



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

GLAYVISON EDUARDO DA SILVA FELIX

**DESENVOLVIMENTO DE PLANILHA ELETRÔNICA EM VBA PARA
DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA DE MADEIRA**

ANGICOS

2022

GLAYVISON EDUARDO DA SILVA FELIX

**DESENVOLVIMENTO DE PLANILHA ELETRÔNICA EM VBA PARA
DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA DE MADEIRA**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Wendell Rossine Medeiros de
Souza, Prof. Dr.

Co-orientador: Nome Completo, Prof. Dr.

ANGICOS

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F316d Felix, Glayvison Eduardo da Silva.
Desenvolvimento de planilha eletrônica em vba
para dimensionamento de estrutura de madeira /
Glayvison Eduardo da Silva Felix. - 2022.
115 f. : il.

Orientador: Wendell Rossine Mdeiros de Souza.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2022.

1. dimensionamento. 2. estrutura de madeira.
3. vba. 4. ferramenta computacional. 5. robot api
autodek. I. Souza, Wendell Rossine Mdeiros de,
orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

GLAYVISON EDUARDO DA SILVA FELIX

**DESENVOLVIMENTO DE PLANILHA ELETRÔNICA EM VBA PARA
DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA DE MADEIRA**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 23 / 11 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Wendell Rossine Medeiros de Souza, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Arthur Gomes Dantas de Araújo, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Kleber Cavalcanti Cabral, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a deus, por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho.

A minha avó, Maria Dulce, uma das mulheres mais importante na minha vida, ao qual sempre serei grato por todo amor, carinho e incentivos que a senhora me dar.

A minha avó, Lucimar, uma mulher de garra e determinação, a qual me criou e educou, mesmo com todas as dificuldades a senhora nunca desistiu, tenho muito carinho pelo que a senhora já fez por mim.

A minha namorada, Danielle Costa, a quem está sempre ao meu lado me dando forças para que eu conseguisse vencer essa batalha.

Agradeço aos meus familiares e amigos que sempre torceram e acreditaram em meu sucesso.

Aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiência que me permitiram crescer.

Ao meu orientador Prof. Dr. Wendell Rossine Medeiros de Souza por sua toda dedicação compreensão e disponibilidade.

Agradeço a banca examinadora, Prof. Dr. Arthur Gomes Dantas de Araújo e Prof. Dr. Kleber Cavalcanti Cabral por aceitarem o convite e avaliarem este trabalho.

Agradeço a todos professores que compõem o corpo docente do curso de engenharia civil da UFERSA – Campus Angicos que ao longo desses anos ajudaram em minha formação.

“Quanto mais aumenta nosso conhecimento,
mais evidente fica nossa ignorância”.

John F. Kennedy

RESUMO

A madeira detém um papel bastante importante dentro da construção civil brasileira por possuir uma boa relação peso x resistência, ser um material renovável e com disponibilidade abundante na natureza. Apesar de ser uma ótima escolha, a madeira, sofre preconceito quanto ao seu uso como material estrutural. Esse fato pode ser observado na quantidade de ferramentas disponível para cálculo de estruturas de outros materiais como concreto e aço. Assim, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta que auxilie alunos e profissionais durante o dimensionamento de estruturas de madeira, concedendo agilidade e confiança nos resultados automatizando rotinas de cálculo de propriedades geométrica, propriedade resistente da madeira, combinações, verificação de segurança com base nas diretrizes da NBR 7190:2022 – Projeto de estruturas de madeira. Foi pensado uma rotina que possa trabalhar de forma conjunta com o Software da Autodesk Robot Structural Analysis Professional. Para alcançar os objetivos foi desenvolvido diversas calculadoras, as quais algumas não se limita apenas ao estudo de estrutura de madeira. Para o desenvolvimento da planilha eletrônica foi escolhido o Software Microsoft Excel junto com a linguagem de programação Visual Basic for applications (VBA) para criação das interfaces e das rotinas com auxílio do Results Connect e ROBOT API para a conectividade entre a ferramenta e o software de análise da Autodesk. O resultado obtido foi um programa com uma interface prática e dinâmica cujos resultados estão condizentes com a literatura. Foi identificado ainda que a conectividade do Robot com WSA, possui algumas limitações e demanda algumas interferências do usuário na aquisição de dados.

Palavras-chave: Dimensionamento. Estrutura de Madeira. VBA. Ferramenta computacional. Robot API

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Interface do VBA.....	18
Figura 2 – Uma Userform e caixa de ferramentas.....	19
Figura 3 - Inicialização do Autodesk Robot Structure Analysis	19
Figura 4 – Guia do Results Connect no Excel.....	20
Figura 5 – Valores dos coeficientes KE	32
Figura 6 – Seção transversal com reduções bruscas de altura.....	38
Figura 7 – Variação de seção com parafuso e mísula.....	38
Figura 8 – Ícone do WSA.....	40
Figura 9 – Interface da Userform “Sobre”.....	40
Figura 10 – Interface da Userform “Menu”.....	41
Figura 11 – Fluxograma de navegação.....	41
Figura 12 – Interface da Userform “Propriedade Geométrica” (a) Quadrada/Retangular, (b) circular.....	42
Figura 13 – Interface da Userform “Propriedade Geométrica”.....	42
Figura 14 – Interface da Userform “Propriedade do material”	43
Figura 15 – Interface da Userform “Classe de umidade e de carregamento”.....	44
Figura 16 – Interface da Userform “Valores de α_n ”.....	44
Figura 17 – Interface da Userform “Carga e Combinação”	45
Figura 18 – Interface da Userform “Ponderadores de combinação”	46
Figura 19 – Interface da Userform “Redutores de combinação”	46
Figura 20 – Interface da Userform “Dimensionamento ao esforço de tração e flexotração”...	47
Figura 21 – Interface da Userform “Dimensionamento ao esforço de compressão e flexocompressão”	48
Figura 22 – Interface da Userform “Dimensionamento ao esforço de flexão”	49
Figura 23 – Interface da Userform “Dimensionamento ao esforço de cisalhamento”	50
Figura 24 – Janela “Referências – VBAProject”.....	51
Figura 25 - Interface userform “Conexão Robot - WSA.....	51
Figura 26 - Planilha “Conexão Robot – WSA” com dados da seção coletados.....	52
Figura 27 – Planilha “Conexão Robot – WSA” com os cálculos da seção e dos coeficientes de estabilidade.....	53
Figura 28 – Interface do “Conexão Robot – WSA” com os resultados.	53
Figura 29 – Planilha “Conexão Robot – WSA” com os resultados.....	54

Figura 30 – Resultados da propriedade geométrica da Q1.....	57
Figura 31 - Resultados da propriedade do material da Q1.	57
Figura 32 – Inserção dos dados de combinação da Q1.....	58
Figura 33 – Interface da planilha “bd” com os resultados das combinações da Q1.....	58
Figura 34 – Resultado da verificação ao esforço de compressão e estabilidade da Q1.	60
Figura 35 – Esquema de ligação.....	61
Figura 36 – Resultados da propriedade geométrica da Q2.....	62
Figura 37 – Resultados da propriedade do material da Q2.....	63
Figura 38 – Resultado da verificação ao esforço de tração da Q2.	63
Figura 39 - Resultado da propriedade geométrica da Q3.	65
Figura 40 – Resultado da propriedade do material da Q3.	65
Figura 41 – Resultado da verificação ao esforço de flexão da Q3.	66
Figura 42 – Resultado da verificação ao esforço de cisalhamento da Q3.	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ações permanentes diretas consideradas separadamente	21
Tabela 2– Ações variáveis consideradas separadamente	21
Tabela 3- Valores dos fatores de combinação (ψ_0) e de redução (ψ_1 e ψ_2) para as ações variáveis.....	22
Tabela 4 - Classes de umidade	24
Tabela 5- Classes de resistência de espécies de florestas nativas definidas em ensaios de corpos de prova isentos de defeitos	25
Tabela 6 - Valores de K_{mod1}	27
Tabela 7 – Valores de K_{mod2}	28
Tabela 8 – Valores de α_n	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
API	Application Programming Interface
Bel	Bacharel
Dr	Doutor
ELU	Estados limites últimos
LVL	Madeira Laminada
máx	Máximo
med	Médio
mín	Mínimo
MLC	Madeira lamelada colada
MLCC	Madeira lamelada colada cruzada
VBA	Visual Basic for Applications
WSA	Wood Structure Academy

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área
A_n	Área Líquida
b	Largura
C	Classe de resistência para coníferas
D	Classe de resistência para folhosas
E_0	Módulo de elasticidade da madeira na flexão
$E_{0,05}$	Valor característico inferior (quinto percentil) do módulo de elasticidade na flexão
E_{ef}	Valor efetivo do módulo de elasticidade da madeira na flexão
$E_{c0,med}$	Valor médio do módulo de elasticidade na compressão medido na direção paralela às fibras da madeira
F	Ação (F_d , F_k); forças (em geral)
f	Resistência
f_α	Resistência para fibras inclinadas
f_{c0}	Resistência a compressão paralela às fibras (F_{c0k} , F_{c0d})
f_{c90}	Resistência a compressão normal às fibras (F_{c90k} , F_{c90d})
f_{t0}	Resistência a tração paralela às fibras (F_{t0k} , F_{t0d})
f_{t90}	Resistência a tração normal às fibras (F_{t90k} , F_{t90d})
f_{b0}	Resistência a flexão (F_{b0k} , F_{b0d})
f_{v0}	Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras (F_{v0k} , F_{v0d})
h	Altura
h_1	Altura da seção mais fraca
I	Momento de inércia à flexão
K_{ex} K_{cy}	Coeficiente de estabilidade
K_E	Coeficiente de flambagem
K_M	Coeficiente de correção
K_{mod}	Coeficiente de modificação (K_{mod1} , K_{mod2})
K_x, K_y	Coeficiente de estabilidade
L	Comprimento, vão
L_f	Comprimento de flambagem

M	Momento fletor (M_k , M_d)
N	Força normal (N_k , N_d)
r	Raio de giração
S	Momento estático de área solicitada
U	Umidade
V	Força cortante (V_k , V_d)
V_{red}	Força cortante reduzida
W	Módulo de resistência à flexão
z	Distância entre a carga e o eixo do apoio
α	Ângulo de inclinação das fibras
α_n	Coefficiente
β_c	Fator para peças estruturais que atendam aos limites de divergência de alinhamento
γ_G	Ponderador de ações permanentes
γ_Q	Ponderador de ações variáveis
γ_w	Coefficiente de minoração da resistência da madeira
λ	Índice de esbeltez
λ_{rel}	Índice de esbeltez relativa
σ_d	Tensão normal
τ_d	Tensão de cisalhamento
Ψ_0	Fator de combinação
$\Psi_1 \Psi_2$	Redutor para ações variáveis

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. OBJETIVOS	17
1.1.1. Objetivo Geral	17
1.1.2. Objetivo Específicos	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1. VBA	17
2.2. Autodesk Robot Sctructure Analysis	19
2.2.1. Results Connect.....	19
2.3. Ações nas estruturas de madeira	20
2.3.1. Ações.....	20
2.3.1.1. Ações permanentes.....	20
2.3.1.2. Ações variáveis	20
2.3.1.3. Ações Excepcionais.....	20
2.3.2. Classes de carregamento	20
2.3.2.1. Carregamento normal.....	20
2.3.2.2. Carregamento especial	20
2.3.2.3. Carregamento excepcional	21
2.3.2.4. Carregamento construção.....	21
2.3.3. Ponderadores e fatores de combinação	21
2.3.4. Combinação de ações	22
2.3.4.1. Combinação últimas normais	22
2.3.4.2. Combinação últimas especiais ou de construção.....	23
2.3.4.3. Combinação últimas excepcionais	23
2.4. Propriedade da madeira.....	23
2.4.1. Umidade	23
2.4.2. Caracterização das propriedades das madeiras e classe de resistência.....	24
2.5. Valores de Cálculo	26
2.5.1. Coeficientes de modificação (Kmod).....	27
2.5.2. Coeficientes de minoração da resistência para estados-limites últimos	28
2.5.3. Coeficientes de ponderação para estados-limite de serviço	28
2.5.4. Estimativa da resistência característica e módulo de elasticidade.....	28
2.6. Estados-limite últimos.....	28
2.6.1. Resistência às tensões normais inclinadas em relação às fibras da madeira	28
2.6.2. Tração.....	29
2.6.2.1. Tração perpendicular às fibras	29
2.6.2.2. Tração paralela às fibras.....	29
2.6.3. Compressão	30

2.6.3.1.	Esbeltez	31
2.6.3.2.	Esbeltez Relativa	32
2.6.3.3.	Estabilidade	33
2.6.4.	Flexão	34
2.6.4.1.	Flexão simples reta	35
2.6.4.2.	Flexão simples oblíqua	35
2.6.4.3.	Flexotração	36
2.6.4.4.	Flexocompressão	36
2.6.5.	Cisalhamento longitudinal em vigas	36
2.6.6.	Redução da força cortante próxima aos apoios	37
2.6.7.	Vigas entalhadas de seção retangular	38
3.	METODOLOGIA	39
4.	DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA	40
4.1.	Interface do WSA	40
4.2.	Conexão ROBOT - WSA	50
5.	TESTE DE DESEMPENHO DA FERRAMENTA NA RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS	55
5.1.	Dimensionamento e verificação de elemento submetido a compressão	55
5.2.	Dimensionamento e verificação de elemento submetido a tração	61
5.3.	Dimensionamento e verificação de elemento submetido a flexão e cisalhamento	63
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
	REFERÊNCIAS	68
	APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DO WSA	69
	MÓDULO 1: PROPRIEDADE GEOMÉTRICA	69
	MÓDULO 2: PROPRIEDADE DO MATERIAL	72
	MÓDULO 3: CARGA E COMBINAÇÃO	75
	MÓDULO 4: DIMENSIONAMENTO AO ESFORÇO DE TRAÇÃO E FLEXOTRAÇÃO	82
	MÓDULO 5: DIMENSIONAMENTO AO ESFORÇO DE COMPRESSÃO E FLEXOCOMPRESSÃO	86
	MÓDULO 6: DIMENSIONAMENTO AO ESFORÇO DE FLEXÃO	93
	MÓDULO 7: DIMENSIONAMENTO AO ESFORÇO DE CISALHAMENTO	97
	MÓDULO 8: CONEXÃO ROBOT - WSA	101

1. INTRODUÇÃO

Na construção civil brasileira atual a madeira é empregada como material estrutural principalmente em cobertura, cimbramentos, transposição de obstáculos, armazenamento, linhas de transmissão, obras pontuarias, dentre outras; e de funções não estrutural como em esquadrias, piso, forro, decoração etc (CALIL JR. et al., 2019).

Segundo Correia (2009) a madeira como material estrutural é muito interessante, pois possui uma boa relação peso/resistência e é um recurso natural, amplamente disponível em várias regiões do mundo e ao contrário de outros materiais a madeira é um material renovável.

Entretanto, a madeira por se tratar de um material complexo, natural, apresentar inúmeros defeitos de formação como nós e fendas, além de ser suscetível a ataques biológico e a degradação por umidade e ao fogo por se tratar de um material inflamável, entretanto tais problemas podem ser contornados com tratamento correto de produtos químicos para madeira (PFEIL, 2003).

Porém, atualmente existe um grande preconceito em relação ao uso da madeira como material estrutural, isto se justificar pela falta de conhecimento do material e de projeto específico, já que geralmente as estruturas de madeira são elaboradas por pedreiros e carpinteiros que não são preparados para projetar, mas apenas para executar. A culpa desse problema também é das universidades que geralmente não preparam os engenheiros civis de forma adequada para projetar estruturas de madeira, ao qual gera despreparo e fuga da elaboração de projeto de madeira, comprometendo o funcionamento da estrutura (GESUALDO, 2003).

O uso da informática e ferramentas de ensino e aprendizado, usadas como facilitadores por possibilitar a tarefa de dimensionar e verificar peças de madeiras de forma menos trabalhosa e fatigante, dinamizando o aprendizado de estruturas durante a formação acadêmica, podendo associar a teoria à prática profissional.

Um projeto estrutural é composto de 5 etapas, sendo elas; concepção estrutural, análise estrutural, dimensionamento, detalhamento e emissão de plantas. Para um engenheiro estrutural ser competitivo no mercado e cumprir com os prazos estimados, atualmente é necessário adoção de um ou mais softwares que vá entregar agilidade nas etapas de projeto (KIMURA, 2018).

Existe pouquíssimos software no mercado que realize todas essas etapas para estrutura de madeira, porém eles normalmente possuem um custo elevado ou não atende a NBR 7190 e como destacado anteriormente não existe uma demanda elevada para projetos de estrutura de madeira. Uma solução para isso, é adoção de softwares mais genérico ou que não realize todas as etapas.

Devido a atualização da norma NBR 7190 “Projeto de estruturas de madeira” de 1997 que estava vigente há tanto tempo. Um trabalho como esse se torna fundamental pela possibilidade de ajudar alunos e profissionais no processo de adaptação a norma vigente e de criação de uma nova ferramenta que possa ocupar lacunas durante a etapa de verificação e dimensionamento de peças de madeira, de forma sem custo.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Objetivo principal deste trabalho é criar uma planilha eletrônica com uso do VBA (*Visual Basic for Applications*), com propósito de auxiliar alunos e profissionais durante verificações de dimensionamento do estado limite último de peças de madeira, podendo servir de complemento para o software Robot Structural Analysis da Autodesk.

1.1.2. Objetivo Específicos

- Elaborar rotinas em VBA que possa realizar combinações de carregamento, verificações ao dimensionamento do ELU conforme a NBR 7190 de 2022 que trata sobre “Projeto de estrutura de madeira” para o esforço de:
 - Tração e Flexotração
 - Compressão, Flexocompressão e Estabilidade
 - Flexão Simples Reta e Oblíqua
 - Cisalhamento
- Elaborar uma rotina que conecte a planilha eletrônica ao Autodesk Robot ® com o uso do “Results Connect”, para automatizar as atividades de verificações das barras de madeira dentro do Autodesk Robot ®.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. VBA

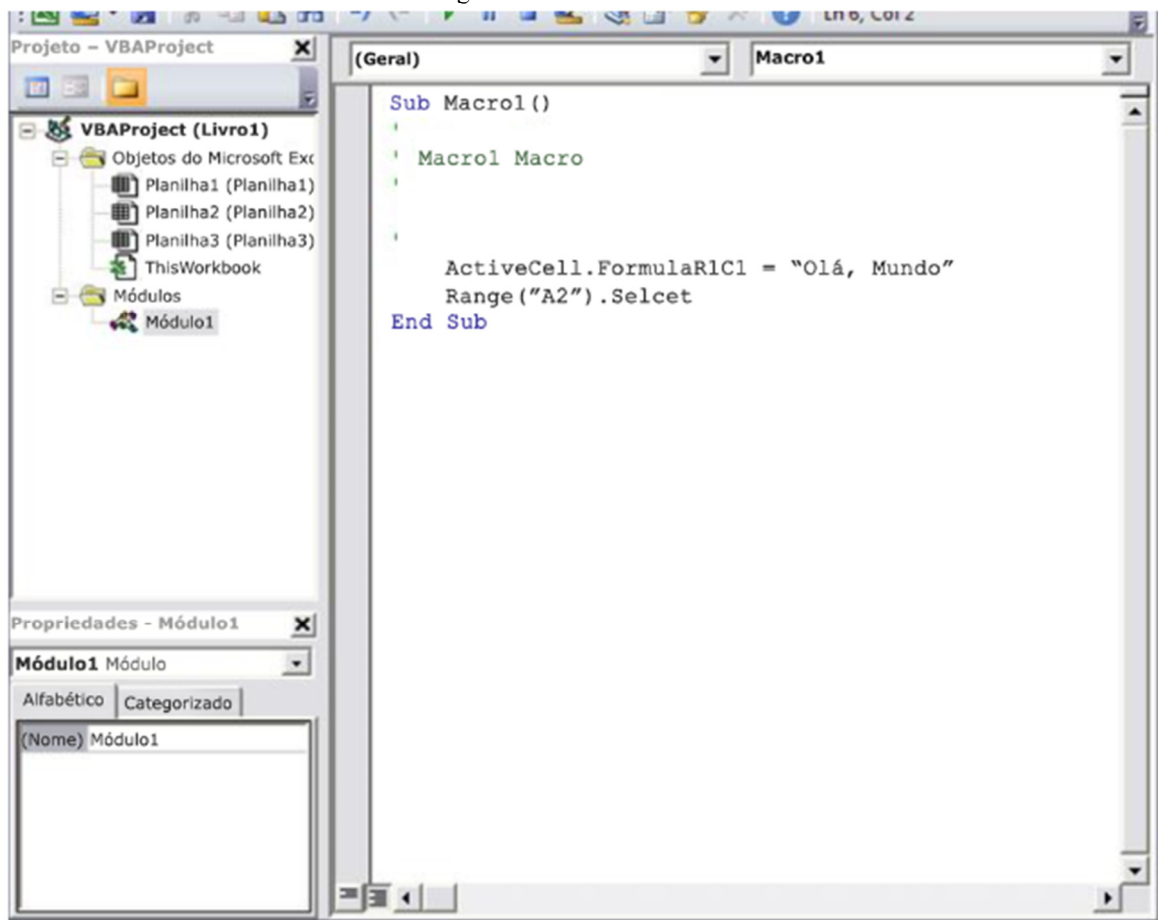
O VBA é uma linguagem de programação presente nos produtos da Microsoft Office, o VBA é usado principalmente quando se busca automação e repetição de rotinas, interação entre aplicativos do office e em situações que se deseja incentivar ou obrigar os usuários a interagir com funcionalidades do documento ou aplicativo office. (MICROSOFT,2022)

No caso específico do Excel, o VBA possibilita a criação de rotinas de cálculo, automatização de processos de edição, gerenciamento avançado de planilha, pasta de trabalho e de até do próprio Excel, entre outras funções (TECHTUDO,2016).

Podendo ser ativado no menu “Arquivo”, clicando nos botões “Opções”, “Personalizar faixa de opções” e ativando a guia “Desenvolvedor”.

Para acessar o editor do Visual Basic existe dois caminhos, o primeiro é clicando no ícone Visual Basic presente na guia “Desenvolvedor”, grupo “código”, o segundo caminho é por um atalho de teclado ALT+F11 dentro do Excel.

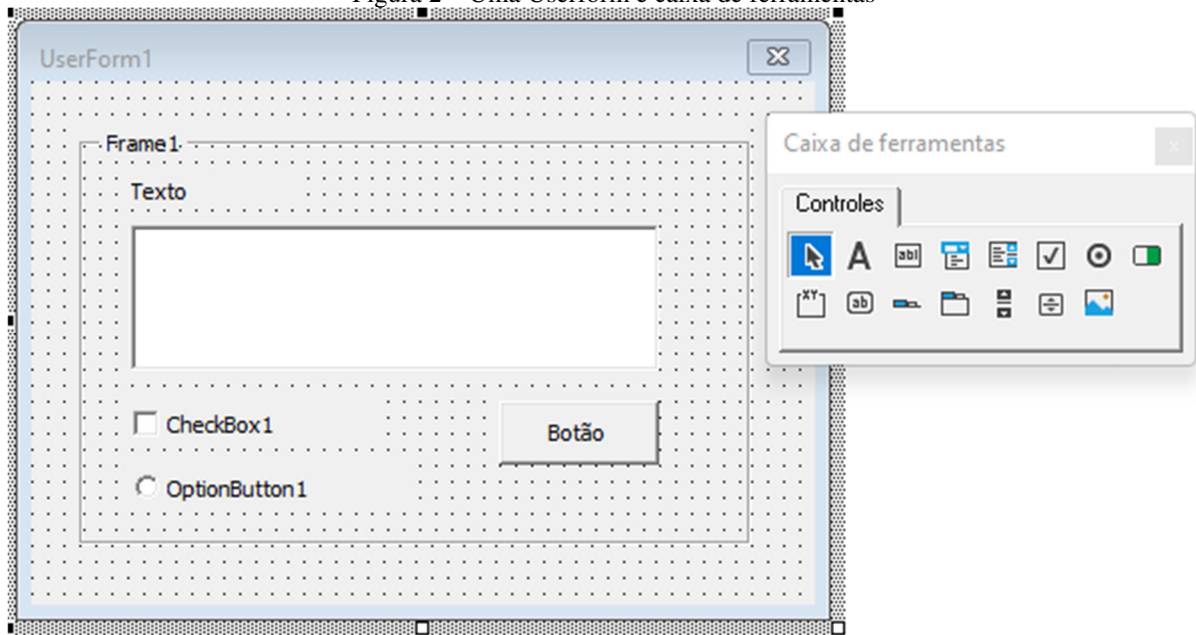
Figura 1 - Interface do VBA



Fonte: Microsoft (2022).

Uma função interessante do VBA é o userform, uma caixa de diálogo personalizada que para interação do usuário com a planilha. O Visual Basic for applications disponibiliza uma caixa de ferramenta com diversas funções como rótulos, caixa de texto, botão de comando, caixa de combinação, entre outras.

Figura 2 – Uma Userform e caixa de ferramentas



Fonte: Autoria própria (2022).

