



INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
***CAMPUS* PALMEIRA DOS ÍNDIOS**
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
DACKYSON KELWYN DE SOUZA LOPES HOLANDA

FAMÍLIA PARAMÉTRICA PARA PAREDE DE STEEL FRAME

PALMEIRA DOS ÍNDIOS, AL
2023

DACKYSON KELWYN DE SOUZA LOPES HOLANDA

FAMÍLIA PARAMÉTRICA PARA PAREDE DE STEEL FRAME

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação Engenharia Civil do Instituto Federal de Alagoas, *campus* Palmeira dos Índios, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof. Me. Rafael Araújo Guillou.

PALMEIRA DOS ÍNDIOS, AL

2023



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Palmeira dos Índios
Biblioteca Prof. Amaro Nascimento Mendes

624.17
H722f

Holanda, Dackyson Kelwyn de Souza Lopes.
Família paramétrica para parede de *steel frame* [recurso eletrônico] /
Dackyson Kelwyn de Souza Lopes. – Dados eletrônicos (1 arquivo : 2
MB). – 2023.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: Internet.

Orientação: Prof. Me. Rafael Araújo Guillou.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia civil) –
Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Palmeira dos Índios, Palmeira dos
Índios, 2023.

1. Análise estrutural (Engenharia) – Processamento de dados. 2.
Gerenciamento de projetos – Simulação computacional. 3.
Autodesk Revit (Programa de computador). 4. Construção metálica. 5.
Modelagem de informação da construção. I. Título.

DACKYSON KELWYN DE SOUZA LOPES HOLANDA

FAMÍLIA PARAMÉTRICA PARA PAREDE DE STEEL FRAME

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação Engenharia Civil do Instituto Federal de Alagoas, campus Palmeira dos Índios, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: ____/____/____.

Conceito Obtido: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Rafael Araújo Guillou (Orientador/a)
Instituto Federal de Alagoas – IFAL

Prof. Me. Guilherme Viana Wanderley
Instituto Federal de Alagoas – IFAL

Eng. Civ. Esp. Emmanuel Lira Gameleira
Examinador externo

Dedico este trabalho a minha vó Lu.

AGRADECIMENTOS

Faço por meio desse espaço um agradecimento especial aos meus pais Kleber e Cristina, por todo apoio durante esses anos e por não terem me deixado desistir perante os inúmeros obstáculos encontrados durante todo o caminho. Não menos importante agradeço a minha tia Carina e a minha avó Josefa por terem me dado amparo em todos os momentos que precisei desabafar e pensei em desistir.

Agradeço a todos os amigos que estiveram comigo durante a graduação, em especial ao João Vitor e a Savina que estiveram me apoiando em todos os ciclos, sendo eles positivos ou negativos, desde a primeira avaliação até esse momento, também agradeço a Jéssica Carolina que no início não éramos amigos, mas com o convívio diário e as parceiras aos longos dos anos me fez querer está presente em toda a jornada de vida.

Não poderia deixar de agradecer aos meus professores que foram de grande importância tanto na minha formação quanto em desenvolvimento pessoal, agradeço de forma especial a alguns como o Professor Rafael Guillou, meu orientador no presente trabalho, e também a Professora Thamyrys Pontes e o Professor Eliedson Rafael e não poderia esquecer da Professora Vanusia Amorim e do Professor Guilherme Wanderley que estão comigo desde o ensino médio.

“Se você não estiver disposto a continuar a procurar a luz nos lugares mais escuros sem parar, mesmo quando parece impossível, você nunca terá sucesso.”
(Amelia Shepherd - Grey's Anatomy).

RESUMO

O surgimento do BIM proporciona um agrupamento de informações necessário para o desenvolvimento de uma construção. Dessa maneira, a utilização do REVIT para a confecção de projetos paramétricos facilita as alterações de elementos construtivos caso necessário. Esses elementos são utilizados em projetos de LSF para que possa ocorrer uma melhor compatibilização de projetos. Assim, surge a necessidade de criar uma família paramétrica que possa ser incorporada nos mais diversos softwares, para que ocorra o agrupamento e trocas de elementos caso necessário. Nesse sentido, a família de treliças estruturais métricas, pois há a presença de elementos que possuem similaridade com os presentes em estruturas de LSF, como a correlação de teias e montantes. Isso resulta em uma parede com configuração de treliça que pode ser utilizada para disposição de paredes a partir de uma altura de 3 m e o comprimento desejado. Com isso, ocorre a produção dos manuais de criação de família e a criação do manual de utilização. Respeitando os passos preestabelecidos em ambos os manuais, realiza-se a reprodução da família de treliça desenvolvidas pelo presente projeto, para que assim possa ser utilizada da melhor forma.

Palavras-chave: Análise estrutural; Gerenciamento de projetos; Autodesk Revit; Construção metálica; Modelagem de informação da construção.

ABSTRACT

The emergence of BIM provides a grouping of necessary information for the development of a construction. Thus, the use of REVIT for the creation of parametric projects facilitates changes to building elements if necessary. These elements are used in LSF projects to achieve better project compatibility. Therefore, there is a need to create a parametric family that can be incorporated into various software programs, allowing for grouping and exchange of elements when necessary. In this sense, the family of metric structural trusses is particularly interesting as there are elements that have similarities to those present in LSF structures, such as the correlation of webs and studs. This results in a wall with a truss configuration that can be used to dispose of walls from a height of 3 m and the desired length. Thus, the production of family creation manuals and the creation of a user manual occurs. By following the pre-established steps in both manuals, the reproduction of the truss family developed by this project is carried out, so that it can be used in the best possible way.

Keywords: LSF; BIM; Structural analysis; Project management; Autodesk Revit; Metal construction; Building information modeling.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Tipos de modelos	16
TABELA 2 - Tipos de parâmetros.....	17
TABELA 3 - Função sintaxe e exemplos.....	19
TABELA 4 - Tipos de revestimentos	21
TABELA 5 - Dispositivos de fixação	22
TABELA 6 - Classificações das placas cimentícias	23

LISTA DE INFOGRÁFICO

Infográfico 1	Escolha da família e parâmetros	26
Infográfico 2	Manual de utilização	37

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Acesso à tipo de família	17
FIGURA 2 -	Instalação de bloqueadores e fitas	23
FIGURA 3 -	Representação de componentes de um painel estrutural	24
FIGURA 4 -	Exemplo de ligação das vergas	25
FIGURA 5 -	Componentes de um painel de entrepiso	25
FIGURA 6 -	Modelos de família	27
FIGURA 7 -	Banzos e teia	28
FIGURA 8 -	Adicionar matriz	28
FIGURA 9 -	Parâmetro da matriz	29
FIGURA 10 -	Propriedades de paramentos	29
FIGURA 11 -	Tipos de família	30
FIGURA 12 -	Edição de grupo	31
FIGURA 13 -	Protótipo da parede em 2D (Revit)	31
FIGURA 14 -	Parede renderizada (Revit e edição no paint)	32
FIGURA 15 -	Família desconfigurada	32
FIGURA 16 -	Carregamento da família	33
FIGURA 17 -	Localização das treliças	34
FIGURA 18 -	Propriedade da treliça	34
FIGURA 19 -	Carregar famílias da Autodesk	35
FIGURA 20 -	Carregar perfis de framing estrutural	35
FIGURA 21 -	Editar tipo	36
FIGURA 22 -	Parâmetros de tipo	36

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CAD	Desenho assistido por computador
BIM	Building Information Modeling
LSF	Light Steel Frame
NAHB	National Association of Home Builders
CBCA	Centro Brasileiro de Construção em aço
SINAT	Sistema Nacional de Avaliação Técnica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS.....	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	MODELAGEM BIM	15
2.1.1	Ferramentas do REVIT para criação de família.....	15
2.1.1.1	Modelos de Família	16
2.1.1.2	Parametrização	17
2.1.1.3	Aplicação de formula em parâmetros	19
2.1.1.4	Aplicação de abreviatura e sintaxe em fórmulas.....	19
2.2	LIGHT STEEL FRAMING (LSF)	21
2.2.1	Materiais utilizados na execução do sistema.....	21
2.2.2	Elementos utilizados no sistema	23
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
3.1	FAMÍLIA UTILIZADA NA COMPOSIÇÃO DOS ELEMENTOS	26
3.2	MANUAL DE CRIAÇÃO DA FAMÍLIA	27
3.3	MANUAL DA FAMÍLIA	33
4.	CONCLUSÃO	37
5.	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da indústria de softwares proporcionou o surgimento do Desenho Assistido por Computador (CAD) de modo que a produção dos desenhos começou a ser automatizada digitalmente. Entretanto, a busca pela perfeição por parte dos clientes, fez com que ocorresse uma nova fase no desenvolvimento desses softwares, chegando no Building Information Modeling (BIM), sendo esse responsável não mais por produções em 2D e sim por modelagens, sendo esses protótipos com parâmetros preestabelecidos, tendo geometria precisa e detalhes não encontrados no CAD (NUNES, 2018).

