



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-
ÁRIDO CENTRO DE ENGENHARIAS
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

LUAN CAIO MEDEIROS JALES

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO ANDROID PARA VERIFICAÇÃO DE
PERFIS DE AÇO TRACIONADOS – LIGAÇÕES POR SOLDA**

MOSSORÓ –

RN 2018

LUAN CAIO MEDEIROS JALES

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO ANDROID PARA VERIFICAÇÃO DE
PERFIS DE AÇO TRACIONADOS – LIGAÇÕES POR SOLDA**

Trabalho de Final de Graduação
apresentado a Universidade Federal Rural
do Semi-Árido – UFERSA, Centro de
Engenharias, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Jesse Wille Gondim Pinto
– UFERSA.

Mossoró – RN

2018

J26d Jales, Luan Caio Medeiros .
DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO ANDROID PARA
VERIFICAÇÃO DE PERFIS DE AÇO TRACIONADOS ?
LIGAÇÕES POR SOLDA / Luan Caio Medeiros Jales. -
2018.
51 f. : il.

Orientador: Jesse Wille Gondim Pinto.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2018.

1. aplicativo . 2. solda. 3. perfil . I.
Pinto, Jesse Wille Gondim , orient. II. Título.

LUAN CAIO MEDEIROS JALES

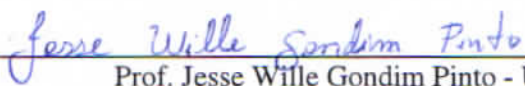
**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO ANDROID PARA VERIFICAÇÃO DE
PERFIS DE AÇO TRACIONADOS – LIGAÇÕES POR SOLDA**

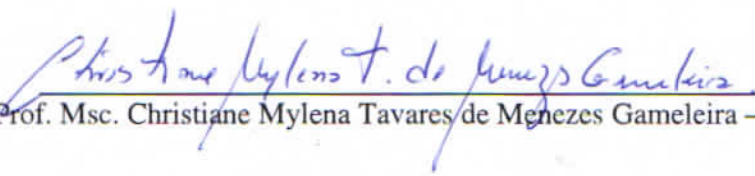
Trabalho de Final de Graduação
apresentado a Universidade Federal Rural
do Semi-Árido – UFERSA, Centro de
Engenharias, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Jesse Wille Gondim Pinto
– UFERSA.

APROVADO EM: 12/09/2018

BANCA EXAMINADORA


Prof. Jesse Wille Gondim Pinto - UFERSA
Presidente


Prof. Msc. Christiane Mylena Tavares de Menezes Gameleira – UFERSA
Segundo Membro


Eng. Samuel Gadelha Guimarães
Terceiro Membro

DEDICATÓRIA

À meu Pai e minha Mãe. Por sempre acreditarem e se dedicarem a meus sonhos, me possibilitando mais essa vitória.

À minha família, em especial a meu pai
Leonel Jales Dantas e minha amada mãe
Rita de Cassia de Medeiros.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar devo agradecer a Deus, pelo dom da vida e as graças que ele sempre me proporcionou alcançar. Pela família maravilhosa que ele me deu. Por ter me dado paciência, força e coragem para continuar meus estudos e nunca ter me deixado desistir dos meus sonhos, apesar de tantas dificuldades.

A minha Mãe Rita de Cassia, que me deu a vida, amor e carinho, sempre me aconselhando e me apoiando em minhas decisões. Queria agradecer por ter me mostrado o caminho certo e me ajudar nas escolhas da vida, queria te falar que eu te amo e tudo isso que vivo hoje devo a senhora.

A meu Pai Leonel Jales Dantas que sempre me apoiou e confiou em mim. Dedicando seu tempo para comprar livros necessários á meus estudos, por saber que esse investimento valeria muito a pena e mim apoiar nas minhas escolhas. Obrigada por tudo Pai.

Agradecer a minhas avós e Maria Dantas e Creusa Jales Dantas, que sempre torceram e acreditaram em mim, me apoiando até aqui. Durante todo esse tempo a distância entre nós foi muito ruim, mas o apoio e dedicação de vocês sempre foram muito importante para minha formação. Amo vocês duas.