2.2. Autodesk Robot Sctructure Analysis

O Autodesk Robot Structural Analysis é um software desenvolvido pela Autodesk com conceito BIM que permite a modelagem em 2D e 3D, concepção e análise estrutural avançada de estrutura metálica, concreto armado, madeira entre outros materiais. O Robot possui uma enorme integração com outros softwares, sendo o principal o Revit.

Figura 3 - Inicialização do Autodesk Robot Structure Analysis

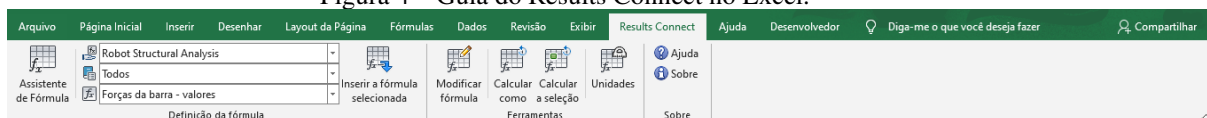


Fonte: Autoria própria (2022).

2.2.1. Results Connect

O Results Connect é um plugin para Excel, produzido pela Autodesk que permite que o engenheiro exporte dados de modelagem e resultados do Autodesk® Robot™ Structural Analysis para o Excel, utilizando de fórmulas simples do próprio Excel (AUTODESK, 2022).

Figura 4 – Guia do Results Connect no Excel.



Fonte: Autoria Própria (2022).

2.3. Ações nas estruturas de madeira

2.3.1. Ações

A NBR 7190:1997, item 5.1.1 define ações como as causas que provocam esforços ou deformações na estrutura, sendo classificadas como ações diretas os esforços e ações indiretas as deformações, a norma também classifica as ações devido a frequência e a variabilidade de intensidade que elas podem surgir na estrutura.

2.3.1.1. Ações permanentes

A NBR 7190:1997, item 5.1.1 define as ações permanentes, que ocorrem baixíssima ou nenhuma variação de intensidade e que deve acompanhar a construção por toda sua vida, como por exemplo as ações provenientes do peso próprio da estrutura.

2.3.1.2. Ações variáveis

A NBR 7190:1997, item 5.1.1 define as ações variáveis, que ocorrem variações significativa na sua intensidade e que afeta a construção com uma certa frequência, como por exemplo as ações provenientes da utilização e do vento.

2.3.1.3. Ações Excepcionais

A NBR 7190:1997, item 5.1.1 define as ações excepcionais, que ocorrem com uma duração extremamente curta e que possui uma probabilidade baixa de acontecer durante a vida da construção, mas que devem serem levadas em conta, são ações normalmente provenientes de catástrofes.

2.3.2. Classes de carregamento

2.3.2.1. Carregamento normal

A NBR 7190:1997, item 5.2.1 define um carregamento normal quando inclui apenas ações decorrente do seu uso previsto, como cargas permanentes e cargas variáveis decorrente a utilização. podendo ter duração longa, média e curta. Para carregamentos de média e curta duração passará por uma redução dos seus valores a fim que a resistência da madeira seja considerada para longa duração.

2.3.2.2. Carregamento especial

A NBR 7190:1997, item 5.2.2 classifica como um carregamento especial quando inclui ações variáveis decorrente da natureza ou intensidade especiais, cujo os efeitos superam a intensidade provocada pelo carregamento normal. A duração é igual à da ação.

2.3.2.3. Carregamento excepcional

A NBR 7190:1997, item 5.2.3 classifica como um carregamento excepcional quando inclui ações excepcionais que podem provocar efeitos catastróficos com duração instantânea.

2.3.2.4. Carregamento construção

A NBR 7190:1997, item 5.2.4 define um carregamento construtivo é quando inclui ações que aconteceram durante a construção que coloque em risco a segurança da estrutura, como por exemplo a estocagem de material.

2.3.3. Ponderadores e fatores de combinação

Para elementos de madeira a NBR 7190-1:2022, item 6.1 recomenda os seguintes valores para os coeficientes de ponderação de ações permanentes (γ_G) para as combinações últimas normais, especiais ou de construção e excepcionais:

Tabela 1 – Ações permanentes diretas consideradas separadamente

Combinação últimas	Elementos estruturais de madeira em geral		Elementos estruturais industrializados de madeira	
	Desfavorável	Favorável	Desfavorável	Favorável
Normais	1,3	1,0	1,25	1,0
Especiais ou de construção	1,2	1,0	1,15	1,0
Excepcionais	1,15	1,0	1,10	1,0

Fonte: Autoria Própria

O coeficiente de ponderação para ações variáveis serve para majorar os valores das ações variáveis que produz efeitos desfavoráveis para estrutura, as parcelas de ações variáveis que porventura causar efeitos favoráveis, não serão considerados nas combinações, exceto casos que ação cause parcela favoráveis e desfavoráveis. A NBR 8681:2003, item 5.1.4.2 apresenta os coeficientes de ponderação para ações variáveis (γ_Q).

Tabela 2– Ações variáveis consideradas separadamente

Combinação	Tipo de ação	Coeficiente de ponderação
Normal	Ações truncadas ¹⁾	1,2
	Efeito de temperatura	1,2
	Ação do vento	1,4
	Ações variáveis em geral	1,5
Especial ou de construção	Ações truncadas ¹⁾	1,1
	Efeito de temperatura	1,0
	Ação do vento	1,2
	Ações variáveis em geral	1,3
Excepcional	Ações variáveis em geral	1,0

¹⁾ Ações truncadas são consideradas ações variáveis cuja distribuição de máximos é truncada por um dispositivo físico de modo que o valor dessa ação não pode superar o limite correspondente. O coeficiente de ponderação mostrado na tabela 4 se aplica a esse valor limite.

Fonte: ABNT NBR 8681 (2003)

As combinações consideram o carregamento como sendo de longa duração, para casos onde a ação principal tenha um tempo de atuação muito reduzido, a NBR 7190-1:2022, item 6.1 permite a redução de 25% do valor.

A NBR 8681:2003, item 5.1.4.4 apresenta os fatores de combinação ψ_0 e os fatores de redução ψ_1 e ψ_2 para combinações de serviço:

Tabela 3- Valores dos fatores de combinação (ψ_0) e de redução (ψ_1 e ψ_2) para as ações variáveis

Ações	ψ_0	ψ_1	ψ_2 ^{3), 4)}
Cargas acidentais de edifícios			
Locais em que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas ¹⁾	0,5	0,4	0,3
Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevadas concentrações de pessoas ²⁾	0,7	0,6	0,4
Bibliotecas, arquivos, depósitos, oficinas e garagens	0,8	0,7	0,6
Vento			
Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura			
Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3
Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos			
Passarelas de pedestres	0,6	0,4	0,3
Pontes rodoviárias	0,7	0,5	0,3
Pontes ferroviárias não especializadas	0,8	0,7	0,5
Pontes ferroviárias especializadas	1,0	1,0	0,6
Vigas de rolamentos de pontes rolantes	1,0	0,8	0,5
¹⁾ Edificações residenciais, de acesso restrito.			
²⁾ Edificações comerciais, de escritórios e de acesso público.			
³⁾ Para combinações excepcionais onde a ação principal for sismo, admite-se adotar para ψ_2 o valor zero.			
⁴⁾ Para combinações excepcionais onde a ação principal for o fogo, o fator de redução ψ_2 pode ser reduzido, multiplicando-o por 0,7.			

Fonte: ABNT NBR 8681 (2003)

2.3.4. Combinação de ações

Para evitar um superdimensionamento dos elementos estruturais e ao mesmo tempo garantir a segurança da estrutura a NBR 8681:2003 estabelece combinações que levará em conta as ações permanentes na sua totalidade e ações variáveis apenas uma parcela que produzem efeitos desfavoráveis para a estrutura.

2.3.4.1. Combinação últimas normais

NBR 8681:2003, item 5.1.3.1 apresenta a equação para a determinação das combinações últimas normais conforme a seguir:

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} F_{Gi,k} + \gamma_Q \left[F_{Qi,k} \sum_{j=2}^n \psi_{0j} F_{Qj,k} \right]$$

Sendo:

F_d = Força resultante da combinação para estado limite último;

γ_{Gi} = Coeficiente de ponderação relativo as ações permanentes;

$F_{Gi,k}$ = Valor característico das ações permanentes;

γ_Q = Coeficiente de ponderação relativo as ações variáveis;

$F_{Qi,k}$ = Valor característico das ações variável considerada como ação principal da combinação;

$\psi_{0j}F_{Qj,k}$ = Valor reduzido de combinação de cada uma das demais ações variáveis.

2.3.4.2. Combinação últimas especiais ou de construção

NBR 8681:2003, item 5.1.3.1 determina que para combinações últimas especiais, deve haver duas combinações: em uma admite-se que as ações permanentes sejam consideradas desfavoráveis e na outra seja favorável para a segurança.

A NBR 8681:2003, item 5.1.3.2 apresenta a equação para a determinação das combinações últimas especiais ou de construção conforme a seguir:

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} F_{Gi,k} + \gamma_Q \left[F_{Qi,k} \sum_{j=2}^n \psi_{0j,ef} F_{Qj,k} \right]$$

$\psi_{0f,ef}$ = Fator de combinação efetivo de cada uma das demais variáveis que podem agir concomitantemente com a ação principal $F_{Q1,k}$, durante a situação transitória.

O fator $\psi_{0f,ef}$ é igual ao fator ψ_{0j} , conforme adotado nas combinações normais, em casos onde a ação principal F_{Q1} tiver um tempo de duração pequeno, deverá considerar $\psi_{0f,ef}$ igual ao fator ψ_{2j} .

2.3.4.3. Combinação últimas excepcionais

A NBR 8681:2003, item 5.1.3.3 apresenta a equação para a determinação das combinações excepcionais conforme a seguir:

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} F_{Gi,k} + F_{Q,exc} + \gamma_Q \sum_{j=1}^n \psi_{0j,ef} F_{Qj,k}$$

$F_{Q,exc}$ = Valor da ação transitória excepcional.

2.4. Propriedade da madeira

2.4.1. Umidade

Pfiel (2003) Explica a importância de se observar a umidade do ambiente em projetos de estruturas de madeira, já que a mesma tem grande efeito, com o aumento da umidade as propriedades de resistência e rigidez diminui até o ponto de saturação das fibras e depois se

mantém constante, para considerar esse efeito a NBR 7190-1:2022 apresenta uma tabela de classes de umidade:

Tabela 4 - Classes de umidade

Classes de umidade	Umidade relativa do ambiente U_{amb}	Umidade de equilíbrio máxima da madeira U_{eq}
1	$U_{amb} \leq 65 \%$	12 %
2	$65 \% < U_{amb} \leq 75 \%$	15 %
3	$75 \% < U_{amb} \leq 85 \%$	18 %
4	$U_{amb} > 85 \%$ durante longos períodos	$\geq 25 \%$

Fonte: ABNT NBR 7190 (2022)

A NBR 7190-1:2022 estabelece como valor padrão de referência o teor de umidade de equilíbrio da madeira de 12% correspondendo a classe 1. Valores superiores a 12 %

Valores obtidos de resistência e rigidez de um lote de material, com umidade diferente do padrão de referência, entre o intervalo 10 e 25%, os valores devem serem corrigidos para umidade de 12% com as expressões:

$$F_{12} = F_U \left[1 + \frac{3(U - 12)}{100} \right]$$

$$E_{12} = E_U \left[1 + \frac{2(U - 12)}{100} \right]$$

Sendo:

F_{12} =Resistência um teor de umidade de 12%

F_U =Resistência para umidade diferente de 12%

U = Percentual para um teor umidade na madeira

E_{12} = Módulo de elasticidade para um teor de umidade de 12%

E_U =Módulo de elasticidade para umidade diferente de 12%

2.4.2. Caracterização das propriedades das madeiras e classe de resistência

A NBR 7190-1:2022, item 5.7 estabelece as classes de resistência das madeiras com objetivo de padronizar as propriedades resistentes do material utilizadas nos projetos estruturais, essa classificação é atribuída apenas para lotes homogêneos a qual a NBR 7190-

4:2022, item 8.2 define que um lote é considerado homogêneo quando o coeficiente de variação da resistência à flexão for inferior a 20%.

Para lotes homogêneos de madeira de florestas nativas permite-se que a amostra seja constituída de corpos de prova isentos de defeitos, que devem ser realizados conforme descrito na NBR 7190-3:2022. A classe do lote é definida pela resistência característica à compressão paralela as fibras ($F_{c0,k}$) para definir as propriedades de resistência e rigidez da madeira. a NBR 7190-1:2022, apresenta a tabela 2 com valores referenciais de resistência

Tabela 5- Classes de resistência de espécies de florestas nativas definidas em ensaios de corpos de prova isentos de defeitos

Classes	$f_{c0,k}$ MPa	$f_{v0,k}$ MPa	$E_{c0,med}$ MPa	Densidade a 12 % kg/m ³
D20	20	4	10 000	500
D30	30	5	12 000	625
D40	40	6	14 500	750
D50	50	7	16 500	850
D60	60	8	19 500	1 000
NOTA 1 Os valores desta Tabela foram obtidos de acordo com a ABNT NBR 7190-3.				
NOTA 2 Valores referentes ao teor de umidade igual a 12 %.				
NOTA 3 Os valores das classes de resistência para espécies nativas estão disponíveis na ABNT NBR 7190-3:2022, Tabela A.1.				

Fonte: ABNT NBR 7190 (2022)

Para lotes homogêneos de madeira de florestas plantadas deve ser extraída amostra constituída de peças estruturais, que devem ser ensaiadas conforme NBR 7190-4:2022. A classe do lote é definida pela resistência característica à flexão ($F_{m,k}$) para definir as propriedades de resistência e rigidez da madeira. a NBR 7190-1:2022, apresenta a tabela 3 com valores referenciais de resistência.

Tabela 6- Classes de resistência definidas em ensaios de peças estruturais

		Coníferas												Folhosas							
	Símbolo	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Propriedades de resistência MPa																					
Flexão	$f_{b,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	18	24	30	35	40	50	60	70
Tração paralela	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	11	14	18	21	24	30	36	42
Tração perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compressão paralela	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	18	21	23	25	26	29	32	34
Compressão perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	7,5	7,8	8,0	8,1	8,3	9,3	11	13,5
Cisalhamento	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0
Propriedades de rigidez GPa																					
Módulo de elasticidade a 0° médio	$E_{0,m}$	7	8	9	9,5	10	11	12	12	13	14	15	16	9,5	10	11	12	13	14	17	20
Módulo de elasticidade a 0° característico	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10	11	8	8,5	9,2	10	11	12	14	16,8
Módulo de elasticidade a 90° médio	$E_{90,m}$	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,1	1,33
Módulo de elasticidade transversal médio	G_m	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,1	1,25
Densidade kg/m³																					
Densidade característica	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	560	620	700	900
Densidade média	ρ_m	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	650	660	750	840	1080
Nota 1	Valores obtidos conforme a ABNT NBR 7190-4.																				
Nota 2	Valores referentes ao teor de umidade igual a 12 %																				

Fonte: ABNT NBR 7190 (2022)

2.5. Valores de Cálculo

A NBR 7190-1:2022, item 5.8.3, determina o valor de cálculo da propriedade resistente da madeira X_d a partir do valor característico X_k , conforme a equação:

$$X_d = K_{mod} \frac{X_k}{\gamma_w}$$

Sendo:

X_d = Propriedade da madeira com valor de cálculo;

X_k = Propriedade da madeira com valor característica;

Y_w = Coeficiente de minoração da propriedade da madeira;

K_{mod} = Coeficiente de modificação.'

2.5.1. Coeficientes de modificação (K_{mod})

Segundo A NBR 7190-1:2022, item 5.8.4 o coeficiente de modificação altera as propriedades características resistente da madeira, com base da classe de carregamento e umidade. O coeficiente de modificação pode ser expresso por:

$$K_{mod} = K_{mod1} \cdot K_{mod2}$$

Sendo:

K_{mod1} = Classe de carregamento e tipo do material;

K_{mod2} = Classe de umidade e tipo do material;

O coeficiente parcial K_{mod1} , leva em Conta a classe de carregamento e o tipo do material empregado.

Tabela 6 - Valores de K_{mod1}

Classes de carregamento	Ação variável principal da combinação		Tipos de madeira	
	Duração acumulada	Ordem de grandeza da duração acumulada da ação característica	Madeira serrada Madeira roliça Madeira lamelada colada (MLC) Madeira lamelada colada cruzada (MLCC) Madeira laminada colada (LVL)	Madeira recomposta
Permanente	Permanente	Mais de dez anos	0,60	0,30
Longa duração	Longa duração	Seis meses a dez anos	0,70	0,45
Média duração	Média duração	Uma semana a seis meses	0,80	0,65
Curta duração	Curta duração	Menos de uma semana	0,90	0,90
Instantânea	Instantânea	Muito curta	1,10	1,10

Fonte: ABNT NBR 7190-1 (2022)

O coeficiente K_{mod2} , leva em conta o tipo do material empregado e a classe umidade.

Tabela 7 – Valores de K_{mod2}

Classes de umidade	Madeira serrada Madeira roliça Madeira lamelada colada (MLC) Madeira lamelada colada cruzada (MLCC) Madeira laminada colada (LVL)	Madeira recomposta
(1)	1,00	1,00
(2)	0,90	0,95
(3)	0,80	0,93
(4)	0,70 ^a	0,90
^a Não é permitido o uso do MLCC para classe de umidade (4).		

Fonte: ABNT NBR 7190-1 (2022)

2.5.2. Coeficientes de minoração da resistência para estados-limites últimos

- Para tensões normais tem o valor básico $\gamma_w = 1,4$.
- Para tensões cisalhamento tem o valor básico $\gamma_w = 1,4$.

2.5.3. Coeficientes de ponderação para estados-limite de serviço

- Valor básico $\gamma_w = 1,0$.

2.5.4. Estimativa da resistência característica e módulo de elasticidade

Segundo a NBR 7190-1:2022, item 5.8.7 as verificações de estado limites últimos referentes a estabilidade de peças comprimidas e flexocompressão, deve ser utilizado o valor característicos do módulo de elasticidade ($E_{0,05}$) obtidos por ensaios, caso seja utilizado a tabela 2 deve-se admitir o módulo de elasticidade igual a 70% do módulo de elasticidade médio, conforme a equação a seguir:

$$E_{0,05} = 0,7 \cdot E_{c0,med}$$

2.6. Estados-limite últimos

A NBR 7190:1997, item 4.2.2, esclarece que o estado limite está ligado a ocorrência de excesso de ações e do limite que a estrutura pode suportar, após ultrapassar o limite (ELU), a estrutura poderá ter perda de equilíbrio global ou parcial, deformação plástica excessiva, instabilidade por deformação, ressonância e ruptura.

2.6.1. Resistência às tensões normais inclinadas em relação às fibras da madeira

Para o cálculo de peças solicitadas a tensões normais com inclinação α em relação às fibras é preciso considerar a redução na resistência. Podendo ser desconsiderar o efeito dessa inclinação α , caso o valor não supere os 6° conforme sugere o item 6.2.8 da NBR 7190-1:2022.

A resistência reduzida é expressa pela fórmula de Hankinson:

$$F_{\alpha} = \frac{F_0 F_{90}}{F_0 \sin^2 \alpha + F_{90} \cos^2 \alpha}$$

Sendo:

α = Ângulo de inclinação em relação às fibras;

F_{α} = Resistência reduzida;

F_0 = Resistência paralela às fibras;

F_{90} = Resistência normal às fibras.

2.6.2. Tração

2.6.2.1. Tração perpendicular às fibras

Nenhuma peça de madeira deve depender diretamente à resistência à tração normal às fibras $F_{t90, d}$, quando a tensão de tração normal puder alcançar valores significativo deverá ser empregado mecanismo que impeçam a ruptura resultante dessas tensões. Porém a NBR 7190-1:2022, item 6.2.3 permite considerar um valor mínimo de 6% da resistência à tração paralela às fibras $F_{t0, d}$ para viabilizar o uso da Fórmula de Hankinson no cálculo da resistência a tração inclinada em relação às fibras ($F_{t90, d} = 0,06 * F_{t0, d}$).

2.6.2.2. Tração paralela às fibras

Para cálculo de peças de madeira axialmente tracionada os estados limites se configuram por ruptura às fibras na seção líquida ou bruta caso não possua furos, com um comportamento elastofrágil, a NBR 7190-1:2022, item 6.3.2 define a tensão solicitante a tração como:

$$\sigma N_{t,d} = \frac{N_{t,d}}{A_n} \leq F_{t0,d}$$

Sendo:

σ_{tr} = Tensão solicitante ao esforço de tração;

N_d = Força normal;

A_n = Área líquida da seção transversal;

F_{t0d} = Tensão resistente ao esforço de tração paralela às fibras.

Para casos de peças com fibras inclinadas de ângulo α superior a 6° , considera-se a resistência reduzida conforme a fórmula de Hankinson:

$$F_{t0,d} = F_{t\alpha,d}$$

2.6.3. Compressão

As barras submetidas a compressão a ruptura se configuram pelo esmagamento das fibras e perda de instabilidade associadas provocada pelo o efeito de flambagem a qual pode ser descrito como um deslocamento lateral. A NBR 7190-1:2022, item 6.3.3 determina além da verificação de estabilidade, a condição de segurança relativa à compressão axial, que estará garantida quando:

$$\sigma N_{c,d} = \frac{N_{c,d}}{A} \leq F_{c0,d}$$

Sendo:

$\sigma N_{c,d}$ = Tensão solicitante ao esforço de compressão normal às fibras;

$N_{c,d}$ = Força normal de compressão;

A = Área transversal;

$F_{c0,d}$ = Tensão resistente ao esforço de compressão paralela às fibras.

Para casos de peças com fibras inclinadas de ângulo α superior a 6° , considera-se a resistência reduzida conforme a fórmula de Hankinson:

A equação apresentada anteriormente também é válida para o cálculo da tensão solicitante em peças sujeitas a compressão axial perpendicular às fibras.

$$\sigma_{c90,d} \leq F_{c90,d}$$

A resistência compressão perpendicular às fibras são determinadas com base da resistência a compressão paralela às fibras e do coeficiente α_n a qual no item 6.2.4 da NBR 7190-1:2022 apresenta valores para o α_n a qual é correlacionado com a distância entre aplicação da carga e a extremidade da peça.

$$F_{c90,d} = 0,25 * F_{c0,d} * \alpha_n$$

Sendo:

$\sigma_{c90,d}$ = Tensão atuante de compressão normal às fibras;

$F_{c90,d}$ = Tensão resistente ao esforço de compressão normal às fibras;

α_n = Coeficiente.

Tabela 8 – Valores de α_n

Extensão (a') do carregamento perpendicular às fibras, medida paralelamente a estas cm	Coefficiente α_n
1	2,00
2	1,70
3	1,55
4	1,40
5	1,30
7,5	1,15
10	1,10
15	1,00

Fonte: ABNT NBR 7190-1 (2022)

- Para casos com extensão acima de 15cm, admite-se $\alpha_n = 1$.
- Para valores não contemplados na tabela, deverá ser realizado uma interpolação linear;

2.6.3.1. Esbeltez

A NBR 7190-1:2022, item 6.5.3, define os requisitos do dimensionamento baseados no índice de esbeltez das peças de madeiras, o índice de esbeltez pode ser calculado pela formula:

$$\lambda = \frac{L_f}{\sqrt{I/A}}$$

$$L_f = L \cdot K_E$$

Sendo:

λ = Índice de esbeltez;

L_f = Comprimento de flambagem;

K_E = Coeficiente de Flambagem;

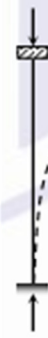
L = Comprimento da peça;

I = Momento de inércia;

A =Área.

Para um dimensionamento adequado deve ser investigado as condições de travamento que a peça estar imposta, para que o dimensionamento resulte na situação mais desfavorável, sendo o cálculo do comprimento de flambagem particular de cada direção, dependendo exclusivamente da condição de travamento daquela direção.

Figura 5 – Valores dos coeficientes K_E

Modos de flambagem						
Valores de projeto para K_E	0,65	0,80	1,20	1,00	2,10	2,40
Código das condições de extremidade		Rotação e translação lateral impedidas, translação vertical livre				
		Rotação e translação vertical livres, translação lateral impedida				
		Rotação livre e translações impedidas				
		Rotação impedida e translações livres				
		Rotação e translações livres				

Fonte: ABNT NBR 7190-1 (2022)

A NBR 7190-1:2022, item 6.5.3 não permite o uso de peças de madeira sujeitas a compressão axial ou flexocompressão com índices de esbeltez superior a 140.

2.6.3.2. Esbeltez Relativa

Segundo a NBR 7190-1:2022, item 6.5.4 os índices de esbeltez relativa são determinados por:

$$\lambda_{rel,x} = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{F_{c0,k}}{E_{0,05}}}$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{F_{c0,k}}{E_{0,05}}}$$

Sendo:

$\lambda_{rel,x}$ e $\lambda_{rel,y}$ = Índice de esbeltez relativa correspondentes à flexão em relação a x e y;

λ_x e λ_y = Índice de esbeltez segundo os eixos x e y;

$E_{0,05}$ = Valor Característico do módulo de elasticidade medido na direção paralela às fibras da madeira.