O BIM surgiu como método de integração de diversas áreas da engenharia, agrupando dados para facilitar as etapas de projeto, orçamento e construção. Sendo um resultado positivo a compatibilização espacial, apresentando uma coerência em todos os projetos, tal como, os projetos arquitetônicos, complementares e estrutural, sendo desse modo uma das possíveis soluções para minimizar os riscos de execução (SILVEIRA, 2020).

As características presentes no BIM, são de importância para todo tipo de projeto, por exemplo, os projetos de Light Steel Frame (LSF), utilizam esse sistema para compatibilizar os diversos projetos (arquitetônico, elétrico, hidráulico, estrutural metálico) e ter um custo reduzido. Porque o sistema LSF é industrializado, necessita de precisão e controle dos perfis metálicos.

O LSF remete sua origem a meados do século XIX, tendo seu desenvolvimento atribuído ao avanço tecnológico impulsionado pela necessidade do surgimento de um método construtivo que suprisse as demandas originárias das grandes catástrofes que provocaram inúmeras perdas (ARAGÃO, 2022).

A utilização do sistema LSF possui boa recepção do mercado, pois suas principais características são a produção de obras secas, facilidade no manuseio e na montagem do sistema, o uso de perfis de aço. Sendo ainda responsável por diminuir o tempo de obra, graças a padronização de montagem, podendo diminuir os custos da obra, já que ocorre uma diminuição considerável de desperdício de material (perfis, chapas), resultando em algo que todos os construtores buscam uma obra limpa, econômica e organizada (ARAGÃO, 2022).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Contribuir para o desenvolvimento de famílias parametrizadas no Revit, dando enfoque na aplicação do processo BIM, para estruturas do tipo LSF.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudo dos tipos de famílias disponíveis no sistema Revit e escolha da mais adequada para ser utilizada em paredes de Light Steel Frame;
- Desenvolvimento de família paramétrica para modelagem de paredes de Light Steel Frame;
- Confecção de manual de criação da família;
- Desenvolvimento de manual para utilização das famílias desenvolvidas

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MODELAGEM BIM

Na década de 80 surge o sistema de computação gráfica mais difundido no Brasil quando o assunto é projeto arquitetônico, o Computer Aided Design - Desenho assistido por Computador (CAD). Com as atualizações necessárias surge o CAD 3D como uma melhoria na representação dos projetos. Entretanto, o CAD 2D é mais utilizado. Com isso, em meados dos anos 90 surge o REVIT, sendo um programa de modelação comum no Brasil. Portanto, esse sofre certa resistência, apesar de possuir um sistema que compatibiliza diversos projetos, sendo assim o início do sistema BIM (NUNES,2018).

O BIM consiste em um conjunto que proporciona um apanhado de informações construtivas que serão utilizadas de forma organizada, envolvendo principalmente atividades humanas, não sendo um software como muitos acreditam, e sim um sistema que integraliza todas as informações no mesmo local, com desenhos em 3D parametrizados, e um banco de dados com suas informações (FERREIRA, 2022).

2.1.1 Ferramentas do REVIT para criação de família

“Uma família é um grupo de elementos com um conjunto comum de propriedades chamado de parâmetros e uma representação gráfica relacionada.” (AUTODESK, 2020)

Instancia é o elemento inserido no arquivo, por exemplo, ao inserir uma esquadria (porta ou janelas), pode ser inserida quantas instancias forem necessárias, ou seja, quantas portas ou janelas sejam essenciais para o desenvolvimento do projeto.

Logo, os elementos de uma família podem apresentar valores diferentes e mesmo assim pertencerem aos mesmos parâmetros, criando diferentes tipos de família. Existe ainda a possibilidade de criar instâncias dentro dos tipos de família, ou seja, sendo possível editar o parâmetro do elemento sem alterar toda a estrutura da família, (AUTODESK,2020).

Desse modo, pode ser listado três tipos de famílias no sistema REVIT, famílias do sistema, famílias carregáveis, famílias no local (AUTODESK,2019).

- famílias do sistema: são predefinidas pelo sistema, não sendo possível utilizar ou salvar em projetos externos ao software;

- famílias carregáveis: são comumente criadas e modificadas no REVIT. O oposto das famílias do sistema, pois podem ser criadas em arquivos externos, sendo de fácil carregamento no sistema;
- famílias no local: são componentes únicos, possuindo a característica de alterar a geometria de um elemento no local.

2.1.1.1 Modelos de Família

Para criar uma família para uso em um projeto, é preciso escolher um modelo de família que corresponda ao tipo de elemento desejado. Esses modelos são blocos com configurações e parâmetros necessários para a criação das famílias. (AUTODESK, 2019). A tabela 1, abaixo, corresponde aos modelos e descrições dos tipos de família, corresponde a tabela da página de suporte da Autodesk (2019).

Tabela 1: Tipos de modelo

Modelo	Descrição
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 claraboias 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.

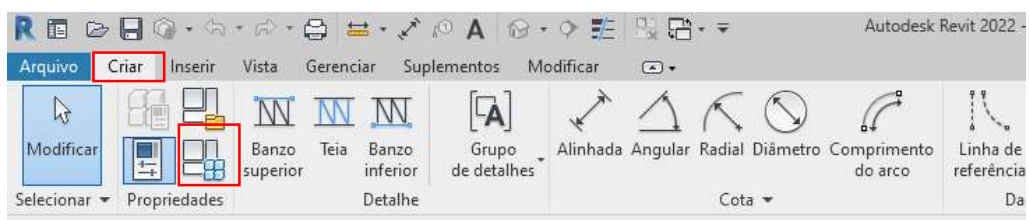
Adaptativo	Utilize este modelo para criar os componentes que necessitam se adaptar com flexibilidade às diversas condições contextuais únicas. Por exemplo, componentes adaptativos podem ser usados em sistemas repetitivos gerados pela ordenação de componentes múltiplos que obedecem às restrições definidas 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 planos 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 especial quando a família requer uma interação única com o modelo. Estes modelos de família são específicos para um único tipo de família. Por exemplo, o modelo Estrutura estrutural pode ser utilizado para a criação de conteúdo de framing estrutural.

Fonte: Autodesk - suporte, 2019.

2.1.1.2 Parametrização

Ocorre a criação de parâmetros personalizados para qualquer elemento ou categoria de projeto, existindo uma comunicação entre o armazenamento e informações dos elementos parametrizados. Esses são criados na aba de propriedades, com a ferramenta tipo de família, conforme a figura 1. (AUTODESK, 2020).

Figura 1: Acesso à tipo de família



Fonte: Autor.

Existem quatro tipos de parâmetros, parâmetros esses exemplificados na tabela 2, na qual é uma adaptação da tabela presente na página de suporte da Autodesk, (2020).

Tabela 2: tipos de parâmetros

Parâmetro de tipo	Descrição	Exemplos
Parâmetros de projeto	Os parâmetros de projeto são específicos a um único arquivo de	Um parâmetro de projeto pode ser usado para

	<p>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.</p>	<p>categorizar vistas em um projeto.</p>
Parâmetros de família	<p>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.</p>	<p>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.</p>
Parâmetros compartilhados	<p>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 é 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.</p>	<p>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.</p>
Parâmetros globais	<p>Os parâmetros globais são específicos a um único arquivo de projeto, mas não são atribuídos às categorias. Os parâmetros globais</p>	<p>Um parâmetro global pode atribuir o mesmo valor para múltiplas cotas. Também é possível definir a posição de</p>

	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 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: Autodesk - suporte, 2020.