Gostaria de agradecer ao meu orientador Jesse Wille Gondim Pinto por participar desse momento tão especial da minha vida. E também por ter me ajudado tantas vezes, se dedicado ao meu trabalho, me dando dicas e compartilhando seu conhecimento comigo. E principalmente, por doar seu tempo a esse trabalho, me ajudado em várias partes deste trabalho, devido a minha falta de tempo, acreditando sempre que todo esse esforço valeria a pena. E desculpar por todas as vezes que não atendi a sua perspectiva, por questão de tempo, pois este período foi muito puxado e cansativo. Obrigado por tudo.

Aos alunos e colegas Emily, Carol, Matheus e Luiz Felipe, pelo apoio, a ajuda de vocês foi muito importante para a realização desse trabalho.

A minha namorada Lucia Helena Andrade, que sempre mim apoio e incentivou a seguir sempre em frente, superando os obstáculos com garra e determinação. Te amo.

A toda a minha família, familiares e amigos que de alguma forma ajudou e proporcional esta conquista. Obrigado a todos.

“O segredo da mudança é focar toda a sua energia, não em brigar com o velho, mas em construir o novo. ”

(Sócrates)

RESUMO

A cada dia, a tecnologia vai transformando cada vez mais a área da construção civil, seja no ambiente de escritório, no campo ou na sala de aula, principalmente através de ferramentas computacionais que conferem assistência eficaz na hora de executar certas atividades de um profissional da área, onde podem surgir algumas dúvidas. Dentro deste contexto, o trabalho aqui proposto tem como finalidade o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivo móvel, que possa verificar a resistência de vários perfis a tração por ligação de solda, de acordo com a NBR 8800 (ABNT 2008). Para que fosse possível o desenvolvimento do mesmo, este foi elaborado pelo programa *Android Studio*, através da linguagem em Java. Com isto, foi observado os resultados, comparando-os com exemplos didáticos para validar os seus cálculos, para que a ferramenta possa ser inserida como um meio de auxílio para a elaboração de projetos, consulta em campo e no meio acadêmico. A partir dos resultados obtido no aplicativo desenvolvido (*Welding Link*), o mesmo apresentou sucesso nos seus resultados, mostrando assim que é viável a sua utilização.

Palavras-chave: Welding Link. Perfil a tração. Solda. Estrutura de Aço.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Perfis tubulares.	20
Figura 2 - Perfis padrão americano H, I e C ou U	21
Figura 3 - Perfis W tipo I e W tipo H ou HP.	21
Figura 4 - Cantoneiras de abas iguais (a) e abas desiguais (b).	22
Figura 5 - Perfis compostos de chapas (perfis soldados) ou de perfis laminados	23
Figura 6 - Eletrodo manual revestido	24
Figura 7 - Eletrodo sem revestimento. Solda de arco submerso	24
Figura 8 - solda de arco com proteção gasosa	25
Figura 9 - Defeitos de soldas	26
Figura 10 - Posições de soldagem com eletrodos.....	27
Figura 11 - Solda entalhe de penetração total.....	28
Figura 12 - Solda entalhe de penetração parcial.....	28
Figura 13 - Solda de filete	28
Figura 14 - Coeficiente para cálculo de área líquida efetiva em seções de soldada.....	31
Figura 15 - Tela inicial do aplicativo.....	35
Figura 16 - Tela flutuante de informações sobre o aplicativo	36
Figura 17 - Tela de Combinações de ações	37
Figura 18 - Tela de Tipo da solda (Entalhe).....	38
Figura 19 - Tela de Tipo da solda (Filete).....	39
Figura 20 - Tela de Análise de resultados	40
Figura 21 - Perfil com ligação de solda de filete sobre tração	41
Figura 22 - Perfil com ligação de solda de entalhe sobre tração	41
Figura 23 - Exemplo 4.6.1 do Pfeil para solda de filete	42
Figura 24 - Exemplo 4.6.1 do Pfeil para solda de entalhe.....	43
Figura 25 - Exercício 3	43
Figura 26 - Exercício 3 do Pinheiro para solda de entalhe.....	44
Figura 27 - Exercício 5	45
Figura 28 - Exercício 5 do Pinheiro para dados do perfil.....	46
Figura 29 - Exercício 5 do Pinheiro para comprimento 13,6 cm	47
Figura 30 - Exercício 5 do Pinheiro para comprimento 13,8 cm	48
Figura 31 - Exercício 8	48
Figura 32 - Exercício 8 do Pinheiro	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Propriedades mecânicas de aços-carbono.	18
Tabela 2 - Propriedades mecânicas de aços de baixa liga.	19
Tabela 3 - Valores de Coeficiente γ_m Parcial de Segurança, Aplicado às Resistências.....	30
Tabela 4 - Dimensões mínimas de filetes de Solda	33
Tabela 5 - Aços utilizados pelo aplicativo.....	34
Tabela 6 - Resumo dos resultados finais	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
CBCA	Centro Brasileiro de Construção em Aço
EN	Normas Europeias
ESB	Escoamento da Seção Bruta
FLA	Flambagem Local da Alma
FLM	Flambagem Local da Mesa comprimida
FLT	Flambagem Lateral com Torção
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
RSL	Ruptura da Seção Líquida