2.6.3.3. Estabilidade

Para peças com índice de esbeltez relativa menor ou igual a 0,3 de forma simultânea ($\lambda_{rel,x} \leq 0,3$ e $\lambda_{rel,y} \leq 0,3$) está livre da verificação de estabilidade, devendo apenas verificar a condição de compressão apresentado anteriormente no item 3.4.3.1 ou de flexocompressão apresentado no item 6.3.7, respectivamente.

Para peças cujo índice de esbeltez relativa supera os 0,3 em qualquer direção, A NBR 7190-1:2022, item 6.5.5 apresenta como condição para atender a estabilidade a corroboração das equações a seguir:

$$\frac{\sigma N_{c,d}}{K_{cx} F_{c0,d}} + \frac{\sigma M_{x,d}}{F_{m,d}} + K_M \frac{\sigma M_{y,d}}{F_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma N_{c,d}}{K_{cx} F_{c0,d}} + K_M \frac{\sigma M_{x,d}}{F_{m,d}} + \frac{\sigma M_{y,d}}{F_{m,d}} \leq 1$$

Onde:

σ_M = Tensão normal proveniente da flexão decorrente do momento fletor de primeira ordem;

K_M, K_{cx}, K_{cy} = Coeficiente

σ_{M_d} = Tensão de compressão devido ao momento fletor;

W = Módulo de resistência.

A NBR 7190-1:2022, item 6.3.5 estabelece o valor do coeficiente de correção (K_M), baseado na forma geométrica da seção transversal:

- Seção retangular: $K_M = 0,7$;
- Outras seções transversais: $K_M = 1,0$.

Os coeficientes K_{cx} e K_{cy} são calculados pelas fórmulas:

$$K_{cx} = \frac{1}{K_x + \sqrt{(K_x)^2 - (\lambda_{rel,x})^2}}$$

$$K_{cy} = \frac{1}{K_y + \sqrt{(K_y)^2 - (\lambda_{rel,y})^2}}$$

Em que

$$K_x = 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel,x} - 0,3) + (\lambda_{rel,x})^2]$$

$$K_y = 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + (\lambda_{rel,y})^2]$$

A NBR 7190-1:2022, item 6.5.5 estabelece o fator para peças estruturais que atendam aos limites de divergência de alinhamento (β_c) para cálculo dos coeficientes K_x e K_y conforme a seguir:

- Para madeira maciça serrada e peças roliças: $\beta_c = 0,2$;
- Para madeira lamelada (MLC e MLCC) e madeira laminada (LVL): $\beta_c = 0,2$.

2.6.4. Flexão

É muito comum as barras estarem submetidas a momento fletor, podendo-se mencionar as terças, ripas, caibros, tabuleiros de pontes, etc.

Segundo Gesulado (2003) que em uma seção transversal as duas direções podem sofrer o efeito de flexão em direções perpendiculares entre si, sendo nomeado esse tipo de flexão como flexão oblíqua sendo muito comum em terças e ripas. Também costuma acontecer o efeito combinado de flexão com solicitações axiais de compressão ou tração, sendo nomeado nesse caso de flexocompressão e flexotração.

Para as peças fletidas, a NBR 7190-1:2022 considera o vão teórico igual ao menor valor entre:

- Distância entre eixos dos apoios;
- Vão livre acrescido da altura da seção transversal da peça no meio do vão, não se considerando acréscimo maior que 10cm

2.6.4.1. Flexão simples reta

Nas peças submetidas a momento fletor aplicado a somente um eixo central de inércia da seção transversal resistente a NBR 7190-1:2022, item 6.3.4 determina a verificação da estabilidade apresentada anteriormente e da seguinte expressão:

$$\frac{\sigma_{M,d}}{f_{m,d}} = \frac{\frac{M_d}{W}}{f_{m,d}} \leq 1$$

Sendo:

$\sigma_{M,d}$ = Valor máximo de cálculo da tensão atuante de flexão;

$f_{m,d}$ = Resistência à flexão;

M_d = Momento fletor máximo;

W = Módulo de resistência da seção transversal à direção paralela às fibras, em relação ao eixo central de inércia perpendicular ao plano de ação do momento fletor;

2.6.4.2. Flexão simples oblíqua

Quando nas seções submetidas a momento fletor cujo plano de ação não contém um de seus eixos de inércia a NBR 7190-1:2022, item 6.3.5 põe como condição de segurança a verificação da estabilidade e da obtenção simultânea das expressões abaixo, condicionando a expressão mais rígida.

$$\frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{m,d}} + K_M \frac{\sigma_{My,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$K_M \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{My,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

Sendo:

$\sigma_{Mx,d}$ e $\sigma_{My,d}$ = São as tensões máximas de cálculo devidas às componentes de flexão atuantes segundo as direções principais;

$f_{m,d}$ = Resistência à flexão;

O valor do coeficiente de correção (K_M), baseado na forma geométrica da seção transversal:

- Seção retangular: $K_M = 0,7$;

- Outras seções transversais: $K_M = 1,0$.

2.6.4.3. Flexotração

A NBR 7190-1:2022, item 6.3.6 coloca como condição de segurança das barras submetidas à flexotração como a condição mais rigorosa das expressões abaixo, tendo como ponto de referência o ponto mais solicitado da borda mais tracionada.

$$\frac{\sigma_{Nt0,d}}{f_{t0,d}} + K_M \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{My,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{Nt0,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{m,d}} + K_M \frac{\sigma_{My,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

Sendo:

$\sigma_{Nt,d}$ = Valor de cálculo da parcela de tensão normal atuante em virtude apenas da força normal de tração;

$f_{t0,d}$ = Resistência ao esforço de tração paralela às fibras.

Para casos de peças com fibras inclinadas de ângulo α superior a 6° , aplica-se à resistência reduzida conforme a fórmula de Hankinson para o $f_{m,d}$ e $f_{t0,d}$:

2.6.4.4. Flexocompressão

A NBR 7190-1:2022, item 6.3.7 determina que além da verificação de estabilidade, a condição de segurança relativa à resistência das seções transversais submetidas à flexocompressão é expressa pela equação mais rigorosa das duas, sendo considerado o ponto mais solicitado da borda mais comprimida

$$\left(\frac{\sigma_{Nc0,d}}{f_{c0,d}} \right)^2 + K_M \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{My,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{Nc0,d}}{f_{c0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{m,d}} + K_M \frac{\sigma_{My,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$\sigma_{Nc0,d}$ = Valor de cálculo da parcela de tensão normal atuante em virtude apenas da força normal de compressão;

Para casos de peças com fibras inclinadas de ângulo α superior a 6° , aplica-se à resistência reduzida conforme a fórmula de Hankinson para o $f_{m,d}$ e $f_{c0,d}$:

2.6.5. Cisalhamento longitudinal em vigas

Nas peças submetidas a flexão com força cortante, a NBR 7190-1:2022, item 6.4.2 a

segurança estará garantida quando:

$$\tau_d \leq f_{v0,d}$$

Onde:

τ_d = Valor de cálculo da parcela de tensão normal;

$f_{v0,d}$ = Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras;

A tensão solicitante ao cisalhamento para seção genérica pode ser expressa pela equação:

$$\tau_d = \frac{V_d S}{b I} \leq f_{v0,d}$$

Sendo:

V_d = Força cortante de projeto;

S = Momento estático de área solicitada;

I = Momento de inércia da seção transversal;

b = Largura;

Para vigas de seção transversal retangular a tensão de cisalhamento atuante pode ser expressa por:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \frac{V_d}{b h}$$

2.6.6. Redução da força cortante próxima aos apoios

Conforme a NBR 7190-1:2022, item 6.4.3, estabelece que para situações de vigas com altura h que recebem cargas concentradas ou distribuídas que produzam tensões de compressão nos planos longitudinais, a uma distância de $0 \leq z$ (distância entre a carga e o eixo do apoio) $\leq 2h$ de um apoio direto, o cálculo das tensões de cisalhamento pode ser feito com uma força cortante reduzida, calculada pela fórmula a seguir:

$$V_{red} = V \frac{z}{2h}$$

Sendo:

V_{red} = Força cortante reduzida;

V = Força cortante;

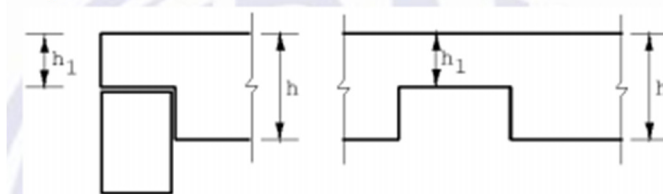
z = distância entre a carga e o eixo do apoio;

h = altura;

2.6.7. Vigas entalhadas de seção retangular

Em vigas com variações bruscas de seção transversal, A NBR 7190-1:2022, item 6.4.4 determina que a tensão solicitante ao cisalhamento na seção fragilizada deve-se multiplicar por h/h_1 . Sendo restrito esse sistema para entalhes com relação $h_1 > 0,75h$.

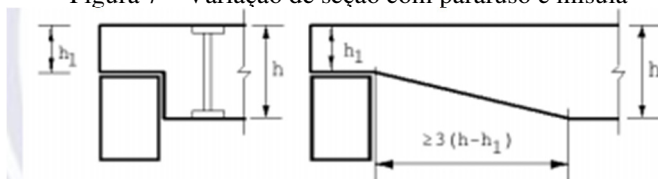
Figura 6 – Seção transversal com reduções bruscas de altura.



Fonte: ABNT NBR 7190 (1997).

Para entalhes com relação $h_1 \leq 0,75h$, recomenda a utilização de parafusos verticais dimensionado para resistir a tração axial, uma outra opção é o emprego de mísulas de comprimento não menor que três vezes a altura do entalhe e que respeite o limite absoluto de $h_1/h \geq 0,5$.

Figura 7 – Variação de seção com parafuso e mísula



Fonte: ABNT NBR 7190 (1997)

3. METODOLOGIA

Na metodologia será mostrado os passos para o desenvolvimento de uma planilha eletrônica em linguagem VBA, com uso do software Excel da Microsoft. Utilizando de recursos internos como macro para construir rotinas de cálculos baseadas na NBR 7190 de 2022 para verificação de peças de madeira, além de recursos externos como o Results connect da Autodesk para automatização de atividades de transferência de dados produzidos por modelagem no Robot Structural Analysis Professional.

Inicialmente foi elaborado um banco de dados com base nas prescrições presente na NBR 7190-1:2022 e na NBR 8681:2003 dentro da planilha, com objetivo de fomentar as macros e calculadoras, sobre termo, tabelas e valores. Logo em seguida, se iniciou a confecção da interface e funcionalidade das calculadoras, com o uso da função uso do VBA.

Para conexão entre a ferramenta e o Robot foi abordado de uma forma um pouco diferente, se utilizando de mecanismos API como o *results connect* e a biblioteca de referência do robot dentro do VBA, junto com uma macro um pouco simplificada, porém que reunisse as rotinas anteriores para o cálculo de verificação do ELU.

De modo alcançar o objetivo de criar um ambiente de aprendizado, foi utilizado botões de ajuda rápida, com textos e tabelas para que auxilie o usuário no aprendizado e na utilização da ferramenta.

Como método para validação da ferramenta, será comparado resultados de exercícios feitos de forma manual, com resultados obtidos com o uso da ferramenta.

4. DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

Para o desenvolvimento da ferramenta computacional a qual chamo de WSA (Wood Structure Academy). Inicialmente foi utilizado o software Microsoft Excel em conjunto com a linguagem de programação VBA, com objetivo de criar uma sequência de userform que navegasse entre elas e funcionasse cada guia como uma calculadora que trabalhasse de forma separada ou em conjunto com outras.

Figura 8 – Ícone do WSA

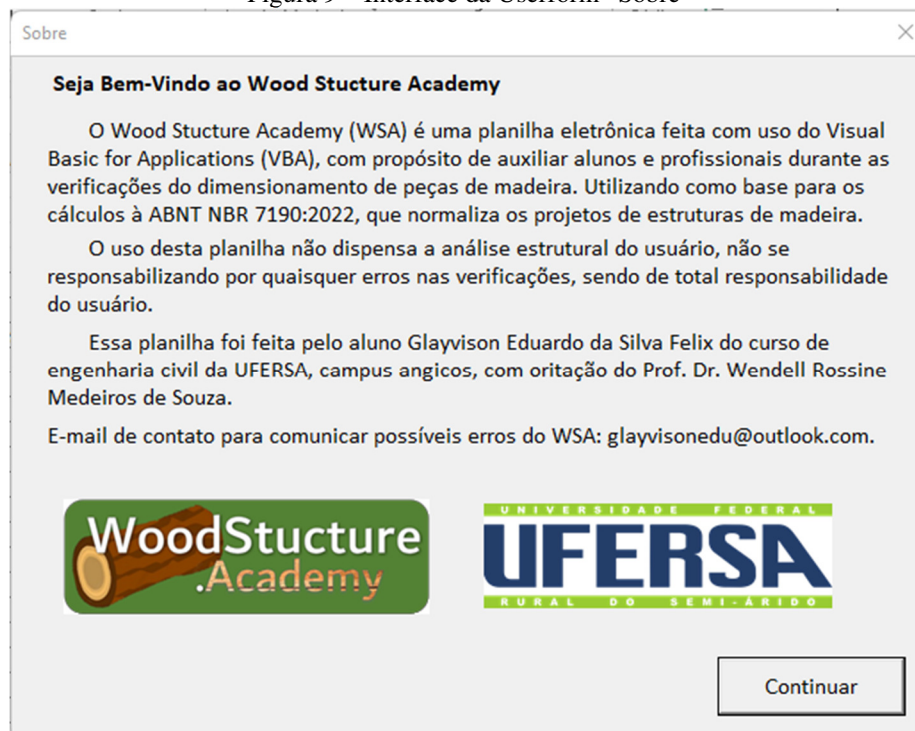


Fonte: Autoria própria (2022)

4.1. Interface do WSA

A primeira Userform que aparecerá para o usuário será a “Sobre”, que tem a função de dar as boas-vindas ao usuário e apresentar um pequeno resumo junto com alguns dados como o nome da instituição, orientador e do autor, sendo apenas uma userform de apresentação, com nenhuma funcionalidade para cálculo.

Figura 9 – Interface da Userform “Sobre”



Fonte: Autoria própria (2022)

Após clicar no botão “continuar”, será aberto o “Menu” uma userform que tem função de servir de origem e de navegador para as demais calculadoras.

Figura 10 – Interface da Userform “Menu”

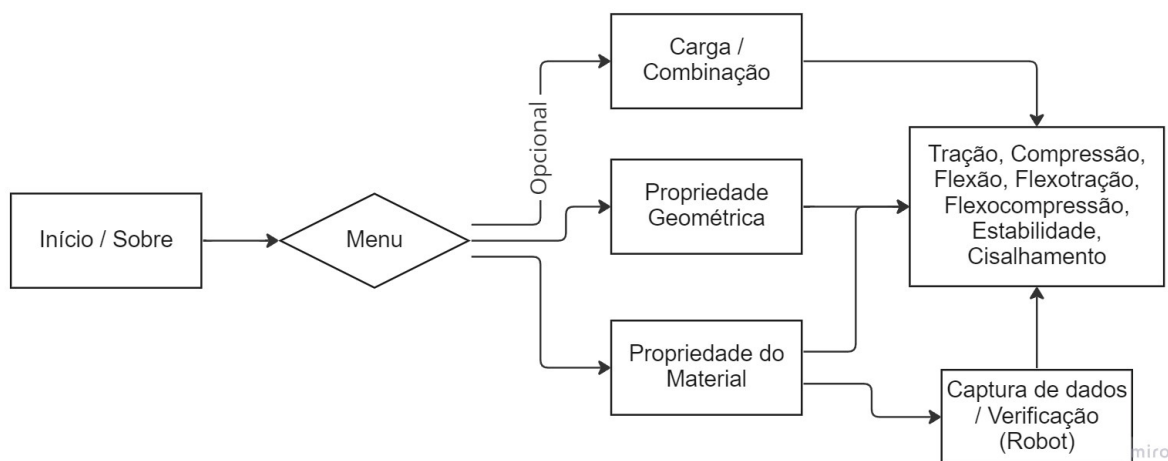


Fonte: Autoria própria (2022)

Para utilizar as calculadoras de verificação ao ELU, primeiramente é necessário definir as propriedades geométricas e as propriedades do material, já que esses dados são necessários durante os cálculos.

Segue abaixo um fluxograma indicando o caminho de navegação do WSA.

Figura 11 – Fluxograma de navegação



Fonte: Autoria própria (2022)

A primeira calculadora é a de “Propriedade geométrica” a qual o usuário define a forma geométrica entre “circular” e “quadrada / retangular”, as dimensões da seção transversal e a condição de apoio na direção x e y com o coeficiente de flambagem e com um botão de ajuda ao lado, com os valores recomendados pela NBR 7190-1:2022, item 6.5.3.

Figura 12 – Interface da Userform “Propriedade Geométrica” (a) Quadrada/Retangular, (b) circular

Propriedade Geométrica (a) Quadrada/Retangular

Dados de entrada

Forma Geométrica: Quadrada / Retangular

Coefficiente K_e para X: 0,8

Coefficiente K_e para Y: 1,2

Comprimento (L): 200 cm

Largura (b): 12 cm

Altura (h): 12 cm

Resultado

A: 144 cm²

I_x: 1728 cm⁴ I_y: 1728 cm⁴

W_x: 288 cm³ W_y: 288 cm³

R_x: 3,46 cm R_y: 3,46 cm

L_{fx}: 160 cm L_{fy}: 240 cm

λ_x : 46,24 λ_y : 69,36

Propriedade Geométrica (b) Circular

Dados de entrada

Forma Geométrica: Circular

Coefficiente K_e para X: 0,8

Coefficiente K_e para Y: 1,2

Comprimento (L): 200 cm

Diâmetro (B): 12 cm

Resultado

A: 113,04 cm²

I_x: 1017,36 cm⁴ I_y: 1017,36 cm⁴

W_x: 169,56 cm³ W_y: 169,56 cm³

R_x: 3 cm R_y: 3 cm

L_{fx}: 160 cm L_{fy}: 240 cm

λ_x : 53,33 λ_y : 80

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 13 – Interface da Userform “Propriedade Geométrica”

Coeficiente K_e

Valores do coeficiente K_e , apresentados na tabela 7 da NBR 7190-1:2022, item 6.5.3 a qual é utilizado no cálculo do comprimento de flambagem.

$L_f = L * K_e$

Modos de flambagem	Diagrama	Valor de projeto para K_E	Descrição
		0,65	Rotação e translação lateral impedidas, translação vertical livre
		0,80	Rotação e translação vertical livres, translação lateral impedida
		1,20	Rotação livre e translações impedidas
		1,00	Rotação impedida e translações livres
		2,10	Rotação e translações livres
		2,40	

Fonte: Autoria própria (2022)

Com esses dados, será calculado área(A), momento de inércia (I), Módulo de resistência (W), Raio de giração (r), comprimento de flambagem (L_f) e o índice de esbeltez (λ). Esses valores serão salvos e usados durante a verificação do estado limite último. depois de escolhido, o usuário deverá clicar no botão “Voltar” para retornar ao “Menu”.

Clicando no botão “Material” no “menu” será aberto a userform “Propriedade do material” a qual o usuário irá escolher a classe e o tipo de madeira dentro da tabela 2 ou 3, com os critérios apresentado na NBR 7190-1:2022, item 5.7 para a definição das propriedades característica de resistência e rigidez da madeira.

Figura 14 – Interface da Userform “Propriedade do material”

Fonte: Autoria própria (2022)

Para o cálculo do K_{mod} , o usuário deverá definir a classe de umidade e classe de carregamento e o tipo do produto. Além de definir a inclinação das fibras (α) para o uso da fórmula de Hankinson e coeficiente α_n para o cálculo da resistência à compressão normal às fibras com valor de projeto ($F_{c90,d}$). Após definido esses dados será possível calcular as propriedades da madeira com valor de cálculo e esses valores serão salvos para usar na userform “Robot” e nas calculadoras de verificação do ELU.

Na userform “Propriedade do material” existe dois botões de ajuda, o primeiro ao lado da classe de umidade, que trará valores de referência para a classificação das classes de umidade e de carregamento.

Figura 15 – Interface da Userform “Classe de umidade e de carregamento”

Classe de umidade e de carregamento

A NBR 7190-1:2022, item 5.5 estabelece classes de umidade com objetivo de ajustar as propriedades de resistência e de rigidez da madeira a umidade do ambiente.

Classes de umidade	Umidade relativa do ambiente U_{amb}	Umidade de equilíbrio máxima da madeira U_{eq}
1	$U_{amb} \leq 65 \%$	12 %
2	$65 \% < U_{amb} \leq 75 \%$	15 %
3	$75 \% < U_{amb} \leq 85 \%$	18 %
4	$U_{amb} > 85 \%$ durante longos períodos	$\geq 25 \%$

A NBR 7190-1:2022, item 5.8.4.1 a classe de carregamento de determinada combinação de ações é definida pela duração acumulada prevista para a ação variável tomada como a ação variável principal nessa combinação.

Classes de carregamento	Ação variável principal da combinação	
	Duração acumulada	Ordem de grandeza da duração acumulada da ação característica
Permanente	Permanente	Mais de dez anos
Longa duração	Longa duração	Seis meses a dez anos
Média duração	Média duração	Uma semana a seis meses
Curta duração	Curta duração	Menos de uma semana
Instantânea	Instantânea	Muito curta

Fonte: Autoria própria (2022)

O segundo botão contém a tabela com relação entre o coeficiente α_n e a extensão (a') do carregamento perpendicular às fibras.

Figura 16 – Interface da Userform “Valores de α_n ”

Valores de α_n

Segundo a NBR 7190-1:2022, item 6.2.4 os esforços resistentes correspondentes à compressão perpendicular às fibras são determinados com a hipótese de comportamento elastoplástico da madeira, devendo considerar a extensão (a') do carregamento, medida paralelamente à direção das fibras.

Extensão (a') do carregamento perpendicular às fibras, medida paralelamente a estas cm	Coefficiente α_n
1	2,00
2	1,70
3	1,55
4	1,40
5	1,30
7,5	1,15
10	1,10
15	1,00

Se a força estiver aplicada a menos de 7,5 cm da extremidade da peça ou $a' \geq 15$ cm, admite-se $\alpha_n=1$.
Para casos que não estiverem na tabela, deve-se fazer uma interpolação linear.

Fonte: Autoria própria (2022)

A userform “Carga e Combinação” trabalha de forma conjunta com outras calculadoras, porém ela é opcional, já que dentro de outras abas do WSA possui a opção de digitar os valores dos esforços de forma manual.

Essa aba tem como objetivo a montagem de combinações sendo possível escolher o tipo de combinação última, entre :normais, especiais ou de construção e excepcionais, após definir o tipo de combinação o usuário deverá informar os valores de esforço e o determinado grupo a qual o esforço pertence, classificar o grupo “sobrecarga” na tabela 6 - carga acidentais em edifícios da NBR 8681:2003, além de marcar quais grupos de carga inclui ou não inclui nas combinações.

Figura 17 – Interface da Userform “Carga e Combinação”

Tabela de Carga

Descrição	N	Mx	My	Vx	Vy
PP - Peso Próprio:	1	1	2	1	2
P - Permanente	4	1	5	3	1
Q - Sobrecarga:	0	3	2	2	0
☐ Não Incluir					
☒ (Q1) Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos fixos nem de elevadas concentrações de pessoas ☐ (Q2) Locais onde há predominância de pesos de equipamentos fixos, ou de elevadas concentrações de pessoas ☐ (Q3) Bibliotecas, arquivos, oficinas e garagens					
V1 - Vento de Sobrepressão:	2	3	4	5	6
V2 - Vento de Sucção:	0	0	0	0	5
☐ Não Incluir					
☒ Não Incluir					

Resultado das Combinações do Estado Limite Último

Combinação últimas: **Comb Última normais**

	Max	Comb	Mín	Comb
N	9,8	5	5	4
Mx	9,52	1	6,2	4
My	16,8	5	9,8	4
Vx	14	5	6,8	4
Vy	12,6	5	3	4

Legenda
 N - Esforço Normal - KN - Tração(+), Compressão (-)
 M - Momento Fletor - KN.m
 V - Esforço Cortante - KN

Listar Combinações

Fonte: Autoria própria (2022)

Depois de tudo inserido e configurado, basta apertar no botão “listar combinações” que serão montadas as combinações e filtradas apresentando os valores máximo e mínimos de cada esforço e o número da combinação que alcançou tal valor.

Clicando no botão “Ponderadores” será aberto uma userform com os coeficientes de ponderação que serão usados na montagem das combinações tanto favoráveis quanto desfavoráveis, além de uma caixa de seleção escrito “Favorável” para incluir combinações com ponderadores favoráveis e desfavoráveis para grupo específico e a opção de seguir uma recomendação da norma, de considerar uma redução 25% de carga de curta duração.