2.1.1.3 Aplicação de formula em parâmetros

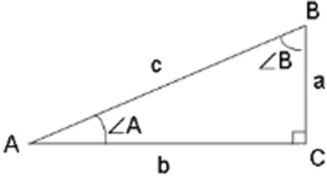
As fórmulas são condicionadas na parametrização de modelos, sendo utilizadas comumente em parâmetros de cotas, possibilitando alterar as dimensões de elementos ou de todo o objeto. Essas sendo inseridas na aba de ferramenta de tipo de família conforme a imagem 1. Os parâmetros que dependem de outros parâmetros, são permitidos pelas aplicações de fórmulas, por exemplo, um elemento que possui o comprimento equivalente a três vezes a sua largura, dependendo apenas de uma entrada inicial, nesse caso a largura do objeto (AUTODESK,200).

2.1.1.4 Aplicação de abreviatura e sintaxe em fórmulas

As fórmulas suportam operações tradicionais da matemática, como por exemplo, operações aritméticas e operações trigonométricas, tendo essas que serem inseridas conforme a tabela 3, na qual lista exemplos de fórmulas viáveis para operações realizadas pelo software. É necessário que seja respeitado os nomes de parâmetros estabelecidos desde o início, caso contrário o programa não irá reconhecer o mesmo, por exemplo, um parâmetro que possua o nome Largura e ele esteja descrito com L maiúsculo o software não irá reconhecer o mesmo se for escrito com a letra minúscula (AUTODESK, 2020).

Tabela 3: função sintaxe e exemplos

Função sintaxe	Descrição	Exemplo
+	Adição, adicionar valores juntos	Comprimento total = Altura + Largura
-	Subtração, localizar a diferença entre os valores	Volume removido = Volume A - Volume B
*	Multiplicação	Área = Altura * Largura

/	Divisão		Metade do comprimento = Comprimento/2
^	Exponenciação, X elevado a potência Y		Altura ^ 2
log	Logaritmo, o expoente de potência ao qual o número base precisa ser elevado para ser igual a um determinado número.		$2 = \log_{10} 100$
ln	Logaritmo natural, o logaritmo de um número com o valor base da constante matemática e.		$\ln(x*y) = \ln*x + \ln*y$
sqrt	Raiz quadrada		$4 = \text{sqrt}(16)$
sen	Seno		Conhecidos c e A, $a = c * \sin(A)$
cos	Cosseno		Conhecidos c e A, $b = c * \cos(A)$
tan	Tangente		Conhecidos a e B, $b = a * \tan(B)$
asen	Arco seno		Conhecidos a e c, $A = \text{asin}(a/c)$
acos	Arco cosseno		Conhecidos a e c, $B = \text{acos}(a/c)$
atan	Arco tangente		Conhecidos a e b, $A = \text{atan}(a/b)$
exp(x)	Constante matemática e elevada a potência de x.		$\text{exp}(3)$
abs	Valor absoluto		$2 = \text{abs}(-2)$
pi	Razão da circunferência do círculo em relação ao seu diâmetro.		Área do círculo = $\text{pi}*r^2$
round(x)	A função round (de arredondamento) retorna um valor arredondado para o número inteiro mais próximo. Ele não leva em consideração a direção do arredondamento.		$\text{round}(3,1) = 3$ $\text{round}(3,5) = 4$ $\text{round}(-3,7) = -4$
roundup(x)	A função round (de arredondamento para cima) retorna um valor para o maior valor inteiro maior do que ou igual a x.		$\text{roundup}(3) = 3$ $\text{roundup}(3,1) = 4$ $\text{roundup}(-3,7) = -3$
rounddown(x)	A função round (de arredondamento para baixo) retorna um valor para o menor		$\text{rounddown}(3) = 3$ $\text{rounddown}(3,7) = 3$

	valor inteiro menor do que ou igual a x.	$\text{rounddown}(-3,7) = -4$
--	------------------------------------------	-------------------------------

Fonte: Autodesk - suporte, 2020.

2.2 LIGHT STEEL FRAMING (LSF)

Da sentença “Steel Framing”, temos do inglês “Steel” que significa aço e “Framing” que é derivada da palavra frame que significa estrutura, logo steel framing nada mais é que uma estrutura de aço. O uso dessa nova tecnologia remete a meados do século XIX, historicamente é a evolução das construções desenvolvidas pelos colonos americanos, na qual era necessário acompanhar o desenvolvimento populacional com o material que era disponível na região e que ocorresse a construção de forma rápida, na época em questão esse material era a madeira (SANTIAGO, 2012).

2.2.1 Materiais utilizados na execução do sistema

Os materiais necessitam de características específicas que contribuam para execução e desenvolvimento do sistema, os materiais serão exemplificados e explicados conforme os pontos abaixo:

- Perfis de aço:

Ocorre a necessidade de verificar a resistência à corrosão, mesmo que os perfis estejam isolados de qualquer contato com a umidade externa. A National Association of Home Builders – NAHB (Associação Nacional de Construções Residenciais) recomenda que esses perfis possuam cobertura de zinco tipo G90 para evitar possíveis corrosões, sendo assim o similar brasileiro o revestimento de zinco Z275 da NBR 7008/2003. Entretanto adota-se a diretriz SINAT nº 003 especificamente o que se segue na tabela 4 (OLIVEIRA, 2012).

Tabela 4: tipos de revestimentos

Tipo de revestimento	Perfis para painéis não estruturais	Massa mínima de revestimento (g/m ²)
Zincado por imersão a quente	Z275(*)	235 para ensaio individual; 275 para ensaio triplo.
	Z350(**)	300 para ensaio individual; 350 para ensaio triplo.
	Perfis para painéis estruturais	
	Z275(*)	275
	Z350(**)	350

(*) para atmosfera rurais e urbanas; (**) para atmosfera marinhas.

Fonte: Adaptação diretriz SINAT – n° 003 (revisão 2), 2016.

- Dispositivos de fixação

Os dispositivos de fixação devem seguir princípios da diretriz SINAT n° 003, especificamente os pontos que se referem a resistência ao período de exposição em câmara de névoa salina conforme tabela 5 (OLIVEIRA, 2012).

Tabela 5: dispositivos de fixação

Tipos de parafuso	Horas em câmara de névoa salina
Parafuso para aplicação de chapas internas (não estrutural)	48
Parafuso para aplicação das chapas internas para fechamento estruturais de área seca	96
Parafuso para aplicação das chapas internas para fechamento estruturais de área molhada	240
Parafuso para aplicação de perfis a fundação	240
Parafuso para aplicação das chapas externas para fechamento estruturais em ambiente rural	240
Parafuso para aplicação das chapas externas para fechamento estruturais em ambiente urbano, industrial leve, ou a 2000 metros da orla	480
Parafuso para aplicação das chapas externas para fechamento estruturais em ambiente marinho	720

Fonte: Adaptação diretriz SINAT – n° 003 (revisão 2), 2016.

- Chapas delgadas

Para fechamento interno recomenda-se o uso de placas de drywall, tanto para área molhada quanto para área seca, respeitando o limite de absorção de água para cada área. Para fechamento externo é necessário a verificação da absorção de água e a resistência à flexão, entretanto as placas cimentícias podem ser utilizadas tanto interna quanto externamente, precisando apenas obedecer às especificações da diretriz SINAT n° 003 conforme a tabela 6 (OLIVEIRA,2012).

TABELA 6: classificação das placas cimentícias

Categorias	Resistência mecânica (Mpa)	
	Classe A	Classe B
1		4
2	4	7
3	7	10
4	13	16
5	18	22

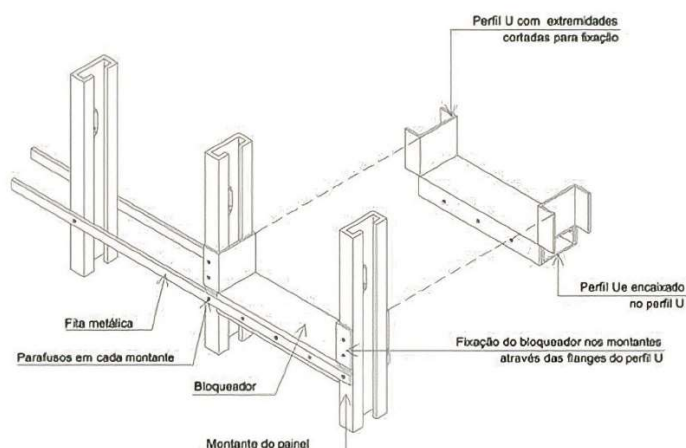
Fonte: Adaptação diretriz SINAT – n° 003 (revisão 2), 2016.