LISTA DE SÍMBOLOS

A_c	Área do segmento ligado;
A_e	Área líquida efetiva da seção transversal;
A_g	Área bruta da seção transversal;
A_{MB}	Área do metal-base;
$A_{n,ef}$	Área efetiva da solda;
A_n	Área líquida da seção transversal;
b_f	Largura total da mesa;
C_t	Coeficiente de redução da área líquida;
E	Módulo de elasticidade;
f_u	Resistência à ruptura do aço;
f_y	Resistência ao escoamento do aço;
f_w	Tensão resistente do metal da solda;
h	Altura da alma;
l	Comprimento de solda
$N_{d,res}$	Força axial resistente de cálculo de tração, a que for aplicável;
N_{sd}	Força axial solicitante de cálculo de tração, a que for aplicável;
t	Garganta do filete de solda
t_0	Espessura da alma;
t_f	Espessura da mesa;
γ_{a1}	Coeficiente de ponderação relacionado a escoamento, flambagem e instabilidade;
γ_{a2}	Coeficiente de ponderação relacionado à ruptura;
γ_{w2}	Combinações normais, especiais ou de construção;
γ_{w2}	Combinações excepcionais de ações;

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. OBJETIVOS	16
1.1.1. Objetivo geral.....	16
1.1.2. Objetivos específicos.....	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1. ESTRUTURAS METÁLICAS	17
2.1.1. Tipos de aços estruturais	17
2.2. PROPRIEDADES DO AÇO	19
2.2.1. Propriedades mecânicas do aço.....	19
2.2.2. Propriedades químicas dos perfis metálicos.....	20
2.3. PERFIS LAMINADOS	20
2.4. PERFIS SOLDADOS	22
2.5. LIGAÇÕES COM SOLDAS	23
2.5.1. Processo Construtivo.....	23
2.5.2. Tipos de Eletrodos.....	25
2.5.3. Defeitos na Solda	25
2.5.4. Posições de Soldagem com Eletrodos.....	27
2.5.5. Soldas de Entalhe e Solda de Filete.....	27
2.6. DIMENSIONAMENTO	29
2.6.1. Tração de perfis de aço.....	29
2.6.2. Tração de ligações de solda.....	31
3. DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA.....	34
3.1. APRESENTAÇÃO DO APLICATIVO	35
3.1.1. Tela inicial.....	35
3.1.2. Telas para cálculos dos esforços	36
4. RESULTADOS	41
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS.....	52

1. INTRODUÇÃO

A utilização de estrutura metálica no Brasil, tem conquistado bastante espaço nas últimas décadas voltado para a área de construção civil em relação a outras técnicas construtivas, pois disponibiliza várias vantagens, como: proporcionar vãos maiores, processo construtivo agilizado, redução das cargas para a fundação e produtos industrializados (proporciona uma maior qualidade do produto e uma racionalização da construção). Rossatto, (2015)

Acoplado a isto, com o passar dos anos a tecnologia está cada vez mais presente nas vidas das pessoas, não somente como meio de comunicação ou entretenimento, mas também como forma de trabalho. Um exemplo disto é uma grande variedade de aplicativos e programas na área de construção civil, que facilitam o trabalho dos profissionais dentro e fora da obra.