Figura 18 – Interface da Userform “Ponderadores de combinação”

WoodStructure Academy **UFERSA**
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Departamento de Engenharia Agrícola

Tabela de Carga

yg:	D	F	
PP - Peso Próprio:	1,3	1	☒ Favorável
P - Permanente	1,3	1	☒ Favorável
Q - Sobrecarga:	1,4	1	☐ Favorável
V1 - Vento de Sobrepressão:	1,4	1	☐ Favorável ☐ CTDC
V2 - Vento de Sucção:	1,4	1	☐ Favorável ☐ CTDC

Carga com tempo de duração curta - A NBR 7190-1, item 6.1 permite considerar os carregamentos como sendo de longa duração. Nesse caso, as ações consideradas como principais na combinação e que tenham um tempo de atuação muito reduzido (vento ou a parcela das cargas móveis devida ao impacto) devem ser multiplicadas por 0,75

Os valores de ponderadores para as combinação últimas, estão presente na NBR 7190-1:2022 e NBR 8181:2003

Valores recomendados - PP - Valores recomendados da NBR7190-1:2022
P - Valores de peso próprio de pré- moldados NBR 8681:2003
Q,V1,V2 - Valores da tabela 5 da NBR 8681:2003 para ações consideras em conjunto.

Valores Recomendados

Fonte: Autoria própria (2022)

Clicando no botão “Redutores” será aberto uma userform com os valores de redução presente na tabela 6 da NBR 8681:2003, porém fica a critério do usuário os valores a serem usados.

Figura 19 – Interface da Userform “Redutores de combinação”

WoodStructure Academy **UFERSA**
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Departamento de Engenharia Agrícola

Frame1

	ψ0	ψ1	ψ2
Q1 - Sobrecarga:	0,5	0,4	0,3
Q2 - Sobrecarga:	0,7	0,6	0,4
Q3 - Sobrecarga:	0,8	0,7	0,6
V1 - Vento de Sobrepressão:	0,6	0,3	0
V2 - Vento de Sucção:	0,6	0,3	0

Os valores de ponderadores para as combinação últimas, estão presente na NBR 7190-1:2022 e NBR 8181:2003.

Q,V1,V2 - Valores da tabela 6 da NBR 8681:2003 para fatores de combinação e de redução para ações variáveis.

Valores Recomendados

Fonte: Autoria própria (2022)

Tanta aba “Redutores” como “Ponderadores” possui um botão “Valores recomendados” para voltar para os valores padrão, caso tenha alterado e queira retornar.

A primeira calculadora de ELU é a userform “Dimensionamento ao esforço de tração e flexotração” a qual tem o objetivo de verificar peças tanto ao esforço de tração quanto ao esforço de flexotração.

Ao iniciar a calculadora, será carregado dados processados anteriormente como forma geométrica, área da seção transversal, módulo de resistência, resistência ao esforço de tração e flexão com valores de cálculo e os esforços solicitantes produto das combinações.

Nessa aba será necessário apenas que o usuário defina a área do furo, para o cálculo da área líquida, caso o usuário deixe esse valor vazio, será calculo a área do furo como 30% da área bruta, apenas como uma forma de pré-dimensionamento.

Uma função bastante interessante e que compõe todas calculadoras, é a do quadro “Esforço” nela o usuário possui a liberdade de escolher entre a combinação máxima, mínima, combinações produzida na userform “Carga e Combinação” de forma isolada ou mesmo inserir valores de forma manual, clicando no quadro de seleção “Inserir Valores” e os digitando no espaço N,Mx,My,Vx e Vy.

Ao escolher a combinação máxima ou mínima, será testado todos os valores e ao lado do resultado da verificação, sugira o número da combinação que alcançou tal valor.

Figura 20 – Interface da Userform “Dimensionamento ao esforço de tração e flexotração”

Fonte: Autoria própria (2022)

A segunda calculadora de ELU é a userform “Dimensionamento ao esforço de compressão e flexocompressão” a qual tem o objetivo de verificar a peças tanto ao esforço de compressão, flexocompressão e verificação de estabilidade.

A segunda calculadora de ELU é a userform “Dimensionamento ao esforço de compressão e flexocompressão” a qual tem o objetivo de verificar a peça tanto ao esforço de compressão, flexocompressão e verificação de estabilidade.

Ao iniciar a calculadora, será carregado dados processados anteriormente como forma geométrica, área da seção transversal, módulo de resistência, índice de esbeltez, resistência ao esforço de compressão, flexão e o $E_{0,05}$ a quais serão utilizados para o cálculo dos índice de esbeltez relativo, coeficientes de estabilidade (K_x, K_y, K_{cx} e K_{cy}) e das verificações.

Nessa aba o usuário deverá definir apenas o tipo de produto, entre “madeira maciça”, “peças roliças”, “MLC”, “MLCC” e “LVL”, para se obter o coeficiente β_c .

Figura 21 – Interface da Userform “Dimensionamento ao esforço de compressão e flexocompressão”

Fonte: Autoria própria (2022)

Os valores utilizados de resistência à compressão e a tração, são os valores reduzidos, pela a fórmula de Hankinson

A terceira calculadora de ELU é a userform “Dimensionamento ao esforço de flexão”, a qual tem o objetivo de verificar a peça ao esforço de flexão simples reta e a flexão simples oblíqua.

Ao iniciar a calculadora, será carregado dados processados anteriormente como forma geométrica, dimensões, área da seção transversal, módulo de resistência, resistência a flexão e os esforços gerados pela combinação.

Figura 22 – Interface da Userform “Dimensionamento ao esforço de flexão”

Dimensionamento ao esforço de flexão

WoodStructure Academy **UFERSA**
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Departamento de Engenharia Agrícola

Seção Transversal

Forma Geométrica:

Largura (b) cm²

Altura (h) cm²

Área (A) cm²

Wx: cm³

Wy: cm³

Material

Resistência a Flexão : MPa

Esforço

Combinação:

☐ Inserir Valores

Mx kN.cm

My: kN.cm

Resultados

Verificação à flexão oblíqua:

Calcular

Fonte: Autoria própria (2022)

A Quarta calculadora de ELU é a userform “Dimensionamento ao esforço de cisalhamento”, a qual tem o objetivo de verificar a peça ao esforço de cisalhamento.

Ao iniciar a calculadora, será carregado dados processados anteriormente como forma geométrica, dimensões, área da seção transversal, módulo de resistência e resistência ao cisalhamento e os esforços gerados pela combinação.

Dentro da calculadora ainda possuem outras funções como redução de esforço cortante para vigas que tem carga concentrada ou distribuída próximo ao apoio e verificação de peças com variação de seção ao esforço de cisalhamento em y.

Figura 23 – Interface da Userform “Dimensionamento ao esforço de cisalhamento”

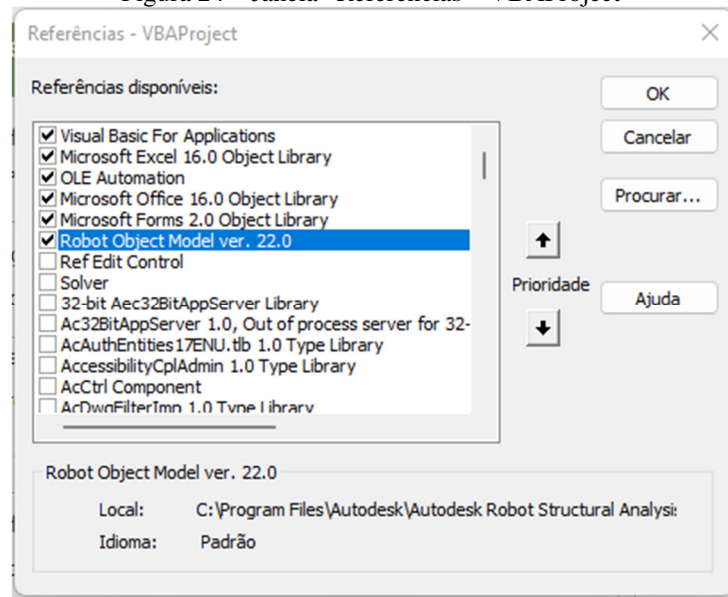
Fonte: Autoria própria (2022)

4.2. Conexão ROBOT - WSA

A última userform é a de conexão entre o Autodesk Robot Structural Analysis e o WSA, a qual traz uma iniciativa de forma simplificada da criação de um software que possa atuar de forma conjunta com um modelo de uma estrutura de madeira modelada dentro do Autodesk Robot Structural Analysis utilizando o Results Connect e ROBOT API.

Primeiramente para que ela funcione, o usuário deverá ter o plugin Results connect instalado e ter a biblioteca “Robot Object Model ver. xx.x” ativado dentro do VBA, para ativar a biblioteca basta abrir o Visual Basic, clicar na guia “Ferramentas” depois na opção “Referências” e selecionar a biblioteca.

Figura 24 – Janela “Referências – VBAProject”



Fonte: Autoria Própria (2022) / Adaptação do Visual Basic for Applications (2022)

A userform inicia com os dados do material que foram definidos na userform “Propriedade do material” e são representados pela classe de resistência que no exemplo é “D18” e que podem ser modificadas clicando no botão “Material”.

Figura 25 - Interface userform “Conexão Robot - WSA

Fonte: Autoria Própria (2022)

O usuário deverá clicar no botão “Coletar”, já com o modelo aberto para ser coletados os dados da barra como número da barra, seção, geometria (Largura, Altura, Comprimento, área e momento de inércia na direção y e z), após a coleta o usuário deverá preencher as colunas de forma geométrica, área de furo, coeficiente K_e da direção y e z para que a calculadora possa funcionar de forma correta.

Figura 26 - Planilha “Conexão Robot – WSA” com dados da seção coletados.

Arquivo

Página Inicial

Inserir

Desenhar

Layout da Página

Fórmulas

Dados

Revisão

Exibir

Resultats Connect

Ajudar

Desenvolvedor

Diga-me o que você deseja fazer

Gravar Macro

Usar Referências Relativas

Segurança de Macro

Suplementos de Layout da Página

Suplementos de Excel

Suplementos COM

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

Visual Basic

Suplementos

Inserir

Modo de Design

Propriedades

Exibir Código

Executar Caixa de Diálogo

Código-fonte

Propriedades do Mapa

Pacotes de Expansão

Atualizar Dados

Importar

Exportar

</

Fonte: Autoria Própria (2022)

Depois de tudo preenchido, basta clicar no botão “Calcular” para que o WSA com auxílio do Results Connect colete os valores máximo e mínimo dos resultados das barras (F_x , F_y , F_z , M_y e M_z) para cada barra e caso e faça o cálculo das propriedades geométrica restante como (módulo de resistência, raio de giração, índice de esbeltez), índice de esbeltez relativa, coeficientes de estabilidade e verifique cada barra à tração, compressão, flexão, flexotração, flexocompressão, estabilidade e cisalhamento. Dependendo do número de barras e casos poderá demorar alguns minutos.

Figura 27 – Planilha “Conexão Robot – WSA” com os cálculos da seção e dos coeficientes de estabilidade.

Arquivo

Página Inicial

Inserir

Desenhar

Layout da Página

Fórmulas

Dados

Revisão

Exibir

Results Connect

Ajuda

Desenvolvedor

Liga-me o que você deseja fazer

Assistente de Fórmula

Robot Structural Analysis

Todos

Forças da barra - valores

Inserir a fórmula selecionada

Modificar fórmula

Calcular como

Calcular a seleção

Unidades

Ajuda

Sobre

Definição da fórmula

Sobre

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1																												
2		Nome do Projeto:		Estrutura																								
3		Nº de barras:		153																								
4																												
5		Descrição		Seção														Estabilidade										
6		Nº Barra	Nome da Seção	Forma Geométrica	B (cm)	H (cm)	L (cm)	A (cm²)	Iy (cm⁴)	Iz (cm⁴)	Wy (cm³)	Wz (cm³)	Ry (cm)	Rz (cm)	Key	Kez	L0y (cm)	L0z (cm)	λy	λz	Afuro (cm²)	Aliquida (cm²)	Krel,y	Krel,z	Ky	Kz	Kcy	Kcz
7		1	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	107,7	72,00	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	107,7	107,7	31,13	62,26	21,6	50,4	0,53158	1,06316	0,664	1,141	0,942	0,643
8		2	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	128,1	72,00	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	128,1	128,1	37,01	74,02	21,6	50,4	0,63199	1,26397	0,733	1,395	0,906	0,504
9		3	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	107,7	72,00	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	107,7	107,7	31,13	62,26	21,6	50,4	0,53158	1,06316	0,664	1,141	0,942	0,643
10		4	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	100	72,00	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	100	100	28,9	57,8	21,6	50,4	0,4935	0,987	0,641	1,056	0,952	0,699
11		5	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	100	72,00	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	100	100	28,9	57,8	21,6	50,4	0,4935	0,987	0,641	1,056	0,952	0,699
12		6	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	100	72,00	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	100	100	28,9	57,8	21,6	50,4	0,4935	0,987	0,641	1,056	0,952	0,699
13		7	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	100	72,00	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	100	100	28,9	57,8	21,6	50,4	0,4935	0,987	0,641	1,056	0,952	0,699
14		8	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	100	72,00	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	100	100	28,9	57,8	21,6	50,4	0,4935	0,987	0,641	1,056	0,952	0,699
15		9	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	100	72,00	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	100	100	28,9	57,8	21,6	50,4	0,4935	0,987	0,641	1,056	0,952	0,699
16		10	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	107,7	72	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	107,7	107,7	31,13	62,26	21,6	50,4	0,53158	1,06316	0,664	1,141	0,942	0,643
17		11	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	107,7	72	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	107,7	107,7	31,13	62,26	21,6	50,4	0,53158	1,06316	0,664	1,141	0,942	0,643
18		12	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	107,7	72	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	107,7	107,7	31,13	62,26	21,6	50,4	0,53158	1,06316	0,664	1,141	0,942	0,643
19		13	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	107,7	72	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	107,7	107,7	31,13	62,26	21,6	50,4	0,53158	1,06316	0,664	1,141	0,942	0,643
20		14	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	107,7	72	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	107,7	107,7	31,13	62,26	21,6	50,4	0,53158	1,06316	0,664	1,141	0,942	0,643
21		15	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	107,7	72	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	107,7	107,7	31,13	62,26	21,6	50,4	0,53158	1,06316	0,664	1,141	0,942	0,643
22		16	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	128,1	72	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	128,1	128,1	37,01	74,02	21,6	50,4	0,63199	1,26397	0,733	1,395	0,906	0,504
23		17	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	40	72	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	40	40	11,56	23,12	21,6	50,4	0,1974	0,3948	0,509	0,587	1,022	0,979
24		18	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	80	72	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	80	80	23,12	46,24	21,6	50,4	0,3948	0,7896	0,587	0,861	0,979	0,83
25		19	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	120	72	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	120	120	34,68	69,36	21,6	50,4	0,5922	1,1844	0,705	1,29	0,92	0,555
26		20	Linha 6x12	Trada/Retan	6	12	80	72	864	216	144	72	3,46	1,73	1	1	80	80	23,12	46,24	21,6	50,4	0,3948	0,7896	0,587	0,861	0,979	0,83

Bd

Imagens

Conexão Robot - WSA

Fluxograma

Planilha1

Acessibilidade: investigar

85%

Fonte: Autoria Própria (2022)

Após o cálculo, o usuário terá duas formas de ver os resultados, o primeiro por meio da userform “Conexão Robot – WSA” em que o usuário pode escolher uma barra e uma combinação específica para ser analisada. Se o valor for menor ou igual a 1, então “OK!” para ELU, caso contrário “NÃO OK!”

Figura 28 – Interface do “Conexão Robot – WSA” com os resultados.

Conexão Robot - WSA

WoodStructure Academy | UFERSA | Universidade Federal Rural do Semi-Árido | Departamento de Engenharia Agrícolas

Esforço
Nº da Barra: 6

Seção
Nome: Linha 6x12

Material
Produto: Madeira Maciça serrada
Classe: C14

Esforço
Combinação: 6 COMB1

Verificação

Verificação a Tração :	0,45	OK!
Verificação a Compressão :	0	OK!
Verificação a Flexão :	0,08	OK!
Verificação a Flexotração :	0,53	OK!
Verificação a Flexocompressão :	0	OK!
Verificação de Estabilidade em y:	0,08	OK!
Verificação de Estabilidade em z:	0,09	OK!
Verificação a Cisalhamento em y :	0	OK!
Verificação a Cisalhamento em z:	0,01	OK!

Resultados de Esforço:

Nmax:	-14,24	KN
Nmin:	-14,24	KN
Vy:	5,6651	KN
Vz:	3,6348	KN
My:	18,472	KN.m
Mz:	62,994	KN.m

Fonte: Autoria Própria (2022)

Fechando a userform e analisando os resultados dentro da planilha “Conexão Robot - WSA”, onde terá resultados de todas barras e casos de uma vez. As verificações que superarem o valor de 1, terá seu preenchimento alterado para cor vermelha.

Figura 29 – Planilha “Conexão Robot – WSA” com os resultados.

Arquivo

Página Inicial

Inserir

Desenhar

Layout da Página

Fórmulas

Dados

Revisão

Exibir

Results Connect

Ajuda

Desenvolvedor

Diga-me o que você deseja fazer

Assistente de Fórmula

Robot Structural Analysis

Todos

Forças da barra - valores

Inserir a fórmula selecionada

Modificar fórmula

Calcular como

Calcular a seleção

Ferramentas

Unidades

Ajuda

Sobre

Definição da fórmula

Sobre

AN7

AC

AD

AE

AF

AG

AH

AI

AJ

AK

AL

AM

AN

AO

AP

AQ

AR

AS

AT

AU

AV

AW

AX

Nº Barra	Caso	Esforço								Resultado										
		N (kN)		Vx (kN)		My (kN.m)		Mz (kN.m)		Tração	Compressão	Flexão	Flexotrção	Flexocompressão	Estabilidade em y	Estabilidade em z	Cisalhamento em y	Cisalhamento em z		
1	1	0,3618	0,3434	-0,0005	-0,0005	0,0230	-0,0230	0,0062	0,0000	0,00039	-0,0002	0	0,01	0	0	0	0,01	0,01	0	0
1	2	2,9757	2,9757	-0,0063	-0,0063	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00253	-0,0042	0	0,05	0,01	0	0,01	0,06	0,09	0	0
1	3	1,0706	1,0706	-0,0020	-0,0020	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00118	-0,0010	0	0,02	0	0	0	0,02	0,03	0	0
1	4	-1,5177	-1,5177	0,0030	0,0030	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00158	-0,0016	0,05	0	0	0,05	0	0,02	0,03	0	0
1	5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00000	0,0000	0,05	0	0	0,05	0	0,02	0,03	0	0
1	6	6,1714	6,1456	-0,0123	-0,0123	0,0322	-0,0322	0,0087	0,0000	0,00573	-0,0076	0	0,11	0,01	0	0,02	0,12	0,18	0	0,01
1	7	1,2128	1,1944	-0,0026	-0,0026	0,0230	-0,0230	0,0062	0,0000	0,00061	-0,0022	0	0,02	0	0	0	0,03	0,04	0	0
1	8	3,3375	3,3191	-0,0068	-0,0068	0,0230	-0,0230	0,0062	0,0000	0,00291	-0,0044	0	0,06	0,01	0	0,01	0,07	0,1	0	0
2	1	0,5371	0,5003	-0,0002	-0,0002	0,0230	-0,0230	0,0074	0,0000	-0,00015	-0,0004	0	0,01	0	0	0	0,02	0,02	0	0
2	2	3,8964	3,8964	0,0006	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,00563	-0,0064	0	0,07	0,01	0	0,01	0,08	0,14	0	0
2	3	1,4009	1,4009	-0,0004	-0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,00152	-0,0020	0	0,02	0	0	0	0,03	0,05	0	0
2	4	-2,0660	-2,0660	0,0004	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00364	0,0032	0,07	0	0	0,07	0	0,03	0,05	0	0
2	5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00000	0,0000	0,07	0	0	0,07	0	0,03	0,05	0	0
2	6	8,1683	8,1168	0,0001	0,0001	0,0322	-0,0322	0,0103	0,0000	-0,01122	-0,0113	0	0,14	0,01	0	0,03	0,17	0,29	0	0,01
2	7	1,5412	1,5044	0,0009	0,0009	0,0230	-0,0230	0,0074	0,0000	-0,00093	-0,0021	0	0,03	0	0	0,01	0,03	0,06	0	0
2	8	4,4335	4,3968	0,0004	0,0004	0,0230	-0,0230	0,0074	0,0000	-0,00603	-0,0066	0	0,08	0,01	0	0,01	0,09	0,16	0	0
3	1	0,3621	0,3437	0,0002	0,0002	0,0230	-0,0230	0,0062	0,0000	0,00015	-0,0001	0	0,01	0	0	0	0,01	0,01	0	0
3	2	2,9927	2,9927	0,0034	0,0034	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00141	-0,0023	0	0,05	0	0	0,01	0,06	0,08	0	0
3	3	1,0693	1,0693	0,0012	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00075	-0,0005	0	0,02	0	0	0	0,02	0,03	0	0
3	4	-1,5140	-1,5140	-0,0017	-0,0017	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00077	-0,0011	0,05	0	0	0,05	0	0,02	0,03	0	0
3	5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00000	0,0000	0,05	0	0	0,05	0	0,02	0,03	0	0
3	6	6,1938	6,1681	0,0068	0,0068	0,0322	-0,0322	0,0087	0,0000	0,00322	-0,0041	0	0,11	0,01	0	0,02	0,12	0,17	0	0,01
3	7	1,2353	1,2169	0,0012	0,0012	0,0230	-0,0230	0,0062	0,0000	0,00000	-0,0013	0	0,02	0	0	0	0,03	0,04	0	0

Bd

Imagens

Conexão Robot - WSA

Fluxograma

Planilha1

+

-

80%

Pronto

Acessibilidade: investigar

Fonte: Autoria Própria (2022)

5. TESTE DE DESEMPENHO DA FERRAMENTA NA RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS

O teste de desempenho da ferramenta será por meio de comparação entre solução manual e solução por via da ferramenta de exercícios presentes na literatura, sendo um exercício para cada esforço.

5.1. Dimensionamento e verificação de elemento submetido a compressão

Para demonstrar o funcionamento e os resultados das calculadoras “Propriedade Geométrica”, “Propriedade do Material”, “Carga/Combinação” e “Dimensionamento ao esforço de compressão e flexocompressão” será usado o exercício do texto “Notas de Aula de Estruturas de Madeira” do Prof. Francisco A. Romero Gesualdo da Universidade Federal de Uberlândia.

Exercício 1 - “Verificar a barra simplesmente apoiada de comprimento 132 cm, de seção transversal 6x16cm solicitada por cargas de compressão, sendo uma permanente (ação permanente de grande variabilidade) de 24KN, sobrecarga de 13KN e uma carga variável devida ao vento igual a 7KN. Considerar a madeira dicotiledônea da classe C40.” (GESUALDO, 2003, p. 69)

Resolução Obtidos com a resolução manual:

Cálculo das propriedades geométrica:

$$A = 6 * 16 = 96cm^2$$

$$I_x = \frac{6*16^3}{12} = 2048cm^4 ; I_y = \frac{6^3*16}{12} = 288cm^4$$

$$W_x = \frac{6*16^2}{6} = 256cm^3 ; W_y = \frac{6^2*16}{6} = 96cm^3$$

Para barras simplesmente apoiada a NBR 7190-1:2022 recomenda $K_e = 1$

$$L_{fl} = 132 * 1 = 132 cm$$

$$r_x = \sqrt{\frac{2048}{96}} = 4,618cm ; r_y = \sqrt{\frac{288}{96}} = 1,732cm$$

$$\lambda_x = \frac{132}{4,618} = 28,58 ; \lambda_y = \frac{132}{1,732} = 76,21$$

Cálculo das propriedades do material:

Madeira Dicotiledônea com classe C40, na tabela 2 da NBR 7190-1:2022 apresenta valores de:

$$F_{c0k} = 40MPa ; E_{co,med} = 14500 MPa$$

A questão não especifica o tipo do produto da madeira, classe de umidade e classe de carregamento, então será adotado o caso mais comum: Madeira Serrada, Classe 2 de umidade e Longa duração.

$$K_{mod} = 0,7 * 0,9 = 0,63$$

$$F_{cod} = \frac{40 * 0,63}{1,4} = 18 \text{ MPa} ; E_{0,05} = 0,7 * 14500 = 10150 \text{ MPa}$$

Combinações:

A questão não especifica a finalidade da edificação, será adotado “Bibliotecas, arquivos, depósitos, oficinas e garagem”.

Para as combinações, seguindo os valores presente na NBR 8681:2003 para combinação últimas normais:

Ponderador: $\gamma_g = 1,4$ e $\gamma_q = 1,4$, Tabela 2 e 5 para ações consideradas conjuntamente.

