmetros da legenda e suas edições.



Fonte: Autor

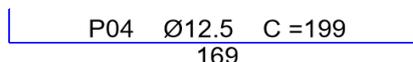
Para essa etiqueta, com a intenção que essa seja inserida próximo do centro de simetria da família composta, conforme ilustrado na Figura 3.126, optou-se por posicionar a legenda próxima do ponto de interseção entre eixos do arquivo, de modo que as informações sejam distribuídas no em torno da barra, conforme Figura 3.127.

Figura 3. 126 – Posicionamento dos textos dentro da família de legenda para família de armadura horizontal sem transpasse.



Fonte: Autor

Figura 3. 127 – Aplicação da legenda na armadura horizontal sem transpasse dentro do arquivo de projeto.

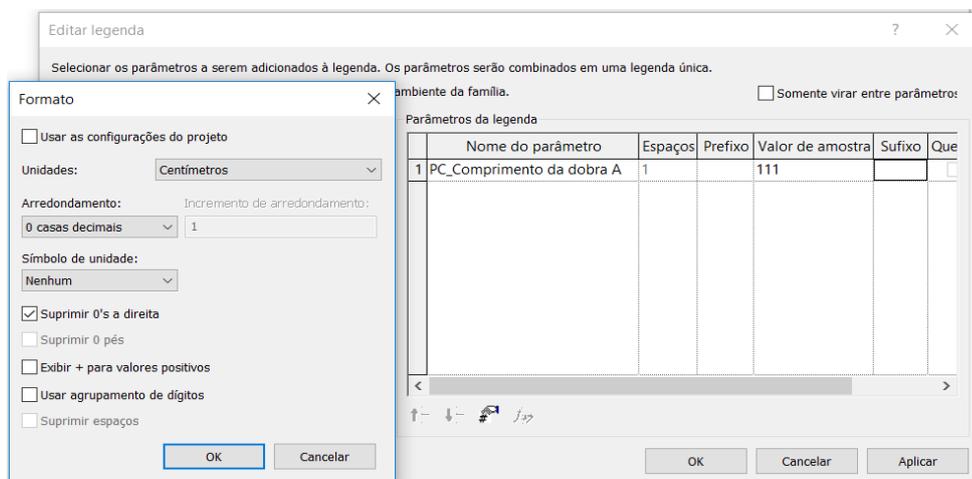


Fonte: Autor

Como apresentado, essa etiqueta aponta apenas informações da barra de aço desconsiderando suas dobras. Para essas, devido ao fato do posicionamento das dobras ser variável, pois o usuário pode editar o comprimento da família composta, é complicado prever seus pontos de inserção ao lado na dobra. Dessa forma foi criado um novo arquivo de família, com as características de modelos e categoria das demais, exclusivo para as dobras.

Nesta, duas legendas foram inseridas, uma contendo o parâmetro compartilhado de comprimento da dobra A, a outra composta apenas pelo parâmetro de comprimento da dobra B. Para o lado A, nas configurações de sua legenda, não foi aplicado prefixo, seu valor de amostra foi a sequência “111”, para identificação de seu sentido e direção, no momento de seu posicionamento em relação ao centro entre eixos do arquivo, e, conforme exibido na Figura 3.128, suas unidades foram configuradas para centímetros, sem casas decimais e com supressão de zeros a direita. As mesmas configurações foram aplicadas na criação da legenda para a dobra do lado B.

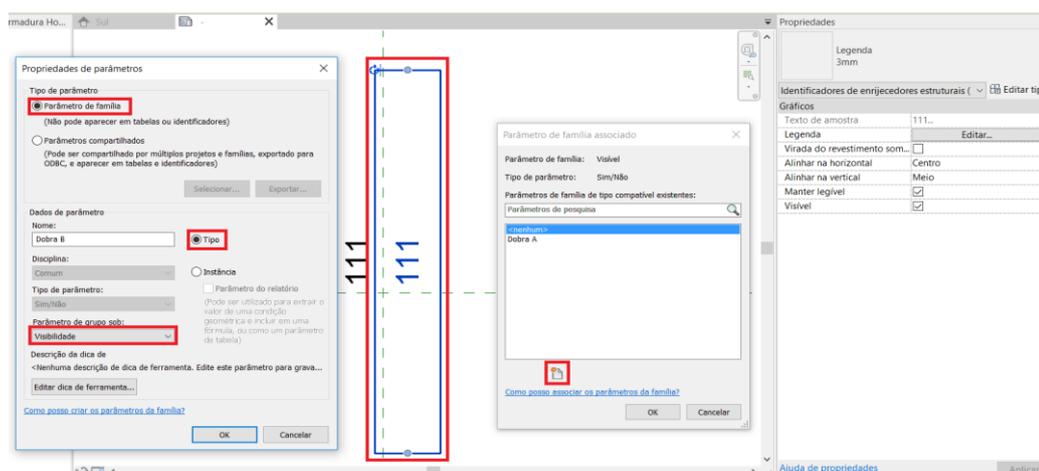
Figura 3. 128 – Edição das unidades e configuração da etiqueta composta pelo parâmetro de comprimento da dobra A.



Fonte: Autor

Como essa família de etiqueta tem em sua composição legendas para ambos os lados e se quer que o usuário possa optar por cada uma, para seu posicionamento individual, foi necessário criar dois parâmetros de visibilidade, uma para a dobra A e outra para a B. Dessa forma estes foram criados como parâmetros de família, do tipo Sim/Não, no grupo Visibilidade e sendo esses, diferente dos demais parâmetros criados nesse trabalho que são parâmetros de armazenamento em Instância, parâmetros de Tipo. A mesma configuração e procedimento ilustrado na Figura 3.129, para o parâmetro de visibilidade da dobra B, foi aplicada para o da dobra A.

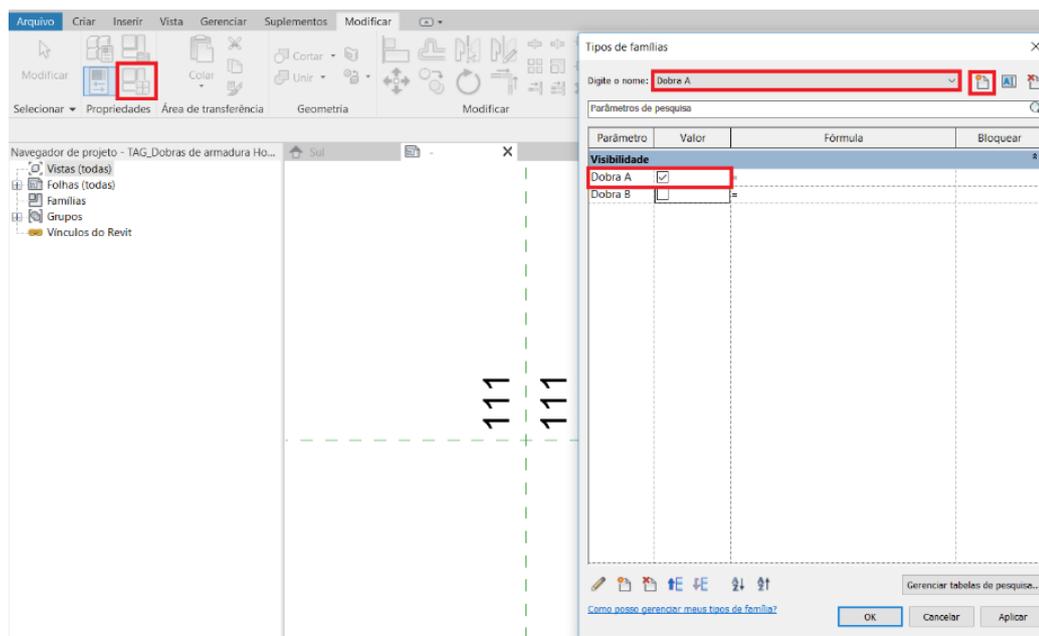
Figura 3. 129 – Procedimento para criação de parâmetro de visibilidade para legenda da dobra do lado B.



Fonte: Autor

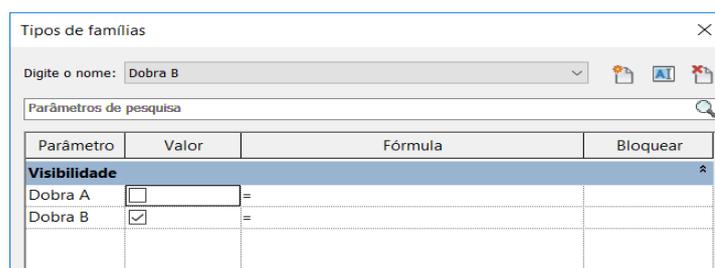
Com estes parâmetros prontos, na janela Tipos de família, presente na aba Modificar, foram criados tipos para as famílias, um chamado dobra A, onde apenas o parâmetro de visibilidade da dobra A ficou ativo, e outro chamado Dobra B, onde apenas o parâmetro da dobra B ficou visível, conforme imagens Figura 3.130 e 3.131.