2.2.2 Elementos utilizados no sistema

Rodrigues (2016) e Santiago (2012) referência nos manuais dos CBCA às principais definições dos elementos a serem utilizados nas estruturas de LSF.

- **Bloqueadores:** São perfis Ue ou U, utilizados nas extremidades dos painéis e a cada 3,6 m, tendo a principal finalidade enrijecer os painéis estruturas, possuindo 20 cm a mais que o espaçamento dos montantes, ficando 10 cm para cada lado conforme figura 2, sendo fixado aos montantes e a fita;
- **Fitas:** Elemento em aço galvanizado, possuindo largura mínima de 38 mm e espessura de 0,84, tendo como principal função diminuir a rotação dos montantes e diminuir a flambagem da peça. Sua instalação consiste na fixação da mesma em todos os montantes e nos bloqueadores de acordo com a figura 2, estando a cada 1 m para painéis de 3 m e a meia parede em painéis de até 2,5m. Quando inserida na diagonal tem função de contraventamento;

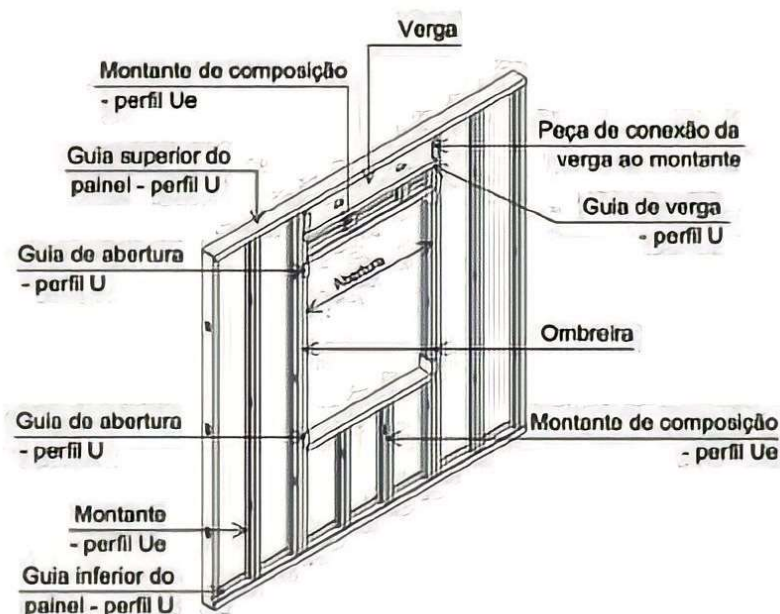
Figura2: instalação de bloqueadores e fitas



Fonte: Santiago 2012 – CBCA

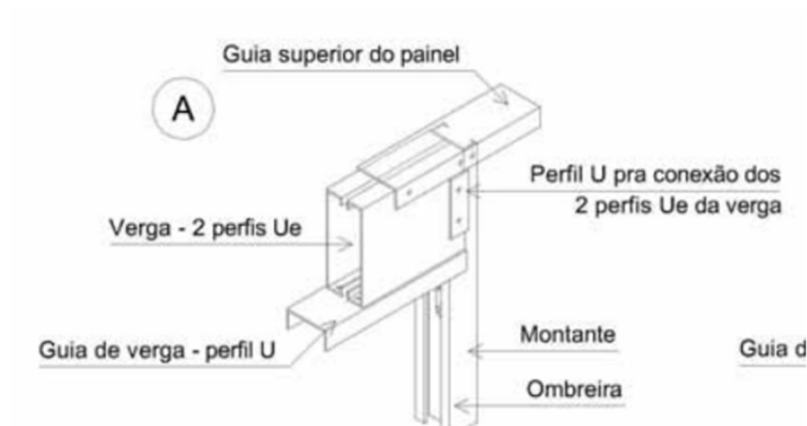
- **Guia:** Tem como sua principal função servir como base ou topo dos painéis estruturais, igual observados na figura 3. Não podendo absorver nem distribuir os esforços dos painéis, pois essa é a função de outros elementos, exemplo os montantes;
- **Montantes:** Perfil Ue ou C utilizado na composição de painéis de paredes, condizentes com a figura 3, possuindo espaçamento a ser determinado pelos cálculos estruturais do projetista, entretanto só é permitido espaçamentos de 600 mm ou 400mm, uma de suas funções consiste em distribuir a carga dentro das paredes;
- **Ombreira:** O elemento consiste em perfis utilizados para o apoio das vergas em aberturas de esquadrias, conforme figura 3. A quantidade de ombreiras por vão é determinada por cálculo estrutural, ocorrendo fixação do elemento ao montante;
- **Verga:** Elemento composto por dois perfis Ue ligados pela extremidade, ligação essa que tende a ser com um perfil U, como mostrado na figura 4, ocorrendo a fixação nas ombreiras e possuindo uma guia superior e sendo utilizada em cima de aberturas de esquadrias, ver figura 3;

Figura 3: representação de componentes de um painel estrutural



Fonte: Rodrigues 2016 – CBCA

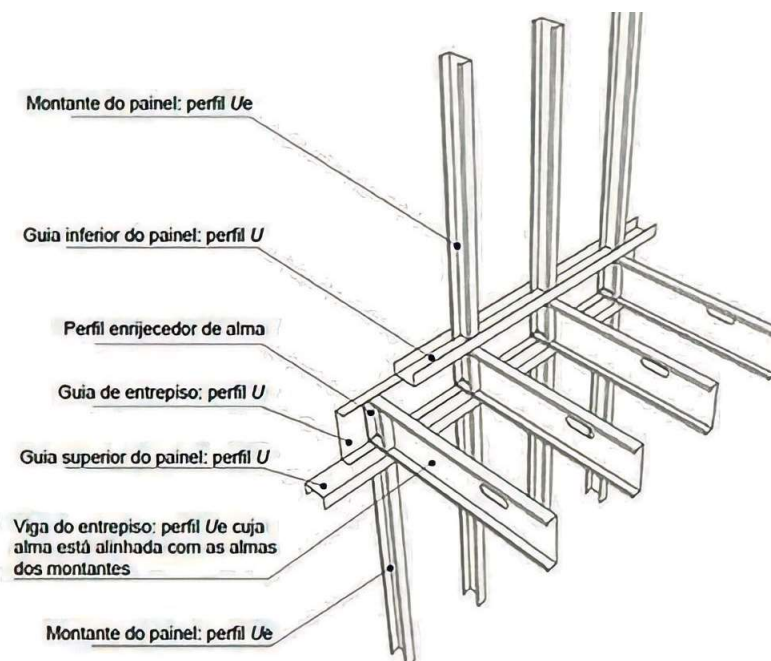
Figura 4: Exemplo de ligação das vergas



Fonte: Santiago 2012 – CBCA

- **Perfil enrijecedor:** Elemento utilizado para ajudar o apoio de vigas, de acordo com a figura 5;
- **Viga:** Perfil Ue ou C utilizado para distribuição das forças na horizontal, ver figura 5, existindo diversos tipos de viga, exemplo disso são, vigas de contrapiso, vigas baldrame.