Minorador: $\psi_0 = 0,6$ para vento e $\psi_0 = 0,8$ para sobrecarga.

$$N_d = 1,4 * (24 + 0,75 * 7 + 0,8 * 13) = 55,51 \text{ KN} , \text{ Vento como ação principal}$$

$$N_d = 1,4 * (24 + 13 + 0,6 * 7) = 57,68 \text{ KN} , \text{ Sobrecarga como ação principal}$$

Verificação ao esforço de compressão:

$$\sigma_{cd} = \frac{57,68}{96} = 0,6 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} = 6 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cd}}{F_{cod}} = \frac{6}{18} = 0,33 < 1 \text{ (OK!)}$$

Índice de esbeltez relativo:

$$\lambda_{rel,x} = \frac{28,58}{3,14} * \sqrt{\frac{40}{10150}} = 0,5713 ; \lambda_{rel,y} = \frac{76,21}{3,14} * \sqrt{\frac{40}{10150}} = 1,523$$

Para índice de esbeltez relativo acima de 0,3 é necessário verificar a estabilidade:

Coeficiente de estabilidade:

Para peças de madeira serrada, o coeficiente β_c é 0,2.

$$K_x = 0,5 * [1 + 0,2 * ((0,5713 - 0,3) + (0,5713^2))] = 0,69$$

$$K_y = 0,5 * [1 + 0,2 * ((1,523 - 0,3) + (1,523^2))] = 1,782$$

$$K_{cx} = \frac{1}{0,69 + \sqrt{(0,69^2 - 0,5713^2)}} = 0,9285 ; K_{cy} = \frac{1}{1,782 + \sqrt{(1,782^2 - 1,523^2)}} = 0,3693$$

Verificação de estabilidade:

$$\text{Em x: } \frac{6}{0,9285 * 18} = 0,359 < 1 \text{ (OK!)}$$

$$\text{Em y: } \frac{6}{0,3693 * 18} = 0,9 < 1 \text{ (OK!)}$$

Resolução Obtidos com a resolução via ferramenta WSA:

Figura 30 – Resultados da propriedade geométrica da Q1.

Propriedade Geométrica

WoodStructure Academy **UFERSA**
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Departamento de Engenharia Angicos

Dados de entrada

Forma Geométrica: Quadrada / Retangular

Coeficiente K_e para X: 1 ?

Coeficiente K_e para Y: 1

Comprimento (L): 132 cm

Largura (b): 6 cm

Altura (h): 16 cm

Resultado

A: 96 cm²

Ix: 2048 cm⁴ Iy: 288 cm⁴

Wx: 256 cm³ Wy: 96 cm³

rx: 4,62 cm ry: 1,73 cm

Lfx: 132 cm Lfy: 132 cm

λ_x : 28,57 λ_y : 76,3

Calcular

Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 31 - Resultados da propriedade do material da Q1.

Propriedade do material

WoodStructure Academy **UFERSA**
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Departamento de Engenharia Agrícola

Dados de entrada

Número da tabela: Tabela 2

Madeira: Folhosas

Classe: D40

Tipo de produto: Roliça, MLC, MLCC e LVL

Classe de umidade: 2

Classe de carregamento: Longa duração

Inclinação (α): 0

α : 1

Kmod

Kmod1: 0,7 Kmod: 0,63

Kmod2: 0,9

Propriedade característica da madeira (k)

Ft,0: 40 MPa Ft,90: 2,4 MPa

Fc,0: 40 MPa Fc,90: 10 MPa

Fv,0: 6 MPa Fb,0: 40 MPa

E0: 14500 MPa E0,05: 10150 MPa

Propriedade de cálculo da madeira (d)

Ft,0: 18 MPa Ft,90: 1,51 MPa

Fc,0: 18 MPa Fc,90: 4,5 MPa

Fv,0: 2,1 MPa Fb,0: 18 MPa

E0,ef: 9135 MPa

Propriedade de cálculo inclinada

Ft,0: 18 MPa Ft,0: 18 MPa

Calcular

Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 32 – Inserção dos dados de combinação da Q1.

Carga e Combinação

WoodStructure Academy **UFERSA**
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Departamento de Engenharia Agrícola

Tabela de Carga

Descrição	N	Mx	My	Vx	Vy
PP - Peso Próprio:	0	0	0	0	0
P - Permanente	-24	0	0	0	0
Q - Sobrecarga:	-13	0	0	0	0

☐ (Q1) Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos fixos nem de elevadas concentrações de pessoas

☐ (Q2) Locais onde há predominância de pesos de equipamentos fixos, ou de elevadas concentrações de pessoas

☒ (Q3) Bibliotecas, arquivos, oficinas e garagens

V1 - Vento de Sobrepressão: -7 0 0 0 0 ☐ Não Incluir

V2 - Vento de Sucção: 0 0 0 0 0 ☒ Não Incluir

Resultado das Combinações do Estado Limite Último

Combinação últimas Comb Última normais

	Max	Comb	Mín	Comb
N	-40,95	4	-57,68	1
Mx	0	1	0	1
My	0	1	0	1
Vx	0	1	0	1
Vy	0	1	0	1

Legenda

N - Esforço Normal - KN - Tração(+), Compressão (-)

M - Momento Fletor - KN.m

V - Esforço Cortante - KN

Listar Combinações

Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 33 – Interface da planilha “bd” com os resultados das combinações da Q1.

F	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT
Tabela de Carga														
Descrição	N	MX	MY	VX	VY	Obs	ygd/yqd	ygt/yqf	Favorável	CTDC	NI			
PP	0	0	0	0	0		1,4	1	Não	0	0			
P	-24	0	0	0	0		1,4	1	Não	0	0			
Q	-13	0	0	0	0	Q3	1,4	1	Não	Desativado	Incluir			
V1	-7	0	0	0	0		1,4	1	Não	Ativado	Incluir			
V2	0	0	0	0	0		1,4	1	Não	Ativado	Não Incluir			

Resultado				
Esforço	Max	Comb	Min	Comb
N	-40,95	4	-57,68	1
Mx	0	1	0	1
My	0	1	0	1
Vx	0	1	0	1
Vy	0	1	0	1

Combinação													
Número	Descrição	y _{g1} :	y _{g2} :	y _{q1} :	y _{q2} :	ψ0:	CTDC1	Obs	N	MX	MY	VX	VY
1	1,4PP+ 1,4P+ 1,4Q+ 1,4*0,6*V1	1,4	1,4	1,4	1,4	0,6	Desativado		-57,68	0	0	0	0
2	1,4PP+ 1,4P+ 1,4Q	1,4	1,4	1,4	0	0,8	Desativado		-51,8	0	0	0	0
3	1,4PP+ 1,4P+ 1,4V1+ 1,4*0,8*Q	1,4	1,4	1,4	1,4	0,8	Ativado		-55,51	0	0	0	0
4	1,4PP+ 1,4P+ 1,4V1	1,4	1,4	1,4	0	0,8	Ativado		-40,95	0	0	0	0

Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 34 – Resultado da verificação ao esforço de compressão e estabilidade da Q1.

Dimensionamento ao esforço de compressão e flexocompressão

WoodStructure Academy **UFERSA**
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Departamento de Engenharia Agrícola

Voltar **Limpar** **Geometria** **Material**

Compressão

Forma Geométrica:

Tipo de Produto:

Área (A): cm²

Wx: cm³

Wy: cm³

λ_x :

λ_y :

Material

E0,05: MPa

Resistência a Compressão: MPa

Resistência a Flexão: MPa

Esforço

Combinação: Max tensão de compressão e flexocompressão

☐ Inserir Valores

N: KN

Mx: KN.cm

My: KN.cm

Esbeltez Relativa

$\lambda_{rel,x}$:

$\lambda_{rel,y}$:

Coefficiente de estabilidade

β_c :

Kx:

Ky:

Kcx:

Kcy:

Verificação

	Nº da Comb	
Verificação a Compressão:	1	0,334
Verificação a Flexocompressão:	1	0,111
Verificação de estabilidade em x:	1	0,36
Verificação de estabilidade em y:	1	0,905

Calcular

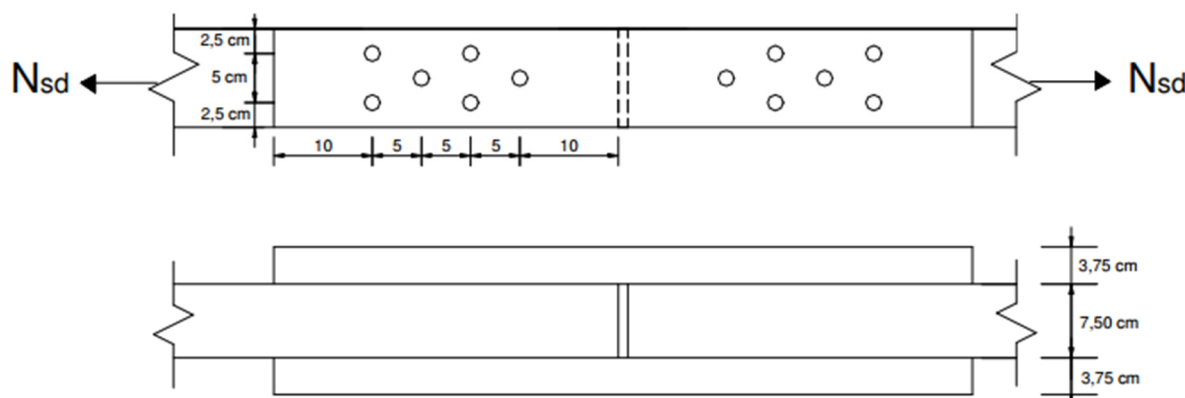
Fonte: Autoria Própria (2022)

5.2. Dimensionamento e verificação de elemento submetido a tração

Para demonstrar o funcionamento e os resultados das calculadoras “Propriedade Geométrica”, “Propriedade do Material” e “Dimensionamento ao esforço de tração e flexotração” será usado o exercício do texto “Estruturas de Madeira” da Prof^a. Angela do Valle [et. al] da Universidade Federal de Santa Catarina

Exemplo 3 – “A linha de uma tesoura está submetida ao esforço solicitante de cálculo $N_{sd} = 50\text{KN}$, considerando uma situação duradoura de projeto, verifique se a seção $7,5\text{cm} \times 10\text{cm}$ atende a este esforço (Figura 37), considerando: Conífera classe C-30; carregamento de longa duração; classe 4 de umidade; peças de 2ª categoria; parafusos de diâmetro $12,5\text{mm}$ com tensão de escoamento $f_y = 250\text{MPa}$.” (VALLE, 2012, p.70)

Figura 35 – Esquema de ligação



Fonte: VALLE (2022)

Resolução Obtidos com a resolução manual:

Cálculo das propriedades geométrica:

$$A = 7,5 * 10 = 75\text{cm}^2$$

Cálculo das propriedades do material:

Madeira Conífera com classe C30, na tabela 3 da NBR 7190-1:2022 apresenta valores de:

$$F_{t0k} = 18\text{MPa} ; F_{b0k} = 30\text{MPa}$$

Adotando valores de K_{mod} para carga de longa duração, madeira maciça serrada e classe 4 de umidade:

$$K_{mod} = 0,7 * 0,7 = 0,49$$

$$F_{t0d} = \frac{18 * 0,49}{1,4} = 6,3\text{MPa} ; F_{b0d} = \frac{30 * 0,49}{1,4} = 10,5\text{MPa}$$

Cálculo da área líquida:

“de acordo com a norma americana NDS, o número de furos para parafusos, a serem descontados depende do espaçamento s . Todos os furos localizados em seções com distância

medida na direção das fibras menor do que $4d$ ($s < 4d$) devem ser considerados como se estivessem na mesma seção.” (PFEIL, 2003, p.87)

$D_{furo} = 12,5 + 1 = 13,5mm$; $S < 4 * 1,35 = 5,4cm$ logo vou considerar o furo como se estivessem na mesma seção.

$$A_n = 75 - 3 * 1,35 * 7,5 = 44,625 \text{ cm}^2$$

Verificação ao esforço de tração:

$$\sigma_{td} = \frac{50}{44,625} = 1,12 \frac{KN}{cm^2} = 11,2MPa$$

$$\frac{\sigma_{td}}{F_{tod}} = \frac{11,2}{6,3} = 1,77 < 1 \text{ (NÃO OK!)}$$

Resolução Obtidos com a resolução via ferramenta WSA:

Figura 36 – Resultados da propriedade geométrica da Q2.

The screenshot shows a software window titled 'Propriedade Geométrica' with logos for 'WoodStructure Academy' and 'UFERSA Universidade Federal Rural do Semi-Árido Departamento de Engenharia Angicos'. It contains two main sections: 'Dados de entrada' (Input Data) and 'Resultado' (Result).

Dados de entrada:

- Forma Geométrica: Quadrada / Retangular
- Coefficiente K_e para X: 1
- Coefficiente K_e para Y: 1
- Comprimento (L): 100 cm
- Largura (b): 7,5 cm
- Altura (h): 10 cm

Resultado:

- A: 75 cm²
- I_x : 625 cm⁴
- I_y : 351,56 cm⁴
- W_x : 125 cm³
- W_y : 93,75 cm³
- r_x : 2,89 cm
- r_y : 2,17 cm
- L_{fx} : 100 cm
- L_{fy} : 100 cm
- λ_x : 34,6
- λ_y : 46,08

Buttons for 'Voltar', 'Limpar', and 'Calcular' are visible.

Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 37 – Resultados da propriedade do material da Q2.

WoodStructure Academy
UFERSA
 Universidade Federal Rural do Semi-Árido
 Departamento de Engenharia Agrícolas

Dados de entrada

Número da tabela: Tabela 3

Madeira: Conífera

Classe: C30

Tipo de produto da madeira: Rolica, MLC, MLCC e LVL

Classe de umidade: 4

Classe de carregamento: Longa duração

Inclinação (α): 0

α : 1

Kmod

Kmod1: 0,7 Kmod: 0,49

Kmod2: 0,7

Propriedade característica da madeira (k)

Ft,0: 18 MPa Ft,90: 0,4 MPa

Fc,0: 23 MPa Fc,90: 2,7 MPa

Fv,0: 4 MPa Fb,0: 30 MPa

E0: 12000 MPa E0,05: 8000 MPa

Propriedade de cálculo da madeira (d)

Ft,0: 6,3 MPa Ft,90: 0,2 MPa

Fc,0: 8,05 MPa Fc,90: 2,01 MPa

Fv,0: 1,09 MPa Fb,0: 10,5 MPa

E0,ef: 5880 MPa

Propriedade de cálculo inclinada

Ft,0: 6,3 MPa Ft,0: 8,05 MPa

Botões: Voltar, Limpar, Calcular

Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 38 – Resultado da verificação ao esforço de tração da Q2.

WoodStructure Academy
UFERSA
 Universidade Federal Rural do Semi-Árido
 Departamento de Engenharia Agrícolas

Geometria

Forma Geométrica: Quadrada / Retangular

Área: 75 cm²

Área do furo: 30,375 cm²

Área líquida: 44,625 cm²

Wx: 125 cm³

Wy: 93,75 cm³

Esforço

Combinação: [dropdown]

☒ Inserir Valores

N: 50 KN

Mx: 0 KN.cm

My: 0 KN.cm

Material

Resistência a Tração (ft,d): 6,3 MPa

Resistência a Flexão: 10,5 MPa

Resultados

Verificação a Tração: 1,78 MPa

Verificação a Flexotração: 1,78 MPa

Observação

Para casos de pré-dimensionamento que não conheça área do furo, o software irá considerar um valor de 30 % da área da seção transversal

Botões: Voltar, Limpar, Geometria, Material, Calcular

Fonte: Autoria Própria (2022)

5.3. Dimensionamento e verificação de elemento submetido a flexão e cisalhamento

Para demonstrar o funcionamento e os resultados das calculadoras “Propriedade Geométrica” para seção circular, “Propriedade do Material”, “Dimensionamento ao esforço de flexão” e “Dimensionamento ao esforço de cisalhamento” será usado o problema do livro “Estruturas de Madeira” de 2003 do Prof. Walter Pfeil e da Prof^a Michèle Pfeil.

Problema 6.11.3 – “Uma viga roliça de madeira de eucalipto (*Eucalyptus citriodora*), com diâmetro $d = 25\text{cm}$ (aproximadamente constante), é empregada como viga bi-apoiada de vão $l = 3\text{m}$, sujeita a uma carga permanente (de pequena variabilidade) uniformemente distribuída $g = 9\text{ KN/m}$ verificar a segurança da viga trabalhando em ambiente de umidade Classe 2.” (PFEIL, 2003, p.123)

Resolução Obtidos com a resolução manual:

Cálculo das propriedades geométrica:

$$A = \frac{3,14 * 25^2}{4} = 490,62\text{cm}^2$$

$$I = \frac{3,14 * 25^4}{64} = 19165\text{cm}^4$$

$$W = \frac{3,14 * 25^3}{32} = 1533,2\text{cm}^3$$

Cálculo das propriedades do material:

A NBR 7190:2022, não cita as características da madeira de eucalipto, para solução da questão será enquadrada a madeira de eucalipto na classe D60 presente na tabela 2 da NBR 7190-1:2022, com base na similaridade dos valores da Tabela E.1 da NBR 7190:1997.

$$F_{b0k} = 60\text{MPa} ; F_{v0k} = 8\text{MPa}$$

Adotando valores de K_{mod} para carga de longa duração, madeira roliça e classe 2 de umidade:

$$K_{mod} = 0,7 * 0,9 = 0,63$$

$$F_{b0d} = \frac{60 * 0,63}{1,4} = 27\text{MPa} ; F_{v0d} = \frac{8 * 0,63}{1,8} = 2,8\text{MPa}$$

Cálculo dos esforços máximos:

Para uma viga bi-apoiada com vão de 3m e $g = 9\text{KN/m}$ pode-se calcular:

$$M_{max} = \frac{9 * 3^2}{8} = 10,125\text{ KN.m} ; M_d = 10,125 * 1,4 = 14,175\text{ KN.m} ; 1417,5\text{KN.cm}$$

$$V_{max} = \frac{9 * 3}{2} = 13,5\text{ MPa} ; V_d = 13,5 * 1,4 = 18,9\text{ KN}$$

Verificação ao esforço de flexão:

$$\sigma_d = \frac{1417,5}{1533,2} = 0,92 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} = 9,2\text{MPa}$$

$$\frac{\sigma_d}{F_{b0d}} = \frac{9,2}{27} = 0,34 < 1 \text{ (OK!)}$$

Verificação ao esforço de cisalhamento:

$$\tau_d = \frac{1,33 * 18,9}{490,62} = 0,051 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} = 0,51\text{MPa}$$

$$\frac{\tau_d}{F_{v0d}} = \frac{0,51}{2,8} = 0,18 < 1 \text{ (OK!)}$$

Resolução Obtidos com a resolução via ferramenta WSA:

Figura 39 - Resultado da propriedade geométrica da Q3.

WoodStucture Academy

UFERSA Universidade Federal Rural do Semi-Árido Departamento de Engenharia Agrícola

Voltar

Limpar

Dados de entrada

Forma Geométrica: Circular

Coefficiente K_e para X: 1 ?

Coefficiente K_e para Y: 1

Comprimento (L): 300 cm

Diâmetro (B): 25 cm

Resultado

A: 490,625 cm²

Ix: 19165,04 cm⁴ Iy: 19165,04 cm⁴

Wx: 1533,2 cm³ Wy: 1533,2 cm³

rx: 6,25 cm ry: 6,25 cm

Lfx: 300 cm Lfy: 300 cm

λ_x : 48 λ_y : 48

Calcular

Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 40 – Resultado da propriedade do material da Q3.

Propriedade do material

WoodStucture Academy

UFERSA Universidade Federal Rural do Semi-Árido Departamento de Engenharia Agrícola

Voltar

Limpar

Dados de entrada

Número da tabela: Tabela 2

Madeira: Folhosas

Classe: D60

Tipo de produto da madeira: Rolica, MLC, MLCC e LVL

Classe de umidade: 2 ?

Classe de carregamento: Longa duração

Inclinação (α): 0

α_n : 1 ?

Kmod

Kmod1: 0,7 Kmod: 0,63

Kmod2: 0,9

Propriedade característica da madeira (k)

Ft,0: 60 MPa Ft,90: 3,6 MPa

Fc,0: 60 MPa Fc,90: 15 MPa

Fv,0: 8 MPa Fb,0: 60 MPa

E0: 19500 MPa E0,05: 13650 MPa

Propriedade de cálculo da madeira (d)

Ft,0: 27 MPa Ft,90: 2,27 MPa

Fc,0: 27 MPa Fc,90: 6,75 MPa

Fv,0: 2,8 MPa Fb,0: 27 MPa

E0,ef: 12285 MPa

Propriedade de cálculo inclinada

Ft,0: 27 MPa Ft,0: 27 MPa

Calcular

Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 41 – Resultado da verificação ao esforço de flexão da Q3.

Dimensionamento ao esforço de flexão

WoodStructure Academy **UFERSA**
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Departamento de Engenharia Agrícola

Seção Transversal

Forma Geométrica: Circular

Largura (b): 25 cm²

Área (A): 490,62 cm²

Wx: 1533,2 cm³

Wy: 1533,2 cm³

Material

Resistência a Flexão: 27 MPa

Esforço

Combinação: Manual

☒ Inserir Valores

Mx: 0 kN.cm

My: 1417,5 kN.cm

Resultados

Tensão solicitante flexão: 0,34

Calcular

Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 42 – Resultado da verificação ao esforço de cisalhamento da Q3.

Dimensionamento ao esforço de cisalhamento

WoodStructure Academy **UFERSA**
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Departamento de Engenharia Agrícola

Seção Transversal

Forma Geométrica: Circular

Largura (b): 25 cm²

Área (A): 490,62 cm²

Material

Resistência ao Cisalhamento: 2,8 MPa

Esforço

Combinação: Manual

☒ Inserir Valores

Vx: 0 kN

Vy: 18,9 kN

Redução do Vd para cargas próxima ao apoio

☐ Redução

Distância entre o eixo do apoio e o centro da carga: 5 cm

Vigas entalhadas de Seção retangular

Altura da seção mais fraca (h1): 25 cm

h1/h: 1 cm

Resultados

Verificação ao Cisalhamento em x: 0

Verificação ao Cisalhamento em y: 0,18

Calcular

Fonte: Autoria Própria (2022)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que a ferramenta desenvolvida neste trabalho, atende as expectativas ao possibilitar o dimensionamento e verificação de peças de madeira com seção retangular ou circular aos esforços de tração, compressão, flexão, flexotração, flexocompressão, cisalhamento e estabilidade de acordo com as condições de segurança presente norma vigente NBR 7190:2022, além disso foram criadas outras 3 calculadoras que trabalham de forma conjunta as de verificação, que possui a função de calcular as propriedades geométricas de uma seção, calcular as propriedades de resistência e rigidez da madeira conforme a NBR 7190-1:2022 e da criação de combinações conforme prescrições da NBR 8681:2003.

Ao comparar com resultados obtidos de forma manual, pôde-se concluir que a ferramenta WSA é confiável ao entregar valores iguais e que não há erros de programação.

assim pode-se afirmar que ferramenta produzida é útil tanto a estudantes de graduação, professores da disciplina Estrutura de madeira e a profissionais que buscam por ferramentas que possam automatizar algumas das fases de projeto.

A Conexão Robot – WSA consegue cumprir com a função de coletar os dados das barras, porém não totalmente, ficando faltando dados como forma geométrica e os coeficientes K_e , que em projetos reais pode custar tempo considerável, além de dados como área do furo. Quando se trata de verificações, a macro não estar pronta para levar em conta entalhes, esforços cortantes reduzidos ou mesmo dois tipos de madeira ao mesmo tempo e com um custo de processamento um pouco acima do esperado. Porém, tirando o esforço cortante, a função de Conexão Robot – WSA consegue entregar com qualidade os resultados dos demais esforços a qual se propõe verificar.

O uso do Visual Basic for Application (VBA) do Excel neste trabalho foi satisfatório, pois possibilitou a criação de interfaces práticas e dinâmicas, com destaque para userform “Carga e combinações” que sem o uso de linguagem de programação seria inviável a criação com nível de complexibilidade que se alcançou. a qual não fica restrita apenas a estrutura de madeira, podendo ser calibrada para estruturas de concreto armado, metálica, etc.

Como sugestão para trabalhos futuros, o desenvolvimento de outras calculadoras a qual não foram abordadas neste trabalho, como o dimensionamento de ligações de estrutura de madeira, contraventamento, estabilidade lateral de vigas, inclusão de perfis compostos do tipo T, I, Caixão.

Durante minhas buscas senti a necessidade de trabalhos a qual explore o ROBOT API, uma ferramenta poderosíssima, mas muito pouco explorado no Brasil.