Segundo Borges (2010), todas as construções estão sempre sujeitas a esforços de origens distintas, o que induz a necessidade de dimensionar adequadamente seus elementos estruturais a fim de evitar quaisquer problemas e minimizar os custos de mão de obra e material, sempre dentro dos padrões de segurança.

Já as ligações de solda, por serem elementos mais simples em relação a estrutura no geral, muitas das vezes não são detalhadas no projeto e/ou o engenheiro não dá a devida atenção que estas requerem, deixando assim por conta da experiência do profissional que irá soldar a estrutura (soldador).

Portanto, será desenvolvido um aplicativo *Android* através da linguagem de programação orientada a objetos *Java*, que faça a verificação da resistência de soldas em estruturas metálicas sujeitas ao esforço de tração axial, bem como a verificação dos estados limites último (ELU) associados à resistência dos perfis metálicos, sendo destes soldados ou laminado

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Desenvolver um aplicativo *Android*, por meio da linguagem de programação *Java*, que forneça os valores de resistência dos perfis e das soldas sujeita a tração para uma série de possibilidades de aplicação na construção civil.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Compreender os cálculos para dimensionamento de perfis tracionado e ligações de solda tracionada.
2. Compreender o sistema de programação do programa *Android Studio*.
3. Incorporar os perfis comerciais e os principais aços estruturais ao banco de dados do aplicativo.
4. Desenvolver uma interface agradável e pratica para facilitar a compreensão do usuário ao utilizar o aplicativo.
5. Verificar os resultados apresentados pelo aplicativo com os cálculos contidos na literatura.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ESTRUTURAS METÁLICAS

A utilização de estruturas metálicas na construção civil apresenta várias vantagens e soluções de arquitetura, onde segundo Nardin (2008) estas vantagens são expressas pelo alívio das fundações, pela redução do tempo de construção, maior espaço útil, qualidade da obra, entre outras.

Umas das primeiras obras com a utilização da estrutura metálica segundo Bellei, Pinto e Pinto (2008), foi a ponte sobre Coalbrookdale, em 1779 na Inglaterra, e projetada por Abraham Darby, com vão de 30m. Com a revolução industrial a utilização do aço se tornou generalizada, aparecendo assim vários tipos de obra com a utilização da estrutura metálica.

No Brasil a utilização do aço se iniciou com intensidade só depois da Segunda Guerra Mundial, com a construção da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), segundo Pfeil e Pfeil (2009) umas das principais obras no Brasil com a utilização da estrutura metálica foi a ponte sobre o rio Paraíba do Sul no estado do Rio de Janeiro, que atingia vão de 30 metros, sendo ela inaugurada no século XIX.

2.1.1. Tipos de aços estruturais

O aço é uma liga de ferro-carbono onde o teor de carbono pode variar de 0,008% a 2,11%, sendo que quanto maior a concentração de carbono maior a resistência do aço, porém o torna mais frágil. Já para uma concentração menor de carbono, menor a resistência, mas tornam-se mais dúcteis. A resistência a tração dos aços pode variar de 300MPa até valores acima de 1200MPa (Pfeil e Pfeil, 2009).

De acordo com a composição química os aços são divididos em dois grupos, aço-carbono e aço de baixa liga. Os aços-carbono apresentam teores normais e elementos residuais, e em aço de baixa liga, que são aços-carbono acrescidos de elementos de liga, apresentam altos teores de elementos residuais (Pfeil e Pfeil, 2009).

2.1.1.1. Aço-carbono

Os Aços-carbono não possuem elemento de liga, porém podem ter alto, médio ou baixo teor de carbono, sendo assim o mais adequado para construção. Para Pfeil e Pfeil, o

aço-carbono em função do teor de carbono, se divide em três categorias:

Baixo carbono	$C < 0,29\%$
Médio carbono	$0,30\% < C < 0,59\%$
Alto carbono	$0,60\% < C < 2,00\%$

Os aços-carbono mais utilizados em estruturas metálicas, são os padrões da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), American Society for Testing and Materials (ASTM) e das normas europeias (EM), que são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 1- Propriedades mecânicas de aços-carbono.