Figura 5: componentes de um painel de entrepiso



Fonte: Rodrigues 2016 – CBCA

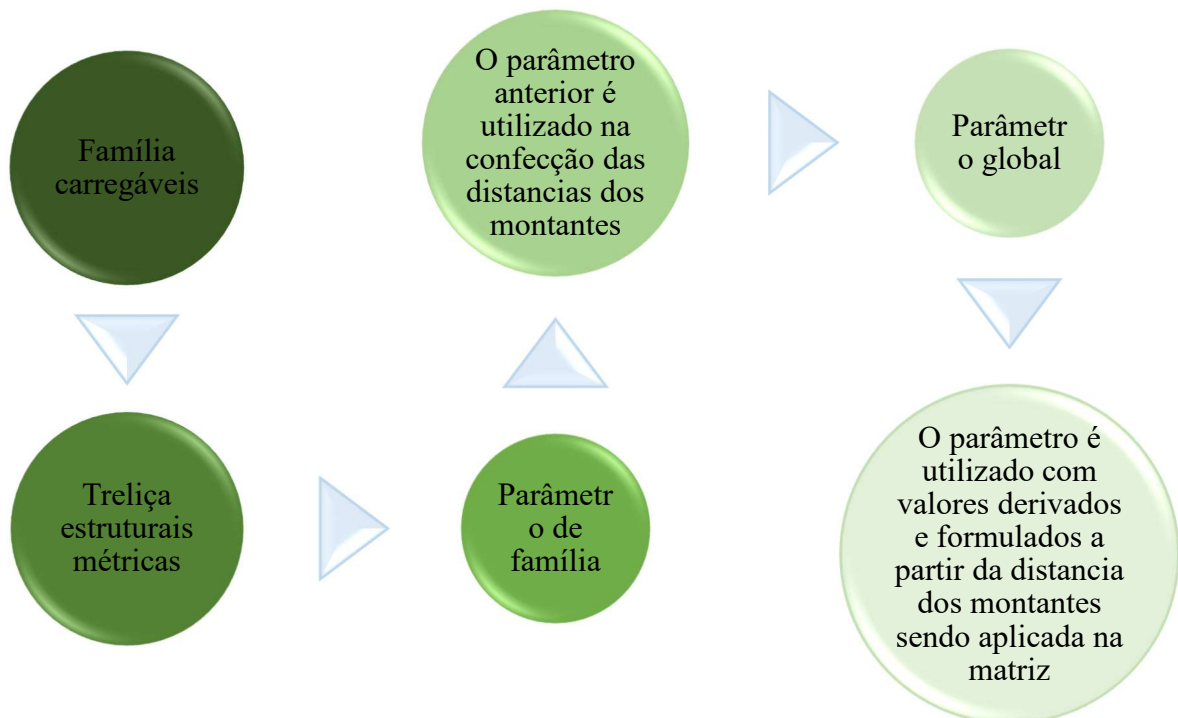
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1.FAMÍLIA UTILIZADA NA COMPOSIÇÃO DOS ELEMENTOS

Como mostrado, o presente trabalho tem por finalidade a elaboração de uma família paramétrica para composição de projetos em steel framing. O processo de elaboração foi desenvolvido no software Revit da Autodesk.

De modo que é essencial que essa família seja carregável nos diversos programas que sejam preciso para elaboração final de todo o projeto em steel framing. Dessa forma ocorre a necessidade de criar uma família carregável já que a mesma pode ser carregada de forma fácil em outros sistemas ou transferida do REVIT para outro programa, existindo a possibilidade de “explodir” a família para que a mesma possa vim a ser editada e posteriormente introduzir os elementos como esquadrias, bloqueadores, fitas, ombreiras e etc. ocorre a escolha dos parâmetros responsáveis pela criação de instancias na qual formaram a família proposta no presente trabalho, como consta no infográfico 1.

Infográfico 1: escolha da família e parâmetros.



Fonte: Autor, 2023.

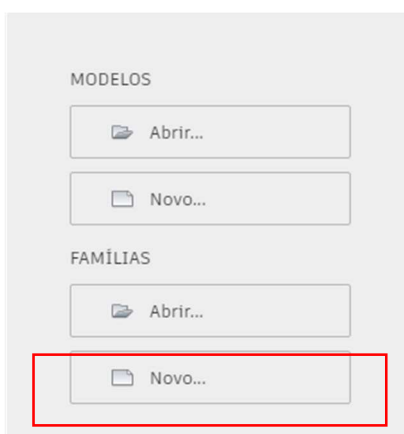
Logo, ao criar a família nota-se que a mesma se restringe a uma confecção de parede de altura mínima de 3 m, ao introduzir valores abaixo a esse ocorre a desconfiguração dos

parâmetros, ao relacionar o comprimento a esses parâmetros encontrasse que a mesma pode ser incorporada com as disposições que o projetista desejar não existindo assim uma mudança de configuração, os próximos tópicos representam a disposição dos manuais, tanto em relação ao desenvolvimento quanto a utilização, utilizando de diversas imagens para exemplificação do seu desenvolvimento.

3.2.MANUAL DE CRIAÇÃO DA FAMÍLIA

A concepção da parametrização ocorre ao escolher o modelo de família, esse processo é realizado ao inicializar o programa, clicando em novo no tópico família como mostrado na figura 6, para que possa ser selecionado o modelo “Trelças estruturas métricas”, de modo a desenvolver toda e qualquer parametrização em cima do modelo que o programa já disponibiliza

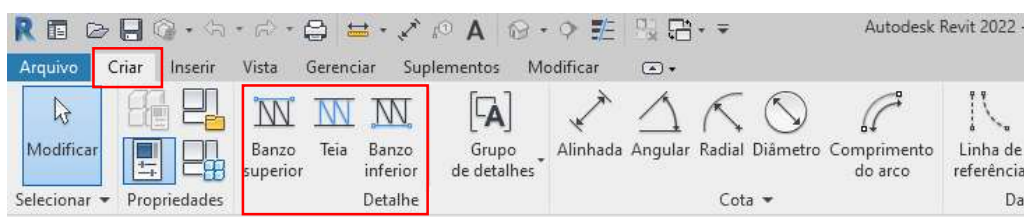
Figura 6: modelos de família



Fonte: Autor, 2022

Em seguida realiza a inserção dos banzos e teia, ver a figura 7, na aba de criar, sendo o passo inicial na parametrização, que será seguida de comandos que facilitará a utilização da parede em futuros projetos, adendo a utilização da teia apenas na extremidade esquerda, para facilitação dos próximos passos.

Figura 7: banzos e teia



Fonte: Autor, 2022

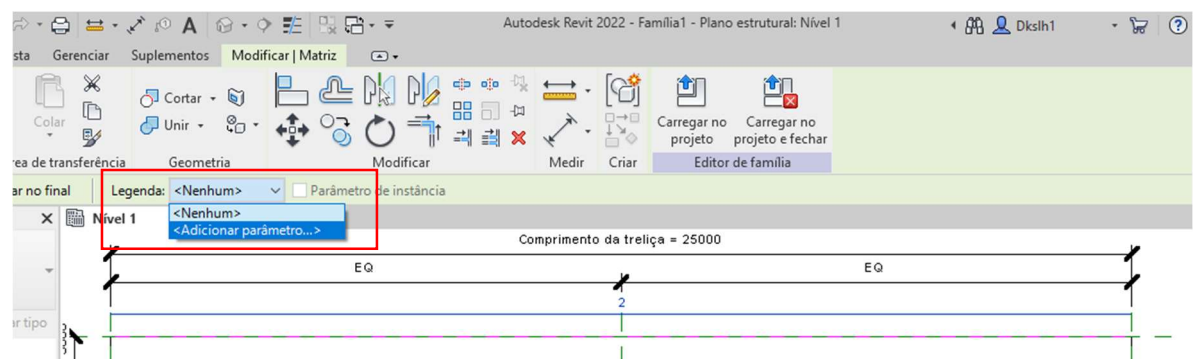
O próximo passo consiste na utilização do comando matriz (AR) do Revit, na aba modificar, para seguir com os passos necessários ao ativar o comando é essencial clicar na teia adicionada e marcar a opção último, todos os passos até então estão demarcados na figura 8, com isso deve ser adicionado a última teia conforme a mesma figura, para que a partir disso possa ser realizado as parametrizações necessárias para utilização da família. Após os passos anteriores é necessário selecionar a matriz e criar um paramento, conforme figura 9.

Figura 8: adicionar matriz



Fonte: Autor, 2023

Figura 9: parâmetro da matriz



Fonte: Autor, 2023

O parâmetro deve seguir as especificações da figura 10, é necessário escolher o parâmetro da família, nomear o parâmetro, no caso do parâmetro da matriz é nomeada como dr, selecionar a opção de instância e é necessário que altere o parâmetro de grupo de outros para cota, pois desse modo todos os parâmetros ficaram agrupados, posteriormente é realizado a

equacionalização para que ocorra o surgimento correto das teias da família. Se segue com os comandos da figura 1, para que seja realizado a inserção das equações necessárias e criação do parâmetro de espaço, esse sendo chamado de d (tendo seu passo retratado na figura 11 com a marcação em vermelho) e sendo direcionado para a propriedade de parâmetro (figura 10).