REFERÊNCIAS

- AUTODESK. **Results Connect**. 2022 Disponível em: Autodesk App Store | Results Connect. Acesso em 21 de mar. de 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de Estruturas de Madeira. Rio de Janeiro, p. 107.1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190-1**: Projeto de Estruturas de Madeira, Parte 1: critérios de dimensionamento. Rio de Janeiro, p. 107.1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, p. 22.2003.
- BRANCHIER, H. **Contribuições dos softwares na aprendizagem de análise e cálculo de elementos estruturais**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2017.
- CALIL JR., C.;LAHR,F.A.R;DIAS,A.A. **Dimensionamento de elementos estruturais de madeira**. Barueri,SP: Manole,2003 .152p
- CALIL JR., C. et al. **Estruturas de madeira : projetos, dimensionamento e exemplos de cálculos**. 1. ed. Rio de Janeiro : Elsevier, 2019
- CORREIA, Emanuel André Soares. **Análise e Dimensionamento de Estruturas de Madeira**. 2009. Tese (Mestrado em Estrutura) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal , 2009.
- GESUALDO, F. A. R. **Estruturas de Madeira - Notas de Aula**. Urberlândia, p. 224, 2003.
- KIMURA, ALIO. **Informática aplicada a estruturas de concreto armado**. 2ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.
- PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Madeira**. 6ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.
- VALLE. ÂNGELA. et al. **Estruturas de madeira**. Florianópolis, p.187, 2012.
- O que é e como usar VBA no Excel?.**TechTudo**, 2016. Disponível em:<
<https://www.techtudo.com.br/noticias/2016/03/o-que-e-e-como-usar-vba-no-excel.ghhtml>>.
 Acesso em:20 de mar. de 2022.

APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DO WSA

MÓDULO 1: PROPRIEDADE GEOMÉTRICA

```
Private Sub Reiniciar()
'Reiniciar caso altere um dado
A = ""
Ix = ""
Iy = ""
Wx = ""
Wy = ""
Rx = ""
Ry = ""
L0x = ""
L0y = ""
Lkx = ""
Lky = ""
End Sub
```

```
Private Sub B_Change()
Reiniciar
End Sub
```

```
Public Sub Calcular_Click()

On Error GoTo erro
'Apoios

L0x.Value = Kex * L

L0y.Value = Key * L

'Geometria

If Ge = "Circular" Then
    A.Value = B * B * 3.14 / 4

    Ix.Value = Round((3.14 * (B * B * B * B) / 64), 2)
    Iy = Ix

    Rx.Value = Round(((Ix / A) ^ (1 / 2)), 2)
    Ry = Rx

    Wx.Value = Round((3.14 * (B * B * B) / 32), 2)
    Wy = Wx

Else
    A.Value = B * H

    Ix.Value = Round((B * (H * H * H) / 12), 2)
    Iy.Value = Round((H * (B * B * B) / 12), 2)

    Rx.Value = Round(((Ix / A) ^ (1 / 2)), 2)
    Ry.Value = Round(((Iy / A) ^ (1 / 2)), 2)
```

```

Wx.Value = Round((Ix / (H / 2)), 2)
Wy.Value = Round((Iy / (B / 2)), 2)

End If

Lkx = Round((L0x / Rx), 2)
Lky = Round((L0y / Ry), 2)

If Lky > 140 Or Lkx > 140 Then
    msg = MsgBox("Peças com índice de esbeltez superior a 140 não podem estar sujeitas a
compressão ou a flexocompressão, conforme descrito na NBR 7190-1:2022, item 6.5.3", vbCritical,
"Atenção") = vbOK

End If

Exit Sub
erro: msg = MsgBox("Verifique os dados e insira corretamente", vbCritical, "Atenção") = vbOK
End Sub
Private Sub CommandButton2_Click()
    Ke.Show
End Sub
Private Sub Ge_Change()
    Reiniciar
    If Ge = "Circular" Then
        Largura.Caption = "Diâmetro (B):"
'Visible

        Largura.Visible = True
        B.Visible = True
        Altura.Visible = False
        H.Visible = False
        Label6.Visible = True
        Label7.Visible = False
    Else
        Largura.Caption = "Largura (B):"

'Visible
        B.Visible = True
        Largura.Visible = True
        H.Visible = True
        Altura.Visible = True
        Label6.Visible = True
        Label7.Visible = True
    End If
End Sub

```

```

Private Sub H_Change()
    Reiniciar
End Sub
Private Sub Kex_Change()
    Reiniciar
End Sub
Private Sub Key_Change()
    Reiniciar

```

```
End Sub
Private Sub L_Change()
    Reiniciar
End Sub
```

```
Private Sub Limpar_Click()
    'Limpeza

    Ge.Value = ""
    L.Value = ""
    B.Value = ""
    H.Value = ""
    Kex.Value = ""
    Key.Value = ""

    'Visible
    Altura.Visible = False
    Largura.Visible = False
    H.Visible = False
    B.Visible = False
    Label6.Visible = False
    Label7.Visible = False

End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Activate()

Worksheets("Bd").Activate

    Label21.Caption = Range("AE2").Value
    Label22.Caption = Range("AE3").Value
    Label24.Caption = Range("F5").Value
    Label25.Caption = Range("F5").Value

    If Ge = "Circular" Then

        Largura.Caption = "Diâmetro (b):"

    'Visible

        Largura.Visible = True
        B.Visible = True
        Altura.Visible = False
        H.Visible = False
        Label6.Visible = True
        Label7.Visible = False

    Else

        If Ge = "Quadrada / Retangular" Then
            Largura.Caption = "Largura (b):"

        'Visible
        B.Visible = True
        Largura.Visible = True
```

```

H.Visible = True
Altura.Visible = True
Label6.Visible = True
Label7.Visible = True
Else
End If
End If
End Sub

```

MÓDULO 2: PROPRIEDADE DO MATERIAL

```

Private Sub Calcular_Click()
Dim radianos As Double
On Error GoTo erro1

'Inclinação texto

ftinclinadotexto.Caption = "Ft," & Inclinação & ":"
fcinclinadotexto.Caption = "Ft," & Inclinação & ":"

    If Inclinação < 0 Or Inclinação > 90 Then
        ' MsgBox ("x")
        Exit Sub
    End If

'Kmod

Kmod1 = Application.WorksheetFunction.Index(Range("U9:W13"),
WorksheetFunction.Match(Classe_de_carregamento, Range("U9:U13"), 0),
WorksheetFunction.Match(Tipo_de_produto_de_madeira.Value, Range("U8:W8"), 0))
Kmod2 = Application.WorksheetFunction.Index(Range("U2:W5"), (Classeumidade),
WorksheetFunction.Match(Tipo_de_produto_de_madeira, Range("U1:W1"), 0))
Kmod = Kmod1 * Kmod2

'Valores de Cálculo

fc0d = Round((fc0k * Kmod / 1.4), 2)

fc90d = Round((fc0d * 0.25 * an), 2)

ft0d = Round((ft0k * Kmod / 1.4), 2)

ft90d = Round((ft90k * Kmod), 2)

Fb0d = Round((fb0k * Kmod / 1.4), 2)

fv0d = Round((fv0k * Kmod / 1.8), 2)

e0d = Round((e0k * Kmod), 2)

e90d = Round((E90k * Kmod), 2)

'Inclinação

```

```
If Inclinação > 6 Then
    radianos = Inclinação * 3.14 / 180
```

```
    Ftinclinado = Round(((ft0d * ft90d) / ((ft0d * (Sin(radianos) ^ 2)) + (ft90d * (Cos(radianos) ^ 2))))), 2)
    Fcinclinado = Round(((fc0d * fc90d) / ((fc0d * (Sin(radianos) ^ 2)) + (fc90d * (Cos(radianos) ^ 2))))), 2)
    Else
        Ftinclinado = Round(ft0d, 2)
        Fcinclinado = Round(fc0d, 2)
    End If
```

```
Exit Sub
```

```
erro1: msg = MsgBox("Verifique os dados e insira corretamente", vbCritical, "Alerta") = vbOK
End Sub
```

```
Private Sub Classe_Change()
```

```
On Error GoTo erro
```

```
fb0k.Value = ""
```

```
ft0k.Value = ""
```

```
ft90k.Value = ""
```

```
fc0k.Value = ""
```

```
fc90k.Value = ""
```

```
fv0k.Value = ""
```

```
e0k.Value = ""
```

```
e005k.Value = ""
```

```
If ComboBox3 = "Tabela 2" Then
```

```
    fc0k.Value = WorksheetFunction.VLookup(Classe.Value, Range("I3:M7"), 2, 0)
```

```
    fc90k.Value = ""
```

```
    fv0k.Value = WorksheetFunction.VLookup(Classe.Value, Range("I3:M7"), 3, 0)
```

```
    e0k.Value = WorksheetFunction.VLookup(Classe.Value, Range("I3:M7"), 4, 0)
```

```
    fb0k.Value = fc0k.Value
```

```
    ft0k.Value = fc0k.Value
```

```
    e005k.Value = 0.7 * e0k.Value
```

```
    ft90k.Value = 0.06 * ft0k.Value
```

```
    fc90k.Value = 0.25 * fc0k.Value
```

```
Else
```

```
    fb0k.Value = WorksheetFunction.VLookup(Classe.Value, Range("I11:S30"), 2, 0)
```

```
    ft0k.Value = WorksheetFunction.VLookup(Classe.Value, Range("I11:S30"), 3, 0)
```

```
    ft90k.Value = WorksheetFunction.VLookup(Classe.Value, Range("I11:S30"), 4, 0)
```

```
    fc0k.Value = WorksheetFunction.VLookup(Classe.Value, Range("I11:S30"), 5, 0)
```

```
    fc90k.Value = WorksheetFunction.VLookup(Classe.Value, Range("I11:S30"), 6, 0)
```

```
    fv0k.Value = WorksheetFunction.VLookup(Classe.Value, Range("I11:S30"), 7, 0)
```

```
    e0k.Value = WorksheetFunction.VLookup(Classe.Value, Range("I11:S30"), 8, 0) * 1000
```

```
    e005k.Value = WorksheetFunction.VLookup(Classe.Value, Range("I11:S30"), 9, 0) * 1000
```

```
End If
```

```
erro:
```

```
End Sub
```

```

Private Sub ComboBox3_Change()

If ComboBox3 = "Tabela 2" Then
T_madeira.RowSource = "A3"
T_madeira.Value = Range("A3")
Classe.RowSource = "I3:I7"
Classe.Value = Range("I3")
Else
T_madeira.RowSource = "A2:A3"
If T_madeira = "Conífera" Then
Classe.RowSource = "I11:I20"
Classe.Value = Range("I11")
Else
Classe.RowSource = "I23:I30"
Classe.Value = Range("I23")
End If
End If
End Sub
Private Sub CommandButton2_Click()
Cofan.Show
End Sub
Private Sub CommandButton3_Click()
ClasseUC.Show
End Sub

```

```

Private Sub Limpar_Click()

'Limpeza dos dados de entrada
ComboBox3.Value = ""
T_madeira = ""
Classe = ""
Tipo_de_produto_de_madeira = ""
Classeumidade = ""
Classe_de_carregamento = ""
Inclinação = 0
an = 0

'Limpeza dos Kmod
Kmod = 0
Kmod1 = 0
Kmod2 = 0

'Limpeza das propriedades característica
ft0k = 0
ft90k = 0
fc0k = 0
fc90k = 0
fb0k = 0
fv0k = 0
e0k = 0
e005k = 0

'Limpeza das propriedades de projeto
ft0d = 0
ft90d = 0

```

```

fc0d = 0
fc90d = 0
fv0d = 0
Fb0d = 0
e0d = 0

'Limpeza das propriedades inclinada
Ftinclinado = 0
Fcinclinado = 0

ftinclinadotexto.Caption = "Ft," & Range("AG4").Value & ":"
fcinclinadotexto.Caption = "Fc," & Range("AG4").Value & ":"

End Sub

```

```

Private Sub T_madeira_Change()
ComboBox3_Change
End Sub

```

```

Private Sub Voltar_Click()
Unload Propriedade
Menu.Show
End Sub

```

```

Private Sub UserForm_Activate()
Worksheets("Bd").Activate
    Inclinaçãotexto.Caption = "Inclinação (" & Range("AE4").Value & "):"
    ftinclinadotexto.Caption = "Ft," & Range("AE4").Value & ":"
    fcinclinadotexto.Caption = "Fc," & Range("AE4").Value & ":"
    Coeficiente.Caption = Range("AE4") & "n:"

    ComboBox3_Change
End Sub

```

MÓDULO 3: CARGA E COMBINAÇÃO

```

Private Sub CommandButton2_Click()
Unload Carregamento
Ponderador.Show
End Sub

```

```

Private Sub CommandButton3_Click()
Unload Carregamento
Redutores.Show
End Sub

```

```

Private Sub Limpar_Click()
Range("AH3:AL7").Value = "0"
End Sub

```

```

Private Sub verificar()
Dim célula_teste As Range
'Verificar os dados

For Each célula_teste In Range("AH3:AL7")
On Error GoTo erro_de_valores
If célula_teste.Value - célula_teste.Value = 0 Then
End If
Next
Exit Sub
erro_de_valores:
MsgBox "Verifique a tabela de carga, somente pode ser inserido números!", vbCritical = vbOK,
"Erro"
End Sub

```

```

Private Sub ListarComb_Click()
Dim x As Double
Dim y As Double
Dim z As Double
Dim yg1 As Double
Dim yg2 As Double
Dim yq1 As Double
Dim yq2 As Double
Dim psi As Double
Dim contador_de_comp As Integer
Dim Ni As String
Dim CTDC As String

On Error GoTo erro

'Limpeza da tabela anterior
Range("AG19:AT80") = ""
Range("AG19:AT80").Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = 0
Range("AG19:AT80").Borders(xlEdgeLeft).LineStyle = 0
Range("AG19:AT80").Borders(xlEdgeRight).LineStyle = 0
Range("AG19:AT80").Borders(xlEdgeTop).LineStyle = 0
Range("AG19:AT80").Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = 0
Range("AG19:AT80").Borders(xlInsideVertical).LineStyle = 0

'Verificação dos dados inseridos
verificar

'ativar a célula de combinação
Range("AG18").Select

'contagem de loop para garantir que exista pelo menos uma combinação
Dim Contadordeloop As Double
Contadordeloop = 0

'Número de linha e coluna
y = 1
x = 2
z = 2

Do While Contadordeloop < 5

```

```

contador_de_comp = 0
Contadordeloop = Contadordeloop + 1
y = y + 1

A = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AG3:AL8"), 1, y)
B = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AG3:AL8"), 2, y)

c = 1
d = 1
x = 2
z = 2

Do While x < 5
    x = x + 1

    'Verificar se a variavel será incluída
    Ni = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AQ3:AR8"), x, 2)
    If Ni = "Não Incluir" Then GoTo Finalc
        c = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AG3:AL8"), x, y)
    'If c = Empty Then GoTo Finalc

    'Se a variável for vento e esteja ativado o CTDC multiplicar por 0,75
    CTDC1 = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AQ3:AR8"), x, 1)
    If CTDC1 = "Ativado" Then
        c = c * 0.75
    End If
    If c = "" And Contadordeloop = 1 Then GoTo Finalab
        d = 1
        z = 2
        variavelc = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AG3:AL8"), x, 1)
        Do While z < 6
            z = z + 1

            'Verificar se a variavel será incluída
            Ni = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AQ3:AR8"), z, 2)

            If Ni = "Não Incluir" Or z = x Then GoTo Finald
            If x = 4 And z = 5 Then GoTo Finald
            If x = 5 And z = 4 Then GoTo Finald

            d = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AG3:AL8"), z, y)

'Garantia de uma combinação pelo menos
If caixa = 1 Then
    Comb_unica:
    If contador_de_comp = 0 Then
        c = 0
        d = 0
    End If
End If

'Redutores
If Range("AV6") = "Comb última especiais ou de construção" Then
    If variavelc = "V1" Or variavelc = "V2" Then
        psi = Application.WorksheetFunction.VLookup(Range("AM5"), Range("AV9:AY13"), 4, 0)

```

```

Else
    psi = Range("AW9").Value
End If
Else
    psi = Application.WorksheetFunction.VLookup(Range("AM5"), Range("AV9:AY13"), 2, 0)
    If z = 4 Or z = 5 Then
        psi = Range("AW9").Value
    End If
End If

'Favorável
For yf = 1 To 2
    If yf = 2 Then
        If Range("AP3") = "Não" And Range("AP4") = "Não" Then GoTo finalabf
    End If

    'ponderadores de cargas permanentes desfavoráveis e favoráveis
    yg1 = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AN3:AO8"), 1, yf)
    yg2 = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AN3:AO8"), 2, yf)

    xf = 0
    For xf = 1 To 2
        If xf = 2 Then
            If Application.WorksheetFunction.Index(Range("AP3:AP8"), x, 1) = "Não" Or c = "" Then GoTo
            Finalcf
        End If

        'ponderadores de cargas variáveis desfavoráveis e favoráveis
        If Range("AV6") = "Comb última excepcionais" Then
            yq1 = 1
        Else
            yq1 = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AN3:AO8"), x, xf)
        End If

        zf = 0

        For zf = 1 To 2
            If zf = 2 Then
                If Application.WorksheetFunction.Index(Range("AP3:AP8"), z, 1) = "Não" Or d = "" Or d = 0 Then
                    GoTo Finaldf
                End If

                'ponderadores de cargas variáveis desfavoráveis
                yq2 = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AN3:AO8"), z, zf)

                'Combinação
                contador_de_comp = contador_de_comp + 1
                ActiveCell.Offset(contador_de_comp, 0) = contador_de_comp

                'Descrição da comb
                If Contadordeloop = 1 Then
                    For coluna = 1 To 5

```

```

Valor_Testado = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AH3:AL7"), x, coluna)
If Valor_Testado = "0" And Valor_Testado = "0" Then
    teste = "Simples"
Else
    teste = "Complexo"
    If teste = "Complexo" Then GoTo fim_teste
End If
Next coluna
fim_teste:

If teste = "Simples" Then
    ActiveCell.Offset(contador_de_comp, 1) = yg1 & "PP+ " & yg2 & "P"
Else
    If Range("AV6") = "Comb última excepcionais" Then

        If d = "" Then
            ActiveCell.Offset(contador_de_comp, 1) = yg1 & "PP+ " & yg2 & "P+ " & variavelc
        Else
            variaveld = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AG3:AL8"), z, 1)
            ActiveCell.Offset(contador_de_comp, 1) = yg1 & "PP+ " & yg2 & "P+ " & variavelc & "+" & yg2 & "*" & psi & "*" & variaveld
        End If
    Else
        If d = "" Then
            ActiveCell.Offset(contador_de_comp, 1) = yg1 & "PP+ " & yg2 & "P+ " & yq1 & variavelc
        Else
            variaveld = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AG3:AL8"), z, 1)
            ActiveCell.Offset(contador_de_comp, 1) = yg1 & "PP+ " & yg2 & "P+ " & yq1 & variavelc & "+" & yq2 & "*" & psi & "*" & variaveld
        End If
    End If
End If
End If
End If

    ActiveCell.Offset(contador_de_comp, 2) = yg1
    ActiveCell.Offset(contador_de_comp, 3) = yg2
    ActiveCell.Offset(contador_de_comp, 4) = yq1
    ActiveCell.Offset(contador_de_comp, 5) = yq2
    ActiveCell.Offset(contador_de_comp, 6) = psi
    ActiveCell.Offset(contador_de_comp, 7) = CTDC1

    ActiveCell.Offset(contador_de_comp, (8 + Contadordeloop)) = yg1 * A + yg2 * B + yq1 * c + yq2 * psi * d

Finaldf:
Next
Finalcf:
Next
finalabf:
Next

```

```

Finald:
    Loop
Finalc:
    Loop
If contador_de_comp = 0 Then GoTo Comb_unica:
Finalab:
Loop

'Configurando a tabela
Range(Cells(19, 33), Cells(18 + contador_de_comp, 46)).Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = 1
Range(Cells(19, 33), Cells(18 + contador_de_comp, 46)).Borders(xlEdgeLeft).LineStyle = 1
Range(Cells(19, 33), Cells(18 + contador_de_comp, 46)).Borders(xlEdgeRight).LineStyle = 1
Range(Cells(19, 33), Cells(18 + contador_de_comp, 46)).Borders(xlEdgeTop).LineStyle = 1
Range(Cells(19, 33), Cells(18 + contador_de_comp, 46)).Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = 1
Range(Cells(19, 33), Cells(18 + contador_de_comp, 46)).Borders(xlInsideVertical).LineStyle = 1

'Resultados
Range("AG10").Select
x = 0
y = 0

For y = 1 To 5
x = x + 1

Max = Application.WorksheetFunction.Max(Range(Cells(19, 41 + y), Cells(19 + contador_de_comp, 41 + y)))
numerodacomb1 = Application.WorksheetFunction.Match(Max, Range(Cells(19, 41 + y), Cells(19 + contador_de_comp, 41 + y)), 0)
Min = Application.WorksheetFunction.Min(Range(Cells(19, 41 + y), Cells(19 + contador_de_comp, 41 + y)))
numerodacomb2 = Application.WorksheetFunction.Match(Min, Range(Cells(19, 41 + y), Cells(19 + contador_de_comp, 41 + y)), 0)

ActiveCell.Offset(x, 1) = Max
ActiveCell.Offset(x, 2) = numerodacomb1
ActiveCell.Offset(x, 3) = Min
ActiveCell.Offset(x, 4) = numerodacomb2
Next

Range("AW15").Value = contador_de_comp

Exit Sub
'Erros
erro: msg = MsgBox("Verifique os dados e insira corretamente", vbCritical, "Atenção") = vbOK
End Sub

```

```

Private Sub NI1_Click()
If NI1 = True Then
Range("AR5").Value = "Não Incluir"
Else
Range("AR5").Value = "Incluir"
End If
End Sub

```

```
Private Sub NI2_Click()
If NI2 = True Then
Range("AR6").Value = "Não Incluir"
Else
Range("AR6").Value = "Incluir"
End If
End Sub
```

```
Private Sub NI3_Click()
If NI3 = True Then
Range("AR7").Value = "Não Incluir"
Else
Range("AR7").Value = "Incluir"
End If
End Sub
```

```
Private Sub Q1_Click()
Range("AM5") = "Q1"
Q2.Value = False
Q3.Value = False
End Sub
```

```
Private Sub Q2_Click()
Range("AM5") = "Q2"
Q1.Value = False
Q3.Value = False
End Sub
```

```
Private Sub Q3_Click()
Range("AM5") = "Q3"
Q1.Value = False
Q2.Value = False
End Sub
```

```
Private Sub Voltar_Click()
Unload Carregamento
Menu.Show
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Activate()

Worksheets("Bd").Activate
If Range("AM5") = "Q1" Then
Q1.Value = True
Else
If Range("AM5") = "Q2" Then
Q2.Value = True
Else
If Range("AM5") = "Q3" Then
Q3.Value = True
End If
End If
End If

If Range("AR5").Value = "Não Incluir" Then
```

```

NI1.Value = True
Else
NI1.Value = False
End If

If Range("AR6").Value = "Não Incluir" Then
NI2.Value = True
Else
NI2.Value = False
End If

If Range("AR7").Value = "Não Incluir" Then
NI3.Value = True
Else
NI3.Value = False
End If

End Sub

```

MÓDULO 4: DIMENSIONAMENTO AO ESFORÇO DE TRAÇÃO E FLEXOTRAÇÃO

```

Private Sub Calcular_Click()
Dim Km As Double
Dim sfltr1 As Double
Dim sfltr2 As Double
Dim sfltrmax As Double
Dim x As Integer

Ncomb_Change
contadordecomb = Range("AW15").Value

On Error GoTo erro

If Area = 0 Or Area = "" Then
    If Fta = 0 Or Fta = "" Then
        MsgBox ("Cadastre os dados sobre a geometria e material")
        Exit Sub
    Else
        MsgBox ("Cadastre os dados sobre a geometria")
        Exit Sub
    End If
End If

If Fta = 0 Or Fta = "" Then
    MsgBox ("Cadastre os dados sobre o material")
Exit Sub
End If

'KM
If Seção = "Circular" Then
Km = 1
Else
Km = 0.7

```

End If

' furo

If Furo = "" Then

Furo = 0.3 * Area

End If

'area liquida

Arealiquida = Area - Furo

If Nd < 0 Then

Str = 0

Else

Str = Round((((Nd * 10) / Arealiquida) / Fta), 2)

End If

If InserirVal = True Then GoTo manual

sfltrmax = 0

For x = 1 To contadordecomb

If Ncomb = "Max" Or Ncomb = "Mín" Then GoTo Passa:

If x = Ncomb + 1 Then GoTo finalsfl

Passa:

Nd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + x, 46)), x, 10)

Mxd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + x, 46)), x, 11)

Myd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + x, 46)), x, 12)

manual:

If Mxd < 0 Then

Mxd = Mxd * (-1)

End If

If Myd < 0 Then

Myd = Myd * (-1)

End If

'flexotração

sfltr1 = (Nd * 10 / Arealiquida) / Fta + ((Mxd * 10 / (Wx)) * Km) / Fb + ((Myd * 10 / (Wy)) / Fb)

sfltr2 = (Nd * 10 / Arealiquida) / Fta + ((Mxd * 10 / (Wx)) / Fb) + ((Myd * 10 / (Wy)) * Km / Fb)