Especificação	Teor de carbono %	Tensão de escoamento f_y (MPa)	Tensão de ruptura f_u (MPa)
ABNT MR250	Baixo	250	400
ASTM A36	Baixo	250	400 - 500
ASTM A 307 (parafuso)	Baixo	-	415
ASTM A325 (parafuso)	Médio	635 (mínimo)	825 (mínimo)
EM S235	Baixo	235	360

Fonte: Adaptado de Pfeil e Pfeil, 2009.

2.1.1.2. Aços de baixa liga

Os aços de baixa liga são acrescidos de certos elementos, para se aumentar por exemplo sua resistência ou diminuir a sua agressividade à corrosão. Segundo Pfeil e Pfeil (2009, p. 10) “alguns elementos de liga produzem aumento de resistência do aço através da modificação da microestrutura para grãos finos. Graças a esse fato, pode-se obter resistência elevada com teor de carbono de ordem de 0,20%, o que permite a soldagem dos aços sem preocupações especiais.” Portanto, na tabela 2 têm-se alguns tipos de aço de baixa liga e suas propriedades mecânicas.

Tabela 2 - Propriedades mecânicas de aços de baixa liga.

Especificação	Principais elementos de liga	Tensão de escoamento f_y (MPa)	Tensão de ruptura f_u (MPa)
ASTM 572 Gr. 50	C < 0,23 %; Mn < 1,35 %.	345	450
ASTM A588	C < 0,17 %; Mn < 1,2 %; Cu < 0,5 %.	345	485
ASTM A992	C < 0,23 %; Mn < 1,5 %.	345	450

Fonte: Adaptado de Pfeil e Pfeil, 2009.

2.2. PROPRIEDADES DO AÇO

2.2.1. Propriedades mecânicas do aço

As propriedades mecânicas do aço de acordo com Rossatto (2015) são:

- Elasticidade, que é a capacidade de o material voltar a sua forma original após a compressão ou tração do mesmo.
- Plasticidade, é a deformação permanente da estrutura, causada pela tensão de escoamento. Essa deformação altera a estrutura interna do aço aumentando a sua dureza, onde esse processo é chamado de encruamento.
- Ductilidade, é a capacidade de o material de deformar plasticamente sem que ocorra a ruptura, podendo ser mediada através da deformação.
- Tenacidade, é a capacidade de o aço absorver energia elástica e plástica até atingir a sua ruptura.

Para questões de cálculo segundo a ABNT NBR 8800 (2008), deve ser adotado para o aço os seguintes valores de propriedades mecânicas:

Módulo de elasticidade: $E = 200.000 \text{ MPa}$;

Coefficiente de Poisson: $\nu = 0,3$;

Módulo de elasticidade transversal: $G = 77.000 \text{ MPa}$;

Coefficiente de dilatação térmica: $\beta = 1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;

Massa específica: $\rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$.

2.2.2. Propriedades químicas dos perfis metálicos.

Os perfis metálicos reagem facilmente com elementos presentes no ambiente em que estão inseridos, sendo que esta reação origina perda de parte do seu material, que pode acarretar em colapso da estrutura.

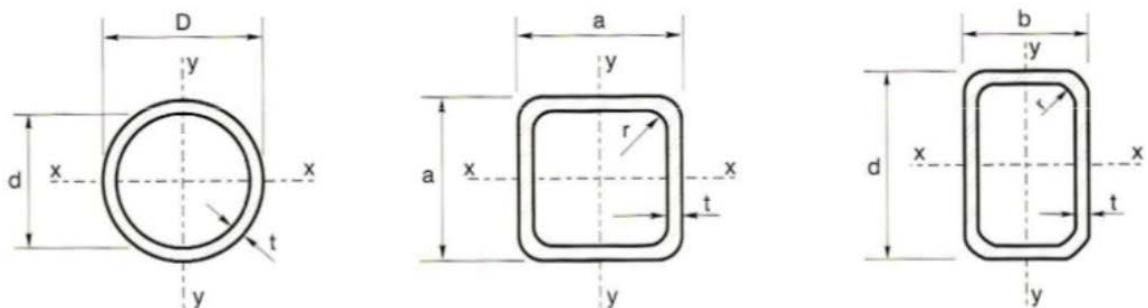
Este processo de degradação do material é denominado de corrosão, e algumas medidas para se evitar é a realização da galvanização ou a aplicação de uma pintura, impedindo que elementos externos reajam com o aço. (Pfeil e Pfeil, 2009).