Figura 3. 130 – Elaboração de tipo de família para dobra do lado B.



Fonte: Autor

Figura 3. 131 – Elaboração de tipo de família para dobra do lado A.



Fonte: Autor

Para finalizar a edição dessa família, as legendas foram distanciadas de forma simétrica do eixo vertical, mas mantendo sobre o eixo horizontal, de modo a facilitar a identificação de qual dobra o usuário estará etiquetando no momento da inserção da família de identificação. O resultado do emprego desta em projeto pode ser conferido na Figura 3.132.

Figura 3. 132 – Aplicação da legenda das dobras A e B dentro do arquivo de projeto

$\left\{ \begin{array}{l} P04 \quad \emptyset 12.5 \quad C = 199 \\ \hline 169 \end{array} \right. \left. \right\}$

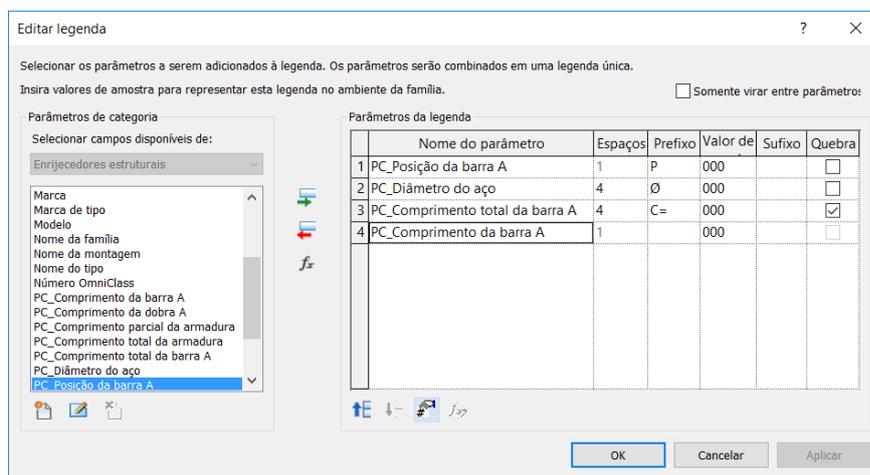
Fonte: Autor

### 3.3.6 ELABORAÇÃO DA FAMÍLIA DE ETIQUETA PARA ARMADURA HORIZONTAL COM TRANSPASSE

Um novo arquivo de família foi aberto e, a esse, foram selecionados o modelo e a categoria de parâmetro, como mencionados na introdução sobre criação de etiquetas. Com o arquivo aberto foi criada uma legenda, conforme a Figura 3.120, sendo carregado, primeiramente, os parâmetros de interesse, correspondentes a barra do lado A.

Como representado na Figura 3.133, para esta barra foram carregados os parâmetros compartilhados de posição da barra A, seu diâmetro, seu comprimento total e o comprimento da barra A, correspondente ao seu comprimento desconsiderando a dimensão de sua dobra. Nesta imagem é apresentada ainda as configurações aplicadas para os espaçamentos, prefixos, valores de amostra e a seleção para que tenha a quebra de linha entre os parâmetros de comprimento da barra. Para os parâmetros de diâmetro e comprimentos, foram empregados as mesmas configurações de unidades já mencionadas para as legendas de etiquetas anteriores.

Figura 3. 133 – Configuração da etiqueta para o parâmetro de comprimento da barra A.

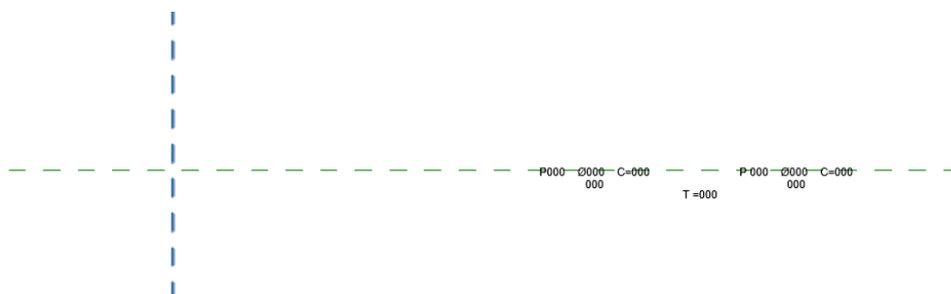


Fonte: Autor

Para a elaboração da legenda para a barra B foi realizado o mesmo procedimento, sendo carregados os parâmetros de posição da barra B, seu diâmetro, o comprimento total da barra B e seu comprimento desconsiderando a dimensão de sua dobra. A elaboração da legenda para transpasse também seguiu a mesma configuração aplicada para o transpasse na etiqueta da família de graute e armadura vertical.

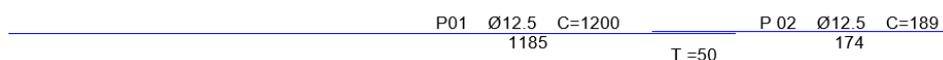
Em posse de todas as legendas criadas, essas foram posicionadas, em relação aos eixos do arquivo desta família, conforme Figura 3.134. O distanciamento para a direita do eixo vertical, aplicado nesta, é justificado no fato de, no momento da elaboração da família composta pelo graute e armadura horizontal com transpasse, ser padronizado que a barra A, posicionada a esquerda, terá sempre a maior dimensão, quando comparada a barra B, sendo seu limite dimensional, conforme os tamanhos comerciais de barras de aço, de 1200 centímetros, com ou sem a consideração do comprimento da dobra A. Dessa forma, sabendo disso e que a interseção entre eixos marca o ponto de simetria da barra e inserção da legenda, para que a etiqueta seja inserida próxima da região de transpasse entre barras, suas legendas devem ser posicionadas a uma distância equivalente entre 500 e 600 cm. O resultado, em sua aplicação prática, pode ser conferida pela Figura 3.135.

Figura 3. 134 – Posicionamento dos textos dentro da família de legenda para família de barra de aço do lado A com transpasse.



Fonte: Autor

Figura 3. 135 – Aplicação da legenda das barras A e B dentro do arquivo de projeto, considerando sua região de transpasse.



Fonte: Autor

O comprimento das dobras, para a família composta pela armadura horizontal com transpasse, serão etiquetados com a mesma família criada para a armadura horizontal sem o transpasse, uma vez que para ambas as armaduras, foram empregados os mesmos parâmetros compartilhados para determinação dos comprimentos dessas.

O resultado da aplicação de todas as etiquetas criadas é apresentado na Figura 3.136.



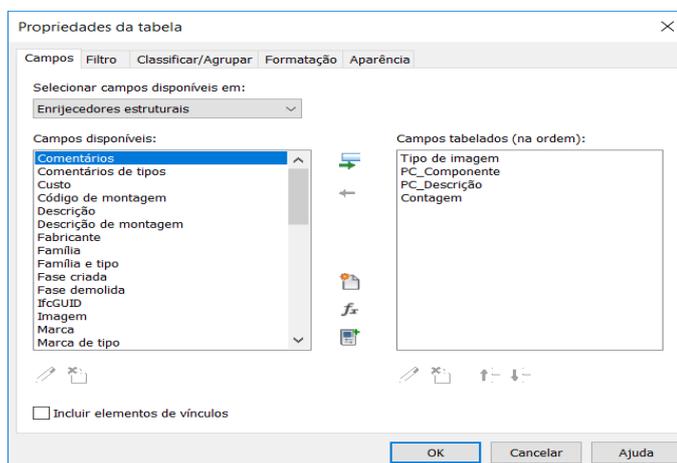
Ao selecionar a opção mencionada uma janela se abriu, onde é possível selecionar a categoria de parâmetros, para que sejam acessados os parâmetros dos elementos que a integram. Para todas as tabelas criadas nesse trabalho foi selecionada, conforme já evidenciado na Figura 2.42, a categoria de Enrijecedores estruturais, sendo essa a mesma selecionada para exercer a função de base na parametrização das famílias.

Confirmada a seleção, uma nova janela foi acessada, chamada Propriedades da tabela, essa, como o nome sugere, contém as ferramentas para definição das propriedades aplicadas a tabela. Denota-se a presença das guias Campos, Filtros, Classificar/Agrupar, Formatação e Aparência, cuja abordagem das propriedades de edição em cada guia foi apresentada na seção 2.3.7.1.1 Elaboração de Tabelas/Quantidades, em Revisão bibliográfica, assim como o procedimento para criação de cada um dos tipos de tabelas.