Figura 10: propriedades de parâmetros

Propriedades de parâmetros

Tipo de parâmetro

Parâmetro de família
(Não pode aparecer em tabelas ou identificadores)

Parâmetros compartilhados
(Pode ser compartilhado por múltiplos projetos e famílias, exportado para ODBC, e aparecer em tabelas e identificadores)

Selecionar... Exportar...

Dados de parâmetro

Nome:

Disciplina: Comum

Tipo de parâmetro: Número inteiro

Parâmetro de grupo em: Outros

Tipo
 Instância

Parâmetro do relatório
(Pode ser utilizado para extrair o valor de uma condição geométrica e incluir em uma fórmula, ou como um parâmetro de tabela)

Descrição da dica de ferramenta:
<Nenhuma descrição de dica de ferramenta. Edite este parâmetro para gravar

Editar dica de ferramenta...

[Como posso criar os parâmetros de família?](#)

OK Cancelar

Fonte: Autor, 2023

Figura 11: Tipos de família

Tipos de famílias

Digite o nome:

Parâmetros de pesquisa

Parâmetro	Valor	Fórmula	Bloquear
Banzos superiores			
Teias verticais			
Teias diagonais			
Banzos inferiores			
Construção			
Cotas			
Comprimento da treliça (padrão)	5600.0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
Altura da treliça (padrão)	5000.0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
d (padrão)	600.0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
dr (padrão)	10	= roundup(Comprimento da tr	<input checked="" type="checkbox"/>
Dados de identidade			

Gerenciar tabelas de pesquisa...

[Como posso gerenciar meus tipos de família?](#)

OK Cancelar Aplicar

Fonte: Autor, 2023

A demarcação em verde na figura 11 representa os parâmetros necessários na confecção da parede de steel frame, o parâmetro de Comprimento da treliça e Altura da treliça são os padrões da família escolhida para realização do modelo, já os parâmetros d e d_r são os parâmetros idealizados pelo autor para que a parede siga as demarcações da literatura do tema, a configuração d segue o mesmo princípio das configurações iniciais de comprimento e altura, podendo mudar suas dimensões para se adaptar às dimensões de projeto, nesse caso é necessário ressaltar que as únicas dimensões possíveis para d , conforme a literatura do CBCA são de 600 mm e 400 mm a ser determinada pelo projetista, já os valores de d_r segue o fornecido pela fórmula abaixo.

$$=roundup(\text{Comprimento da treliça} / d)$$

A tabela 3 de função sintaxe e exemplos fornece que o comando roundup é utilizado para que ocorra o arredondamento necessário para que nenhuma teia ultrapasse o limite de comprimento da treliça. Desse modo, pode-se determinar as configurações de cota, com um duplo clique na teia esquerda, a única adicionada sem a função de matriz, ocorre a abertura da aba de edição de grupo, condizente com a figura 12, assim a mesma vai delimitar a cota da horizontal e vertical, e ao ser selecionadas passando a serem fixas no projeto, com isso pode ser demarcado os parâmetros das cotas, conforme figura 9, na aba de legendas, para essas são demarcadas as configurações de altura de treliça e d , conforme figura 13 e 14. As cotas que marcam zero, são necessárias para que não ocorra nenhuma distorção na parede, são inseridas na edição do grupo, entre a teia e o plano de trabalho da família.

Figura 12: edição de grupo

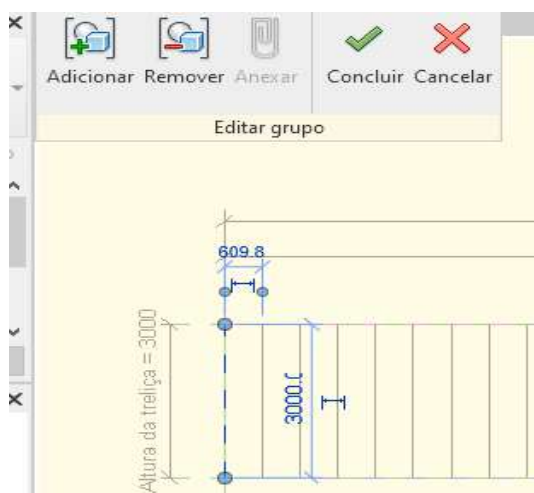
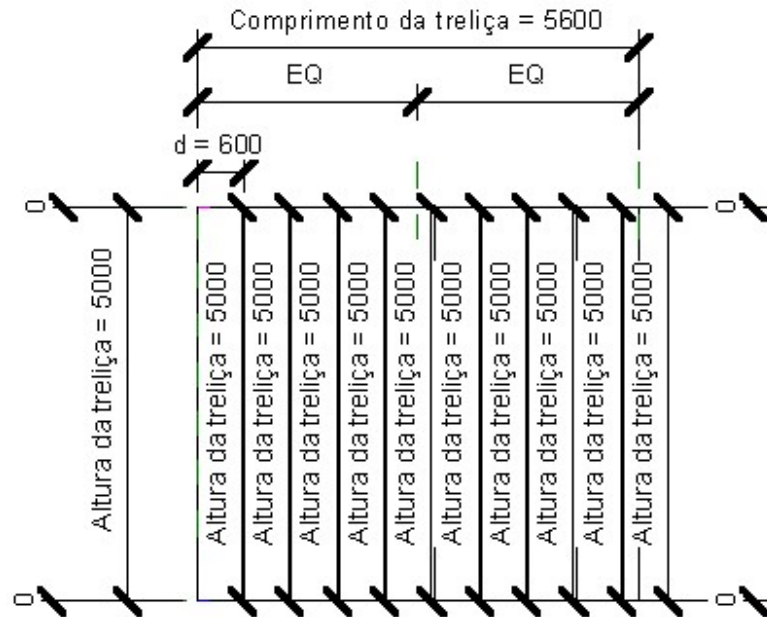
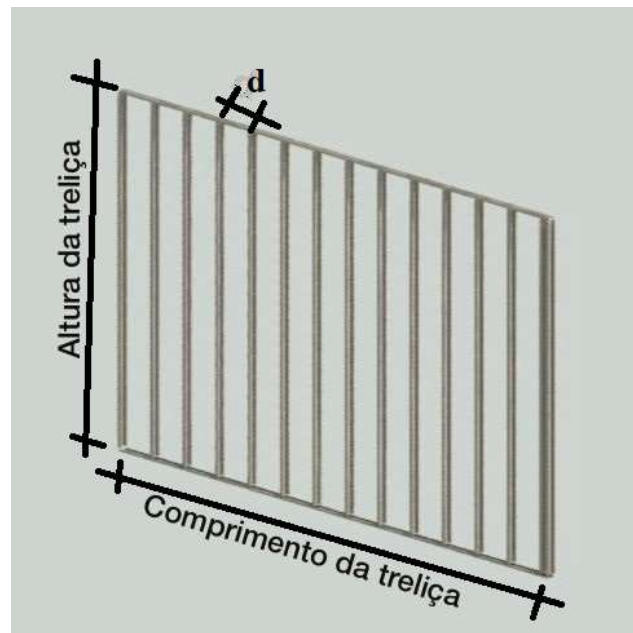


Figura 13: protótipo da parede em 2D (Revit)



Fonte: Autor, 2023

Figura 14: parede renderizada (Revit e edição no paint)

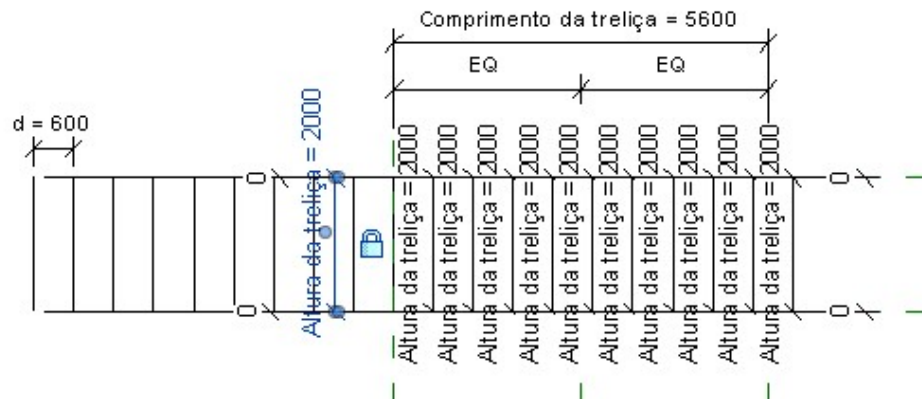


Fonte: Autor, 2023

A figura 14 representa como a parede será disposta no projeto, após renderização da vista da família importada para arquivo de projeto, de modo que pode ser desenvolvido o próximo tópico, nesse irá ocorrer um passo a passo de como utilizar a família em possíveis projetos, mostrando possíveis edição para que adapte às ideias do projetista.