If sfltr1 > sfltr2 Then

sfltr = sfltr1

Else

sfltr = sfltr2

End If

If InserirVal = True Then GoTo finalsfl

If Ncomb = "Max" Then

If sfltr > sfltrmax Then

sfltrmax = sfltr

Numeroft = x

```

    End If
Else
    If Ncomb = "Mín" Then
        If x = 1 Then
            Sfltrmin = sfltr
            Numeroft = x
        Else
            If sfltr < Sfltrmin Then
                Sfltrmin = sfltr
                Numeroft = x
            End If
        End If
    End If
End If
End If

Next
finalsfl:
If Ncomb = "Max" Then
    Sfl = Round(sfltrmax, 2)
    textocomp.Visible = True
    Combt.Visible = True
    Combft.Visible = True
    Combt.Caption = Range("AI11").Value
    Combft.Caption = Numeroft
    Nd = ""
    Mxd = ""
    Myd = ""
Else
    If Ncomb = "Mín" Then
        Sfl = Round(Sfltrmin, 2)
        textocomp.Visible = True
        Combt.Visible = True
        Combft.Visible = True
        Combt.Caption = Range("AK11").Value
        Combft.Caption = Numeroft
        Nd = ""
        Mxd = ""
        Myd = ""
    Else
        Sfl = Round(sfltr, 2)
    End If
End If

If Sfl < 0 Then
msg = MsgBox("Esforço Normal, com valores de compressão!", vbInformation, "Atenção") = vbOK
End If
Exit Sub
erro: msg = MsgBox("Verifique os dados e insira corretamente", vbCritical, "Atenção") = vbOK
End Sub

```

```

Private Sub Geometria_Click()
Geometrica.Show
End Sub

```

```

Private Sub InserirVal_Click()
If InserirVal = True Then
Ncomb = ""
Desc = ""
End If
End Sub

```

```

Private Sub Limpar_Click()
Ncomb = ""
Desc = ""
InserirVal = False
Nd = 0
Mxd = 0
Myd = 0
Str = 0
Sfl = 0
Furo = ""
Arealiquida = ""

End Sub

```

```

Private Sub Material_Click()
Propriedade.Show
End Sub

```

```

Private Sub Ncomb_Change()
If InserirVal = True Then
    textocomp.Visible = False
    Combt.Visible = False
    Combft.Visible = False
Exit Sub
End If

If Ncomb = "Max" Then
Nd = Range("AH11").Value
Mxd = ""
Myd = ""
Desc = "Max tensão de tração e flexotração"
Else
    If Ncomb = "Mín" Then
        textocomp.Visible = False
        Combt.Visible = False
        Combft.Visible = False
        Nd = Range("AJ11").Value
        Mxd = ""
        Myd = ""
        Desc = "Mín tensão de tração e flexotração"
    Else
        textocomp.Visible = False
        Combt.Visible = False
        Combft.Visible = False
        Desc = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + Ncomb, 46)),
Ncomb, 2)
        Nd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + Ncomb, 46)),
Ncomb, 10)
    End If
End If

```

```

    Mxd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + Ncomb, 46)),
Ncomb, 11)
    Myd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + Ncomb, 46)),
Ncomb, 12)
End If
End If

End Sub '

```

```

Private Sub Rst_Change()
Traçãotexto.Caption = "Resistência a Tração (ft," & Range("AS1") & "d)"
End Sub
Private Sub Sfltr_Change()
End Sub
Private Sub Voltar_Click()
Unload Tração
Menu.Show
End Sub

```

```

Private Sub UserForm_Activate()
Worksheets("Bd").Activate
Dim contadordecomb As Double
textocomp.Visible = False
Combt.Visible = False
Combft.Visible = False
contadordecomb = Range("AW15").Value
Range("AV19").Select
For x = 1 To contadordecomb
ActiveCell.Offset(x, 0) = x
Next
Ncomb.RowSource = "AV18:AV" & contadordecomb + 19
Traçãotexto.Caption = "Resistência a Tração (ft," & Range("AS1") & "d)"
End Sub

```

MÓDULO 5: DIMENSIONAMENTO AO ESFORÇO DE COMPRESSÃO E FLEXOCOMPRESSÃO

```

Private Sub Calcular_Click()
fc0k = Range("BC14")
Ncomb_Change
contadordecomb = Range("AW15").Value
'On Error GoTo erro

'Km

If Seção = "Circular" Then
Km = 1
Else
Km = 0.7
End If

'Esbeltez Relativa

EsbRelx = Round((Esbx / (3.14)) * ((fc0k / (E005)) ^ (1 / 2)), 3)

```

```

EsbRely = Round((Esby / (3.14)) * ((fc0k / (E005)) ^ (1 / 2)), 3)

```

```

'Tipo de produto

```

```

If Produto = "Madeira Maciça serrada" Or Produto = "Madeira roliças" Then

```

```

    Bc = 0.2

```

```

Else

```

```

    Bc = 0.1

```

```

End If

```

```

'Condição de estabilidade de peças comprimidas e flexocomprimidas

```

```

Kx = Round(0.5 * (1 + (Bc * (EsbRelx - 0.3)) + (EsbRelx * EsbRelx)), 3)

```

```

Ky = Round(0.5 * (1 + (Bc * (EsbRely - 0.3)) + (EsbRely * EsbRely)), 3)

```

```

Kcx = Round(1 / (Kx + Sqr((Kx * Kx) - (EsbRelx * EsbRelx))), 3)

```

```

Kcy = Round(1 / (Ky + Sqr((Ky * Ky) - (EsbRely * EsbRely))), 3)

```

```

If InserirVal = True Then GoTo manual

```

```

For x = 1 To contadordecomb

```

```

If Ncomb = "Max" Or Ncomb = "Mín" Then GoTo Passa:

```

```

If x = Ncomb + 1 Then GoTo finalsfc

```

```

Passa:

```

```

    Nd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + x, 46)), x, 10)

```

```

    Mxd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + x, 46)), x, 11)

```

```

    Myd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + x, 46)), x, 12)

```

```

manual:

```

```

If Nd > 0 Then

```

```

    msg = MsgBox("Esforço normal de tração", vbExclamation, "Atenção") = vbOK

```

```

    Sc = 0

```

```

    Estx = 0

```

```

    Esty = 0

```

```

    Sfc = 0

```

```

If x = x Then GoTo proxima

```

```

Else

```

```

End If

```

```

If Mxd < 0 Then

```

```

    Mxd = Mxd * (-1)

```

```

End If

```

```

If Myd < 0 Then

```

```

    Myd = Myd * (-1)

```

```

End If

```

```

'Verificação a compressão

```

```

    Sc = ((Nd * (-10) / A) / Fca)

```

'Verificação a Flexocompressão

sfltc1 = $((N_d * (-10) / A) / F_{ca}) ^ (2) + ((M_{xd} * 10 / (W_x)) * K_m) / F_{md} + ((M_{yd} * 10 / (W_y)) / F_{md})$

sfltc2 = $((N_d * (-10) / A) / F_{ca}) ^ (2) + ((M_{xd} * 10 / (W_x)) / F_{md}) + ((M_{yd} * 10 / (W_y)) * K_m / F_{md})$

If sfltc1 > sfltc2 Then

sflc = sfltc1

Else

sflc = sfltc2

End If

'Verificação de estabilidade

If EsbRelx > 0.3 Or EsbRely > 0.3 Then

'em x

Estx1 = $((N_d * (-10) / A) / (K_{cx} * F_{ca})) + ((M_{xd} * 10 / (W_x)) * K_m) / F_{md} + ((M_{yd} * 10 / (W_y)) / F_{md})$

Estx2 = $((N_d * (-10) / A) / (K_{cx} * F_{ca})) + ((M_{xd} * 10 / (W_x)) / F_{md}) + ((M_{yd} * 10 / (W_y)) * K_m / F_{md})$

'em y

Esty1 = $((N_d * (-10) / A) / (K_{cy} * F_{ca})) + ((M_{xd} * 10 / (W_x)) * K_m) / F_{md} + ((M_{yd} * 10 / (W_y)) / F_{md})$

Esty2 = $((N_d * (-10) / A) / (K_{cy} * F_{ca})) + ((M_{xd} * 10 / (W_x)) / F_{md}) + ((M_{yd} * 10 / (W_y)) * K_m / F_{md})$

If Estx1 > Estx2 Then

Estx = Estx1

Else

Estx = Estx2

End If

If Esty1 > Esty2 Then

Esty = Esty1

Else

Esty = Esty2

End If

End If

If Ncomb = "Max" Then

textocomp.Visible = True

Combc.Visible = True

Combftc.Visible = True

Combestx.Visible = True

Combesty.Visible = True

If Sc > Scmax Then

Scmax = Sc

Numerofc = x

End If

If sflc > sflcmax Then

sflcmax = sflc

```

    Numeroflc = x
End If

If Estx > Estxmax Then
    Estxmax = Estx
    Numeroestx = x
End If

If Esty > Estymax Then
    Estymax = Esty
    Numeroesty = x
End If
End If
If Ncomb = "Mín" Then

    textocomp.Visible = True
    Combc.Visible = True
    Combftc.Visible = True
    Combestx.Visible = True
    Combesty.Visible = True

    If x = 1 Then
        Scmin = Sc
        Numerofc = x
    Else
        If Sc < Scmin Then
            Scmin = Sc
            Numerofc = x
        End If
    End If

    If x = 1 Then
        Sflcmin = sflc
        Numeroflc = x
    Else
        If sflc < Sflcmin Then
            Sflcmin = sflc
            Numeroflc = x
        End If
    End If

    If x = 1 Then
        Estxmin = Estx
        Numeroestx = x
    Else
        If Estx < Estxmin Then
            Estxmin = Estx
            Numeroestx = x
        End If
    End If

    If x = 1 Then
        Estymin = Esty
        Numeroesty = x
    Else

```

```

    If Esty < Estymin Then
        Estymin = Esty
        Numeroesty = x
    End If
End If
End If

If InserirVal = True Then GoTo foranext
proxima:
Next
foranext:

If Ncomb = "Max" Then
    Sc = Round(Scmax, 3)
    Sfc = Round(sfclmax, 3)
    Estx = Round(Estxmax, 3)
    Esty = Round(Estymax, 3)

    Combestx.Caption = Numeroestx
    Combesty.Caption = Numeroesty
    Combftc.Caption = Numeroflc
    Combc.Caption = Numerofc

    Nd = ""
    Mxd = ""
    Myd = ""
    Exit Sub
End If
If Ncomb = "Mín" Then

    Sc = Round(Scmin, 3)
    Sfc = Round(Sfclmin, 3)
    Estx = Round(Estxmin, 3)
    Esty = Round(Estymin, 3)

    Combestx.Caption = Numeroestx
    Combesty.Caption = Numeroesty
    Combftc.Caption = Numeroflc
    Combc.Caption = Numerofc

    Nd = ""
    Mxd = ""
    Myd = ""
    Exit Sub
End If
finalsfc:

Sc = Round(Sc, 3)
Sfc = Round(sfcl, 3)
Estx = Round(Estx, 3)
Esty = Round(Esty, 3)

Exit Sub
erro: msg = MsgBox("Verifique os dados e insira corretamente", vbCritical, "Atenção") = vbOK
End Sub

```

```
Private Sub Geometria_Click()
Geometrica.Show
End Sub
```

```
Private Sub InserirVal_Click()
If InserirVal = True Then
Ncomb = ""
Desc = ""
Range("BY3").Value = "Manual"
End If
End Sub
```

```
Private Sub Limpar_Click()
'Carga
InserirVal = False
Ncomb = ""
Desc = ""
Nd = 0
Myd = 0
Mxd = 0

'Esbeltez Relativa
EsbRelx = 0
EsbRely = 0

'Coeficiente de estabilidade
Bc = 0
Kx = 0
Ky = 0
Kcx = 0
Kcy = 0

'Verificação
Sc = 0
Sfc = 0
Est = 0

End Sub
```

```
Private Sub Material_Click()
Propriedade.Show
End Sub
Private Sub Ncomb_Change()
If InserirVal = True Then
Exit Sub
End If

If Ncomb = "" Then
Else
If Ncomb = "Max" Then
Nd = Range("AH11").Value
Mxd = ""
Myd = ""
Desc = "Max tensão de compressão e flexocompressão"
Else
```

```

If Ncomb = "Mín" Then
    Nd = Range("AJ11").Value
    Mxd = ""
    Myd = ""
    Desc = "Mín tensão de compressão e flexocompressão"
Else
    Desc = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + Ncomb, 46)),
Ncomb, 2)
    Nd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + Ncomb, 46)),
Ncomb, 10)
    Mxd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + Ncomb, 46)),
Ncomb, 11)
    Myd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + Ncomb, 46)),
Ncomb, 12)
End If
End If
End If
End Sub

```

```

Private Sub UserForm_Activate()
Dim contadordecomb As Double

Worksheets("Bd").Activate

If Range("By3") = "Manual" Then
InserirVal = True
Else
InserirVal = False
End If

textocomp.Visible = False
Combc.Visible = False
Combftc.Visible = False
Combestx.Visible = False
Combesty.Visible = False

Relx.Caption = Range("AE11")
Rely.Caption = Range("AE12")
Textobc.Caption = Range("AE13")
Esbeltezxc.Caption = Range("AE2")
Esbeltezy.Caption = Range("AE3")
contadordecomb = Range("AW15").Value
Range("AV19").Select

For x = 1 To contadordecomb
    ActiveCell.Offset(x, 0) = x
Next
Ncomb.RowSource = "AV18:AV" & contadordecomb + 19
End Sub

```

```

Private Sub Voltar_Click()
Unload Compressao
Menu.Show
End Sub

```

MÓDULO 6: DIMENSIONAMENTO AO ESFORÇO DE FLEXÃO

```

Option Explicit
Private x As Integer
Private y As Integer
Private msg As String
Private contadordecomb As Double
Private Vxdred As Double
Private Vydred As Double
Private Km As Double
Private Flxmax As Double
Private Flxmin As Double
Private NumeroFlx As Double
Private Flx2 As Double
Private Flx1 As Double

Private Sub Calcular_Click()
Ncomb_Change
contadordecomb = Range("AW15").Value

On Error GoTo erro

If Wx = 0 Or Wx = "" Then
    If Fbd = 0 Or Fbd = "" Then
        MsgBox ("Cadastre os dados sobre a geometria e material")
        Exit Sub
    Else
        MsgBox ("Cadastre os dados sobre a geometria")
        Exit Sub
    End If
End If

If Fbd = 0 Or Fbd = "" Then
    MsgBox ("Cadastre os dados sobre o material")
Exit Sub
End If

'KM
If Seção = "Circular" Then
    Km = 1
Else
    Km = 0.7
End If

If InserirVal = True Then GoTo manual

For x = 1 To contadordecomb
If Ncomb = "Max" Or Ncomb = "Mín" Then GoTo Passa:
If x = Ncomb + 1 Then GoTo finalsfl
Passa:

    Mxd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + x, 46)), x, 11)
    Myd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + x, 46)), x, 12)

manual:

```

```

If Mxd < 0 Then
Mxd = Mxd * (-1)
End If

If Myd < 0 Then
Myd = Myd * (-1)
End If
'Verificação a Flexão simples oblíqua

Flx1 = (Mxd * 10 / Wx) / Fbd + ((Km * Myd * 10) / Wy) / Fbd
Flx2 = ((Km * Mxd * 10) / Wx) + (Myd * 10 / Wy) / Fbd

    If Flx1 >= Flx2 Then
        Flx.Value = Flx1
    Else
        Flx.Value = Flx2
    End If
Flexãotexto.Caption = "Verificação à flexão oblíqua:"

'Flexão simples reta
If Mxd = 0 Or Mxd = "" Then

    Flx.Value = ((Myd * 10) / Wy) / Fbd
    Flexãotexto.Caption = "Verificação à flexão Simples em Y:"
End If

If Myd = 0 Or Myd = "" Then
    Flx.Value = ((Mxd * 10) / Wx) / Fbd
    Flexãotexto.Caption = "Verificação à flexão Simples em X:"
End If

If InserirVal = True Then GoTo finaisfl

If Ncomb = "Max" Then
    If Flx > Flxmax Then
        Flxmax = Flx
        NumeroFlx = x
    End If
Else
    If Ncomb = "Mín" Then
        If x = 1 Then
            Flxmin = Flx
            NumeroFlx = x
        Else
            If Flx < Flxmin Then
                Flxmin = Flx
                NumeroFlx = x
            End If
        End If
    End If
End If

End If
End If
Next

```

```

finalsfl:
If Ncomb = "Max" Then
    Flx = Round(Flxmax, 2)
    textocomp.Visible = True
    Combfl.Visible = True
    Combfl.Caption = NumeroFlx
    Mxd = ""
    Myd = ""
Else
    If Ncomb = "Mín" Then
        Flx = Round(Flxmin, 2)
        textocomp.Visible = True
        Combfl.Visible = True
        Combfl.Caption = NumeroFlx
        Mxd = ""
        Myd = ""
    Else
        Flx = Round(Flx, 2)
    End If
End If

Exit Sub
'Erros
erro: msg = MsgBox("Verifique os dados e insira corretamente", vbCritical, "Atenção") = vbOK

End Sub

```

```

Private Sub Geometria_Click()
Geometrica.Show
End Sub

```

```

Private Sub InserirVal_Click()
If InserirVal = True Then
Ncomb = ""
Desc = ""
Range("By3").Value = "Manual"
End If
End Sub

```

```

Private Sub Limpar_Click()
'Carga
InserirVal = False
Ncomb = ""
Desc = ""
Mxd = 0
Myd = 0

'Resultado
Flx = 0

End Sub

```

```

Private Sub Ncomb_Change()
If InserirVal = True Then
    Exit Sub
End If

If Ncomb = "" Then
Else
    If Ncomb = "Max" Then
        textocomp.Visible = False
        Combfl.Visible = False

        Flx = 0
        Mxd = ""
        Myd = ""
        Desc = "Max tensão à flexão"
    Else
        If Ncomb = "Mín" Then
            textocomp.Visible = False
            Combfl.Visible = False

            Flx = 0

            Mxd = ""
            Myd = ""
            Desc = "Mín tensão à flexão"
        Else
            textocomp.Visible = False
            Combfl.Visible = False

            Flx = 0

            Desc = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + Ncomb, 46)),
Ncomb, 2)
            Mxd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + Ncomb, 46)),
Ncomb, 11)
            Myd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + Ncomb, 46)),
Ncomb, 12)
        End If
    End If
End If
End Sub

```

```

Private Sub Material_Click()
Propriedade.Show
End Sub

```

```

Private Sub UserForm_Activate()

Worksheets("Bd").Activate

If Seção = "Circular" Then
Label95.Visible = False
Label96.Visible = False
H.Visible = False
Else

```

```

Label95.Visible = True
Label96.Visible = True
H.Visible = True
End If

If Range("By3").Value = "Manual" Then
InserirVal = True
End If

contadordecomb = Range("AW15").Value
Range("AV19").Select
For y = 1 To contadordecomb
ActiveCell.Offset(y, 0) = y
Next
Ncomb.RowSource = "AV18:AV" & contadordecomb + 19
End Sub

```

```

Private Sub Voltar_Click()
Unload Flexão
Menu.Show
End Sub

```

MÓDULO 7: DIMENSIONAMENTO AO ESFORÇO DE CISALHAMENTO

```

Private Sub Calcular_Click()
On Error GoTo erro
Redução_Click

'Cisalhamento em x
If Seção = "Circular" Then
Cx = Round(((1.33 * 10 * Vxdred) / A) / Fv, 2)

Else
Cx = Round(((1.5 * 10 * Vxdred) / A) / Fv, 2)
End If

'Cisalhamento em y
If Seção = "Circular" Then
Cy = Round(((1.33 * 10 * Vydred) / (A)) / Fv, 2)

Else
Cy = Round(((1.5 * 10 * Vydred) * (H / h1) / Fv / (B * h1)), 2)
End If

h1h = Round((h1 / H), 2)

If h1h >= 0.75 Then
Texttoent.Visible = False
Else
Texttoent.Visible = True
If h1h >= 0.5 Then
Texttoent.Caption = "A NBR 7190-1:2022, item 6.4.4, para entalhes com relação h1/h menor que 0,75, é necessário o uso de parafusos verticais!"
Else

```

```

    Textoent.Caption = "A NBR 7190-1:2022, item 6.4.4, não permite entalhes com relação h1/h menor
    que 0,5."
    End If
    If Seção = "Circular" Then
        Textoent.Caption = "Essa planilha não está pronta para calcular entalhe em seção circular"
    End If
    End If

    If Ncomb = "Max" Then

        Combcx.Visible = True
        Combcx.Caption = Range("AI14").Value
        Combcy.Visible = True
        Combcy.Caption = Range("AI15").Value

    Else
        If Ncomb = "Mín" Then
            Combcx.Visible = True
            Combcx.Caption = Range("AK14").Value
            Combcy.Visible = True
            Combcy.Caption = Range("AK15").Value
        End If
    End If

    Exit Sub
    'Erros
    erro: msg = MsgBox("Verifique os dados e insira corretamente", vbCritical, "Atenção") = vbOK
    End Sub

```

```

Private Sub Geometria_Click()
    Geometrica.Show
End Sub

```

```

Private Sub Limpar_Click()
    'Entalhe
    h1 = 0
    hih = 0

    'Carga
    InserirVal = False
    Ncomb = ""
    Desc = ""
    Vxd = 0
    Vyd = 0

    'Redução
    Redução = False
    z = 0

    'Resultado
    Cx = 0
    Cy = 0
End Sub

```

```

Private Sub Redução_Click()
If z = "" Then
Vxdred = Vxd
Vydred = Vyd
Else
If Redução = True Then

    If z < 0 Or z > 2 * B Then
        Vxdred = Vxd * z / (2 * B)
    Else
        Vxdred = Vxd
    End If

    If z < 0 Or z > 2 * H Then
        Vydred = Vyd * z / (2 * H)
    Else
        Vydred = Vyd
    End If

    z.Locked = False
Else
    Vxdred = Vxd
    Vydred = Vyd
    z.Locked = True
End If
End If

erro:
End Sub

```

```

Private Sub Seção_Change()
If Seção = "Circular" Then
    h1 = H
    h1.Locked = True
Else
    h1.Locked = False
End If

End Sub

```

```

Private Sub Ncomb_Change()
If InserirVal = True Then
    Exit Sub
End If

If Ncomb = "Max" Then
textocomp.Visible = False
Combcx.Visible = False
Combcy.Visible = False

Cx = 0
Cy = 0

Vxd = Range("AH14").Value
Vyd = Range("AH15").Value

```

```
Desc = "Max tensão a cisalhamento"
```

```
Else
```

```
    If Ncomb = "Mín" Then
```

```
        textocomp.Visible = False
```

```
        Combcx.Visible = False
```

```
        Combcy.Visible = False
```

```
        Cx = 0
```

```
        Cy = 0
```

```
        Vxd = Range("AJ14").Value
```

```
        Vyd = Range("AJ15").Value
```

```
        Desc = "Mín tensão a cisalhamento"
```

```
    Else
```

```
        textocomp.Visible = False
```

```
        Combcx.Visible = False
```

```
        Combcy.Visible = False
```

```
        Cx = 0
```

```
        Cy = 0
```

```
        Desc = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + Ncomb, 46)),  
Ncomb, 2)
```

```
        Vxd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + Ncomb, 46)),  
Ncomb, 13)
```

```
        Vyd = Application.WorksheetFunction.Index(Range(Cells(19, 33), Cells(18 + Ncomb, 46)),  
Ncomb, 14)
```

```
    End If
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Material_Click()
```

```
    Propriedade.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Activate()
```

```
    Worksheets("Bd").Activate
```

```
    If Range("BY3").Value = "Manual" Then
```

```
        InserirVal = True
```

```
    End If
```

```
    If Seção = "Circular" Then
```

```
        Label95.Visible = False
```

```
        Label96.Visible = False
```

```
        H.Visible = False
```

```
    Else
```

```
        Label95.Visible = True
```

```
        Label96.Visible = True
```

```
        H.Visible = True
```

```
    End If
```

```

Textoeint.Visible = False
contadordecomb = Range("AW15").Value
Range("AV19").Select
For y = 1 To contadordecomb
ActiveCell.Offset(y, 0) = y
Next
Ncomb.RowSource = "AV18:AV" & contadordecomb + 19
End Sub
Private Sub InserirVal_Click()
If InserirVal = True Then
Range("BY3").Value = "Manual"
Ncomb = ""
Desc = ""
End If
End Sub

```

```

Private Sub Voltar_Click()
Unload Cisalhamento
Menu.Show

End Sub

```

MÓDULO 8: CONEXÃO ROBOT - WSA

```

Private Sub Calcular_Click()
Dim robapp As IRobotApplication
Set robapp = New RobotApplication

Worksheets("Conexão Robot - WSA").Activate

msg = MsgBox("Aguarde, esse procedimento pode levar um tempo", vbInformation, "Atenção") =
vbOK

'Tipo de produto
If Produto = "Madeira Maciça serrada" Or tipo_de_produto = "Madeira roliças" Then
    Bc = 0.2
Else
    Bc = 0.1
End If

'Coleta dos valores de Resistência
fc0k = Cells(9, 57)
ft0d = Cells(10, 57)
ft90d = Cells(11, 57)
fc0d = Cells(12, 57)
fc90d = Cells(13, 57)
fv0d = Cells(14, 57)
Fb0d = Cells(15, 57)
Fta = Cells(16, 57)
Fca = Cells(17, 57)
E005 = Cells(18, 57)

'Aviso caso o robot não esteja aberto