### 3.4.1 TABELAS DE QUANTITATIVO DE BLOCO ESTRUTURAL

Realizadas as etapas iniciais de criação de tabelas, na lista Campos disponíveis foram selecionados os parâmetros que compreenderão os campos da tabela, ou seja, que integrarão a lista Campos tabelados, em ordem, conforme Figura 3.138, o parâmetro Tipo de imagem, uma vez é de interesse que tenha uma identificação visual dos blocos estruturais aplicados em projeto, os parâmetros compartilhados PC\_Componentes, PC\_Descrição e o operador matemático Contagem, afim de quantificar o total de blocos presente de no projeto.

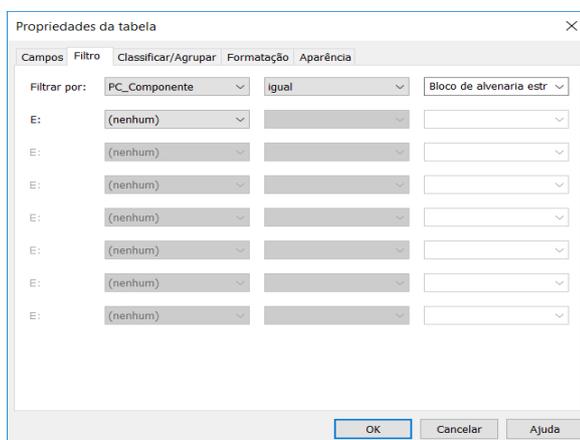
Figura 3. 138 – Parâmetros ingressos para composição da tabela.



Fonte: Autor

Na etapa seguinte, no parâmetro PC\_componente, foi aplicado um condicionante de filtro para que a tabela aborde apenas informações blocos de alvenaria estrutural, dentre os demais componentes registrados nesse parâmetro. Esse parâmetro apresenta outros elementos, tais como argamassa de assentamento, barra de aço e graute, e, caso o filtro não fosse aplicado segundo as regras apontadas na Figura 3.139, todos estes seriam listados na tabela, corrompendo o objetivo de apresentar os dados referentes aos blocos estruturais.

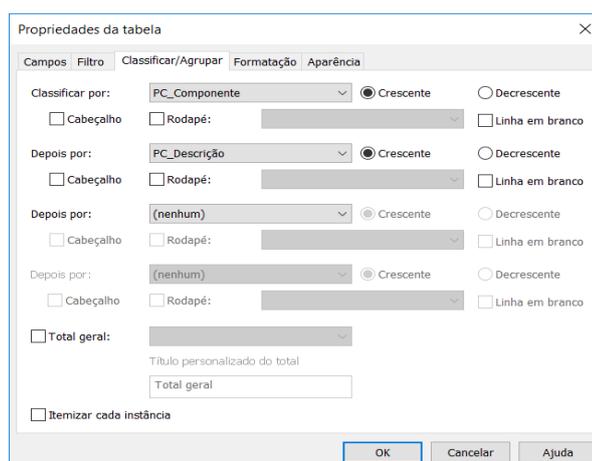
Figura 3. 139 – Regra aplicada na guia Filtro para blocos estruturais.



Fonte: Autor

Com a execução dos procedimentos até aqui apresentados, todos os blocos, um a um, são listados na tabela, tornando-a poluída e pouco efetiva para o propósito que se quer empregar a ela. Dessa forma, por intermédio da aba Classificar/Agrupar, foram aplicadas, em ordem mencionada, conforme Figura 3.139, as classificações através dos parâmetros PC\_Componente e PC\_Descrição. Para o agrupamento das instâncias em uma única do elemento, foi desmarcado o item Itemizar cada instância, que, por convenção de sistema do software, é previamente selecionado ao criar tabelas.

Figura 3. 140 – Regra aplicada na guia Classificar/Agrupar para blocos estruturais.



Fonte: Autor

Com essas configurações aplicadas, a tabela terá composição visual e informativa apresentada pela Figura 3.141. Observa-se que, por meio dessa, sem edição, a tabela tem seu

cabeçalho composto pelos nomes dos parâmetros que a compõem e seu título leva o nome das categorias selecionada para seus parâmetros. Isso decorre da padronização do programa, mas pode ser editado através da aba Formatação, onde, conforme Figura 3.142, os cabeçalhos foram renomeados e o título da tabela foi alterado para Quantitativo de blocos estruturais, concluindo as etapas de edição de sua criação.

Figura 3. 141 – Apresentação da tabela de blocos estruturais antes da alteração de seu nome e cabeçalho.

| <Tabela de enrijecedores estruturais> |                               |                               |          |
|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------|
| A                                     | B                             | C                             | D        |
| Tipo de imagem                        | PC_Componente                 | PC_Descrição                  | Contagem |
| Bloco Alv. ESt 14x14.png              | Bloco de alvenaria estrutural | Bloco de alvenaria 14x14      | 22       |
| Bloco Alv. ESt 14x29.png              | Bloco de alvenaria estrutural | Bloco de alvenaria 14x29      | 622      |
| Bloco Alv. ESt 14x44.png              | Bloco de alvenaria estrutural | Bloco de alvenaria 14x44      | 21       |
| Bloco Alv. Est U 14x19x29.P           | Bloco de alvenaria estrutural | Bloco de alvenaria U_14x19x29 | 76       |

Fonte: Autor

Figura 3. 142 – Apresentação da tabela de blocos estruturais após da alteração de seu nome e cabeçalho.

| <Quantitativo de blocos estruturais> |                               |                               |                  |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|
| A                                    | B                             | C                             | D                |
| Ilustração                           | Componente                    | Descrição                     | Quantidade total |
| Bloco Alv. ESt 14x14.png             | Bloco de alvenaria estrutural | Bloco de alvenaria 14x14      | 22               |
| Bloco Alv. ESt 14x29.png             | Bloco de alvenaria estrutural | Bloco de alvenaria 14x29      | 622              |
| Bloco Alv. ESt 14x44.png             | Bloco de alvenaria estrutural | Bloco de alvenaria 14x44      | 21               |
| Bloco Alv. Est U 14x19x29.P          | Bloco de alvenaria estrutural | Bloco de alvenaria U_14x19x29 | 76               |

Fonte: Autor

### 3.4.2 TABELAS DE QUANTITATIVO DE AÇO

Para sua elaboração, o mesmo processo apresentado para produção de tabelas foi realizado. Após, acessando sua lista Campos disponíveis, foram selecionados os parâmetros compartilhados de componente, descrição, categoria do aço, diâmetro, o operador de contagem para contabilização de barras e o de comprimento do aço, para compô-la.

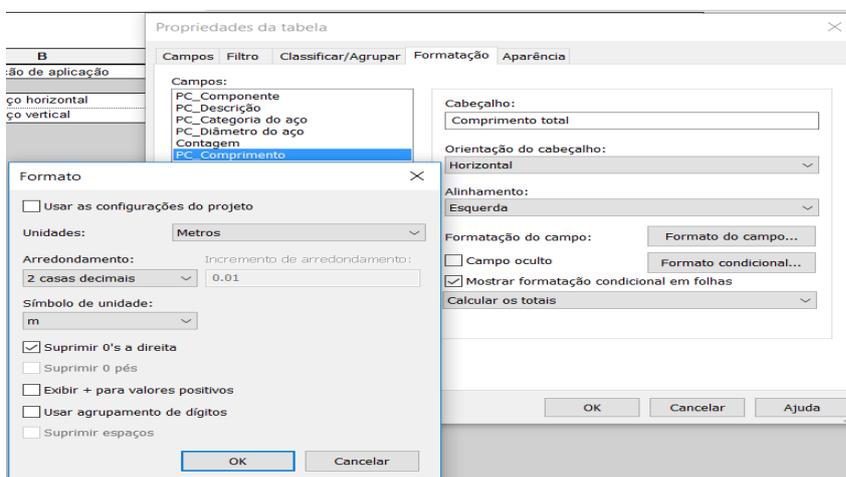
Objetivando que desta sejam contempladas apenas as informações relativas ao aço, por meio da definição de um filtro para o parâmetro de componentes, este selecionado para compor uma das colunas da tabela, foi aplicada a regra para selecionar apenas o componente de aço, dentre os demais componentes registrados nesse parâmetro.

Na aba de Classificar/Agrupar foi definido que a classificação para o agrupamento decorra, respectivamente, conforme os parâmetros de PC\_Componente, PC\_Descrição,

PC\_Categoria e PC\_Diâmetro do aço, cancelando a marcação para Itemização de cada instância, promovendo assim o agrupamento dos dados em apenas uma instância.

Na guia Formatação, aba onde foram feitas as últimas configurações para essa tabela, os cabeçalhos das colunas foram editados, substituindo o nome dos parâmetros de modo a tornar a tabela mais auto informativa. Para que fosse promovido a contabilização do comprimento total de aço necessário para construção da parede protótipo, conforme demonstrado na Figura 3.143, o parâmetro de PC\_Comprimento foi selecionado e a esse foi elegida a opção para que nesse seja calculado os totais e, na ferramenta de edição Formato do campo, foi definida para que suas unidades sejam apresentadas em metros, com duas casas decimais, tendo a supressão de zeros a direita e apresentando o símbolo da unidade.