Como relatado no tópico anterior a família só pode ser disposta em projeto com altura mínima de 3 m caso ocorra a inserção de um valor menor ocorre uma perda de configuração da família como mostrado na figura 15.

Figura 15: família desconfigurada.



Fonte: Autor, 2023

Segue o QR Code que disponibiliza a família desenvolvida para que possa ser utilizada para futuros trabalhos de melhoria.



3.3. MANUAL DA FAMÍLIA

Ao inicializar o programa é necessário que a família seja carregada, ver figura 16. Desse modo pode ser realizado as configurações necessárias para o projeto conforme os cálculos do projetista para o espaçamento dos montantes e configuração necessária da altura.

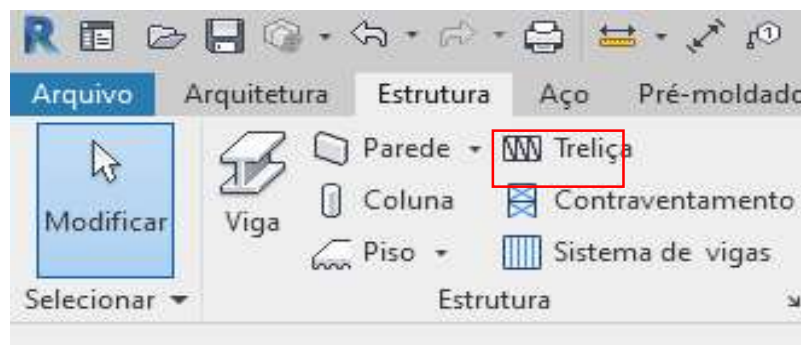
Figura 16: carregamento da família



Fonte: Autor, 2023

Após a inserção no projeto é necessário acessar com um click no botão esquerdo mouse na aba treliça, situada nas configurações de estrutura, como observado na figura 17, assim a família está pronta para ser utilizada com configurações existente no seu arquivo original, dentro dessas configurações um perfil I que precisa ser modificado para o perfil Ue ou U como é citado no 2.2.2 da fundamentação teórica.

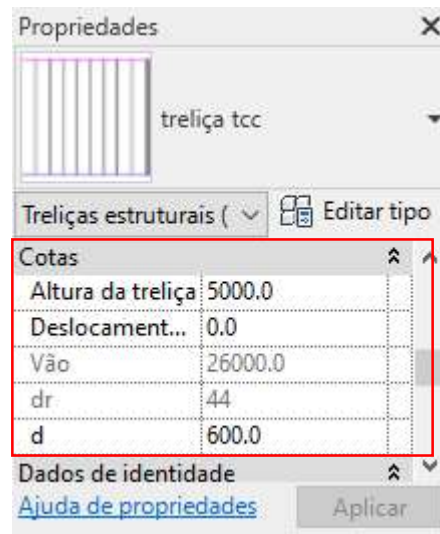
Figura 17: localização das treliças



Fonte: Autor, 2023

Após o passo da figura 17 ocorre a configuração das propriedades de cota da família, ver figura 18, pode ser modificado a altura dos montantes na linha com o nome Altura da treliça, demarcando a altura que o projetista precisa para o pé direito. Na linha com a letra d é demarcada o espaçamento dos montantes, sendo calculado pelo projetista e sendo permitido apenas 400 mm ou 600 mm, condizente com as determinações da literatura do CBCA. A aba de propriedades aparece ao lado esquerdo do programa ao seguir os passos citados anteriormente.

Figura 18: propriedade da treliça



Fonte: Autor, 2023

O comprimento da parede vai ser estipulado conforme uma parede convencional, sendo demarcada no projeto com o mouse. O próximo passo a ser desenvolvido para utilizar a família da melhor forma possível é a conversão dos perfis I para os perfis precisos para o desenvolvimento do projeto, sendo necessário seguir o passo da figura 19 e posteriormente figura 19.

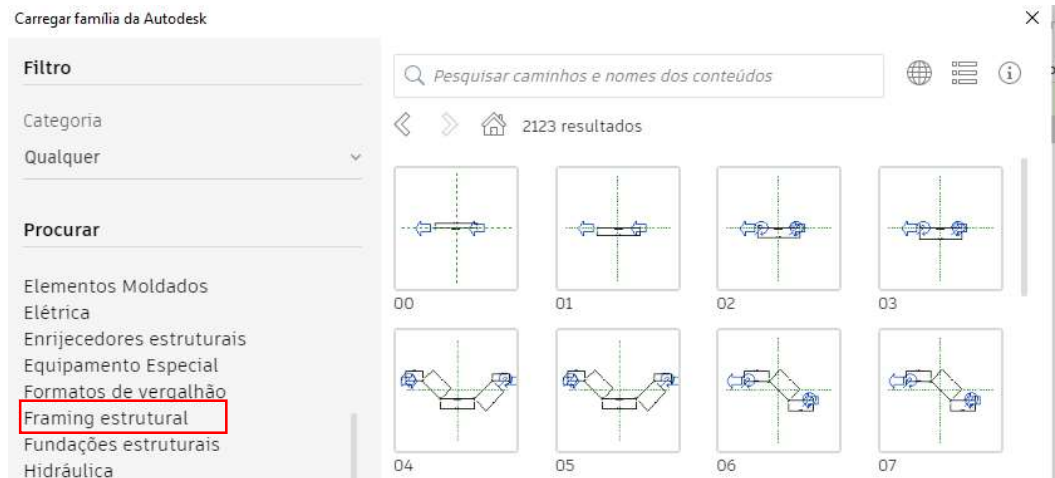
Figura 19: Carregar famílias da Autodesk



Fonte: Autor, 2023

Como mostrado na figura 19 é necessário carregar as famílias necessárias no programa, as famílias em questão são escolhidas dentro as famílias de Framing estrutural, igual observado na figura 20, são escolhidos os perfis em aço galvanizado que o projetista determinou nos seus cálculos, com essas escolhas dentro do programa é necessário que ocorra a alteração dos mesmos em editar tipo, conforme será explicado na figura 21 e figura 22.

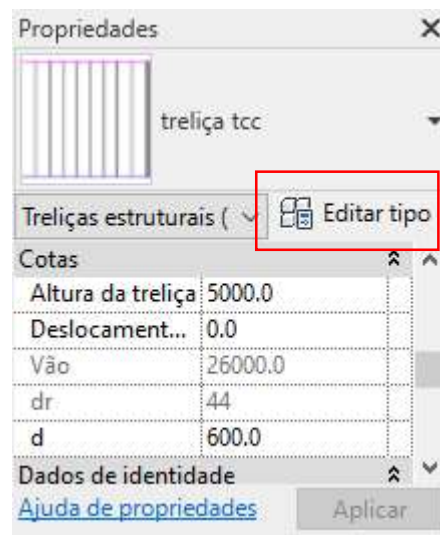
Figura 20: carregar perfis de framing estrutural.



Fonte: Autor, 2023

A figura 21 mostra a localização da edição tipo na aba de propriedades, que como foi explicado anteriormente está localizado no lado esquerdo ao selecionar a família de treliça desenvolvida, para que desse modo ocorra a alteração dos perfis, condizente com a figura 22.