```

```

If Not robapp.Visible Then
    Set robapp = Nothing
    MsgBox "Abra o modelo no Robot para carregar os dados", vbOKOnly, "ERROR"
    Exit Sub
End If

'Servidor de resultado
Dim serv_resultado As IRobotBarForceServer
Set serv_resultado = robapp.Project.Structure.Results.Bars.Forces

Range("AC8:AD10000") = Empty
Range("AE9:AN10000") = Empty
Range("AO8:AW10000") = Empty

Range("AC8:AW10000").Interior.Pattern = xlNone

'Remoção das bordas

Range("AC8:AW10000").Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = 0
Range("AC8:AW10000").Borders(xlEdgeLeft).LineStyle = 0
Range("AC8:AW10000").Borders(xlEdgeRight).LineStyle = 0
Range("AC8:AW10000").Borders(xlEdgeTop).LineStyle = 0
Range("AC8:AW10000").Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = 0
Range("AC8:AW10000").Borders(xlInsideVertical).LineStyle = 0

Linha = 7
Linha2 = 7

Cells(2, 2) = robapp.Project.Name

    'Leitura do grupo de barras do projeto

Dim barra_lista As IRobotCollection
Set barra_lista = robapp.Project.Structure.Bars.GetAll()

Cells(3, 2) = barra_lista.Count
linhastotal = (barra_lista.Count) * Range("BB8").Value + 7

Range("AE8:AN8").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range(Cells(8, 31), Cells(linhastotal, 40)), Type:=xlFillDefault

Range("AN7").Select

For I = 1 To barra_lista.Count

    Dim barra As IRobotBar
    Set barra = barra_lista.Get(I)

        'Leitura de dados de cada barra
    Dim barra_numéro As Long
    barra_numéro = barra.Number

    Linha = Linha + 1

        'coleta de dados da geometria

```

```

barra_numéro = Cells(Linha, 1)
seção_name = Cells(Linha, 2)
Largura = Cells(Linha, 4)
Altura = Cells(Linha, 5)
barra_comprimento = Cells(Linha, 6)
Área = Cells(Linha, 7)
Iy = Cells(Linha, 8)
Iz = Cells(Linha, 9)
Wy = Cells(Linha, 10)
Wz = Cells(Linha, 11)
Ry = Cells(Linha, 12)
RZ = Cells(Linha, 13)
'Cálculo de outras propriedades
Ry = Round(((Iy / Área) ^ (1 / 2)), 2)
RZ = Round(((Iz / Área) ^ (1 / 2)), 2)

Wy = Round((Iy / (Altura / 2)), 2)
Wz = Round((Iz / (Largura / 2)), 2)

'Cálculo de índice de esbeltez
Key = Cells(Linha, 14).Value
Kez = Cells(Linha, 15).Value

L0y = Key * barra_comprimento
L0z = Kez * barra_comprimento

índice_de_esbeltez_em_y = Round((L0y / Ry), 2)
índice_de_esbeltez_em_Z = Round((L0z / RZ), 2)

'Esbeltez Relativa
EsbRely = (índice_de_esbeltez_em_y / (3.14)) * ((fc0k / E005) ^ (1 / 2))
EsbRelz = (índice_de_esbeltez_em_Z / (3.14)) * ((fc0k / E005) ^ (1 / 2))

'Condição de estabilidade de peças comprimidas e flexocomprimidas
Ky = Round(0.5 * (1 + (Bc * (EsbRely - 0.3)) + (EsbRely * EsbRely)), 3)
KZ = Round(0.5 * (1 + (Bc * (EsbRelz - 0.3)) + (EsbRelz * EsbRelz)), 3)

Kcy = Round(1 / (Ky + Sqr((Ky * Ky) - (EsbRely * EsbRely))), 3)
Kcz = Round(1 / (KZ + Sqr((KZ * KZ) - (EsbRelz * EsbRelz))), 3)

'Cálculo da área líquida
Área_do_furo = Cells(Linha, 20)

If Área_do_furo = Empty Then
'Para efeito de pré-dimensionamento
Área_do_furo = 0.3 * Área
End If

Área_líquida = Área - Área_do_furo

Cells(Linha, 16) = L0y
Cells(Linha, 17) = L0z
Cells(Linha, 18) = índice_de_esbeltez_em_y
Cells(Linha, 19) = índice_de_esbeltez_em_Z

```

```
Cells(Linha, 20) = Área_do_furo
Cells(Linha, 21) = Área_líquida
Cells(Linha, 22) = EsbRely
Cells(Linha, 23) = EsbRelz
Cells(Linha, 24) = Ky
Cells(Linha, 25) = KZ
Cells(Linha, 26) = Kcy
Cells(Linha, 27) = Kcz
```

'Leitura do grupo de casos do projeto

```
Dim casos_coleção As IRobotCaseCollection
Set casos_coleção = robapp.Project.Structure.Cases.GetAll()
```

```
For j = 1 To casos_coleção.Count
```

```
Linha2 = Linha2 + 1
```

```
'Leitura de dados de cada barra
Dim Caso As IRobotCase
Set Caso = casos_coleção.Get(j)
```

```
Dim caso_numéro As Long
caso_numéro = Caso.Number
```

```
'Preenchimento da tabela de esforço
Cells(Linha2, 29) = barra_numéro
Cells(Linha2, 30) = caso_numéro
```

'Leitura dos esforços para o meio da barra

```
Nmax = Cells(Linha2, 31)
Nmin = Cells(Linha2, 32)
Vymax = Abs(Cells(Linha2, 33))
Vymin = Abs(Cells(Linha2, 34))
Vzmax = Abs(Cells(Linha2, 35))
Vzmin = Abs(Cells(Linha2, 36))
Mymax = Abs(Cells(Linha2, 37))
Mymin = Abs(Cells(Linha2, 38))
Mzmax = Abs(Cells(Linha2, 39))
Mzmin = Abs(Cells(Linha2, 40))
```

```
If Vymax > Vymin Then
vy = Vymax
Else
vy = Vymin
End If
```

```
If Vzmax > Vzmin Then
vz = Vzmax
Else
vz = Vzmin
End If
```

```
If Mymax > Mymin Then
```

My = Mymax

Else

My = Mymin

End If

If Mzmax > Mzmin Then

Mz = Mzmax

Else

Mz = Mzmin

End If

'Resultado

If Nmin < 0 Then

'Tração

N = Nmin * (-1)

Traçao = Round((N * 10 / (Área_líquida) / Fta), 2)

'Flexotração

Fltr1 = (N * 10 / (Área_líquida)) / Fta + ((My * 1000 / (Wy)) * Km) / Fb0d + ((Mz * 1000 / (Wz)) / Fb0d)

Fltr2 = (N * 10 / (Área_líquida)) / Fta + ((My * 1000 / (Wy)) / Fb0d) + ((Mz * 1000 / (Wz)) * Km / Fb0d)

If Fltr1 > Fltr2 Then

Flexotraçao = Round(Fltr1, 2)

Else

Flexotraçao = Round(Fltr2, 2)

End If

Compressão = 0

Flexocompressao = 0

Estabilidade = 0

End If

If Nmax > 0 Then

N = Nmax

'Compressão

Compressão = Round((N * 10 / (Área) / Fca), 2)

'Flexocompressão

Flcm1 = ((N * 10 / (Área)) / Fca) ^ (2) + ((My * 1000 / Wy) * Km) / Fb0d + ((Mz * 1000 / Wz) / Fb0d)

Flcm2 = ((N * 10 / (Área)) / Fca) ^ (2) + ((My * 1000 / Wy) / Fb0d) + ((Mz * 1000 / Wz) * Km / Fb0d)

If Flcm1 > Flcm2 Then

Flexocompressao = Round(Flcm1, 2)

Else

Flexocompressao = Round(Flcm2, 2)

End If

'Estabilidade

If EsbRelz > 0.3 Or EsbRelz > 0.3 Then

```

    Esty1 = ((N * 10 / (Área)) / (Kcy * Fca)) + ((My * 1000 * Km) / Wy) / Fb0d + ((Mz * 1000 /
Wz) / Fb0d)
    Esty2 = ((N * 10 / (Área)) / (Kcy * Fca)) + ((My * 1000 / Wy) / Fb0d) + ((Mz * 1000 * Km /
Wz) / Fb0d)

    If Esty1 > Esty2 Then
        Estabilidadey = Round(Esty1, 2)
    Else
        Estabilidadey = Round(Esty2, 2)
    End If

    Estz1 = ((N * 10 / (Área)) / (Kcz * Fca)) + ((My * 1000 * Km) / Wy) / Fb0d + ((Mz * 1000 / Wz)
/ Fb0d)
    Estz2 = ((N * 10 / (Área)) / (Kcz * Fca)) + ((My * 1000 / Wy) / Fb0d) + ((Mz * 1000 * Km / Wz)
/ Fb0d)

    If Estz1 > Estz2 Then
        Estabilidadez = Round(Estz1, 2)
    Else
        Estabilidadez = Round(Estz2, 2)
    End If
Else
    Estabilidadey = 0
    Estabilidadez = 0
End If
Traçao = 0
Flexotraçao = 0
End If

'Flexão
Flx1 = (My * 1000 / Wy) / Fb0d + ((Km * Mz * 1000) / Wz) / Fb0d
Flx2 = ((Km * My * 1000) / Wy) / Fb0d + (Mz * 1000 / Wz) / Fb0d

If Flx1 >= Flx2 Then
    Flexao = Round(Flx1, 2)
Else
    Flexao = Round(Flx2, 2)
End If

'Cisalhamento em y
Cisalhamento_y = Round((((15 * vy) / (Área)) / fv0d), 2)

'Cisalhamento em z
Cisalhamento_z = Round((((15 * vz) / (Área)) / fv0d), 2)

'Preenchimento da tabela de resultado
Cells(Linha2, 41) = Traçao
Cells(Linha2, 42) = Compressão
Cells(Linha2, 43) = Flexao
Cells(Linha2, 44) = Flexotraçao
Cells(Linha2, 45) = Flexocompressao
Cells(Linha2, 46) = Estabilidadey
Cells(Linha2, 47) = Estabilidadez
Cells(Linha2, 48) = Cisalhamento_y
Cells(Linha2, 49) = Cisalhamento_z

```

```

'Sinalização para o usuário quando uma verificação não passar
If Traçao > 1 Then
ActiveCell.Offset(Linha2 - 7, 1).Interior.Color = vbRed
End If

If Compressão > 1 Then
ActiveCell.Offset(Linha2 - 7, 2).Interior.Color = vbRed
End If

If Flexao > 1 Then
ActiveCell.Offset(Linha2 - 7, 3).Interior.Color = vbRed
End If

If Flexotraçao > 1 Then
ActiveCell.Offset(Linha2 - 7, 4).Interior.Color = vbRed
End If

If Flexocompressao > 1 Then
ActiveCell.Offset(Linha2 - 7, 5).Interior.Color = vbRed
End If

If Estabilidadey > 1 Then
ActiveCell.Offset(Linha2 - 7, 6).Interior.Color = vbRed
End If

If Estabilidadez > 1 Then
ActiveCell.Offset(Linha2 - 7, 7).Interior.Color = vbRed
End If

If Cisalhamento_y > 1 Then
ActiveCell.Offset(Linha2 - 7, 8).Interior.Color = vbRed
End If

If Cisalhamento_z > 1 Then
ActiveCell.Offset(Linha2 - 7, 9).Interior.Color = vbRed
End If

Set Esforço = Nothing
Set Caso = Nothing

Next j

'Zeragem de dado para nova interação
Set Seção = Nothing
Set barra = Nothing

Next I

Set robapp = Nothing

'Adoção de borda para melhorá a estética
Range(Cells(8, 29), Cells(Linha2, 49)).Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = 1
Range(Cells(8, 29), Cells(Linha2, 49)).Borders(xlEdgeLeft).LineStyle = 1

```

```

Range(Cells(8, 29), Cells(Linha2, 49)).Borders(xlEdgeRight).LineStyle = 1
Range(Cells(8, 29), Cells(Linha2, 49)).Borders(xlEdgeTop).LineStyle = 1
Range(Cells(8, 29), Cells(Linha2, 49)).Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = 1
Range(Cells(8, 29), Cells(Linha2, 49)).Borders(xlInsideVertical).LineStyle = 1

```

```

msg = MsgBox("Procedimento concluído!", vbInformation, "Atenção") = vbOK
End Sub

```

```

Private Sub CommandButton1_Click()

```

```

Worksheets("Conexão Robot - WSA").Activate

```

```

Dim robapp As IRobotApplication
Set robapp = New RobotApplication

```

```

msg = MsgBox("Aguarde, esse procedimento pode levar um tempo", vbInformation, "Atenção") =
vbOK

```

```

Range("AN7").Select

```

```

'Coleta dos valores de Resistência
fc0k = Cells(9, 57)
E005 = Cells(18, 57) * 1000

```

```

'Limpar a tabela
Cells(2, 2) = Clear
Range("A8:B10000") = Empty
Range("D8:M10000") = Empty
Range("P8:S10000") = Empty
Range("U8:AA10000") = Empty

```

```

'Aviso caso o robot não esteja aberto

```

```

If Not robapp.Visible Then
    Set robapp = Nothing
    MsgBox "Abra o modelo no Robot para carregar os dados", vbOKOnly, "ERROR"
    Exit Sub
End If

```

```

'Servidor de resultado
Dim serv_resultado As IRobotBarForceServer
Set serv_resultado = robapp.Project.Structure.Results.Bars.Forces

```

```

Range("AC8:AV10000") = Empty
Range("AC8:AV10000").Interior.Pattern = xlNone

```

```

'Remoção das bordas

```

```

Range("A8:AW10000").Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = 0
Range("A8:AW10000").Borders(xlEdgeLeft).LineStyle = 0
Range("A8:AW10000").Borders(xlEdgeRight).LineStyle = 0
Range("A8:AW10000").Borders(xlEdgeTop).LineStyle = 0
Range("A8:AW10000").Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = 0
Range("A8:AW10000").Borders(xlInsideVertical).LineStyle = 0

```

```

Linha = 7
Linha2 = 7

Cells(2, 2) = robapp.Project.Name

    'Leitura do grupo de barras do projeto

Dim barra_lista As IRobotCollection
Set barra_lista = robapp.Project.Structure.Bars.GetAll()

Cells(3, 2) = barra_lista.Count

For I = 1 To barra_lista.Count

    Dim barra As IRobotBar
    Set barra = barra_lista.Get(I)

        'Leitura de dados de cada barra

        Dim barra_numéro As Long
        barra_numéro = barra.Number

        Dim seção_name As String
        seção_name = barra.GetLabelName(I_LT_BAR_SECTION)

        Dim Servidor As IRobotLabelServer
        Set Servidor = robapp.Project.Structure.Labels

        Dim sec As IRobotLabel
        Set sec = Servidor.Get(I_LT_BAR_SECTION, seção_name)

        Dim Seção As IRobotBarSectionData
        Set Seção = sec.data

        Linha = Linha + 1

        'Coeficiente
        Km = 0.7

        'Leitura de dados da seção
        Largura = Seção.GetValue(I_BSDV_BF) * 100
        Altura = Seção.GetValue(I_BSDV_D) * 100
        barra_comprimento = barra.Length * 100
        Área = Seção.GetValue(I_BSDV_AX) * 10000
        Iy = Seção.GetValue(I_BSDV_IY) * 100000000
        Iz = Seção.GetValue(I_BSDV_IZ) * 100000000

        'Cálculo de outras propriedades
        Ry = Round(((Iy / Área) ^ (1 / 2)), 2)
        RZ = Round(((Iz / Área) ^ (1 / 2)), 2)

        Wy = Round((Iy / (Altura / 2)), 2)
        Wz = Round((Iz / (Largura / 2)), 2)

        'Preenchimento da tabela de geometria

```

```

Cells(Linha, 1) = barra_numéro
Cells(Linha, 2) = seção_name
Cells(Linha, 4) = Largura
Cells(Linha, 5) = Altura
Cells(Linha, 6) = barra_comprimento
Cells(Linha, 7) = Área
Cells(Linha, 8) = Iy
Cells(Linha, 9) = Iz
Cells(Linha, 10) = Wy
Cells(Linha, 11) = Wz
Cells(Linha, 12) = Ry
Cells(Linha, 13) = RZ

'Adoção de borda para melhorá a estética
Range(Cells(8, 1), Cells(Linha, 27)).Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = 1
Range(Cells(8, 1), Cells(Linha, 27)).Borders(xlEdgeLeft).LineStyle = 1
Range(Cells(8, 1), Cells(Linha, 27)).Borders(xlEdgeRight).LineStyle = 1
Range(Cells(8, 1), Cells(Linha, 27)).Borders(xlEdgeTop).LineStyle = 1
Range(Cells(8, 1), Cells(Linha, 27)).Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = 1
Range(Cells(8, 1), Cells(Linha, 27)).Borders(xlInsideVertical).LineStyle = 1

'Zeragem de dado para nova interação
Set Seção = Nothing
Set barra = Nothing

Next I
Set robapp = Nothing

msg = MsgBox("Procedimento concluído!", vbInformation, "Atenção") = vbOK
End Sub

```

```

Private Sub Material_Click()
Propriedade.Show
End Sub

```

```

Private Sub N_barra_Change()

Dim robapp As IRobotApplication
Set robapp = New RobotApplication

'Aviso caso o robot não esteja aberto

If Not robapp.Visible Then
Set robapp = Nothing
MsgBox "Abra o modelo no Robot para carregar os dados", vbOKOnly, "ERROR"
Exit Sub
End If

Dim barra As IRobotCollection
Set barra = robapp.Project.Structure.Bars.GetAll()

Total_de_barra = barra.Count
N_barra.RowSource = "A8:A" & Total_de_barra

Ncomb_Change

```

```

If N_barra <> "" Then
Número = N_barra * 1
Nome_seção = Application.WorksheetFunction.VLookup(Número, Range("A7:B" & Total_de_barra
+ 7), 2, 0)
End If
End Sub
Private Sub Ncomb_Change()
Dim robapp As IRobotApplication
Set robapp = New RobotApplication

'Aviso caso o robot não esteja aberto

If Not robapp.Visible Then
Set robapp = Nothing
MsgBox "Abra o modelo no Robot para carregar os dados", vbOKOnly, "ERROR"
Exit Sub
End If

Dim c_barra As IRobotCollection
Set c_barra = robapp.Project.Structure.Bars.GetAll()

Total_de_barra = c_barra.Count

Dim Casos As IRobotCaseCollection
Set Casos = robapp.Project.Structure.Cases.GetAll

Total_de_casos = Casos.Count

Ncomb.RowSource = "AD8:AD" & 7 + Total_de_casos
If Ncomb = "" Or Ncomb = 0 Then
Else
Dim Caso As IRobotCase
Set Caso = Casos.Get(Ncomb)

Desc = Caso.Name

If N_barra <> "" Then
Número = N_barra * 1
número_barra = Application.WorksheetFunction.Match(Número, Range("A8:A" & Total_de_barra +
7), 0)

total_de_linha = Total_de_barra * Total_de_casos
Linha = (número_barra - 1) * Total_de_casos + Ncomb

'Coleta de dados

Ndmax = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AE8:AN" & total_de_linha + 7), Linha, 1)
Ndmin = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AE8:AN" & total_de_linha + 7), Linha, 2)

Vydxmax = Abs(Application.WorksheetFunction.Index(Range("AE8:AN" & total_de_linha + 7),
Linha, 3))
Vydxmin = Abs(Application.WorksheetFunction.Index(Range("AE8:AN" & total_de_linha + 7),
Linha, 4))

```

```

Vzdmax = Abs(Application.WorksheetFunction.Index(Range("AE8:AN" & total_de_linha + 7),
Linha, 5))
Vzdmin = Abs(Application.WorksheetFunction.Index(Range("AE8:AN" & total_de_linha + 7), Linha,
6))

Mydmax = Abs(Application.WorksheetFunction.Index(Range("AE8:AN" & total_de_linha + 7),
Linha, 7)) * 1000
Mydmin = Abs(Application.WorksheetFunction.Index(Range("AE8:AN" & total_de_linha + 7),
Linha, 8)) * 1000

Mzdmax = Abs(Application.WorksheetFunction.Index(Range("AE8:AN" & total_de_linha + 7),
Linha, 9)) * 1000
Mzdmin = Abs(Application.WorksheetFunction.Index(Range("AE8:AN" & total_de_linha + 7),
Linha, 10)) * 1000

If Vydmax > Vydmin Then
Vyd = Vydmax
Else
Vyd = Vydmin
End If

If Vzdxmax > Vzdxmin Then
Vzd = Vzdxmax
Else
Vzd = Vzdxmin
End If

If Mydmax > Mydmin Then
Myd = Mydmax
Else
Myd = Mydmin
End If

If Mzdmax > Mzdmin Then
Mzd = Mzdmax
Else
Mzd = Mzdmin
End If

Vtração = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AO8:AW" & total_de_linha + 7), Linha, 1)
Vcompressão = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AO8:AW" & total_de_linha + 7),
Linha, 2)
Vflexão = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AO8:AW" & total_de_linha + 7), Linha, 3)
Vflexotração = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AO8:AW" & total_de_linha + 7),
Linha, 4)
Vflexocompressão = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AO8:AW" & total_de_linha + 7),
Linha, 5)
Vestabilidadey = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AO8:AW" & total_de_linha + 7),
Linha, 6)
Vestabilidadez = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AO8:AW" & total_de_linha + 7),
Linha, 7)
Vcisalhamentoy = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AO8:AW" & total_de_linha + 7),
Linha, 8)
Vcisalhamentoz = Application.WorksheetFunction.Index(Range("AO8:AW" & total_de_linha + 7),
Linha, 9)

```

```
If Vtração > 1 Then
    Resp_T.Caption = "Não OK!"
Else
    Resp_T.Caption = "OK!"
End If

If Vcompressão > 1 Then
    Resp_C.Caption = "Não OK!"
Else
    Resp_C.Caption = "OK!"
End If

If Vflexão > 1 Then
    Resp_F.Caption = "Não OK!"
Else
    Resp_F.Caption = "OK!"
End If

If Vflexotração > 1 Then
    Resp_Fl.Caption = "Não OK!"
Else
    Resp_Fl.Caption = "OK!"
End If

If Vflexocompressão > 1 Then
    Resp_Fc.Caption = "Não OK!"
Else
    Resp_Fc.Caption = "OK!"
End If

If Vestabilidadey > 1 Then
    Resp_Esty.Caption = "Não OK!"
Else
    Resp_Esty.Caption = "OK!"
End If

If Vestabilidadez > 1 Then
    Resp_Estz.Caption = "Não OK!"
Else
    Resp_Estz.Caption = "OK!"
End If

If Vcisalhamentoy > 1 Then
    Resp_Cy.Caption = "Não OK!"
Else
    Resp_Cy.Caption = "OK!"
End If

If Vcisalhamentoz > 1 Then
    Resp_Cz.Caption = "Não OK!"
Else
    Resp_Cz.Caption = "OK!"
End If
```

```
'Deixar visível o resultado
Resp_T.Visible = True
Resp_C.Visible = True
Resp_F.Visible = True
Resp_Fl.Visible = True
Resp_Fc.Visible = True
Resp_Esty.Visible = True
Resp_Estz.Visible = True
Resp_Cy.Visible = True
Resp_Cz.Visible = True
```

```
End If
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Activate()
Worksheets("Conexão Robot - WSA").Activate
```

```
N_barra_Change
Ncomb_Change
Resistência
```

```
If Ncomb = "" Then
Resp_T.Visible = False
Resp_C.Visible = False
Resp_F.Visible = False
Resp_Fl.Visible = False
Resp_Fc.Visible = False
Resp_Esty.Visible = False
Resp_Estz.Visible = False
Resp_Cy.Visible = False
Resp_Cz.Visible = False
```

```
End If
End Sub
```

```
Public Sub Resistência()
'Coleta de dados da resistência
```

```
Worksheets("Bd").Activate
```

```
Classe = Cells(3, 55)
fc0k = Cells(14, 55)
E005 = Cells(19, 55)
ft0d = Cells(20, 55)
ft90d = Cells(21, 55)
fc0d = Cells(22, 55)
fc90d = Cells(23, 55)
fv0d = Cells(24, 55)
Fb0d = Cells(25, 55)
Fta = Cells(27, 55)
Fca = Cells(28, 55)
```

```
If fc0k = 0 Or fc0k = Empty Then  
msg = MsgBox("Cadastre os dados do material", vbCritical, "Atenção") = vbOK  
End If
```

```
Worksheets("Conexão Robot - WSA").Activate
```

```
Cells(9, 57) = fc0k  
Cells(10, 57) = ft0d  
Cells(11, 57) = ft90d  
Cells(12, 57) = fc0d  
Cells(13, 57) = fc90d  
Cells(14, 57) = fv0d  
Cells(15, 57) = Fb0d  
Cells(16, 57) = Fta  
Cells(17, 57) = Fca  
Cells(18, 57) = E005  
Cells(19, 57) = Classe
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Voltar_Click()  
Unload Robot  
Menu.Show  
End Sub
```