Figura 3. 143 – Edição da formatação dos cabeçalhos e informações da tabela.



Fonte: Autor

Fazendo uso das ferramentas e aplicações apresentadas acima, obteve-se o resultado apresentado na Figura 3.144 para a composição e apresentação da tabela de aço.

Figura 3. 144 – Apresentação da tabela de aço após da alteração de seu nome e cabeçalho.

| <Quantitativo de aço> |                         |           |          |                      |                   |
|-----------------------|-------------------------|-----------|----------|----------------------|-------------------|
| A                     | B                       | C         | D        | E                    | F                 |
| Componente            | Direção de aplicação    | Categoria | Diâmetro | Quantidade de barras | Comprimento total |
| Barra de aço          | Barra de aço horizontal | CA50      | 1.25     | 5                    | 21.68 m           |
| Barra de aço          | Barra de aço vertical   | CA50      | 1.25     | 16                   | 31.6 m            |

Fonte: Autor

### 3.4.3 TABELAS DE QUANTITATIVO DE GRAUTE

A tabela de graute, como realizada nas demais, foi atribuída a categoria de Enrijecedores estruturais em sua primeira etapa de concepção. Para compor seus campos, foram integrados os parâmetros de PC\_Componente, PC\_Descrição, operador de contagem para determinação da quantidade de pontos de sua aplicação e o parâmetro de PC\_Volume de graute.

Para a seleção, dentre os elementos registrado no parâmetro de componente, um filtro foi criado considerando apenas as informações relacionadas ao graute, ou seja, com a regra de discriminação que sejam apresentados os dados iguais a graute. As informações foram classificadas e agrupadas conforme os dados dos parâmetros de componente e, posteriormente, em ordem, o de descrição.

Na aba de formatação, como realizado para as demais tabelas, o cabeçalho foi editado, de modo que o nome do parâmetro de componente foi substituído por Componente, descrição por Descrição, o operador de contagem passou a se chamar Pontos de grauteamento e o de volume passou a ser o Volume de graute. Para este último foi definido que seria apresentado o cálculo de total de volumetria de graute aplicada ao projeto protótipo, apresentando suas unidades em metros cúbicos, com visibilidade de seu símbolo de unidade e considerando duas casas decimais.

O título, inicialmente composto pelo nome da categoria adotada para a tabela, foi editado, passando a ser denominado como Quantitativo volumétrico de graute. O resultado das definições citadas é perceptível pela Figura 3.145.

Figura 3. 145 – Apresentação da tabela de graute após da alteração de seu nome e cabeçalho.

| <Quantitativo volumétrico de graute> |           |                       |                  |
|--------------------------------------|-----------|-----------------------|------------------|
| A                                    | B         | C                     | D                |
| Componente                           | Descrição | Potos de grauteamento | Volime de graute |
| Graute                               | Graute    | 12                    | 0.53 m³          |

Fonte: Autor

### 3.4.4 TABELAS DE QUANTITATIVO DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

Em sua elaboração, após a definição de categoria abarcada, foram definidos os parâmetros incorporados a tabela, sendo esses o PC\_Componente, PC\_Definição e PC\_Volume de argamassa.

Para que somente a argamassa tivesse seus dados apresentados nesta, foi aplicado um filtro para o componente de argamassa de assentamento ser listado. A configuração para o agrupamento de dados ocorreu por meio da aba Classificar/Agrupar, com o cancelamento da seleção de itemização, e a classificação, ordeira, pelo parâmetro de componente, seguido pelo de descrição.

Nas últimas etapas, na guia Formatação, os cabeçalhos foram editados passando a ser compostos sem o sufixo “PC\_” para os parâmetros de componente, descrição e volume de argamassa. Para o último, definiu-se que nesse seja apresentado o cálculo do total volumétrico de argamassa necessário para o assentamento de bloco, cujo dado é apresentado em metros cúbicos, com representação da unidade, considerando duas casas decimais e com supressão dos zeros a direita. Seu título, conforme apontado na Figura 3.146, foi definido como Quantitativo volumétrico de argamassa de assentamento.

Figura 3. 146 – Apresentação da tabela de graute após da alteração de seu nome e cabeçalho.

| <Quantitativo volumétrico de argamassa de assentamento> |                                    |                     |
|---|------------------------------------|---------------------|
| A   | B                                  | C                   |
| Componente  | Descrição                          | Volume de argamassa |
| Argamassa de assentamento                               | Argamassa de assentamento de bloco | 0.35 m <sup>3</sup> |

Fonte: Autor

## 4 RESULTADOS

Para apresentação dos resultados, para tornar possível a análise quanto a funcionalidade das famílias criadas para a concepção de projetos em alvenaria estrutural, foi criado um projeto protótipo de uma parede, que tem em sua composição as aberturas de janela e porta, com vergas e contra vergas, para o caso da janela, e para o caso da porta, apenas a verga, como foi apresentado Figura 3.136 da metodologia para elaboração desse trabalho.

Nesse, foram empregadas as famílias com componentes aninhados de bloco estrutural e argamassa de assentamento com dimensões de 14x44 cm, 14x29 cm e 14x14 cm para integrar a parede. Para constituir as vergas, contra vergas e cinta de amarração, foram utilizados blocos canaletas do tipo U na dimensão de 14x19x29 cm. No interior desses blocos foram empregadas as famílias de graute armados, três desses sem transpasse para a composição de verga e contravergas, e um com a presença de transpasse, caso aplicado para a viga de cinta de amarração.

Na direção vertical, para o reforço em regiões críticas, como amarrações em encontro de paredes, extremidades laterais de aberturas de portas e janelas, foram inseridos os elementos de graute armado verticalmente, criados para apresentarem em seu interior duas barras, considerando entre essas uma região de transpasse.

Analisando ainda a Figura 3.136, é possível denotar que para as armaduras, o sistema paramétrico criado se fez aplicável, apresentando as características previstas para tal em seu detalhamento para documentação, sendo retratadas informações acerca de comprimento, total ou segmentado, assim como o diâmetro seletivo para composição dessas.

Os blocos, criados com cores distintas em suas dispares dimensões, assim como a variação da representação gráfica para os diferentes níveis de detalhe para apresentação em projeto atenderam as necessidades visuais pretendidas, tanto para as vistas de elevação quando para as vistas de planta, pisos e em 3D.

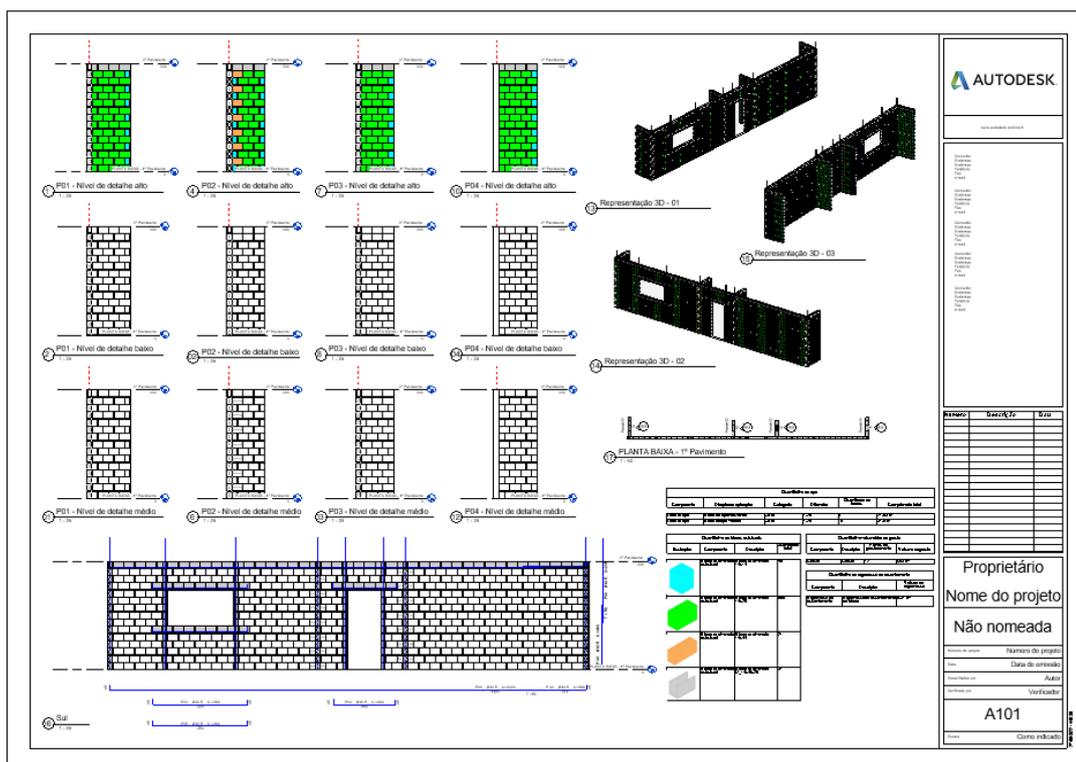
As tabelas, elementos importantes para a congregação e transmissão de dados na intercomunicação de dimensões do sistema BIM se fizeram operantes, atendendo as demandas que permeiam a boa prática e otimização de projetos nos âmbitos de planejamento e orçamento de obras, corroborando com esses processos subsequentes por meio da transmissão fidedigna de informações.