Figura 21: Editar tipo

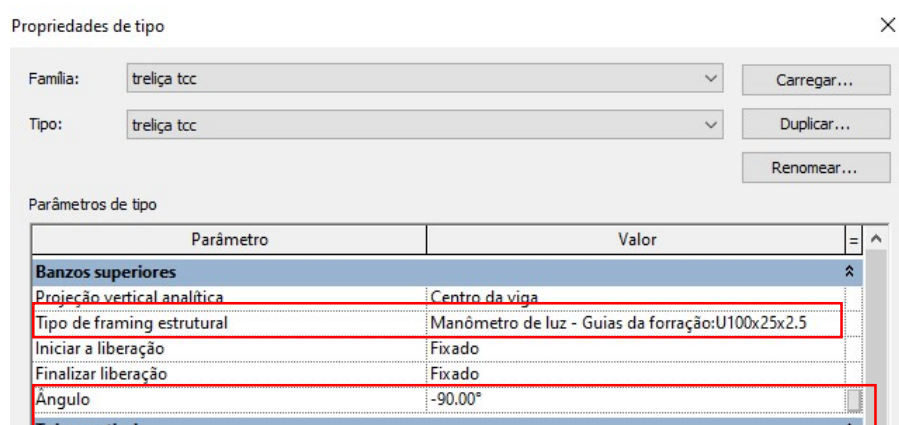


Fonte: Autor, 2023

Ao entrar em editar tipo, o projetista será redirecionado para uma aba de propriedades, ver figura 22 e terá que seguir seus passos, para alterar as configurações de perfis, o primeiro deles é a alteração do tipo de framing estrutural, ao apertar na coluna valor e na linha de tipo de framing estrutural como o botão esquerdo do mouse ira aparecer o perfil escolhido e será selecionado ao clicar com o botão esquerdo, o mesmo passo deve ocorrer para todos os

parâmetros (banzo superior, banzo inferior e teias), é necessário alterar o ângulo para o todos os parâmetros, para que o perfil se encaixe, observar figura 3.

Figura 22: parâmetros de tipo

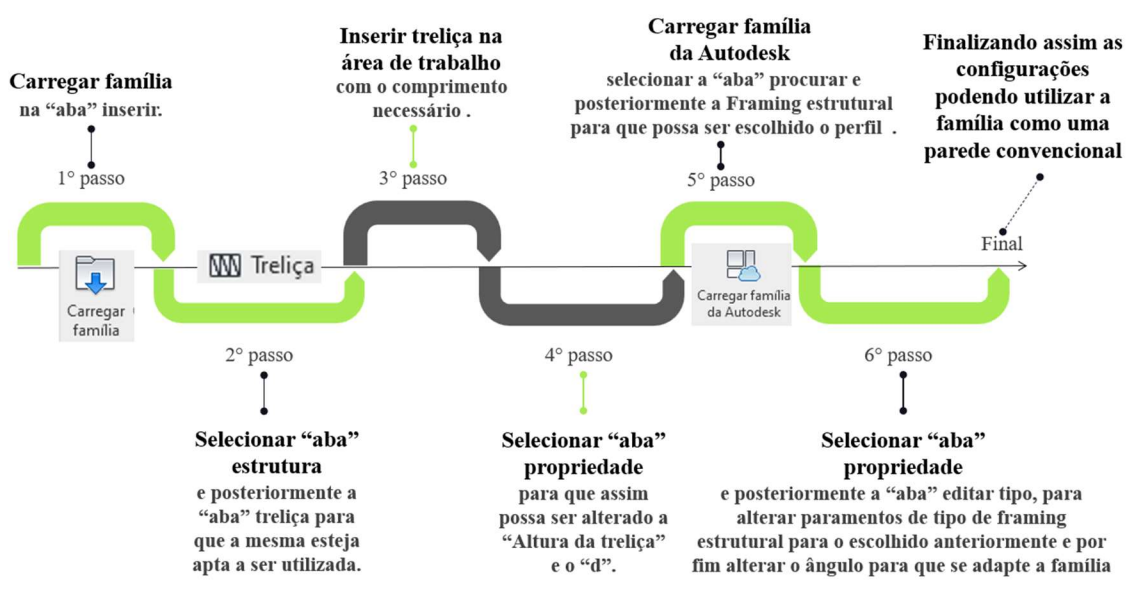


Fonte: Autor, 2023

Após as alterações nas propriedades dos perfis apertasse enter no teclado do computador e pode ser adicionado as paredes, respeitando a necessidade para realização do projeto com as paredes em steel frame desenvolvidas.

Segue o infográfico 2, no qual está disposto o manual de utilização de uma forma rápida e clara para o uso.

Infográfico 2: manual de utilização



Fonte: Autor, 2023.

4. CONCLUSÃO

Ocorreu o desenvolvimento da família paramétrica em steel frame para ser utilizada em paredes cegas, essas sem aberturas de esquadrias e sem os bloqueadores ou fitas, sendo assim um facilitador para inserção de todas as paredes, posteriormente se necessário as mesmas podem ser “explodidas” para adicionar as esquadrias, bloqueadores e fitas, facilita a inserção de todos os montantes e guias, não sendo mais necessário a inserção manual de cada perfil.

Ao observar o comportamento da parede desenvolvida notasse uma dificuldade em introduzir paredes menores que 3 metros sem desconfigurar os parâmetros da família, as observações necessárias para a criação dessas paredes partindo do zero se encontra no manual de desenvolvimento e para que essa possa ser incorporada nos projetos podem utilizar o manual da família.

Com isso pode sugerir possíveis trabalhos como famílias de bloqueadores, fitas e vigas, podendo existir famílias mais complexas como paredes que possuam parâmetros que insiram os bloqueadores e fitas, incluindo ainda um possível trabalho para disposição de uma família que consiga desenvolver paredes com menos de 3 m de altura.

5. REFERÊNCIAS

ARAGÃO, W. D. et. al. Steel frame - construção sustentável e comparação com o sistema construtivo convencional. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i9.32118>

Diretriz para Avaliações Técnicas de produção. DIRETRIZ SINAT. N° 003 - Revisão 2. Sistema Nacional de Avaliação Técnicas (SINAT). 2016. Disponível em: <https://pbqp-h.mdr.gov.br/biblioteca/diretriz-sinat-n-003-revisao-02/>.

FERREIRA, W. A. et. al. BIM modelagem de informação na construção civil. **Revista científica da FAEX**, v.11, ed. 21. ISSN 2238-1899.

HELP, Autodesk. **Sobre as famílias**. Autodesk. [S.I.] 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>. Acesso em: 05 nov. 2022.

HELP, Autodesk. **Diferentes tipos de famílias**. Autodesk. [S.I.] 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>. Acesso em: 05 nov. 2022.

HELP, Autodesk. **Sobre os modelos de família**. Autodesk. [S.I.] 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>. Acesso em 06 nov. 2022.

HELP, Autodesk. **Sobre parâmetros**. Autodesk. [S.I.] 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>. Acesso em 08 nov. 2022.

HELP, Autodesk. **Utilizar fórmulas para parâmetros numéricos**. Autodesk. [S.I.]. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-Model/files/GUID-804F51DC-6D0C-47BD-994D-9E42F7571317-htm.html>. Acesso em 07 nov. 2022.

HELP. Autodesk. **Abreviatura e sintaxe valida de formulas**. Autodesk. [S.I.]. 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>. Acesso em 15 nov. 2022.

NUNES, G. H. LEÃO, M. Estudo comparativo de ferramentas de projeto entre CAD tradicional e a modelagem BIM. **Revista de Engenharia Civil**. 2018. Disponível: <http://www.civil.uminho.pt/revista>.

OLIVEIRA, L. A. et. al. Sistema construtivos tipo lighth steel framing para unidades habitacionais – aspectos relativos à durabilidade. **Centro Brasileiro de Construção em Aço – CBCA**. 2012. Disponível: <https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/biblioteca/sistemas-construtivos-tipo-light-steel-frame-para-unidades-habitacionais-aspectos-relativos-a-durabilidade>.

RODRIGUES, F. C. CALDAS, R. B. Steel Framing: Engenharia. **Centro Brasileiro de Construção em Aço - CBCA**. 2016. Disponível: <https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/biblioteca/steel-framing-engenharia>

SANTIAGO, A.K. et. al. STEEL FRAMING: ARQUITETURA. Manual de construção em aço. **Centro Brasileiro de Construção em Aço – CBCA**. 2012. Disponível: [https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/biblioteca/steel-framing:-arquitetura-\(desenhos-tecnicos-incluidos\)--2-edicao-atualizada-e-revisada](https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/biblioteca/steel-framing:-arquitetura-(desenhos-tecnicos-incluidos)--2-edicao-atualizada-e-revisada).

SILVEIRA, N. F. N. CARNEIRO, M. I. M. Uso da modelagem BIM na gestão de áreas degradadas. XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental – **Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais**. 2020