Um ponto relevante a ser explanado é que de nada adiantaria toda a estrutura ser idealizada e engendrada se seus elementos não forem de fácil manuseio e aplicação. Nesse sentido, fez-se satisfatória a arquitetura funcional dos elementos, provendo para o usuário o controle de parâmetros e, quando julgado necessário, limitando a manipulação de outros, em prol de garantir funcionamento e geração de informativos autênticos e incontestáveis, de forma a não colocar sob dúvida a confiabilidade dos modelos estruturais em futuramente criadas.

Para ilustração de dados visuais e tabulados desse protótipo modelo, é apresentado na Figura 4.1, uma prancha de projeto no formato de folha A0, fornecida pelo software Revit, contendo:

- As vistas de elevações frontais individual para as paredes secundárias, que interseccionam a parede principal, sendo essa a que contém as aberturas, em seus níveis de detalhe baixo, médio e alto;
- Três vistas da parede protótipo com visualização em 3D;
- A vista de elevação frontal da parede principal, com a apresentação das armaduras verticais e horizontais contidas no interior do graute;

Figura 4. 1 – Apresentação de prancha demonstrativa dos resultados obtidos.



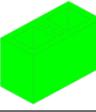
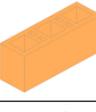
Fonte: Autor

As elevações das paredes foram posicionadas da esquerda para direita com os níveis variando no sentido de cima para baixo, dispostos em nível alto, médio e baixo de detalhamento. Para melhor análise dos resultados documentais de projetos obtidos, as Figuras 4.2, 4.3 e 4.4 apresentam, na sequência e individualmente, as tabelas de quantitativos de materiais, as vistas 3D das paredes, essas em posições diagonais, e a planta baixa do projeto protótipo inseridas na composição desta folha. As Figuras 4.5 e 4.6 apresentam a vista de elevação frontal da parede com aberturas, para melhor observação de seu arranjo e do detalhamento das armaduras que a acompanham, ilustrando nessas, respectivamente, a vista da metade esquerda e a da metade direita dessa.

Figura 4. 2 – Apresentação detalha das tabelas presentes a prancha.

| Quantitativo de aço |                         |           |          |                      |                   |
|---------------------|-------------------------|-----------|----------|----------------------|-------------------|
| Componente          | Direção de aplicação    | Categoria | Diâmetro | Quantidade de barras | Comprimento total |
| Barra de aço        | Barra de aço horizontal | CA50      | 1,25     | 5                    | 21,66 m           |
| Barra de aço        | Barra de aço vertical   | CA50      | 1,25     | 16                   | 31,6 m            |

| Quantitativo de blocos estruturais  |                               |                               |                  |
|---|-------------------------------|-------------------------------|------------------|
| Ilustração  | Componente                    | Descrição                     | Quantidade total |
|  | Bloco de alvenaria estrutural | Bloco de alvenaria 14x14      | 49               |
|  | Bloco de alvenaria estrutural | Bloco de alvenaria 14x29      | 655              |
|  | Bloco de alvenaria estrutural | Bloco de alvenaria 14x44      | 21               |
|  | Bloco de alvenaria estrutural | Bloco de alvenaria U_14x19x29 | 81               |

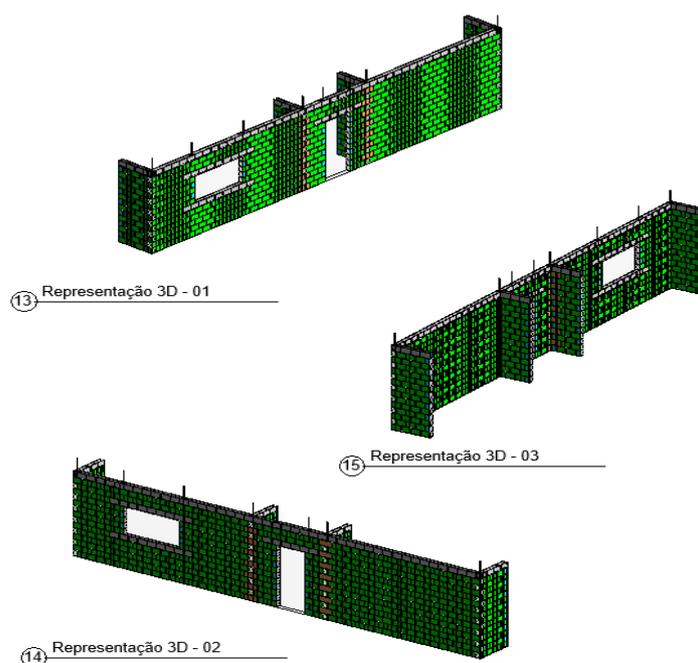
| Quantitativo volumétrico de graute |           |                        |                  |
|------------------------------------|-----------|------------------------|------------------|
| Componente                         | Descrição | Pontos de grauteamento | Volume de graute |
| Graute                             | Graute    | 12                     | 0,53 m³          |

| Quantitativo de argamassa de assentamento |                                    |                     |
|---|------------------------------------|---------------------|
| Componente                                | Descrição                          | Volume de argamassa |
| Argamassa de assentamento                 | Argamassa de assentamento de bloco | 0,37 m³             |

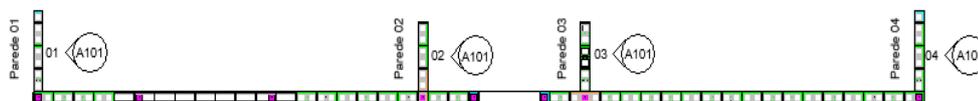
Fonte: Autor

Figura 4. 3 – Demonstração das paredes do projeto protótipo em vista 3D integres as pranchas.



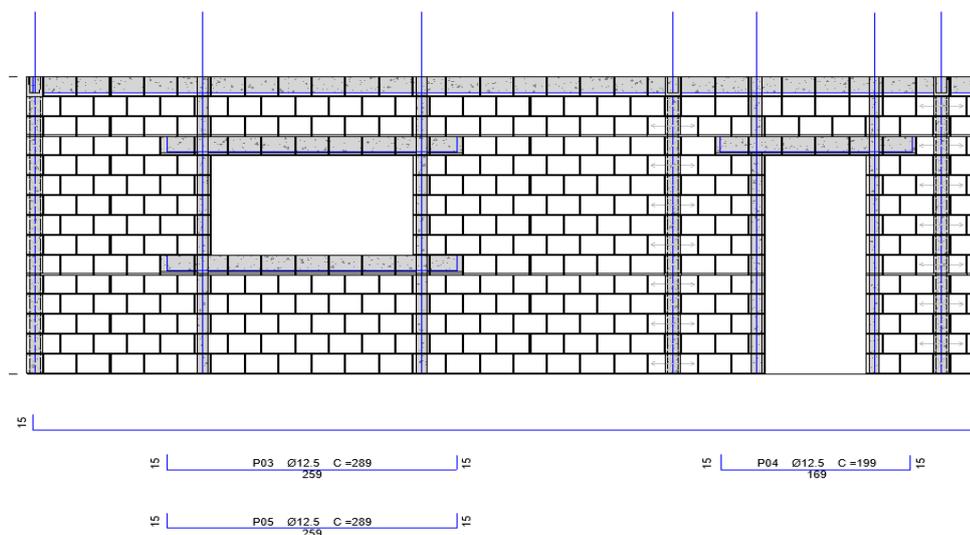
Fonte: Autor

Figura 4. 4 – Ilustração das composições das paredes em vista de planta baixa.



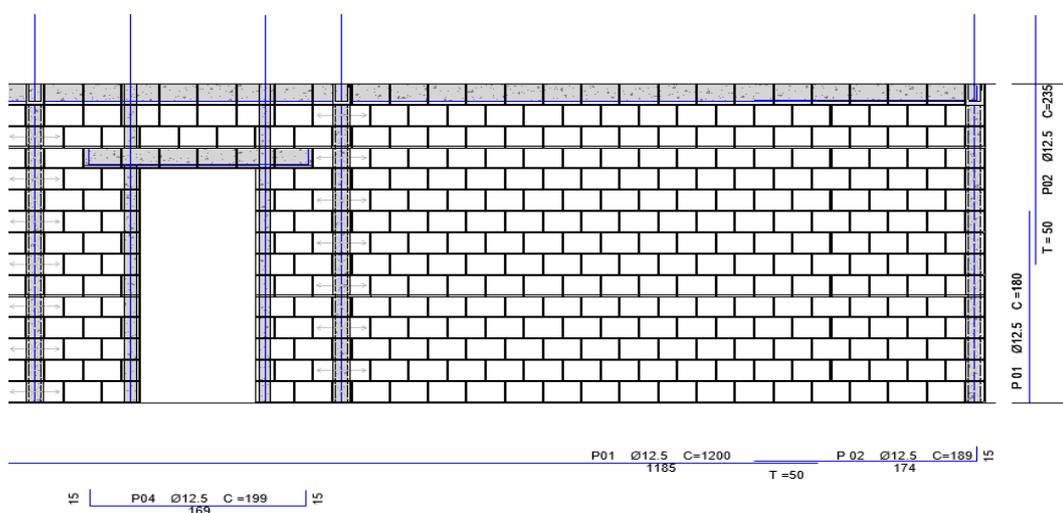
Fonte: Autor

Figura 4. 5 – Demonstração segmentada da metade esquerda da parede principal com apresentação do detalhamento das armaduras empregadas nos elementos cimentícios.



Fonte: Autor

Figura 4. 6 – Demonstração segmentada da metade direita da parede principal com apresentação do detalhamento das armaduras empregadas nos elementos cimentícios.



Fonte: Autor

## 5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente estudo teve seus objetivos atendidos, uma vez que foram apresentados os procedimentos de criação de famílias paramétricas, para o modelo construtivo de alvenaria estrutural, sendo criadas as famílias de blocos de alvenaria estrutural, a argamassa para assentamento de blocos, as barras de aço, a armadura de aço em direções vertical e horizontal e o graute em direções vertical e horizontal.

Após a inserção dessas famílias dentro de um modelo de projeto foi elaborado um protótipo de alvenaria estrutural que permitiu aferir a funcionalidade das famílias perante as questões gráficas, documentais e de obtenção de dados qualitativos e quantitativos de material para posteriores etapas de orçamentação e planejamento da obra.

Esse protótipo, para tanto, foi criado sendo composto pelo total de cinco paredes, uma principal e quatro perpendiculares a essa, onde foram empregados grautes verticais armados nos furos dos blocos dos encontros entre paredes, para promover melhor amarração entre essas e acréscimo na capacidade de carga. Nas aberturas de janelas e portas, foram aplicadas estruturas de vergas e contravergas, assim como cinta de amarração sobre a parede principal.

Outro objetivo atendido está vinculado a criação, configuração e demonstração de famílias paramétricas para aplicação de etiquetas de forma automática, garantindo maior eficiência e agilidade na atividade de inserção de informação em plantas de vistas para a geração de documentos formais para impressão física em pranchas de papel.

De modo geral, após a criação das famílias, por meio do protótipo criado foi possível conferir que todos os dados de interesse foram atendidos, em todas as esferas que tangenciam a boa prática para a concepção e execução de um edifício em alvenaria estrutural por intermédio da aplicação da metodologia BIM, conferindo dados fidedignos para o exercício de suas demais dimensões.

### 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando que esse modelo não se apresenta pronto, visto que melhorias a esse e seus elementos podem ser aplicadas, essas são listadas abaixo como sugestões para trabalhos futuros:

- Elaboração de famílias de armadura duplas, com e sem transpasse, uma vez que em projeto, muitas vezes é interessante para acréscimo de resistência, que o graute apresentem em seu interior duas barras, em mesma posição da estrutura, alocadas lado a lado, sendo essa situação não abordada no presente trabalho;
- Elaboração e acréscimo, ao modelo de alvenaria estrutural, de blocos de outras famílias, como Família 19, onde a largura dos blocos apresenta 19 cm;
- Tratamento dos materiais empregados nos elementos, de modo que esses se tornem passíveis de renderização para produção de imagens foto realistas;
- Elaboração de blocos complementares a Família 14, esses apresentando sucos na face lateral para a previsão de esperas para pontos elétricos;

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Max Lira Veras X. de; RUSCHEL, Regina Coeli. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v.4, n. 2, 2009. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/viewFile/50960/55046>. Acesso em: 30 mai. 2022.

ANTUNES, Cristiano E.; SCHEER, Sérgio. Objetos paramétricos no projeto de estruturas em concreto armado. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, 3ª ed., p. 1–19, 2015. Disponível em: <https://revistatecie.crea-pr.org.br/index.php/revista/article/view/59>. Acesso em: 30 maio. 2022.

ARCARI, Etiene do A.; PEREIRA, Alice Theresinha C.; JUNIOR, Roque C.; MANSANO, Isadora. **Interoperabilidade: Um desafio para o Processo de Modelagem Parametrizada de Detalhes Arquitetônicos e sua Materialização**. Blucher Design Proceedings, v. 2, n. 3, p. 341-349, 2015. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/sigradi2015/80143.pdf> . Acesso em 30 mai. 2022.

AUTODESK. **Parâmetros comuns de família**. [S.l.] [2019?]. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2019/PTB/?guid=GUID-ACDC1C99-0278-4FC8-9E42-19659D7534F9>. Acessado em: 01 abr. 2022.

AUTODESK. **Parâmetros da família estrutural**. [S.l.] [2019?]. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2019/PTB/?guid=GUID-CCD6FCC1-C321-4526-A391-4AF12D9954A4>. Acessado em: 01 abr. 2022.

AUTODESK. **Parâmetros de família AVAC**. [S.l.] [2019?]. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2019/PTB/?guid=GUID-8136C577-5C69-4694-B703-8BD015697B5B>. Acessado em: 01 abr. 2022.

AUTODESK. **Parâmetros de família de elétrica**. [S.l.] [2019?]. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2019/PTB/?guid=GUID-4E5DD909-DD4C-41B9-83DB-37E9F7CA9639>. Acessado em: 01 mai. 2022.

AUTODESK. **Criar uma tabela de painéis**. [S.l.] [2019?]. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2019/PTB/?guid=GUID-63A50132-34B5-483E-BDC6-41A133E6C685>. Acessado em: 06 mai. 2022

AUTODESK. **Padrões de preenchimento.** [S.l.] [2018?]. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2018/PTB/?guid=GUID-BC72C8DB-D7B5-425B-B124-998BF0128A59>. Acessado em: 04 mai. 2022

AUTODESK. **Sobre as tabelas.** [S.l.] [2019?]. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2019/PTB/?guid=GUID-73090B70-8A13-4E12-909C-F25D724D5BA7>. Acessado em: 05 mai. 2022

AUTODESK. **Criar uma tabela ou quantidade.** [S.l.] [2019?]. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2019/PTB/?guid=GUID-6D4DBBDA-3611-40CD-9A45-BE40EB07188A>. Acessado em: 05 mai. 2022

AUTODESK. **Tabelas-chave.** [S.l.] [2019?]. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2019/PTB/?guid=GUID-CD22DA24-4162-4AB2-B1D3-02CEBE918444>. Acessado em: 05 mai. 2022

AUTODESK. **Criando tabelas de levantamento de materiais.** [S.l.] [2019?]. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2019/PTB/?guid=GUID-F8270A42-CA71-46C7-B145-85EC2CB8E4A1>. Acessado em: 05 mai. 2022

AUTODESK. **Sobre as tabelas de anotações (ou blocos de nota).** [S.l.] [2019?]. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2019/PTB/?guid=GUID-B9CA6BD9-06F0-4E17-B7EA-201C2F81C690>. Acessado em: 05 mai. 2022

AUTODESK. **Sobre as tabelas de revisão em folhas.** [S.l.] [2019?]. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2019/PTB/?guid=GUID-B9CA6BD9-06F0-4E17-B7EA-201C2F81C690>. Acessado em: 05 mai. 2022

AUTODESK. **Sobre as Listas de vistas.** [S.l.] [2019?]. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2019/PTB/?guid=GUID-9502B112-7D4E-4D1B-A2F4-37F2125DD9D1>. Acessado em: 05 mai. 2022

AUTODESK. **Lista de folhas.** [S.l.] [2019?]. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2019/PTB/?guid=GUID-233FB492-FC9F-4707-81EF-9F9D11922E35>. Acessado em: 05 mai. 2022

AUTODESK. **Tabelas de painéis.** [S.l.] [2019?]. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2019/PTB/?guid=GUID-3D2D0E77-ED17-4FBF-AAE4-CB9185A3F779>. Acessado em: 05 mai. 2022

AUTODESK. **Tabelas de colunas gráficas.** [S.l.] [2019?]. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2019/PTB/?guid=GUID-89941FBD-8FCC-467A-A1CF-FA588904E2B5>. Acessado em: 05 mai. 2022

BOTELHO, Manoel H.; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado, Eu te amo.** 8. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

CATELANI, Wilton. **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e incorporadoras.** [S.l.]: Virtual Books, 2016. Disponível em: <https://1library.org/document/qv9gprly-volume-fundamentos-bim.html>. Acessado em: 02 mai. 2022.

DARÓS, José. Guia completo: BIM 10D construção industrializada - O que é BIM 10D construção industrializada?. **Blog Utilizando BIM.** 24 jul. 2019. Disponível em: <https://utilizandobim.com/blog/bim-10d-construcao-industrializada/>. Acesso em: 30 mai. 2022.

EASTMAN, Chuk; TELCHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Porto Alegre: Bookman, 2014

HELP, Autodesk. **Sobre as famílias.** Autodesk. [S.l.] 2020. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-Model/files/GUID-6DDC1D52-E847-4835-8F9A-466531E5FD29-htm.html>. Acessado em: 28 abr. 2022.

HELP, Autodesk. **Sobre os diferentes tipos de famílias.** Autodesk. [S.l.] 2019. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit-Model/files/GUID-403FFEAE-BFF6-464D-BAC2-85BF3DAB3BA2-htm.html>. Acessado em: 28 abr. 2022.

HELP, Autodesk. **Criar uma família com os componentes aninhados e compartilhados.** Autodesk. [S.l.] 2019. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit->

[Customize/files/GUID-9C9DCF9D-8251-451C-8767-42A9557861FF-htm.html](https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2022/PTB/Revit-DocumentPresent/files/GUID-57CE0EAA-A33B-4DB9-A5F2-81A66F68353B-htm.html). Acessado em: 28 abr. 2022.

HELP, Autodesk. **Exportando para ODBC**. Autodesk. [S.l.] 2022. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2022/PTB/Revit-DocumentPresent/files/GUID-57CE0EAA-A33B-4DB9-A5F2-81A66F68353B-htm.html>. Acessado em: 28 abr. 2022.

HELP, Autodesk. **Sobre os modelos de família**. Autodesk. [S.l.] 2019. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit-Customize/files/GUID-E36987A9-A68F-4121-A391-907306BAA60A-htm.html>. Acessado em: 28 abr. 2022.

HELP, Autodesk. **Especificar a categoria e parâmetros de família**. Autodesk. [S.l.] 2019. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit-Customize/files/GUID-68EFCA67-4913-4E00-AB9E-F2E6A7BEF8C6-htm.html>. Acessado em: 29 abr. 2022.

HELP, Autodesk. **Sobre parâmetros**. Autodesk. [S.l.] 2020. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-Model/files/GUID-AEBA08ED-BDF1-4E59-825A-BF9E4A871CF5-htm.html>. Acessado em: 29 abr. 2022.

HELP, Autodesk. **Criar parâmetros do projeto**. Autodesk. [S.l.] 2021. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/PTB/Revit-Model/files/GUID-28CBBEC2-6262-42D3-AE41-B36166E8318F-htm.html>. Acessado em: 29 abr. 2022.

HELP, Autodesk. **Criar parâmetros globais**. Autodesk. [S.l.] 2020. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-Model/files/GUID-30CE876E-36A1-4753-B482-424FC891C470-htm.html>. Acessado em: 29 abr. 2022.

HELP, Autodesk. **Parâmetros compartilhados**. Autodesk. [S.l.] 2021. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/PTB/Revit-Model/files/GUID-E7D12B71-C50D-46D8-886B-8E0C2B285988-htm.html#:~:text=Utilize%20o%20Editor%20de%20fam%C3%ADlia%20para%20adicionar%20par%C3%A2metros%20compartilhados%20em%20fam%C3%ADlias.&text=Voc%C3%>

[AA%20pode%20substituir%20um%20par%C3%A2metro,fam%C3%ADlia%20com%20um%20par%C3%A2metro%20compartilhado](#). Acessado em: 29 abr. 2022.

HELP, Autodesk. **Referência de tipo de parâmetro.** Autodesk. [S.l.] 2020. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-Model/files/GUID-57C2F6A1-9947-47FA-A980-C8DF6B25E218-htm.html>. Acessado em: 29 abr. 2022.

HELP, Autodesk. **Vídeo: Criar uma mescla.** Autodesk. [S.l.] 2020. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-Model/files/GUID-674E9A83-9743-4470-BB3E-A05E3DEA23A7-htm.html>. Acessado em: 03 mai. 2022.

HELP, Autodesk. **Vídeo: Criar uma extrusão por percurso.** Autodesk. [S.l.] 2020. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-Model/files/GUID-F0B4F307-5ADC-4B33-B227-9C1806619290-htm.html>. Acessado em: 03 mai. 2022.

HELP, Autodesk. **Criar uma forma de vazio.** Autodesk. [S.l.] 2020. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-Model/files/GUID-D4708B26-7D29-49B8-BC24-3BD811108062-htm.html>. Acessado em: 03 mai. 2022.

HELP, Autodesk **Sobre materiais.** Autodesk. [S.l.] 2019. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit-Customize/files/GUID-8E88F590-4864-4C60-9433-4A70AC066605-htm.html>. Acessado em: 03 mai. 2022.

HELP, Autodesk. **Criar um material.** Autodesk. [S.l.] 2019. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit-Customize/files/GUID-AC8941BE-1A36-49E6-A1EC-57EB7AEAB345-htm.html>. Acessado em: 03 mai. 2022.

HELP, Autodesk. **Aplicar um material por categoria ou subcategoria.** Autodesk. [S.l.] 2019. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit-Customize/files/GUID-96B852C9-277F-4BAA-AA4D-58E8FB0175E6-htm.html>. Acessado em: 03 mai. 2022.

HELP, Autodesk. **Aplicar um material por família.** Autodesk. [S.l.] 2019. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit-Customize/files/GUID-FB6FB0B3-BFFC-4884-BFB3-0369DA6AE905-htm.html>. Acessado em: 04 mai. 2022.

HELP, Autodesk. **Aplicar um material por parâmetro do elemento.** Autodesk. [S.l.] 2019. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit-Customize/files/GUID-3F6B548F-47E1-491B-BF52-B1D3B6CCCFEE-htm.html>. Acessado em: 04 mai. 2022.

HELP, Autodesk. **Estilos de linha.** Autodesk. [S.l.] 2019. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit-Customize/files/GUID-A4E8ACE9-F03A-487C-9C25-8C41DBBBB450-htm.html>. Acessado em: 04 mai. 2022.

HELP, Autodesk. **Exibição de visibilidade e gráficos em vistas de projeto.** Autodesk. [S.l.] 2020. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-DocumentPresent/files/GUID-A2FC119B-51D7-4C2E-84ED-CD51983EC532-htm>. Acessado em: 04 mai. 2022

HELP, Autodesk. **Abreviatura e sintaxe válida de fórmulas.** Autodesk. [S.l.] 2020. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-Model/files/GUID-B37EA687-2BDF-4712-9951-2088B2A8E523-htm.html>. Acessado em: 05 mai. 2022

HELP, Autodesk. **Utilizar declarações condicionais em fórmulas.** Autodesk. [S.l.] 2020. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-Model/files/GUID-A0FA7A2C-9C1D-40F3-A808-73CD0A4A3F20-htm.html>. Acessado em: 05 mai. 2022

HELP, Autodesk. **Combinar parâmetros em uma tabela.** Autodesk. [S.l.] 2019. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-DocumentPresent/files/GUID-FB1AD8E6-86C1-422D-98F2-869A989C8EA2-htm.html>. Acessado em: 06 mai. 2022

HELP, Autodesk. **Classificar e agrupar os campos em uma tabela.** Autodesk [S.l.] 2020. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/PTB/Revit-DocumentPresent/files/GUID-3ED9C7F0-C340-4317-BCE6-327638ED4A39->

[htm.html#:~:text=Na%20guia%20Classifica%C3%A7%C3%A3o%2FAgrupamento%20na,em%20branco%20em%20linhas%20classificadas.](#) Acessado em: 06 mai. 2022

HELP, Autodesk. **Alterar a aparência de uma tabela.** Autodesk [S.l.] 2020. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/PTB/Revit-DocumentsPresent/files/GUID-917252FE-15FC-4A89-843D-699162A981EA-htm.html#:~:text=Na%20guia%20Apar%C3%Aancia%20da%20caixa,contornos%20e%20estilo%20de%20fonte.&text=Linhas%20do%20eixo%20e%20C%20em,linha%20de%20eixo%20na%20lista>. Acessado em: 06 mai. 2022

MOHAMAD, Gihad; MACHADO, Diego; JANTSCH, Ana Claudia. **Alvenaria estrutural - Construindo o conhecimento.** São Paulo: Edgard Blücher, 2017

MONTEIRO, Ari; FERREIRA, Rita Cristina; SANTOS, Eduardo Toledo. Algumas abordagens para representação detalhada de elementos de paredes de alvenaria em ferramentas BIM. **IV Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil (TIC 2009), Rio de Janeiro, 2009.** Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Ari-Monteiro/publication/303821203\\_ALGUMAS\\_ABORDAGENS\\_PARA\\_REPRESENTACAO\\_DETALHADA\\_DE\\_ELEMENTOS\\_DE\\_PAREDES\\_DE\\_ALVENARIA\\_EM\\_FERRAMENTAS\\_BIM/links/57562af708aec74acf583929/ALGUMAS-ABORDAGENS-PARA-REPRESENTACAO-DETALHADA-DE-ELEMENTOS-DE-PAREDES-DE-ALVENARIA-EM-FERRAMENTAS-BIM.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ari-Monteiro/publication/303821203_ALGUMAS_ABORDAGENS_PARA_REPRESENTACAO_DETALHADA_DE_ELEMENTOS_DE_PAREDES_DE_ALVENARIA_EM_FERRAMENTAS_BIM/links/57562af708aec74acf583929/ALGUMAS-ABORDAGENS-PARA-REPRESENTACAO-DETALHADA-DE-ELEMENTOS-DE-PAREDES-DE-ALVENARIA-EM-FERRAMENTAS-BIM.pdf). Acessado em: 22 jun. 2022

NEIVA NETO, Romeu da Silva; RUSCHEL, Regina Coeli. BIM aplicado ao projeto de fôrmas de madeira em estrutura de concreto armado. **Ambiente Construído**, v. 15, p. 183-201, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/zg8Ftj89RT6DbSzqhnzLvqd/?format=pdf&lang=pt>. Acessado em: 22 jun. 2022

PAULUZZI. **All in one - Manual de desempenho Pauluzzi 2016.** [S.I] Virtual Books, 2016. Rio Grande do Sul: Auge A001, 2018. Disponível em: <https://pauluzzi.com.br/all-in-one/>. Acessado em: 25 abr. 2022

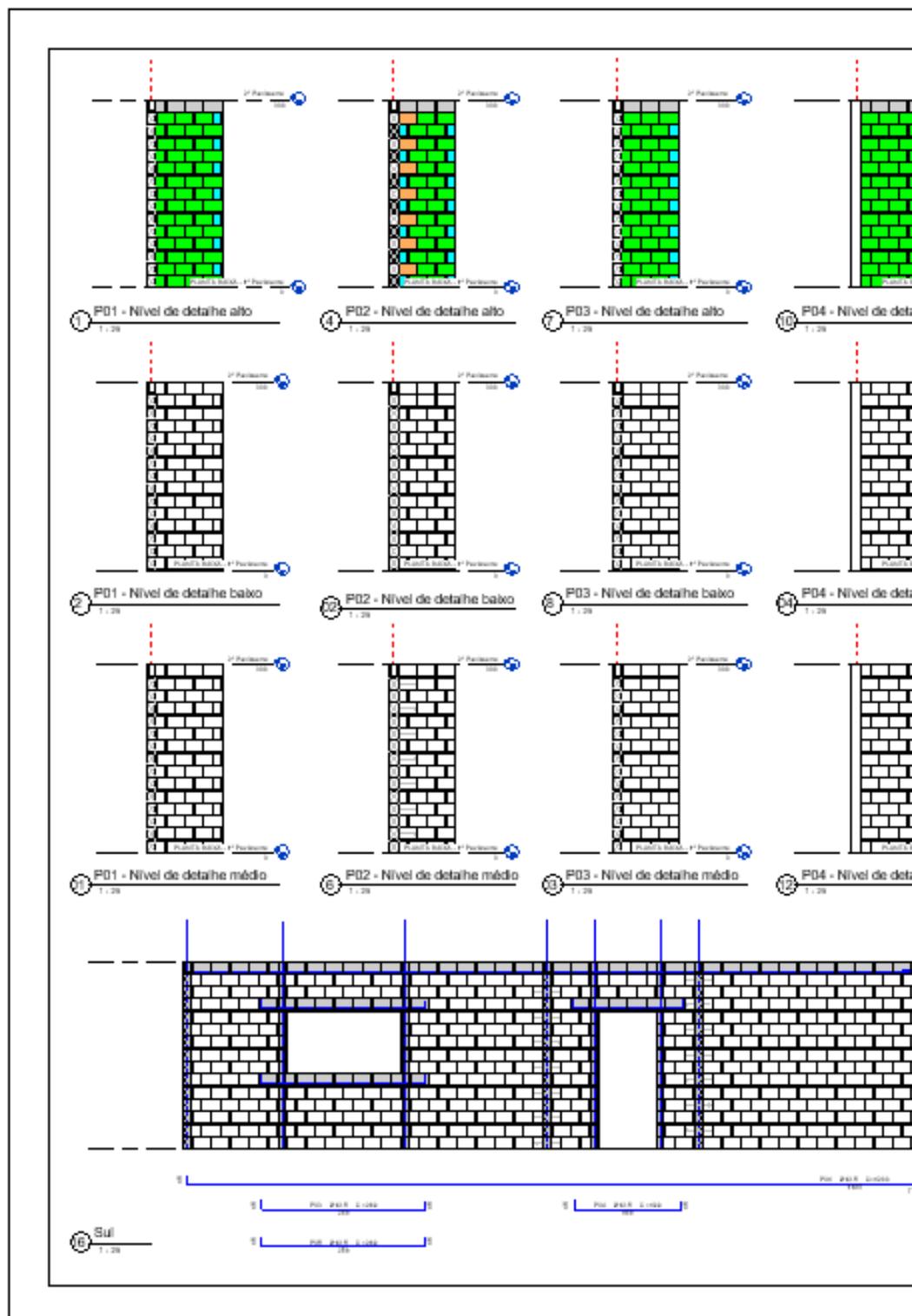
GALVÃO, Paulo H. **ADAP Assessoria e Treinamentos.** Projetos para Alvenaria Estrutural - Projeto Executivo de Alvenaria Estrutural no software REVIT. Disponível em: <https://www.udemy.com/course/revit-alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 10 fev. 2022

RODRIGUES, J. L. **Modelagem 4D: implementação no planejamento de longo prazo de obras da construção civil**. 2012. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012 Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/63203>. Acesso em: 30 maio 2022.

ROUX A. ADDOR, M.; DARDES DE ALMEIDA CASTANHO, M.; CAMBIAGHI, H.; MARTIN DELATORRE, J. P.; SAMPAIO NARDELLI, E.; LOMPETA DE OLIVEIRA, A. . Colocando o "i" no BIM. **arq.urb**, [S. l.], n. 4, p. 104–115, 2010. Disponível em: <https://www.revistaarqurb.com.br/arqurb/article/view/207>. Acesso em: 30 maio. 2022.

VIEIRA, Tayna Teixeira; FIGUEIREDO, Karoline Vieira. **Vantagens de planejar uma obra com a plataforma BIM, REVIT**. Boletim do Gerenciamento, [S.l.], v. 17, n. 17, p. 10-19, ago. 2020. ISSN 2595-6531. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/357>. Acesso em: 30 mai. 2022.

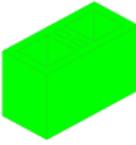
## APÊNDICE A - PRIMEIRA METADE DA PRANCHA DE PROJETO





## APÊNDICE C - TABELAS DE QUANTITATIVOS

| Quantitativo de aço |                         |           |          |                      |                   |
|---------------------|-------------------------|-----------|----------|----------------------|-------------------|
| Componente          | Direção de aplicação    | Categoria | Diâmetro | Quantidade de barras | Comprimento total |
| Barra de aço        | Barra de aço horizontal | CA50      | 1,25     | 5                    | 21,68 m           |
| Barra de aço        | Barra de aço vertical   | CA50      | 1,25     | 16                   | 31,6 m            |

| Quantitativo de blocos estruturais  |                               |                               |                  |
|---|-------------------------------|-------------------------------|------------------|
| Ilustração  | Componente                    | Descrição                     | Quantidade total |
|    | Bloco de alvenaria estrutural | Bloco de alvenaria 14x14      | 49               |
|    | Bloco de alvenaria estrutural | Bloco de alvenaria 14x29      | 665              |
|   | Bloco de alvenaria estrutural | Bloco de alvenaria 14x44      | 21               |
|  | Bloco de alvenaria estrutural | Bloco de alvenaria U_14x19x29 | 81               |

| Quantitativo volumétrico de graute |           |                        |                  |
|------------------------------------|-----------|------------------------|------------------|
| Componente                         | Descrição | Pontos de grauteamento | Volume de graute |
| Graute                             | Graute    | 12                     | 0,53 m³          |

| Quantitativo de argamassa de assentamento |                                    |                     |
|---|------------------------------------|---------------------|
| Componente                                | Descrição                          | Volume de argamassa |
| Argamassa de assentamento                 | Argamassa de assentamento de bloco | 0,37 m³             |

|                           |                                    |         |
|---------------------------|------------------------------------|---------|
| Argamassa de assentamento | Argamassa de assentamento de bloco | 0,37 m³ |
|---------------------------|------------------------------------|---------|