2.3. PERFIS LAMINADOS

Os produtos laminados são obtidos por laminação a quente, podendo ser de abas inclinadas ou de abas paralelas, sendo eles classificados em vários tipos: barras, chapas e perfis, sendo o perfil o mais relevante para o desenvolvimento do aplicativo.

De acordo com Guarnier (2009), no mercado, os perfis mais utilizados possuem seções transversais semelhantes as formas das letras I, H, L, T, U e Z (figura 1), recebendo denominações análogas a suas letras, com exceção da seção transversal da forma de L, sendo denominada de cantoneira. Já as seções transversais com geometria circular, quadrada ou retangular estão presentes nos perfis tubulares.

Figura 1 - Perfis tubulares.

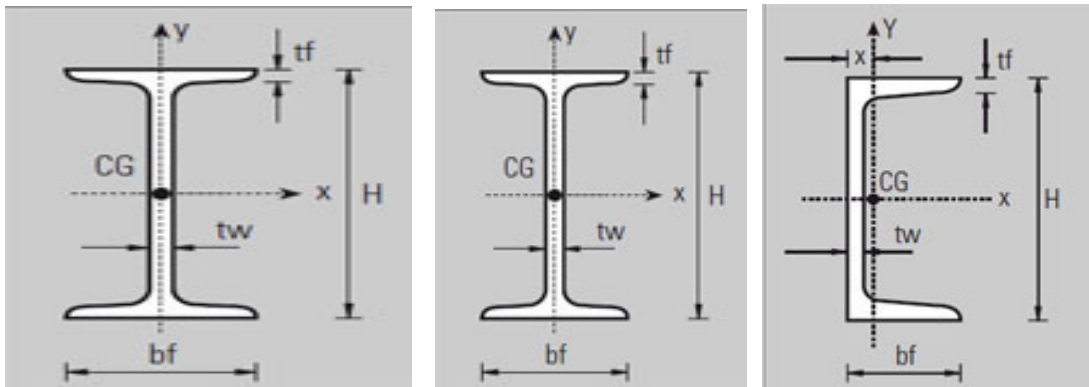


Fonte: Porta Metálica, 2004.

“Os perfis tipo H, I e C são produzidos em grupos, sendo os elementos de cada grupo de altura h constante e largura das abas h variável. A variação da largura se obtém

aumentando o espaçamento entre os rolos laminadores de maneira que a espessura da alma tem variação igual à da largura das abas. ” (PFEIL e PFEIL, 2009, p. 20). Sendo este grupo muito presente e utilizado nos Estados Unidos da América, sendo o perfil H geralmente utilizado em pilares e o I em vigas (figura 2).

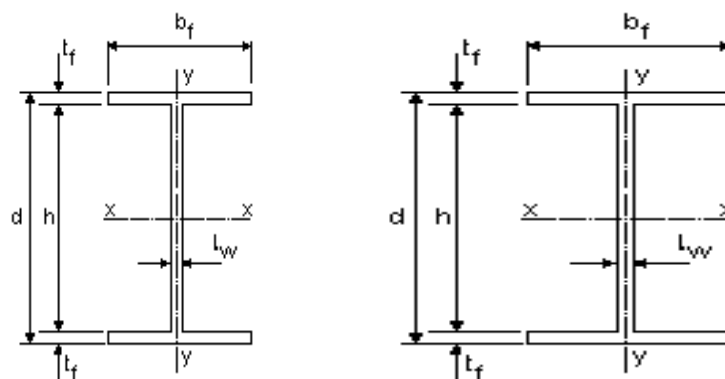
Figura 2 - Perfis padrão americano H, I e C ou U



Fonte: Porta Metálica, 2004.

Já os perfis laminados com abas paralelas são comumente utilizados no Brasil, como por exemplo os W tipo I e W tipo H ou HP, ilustrados na figura 3:

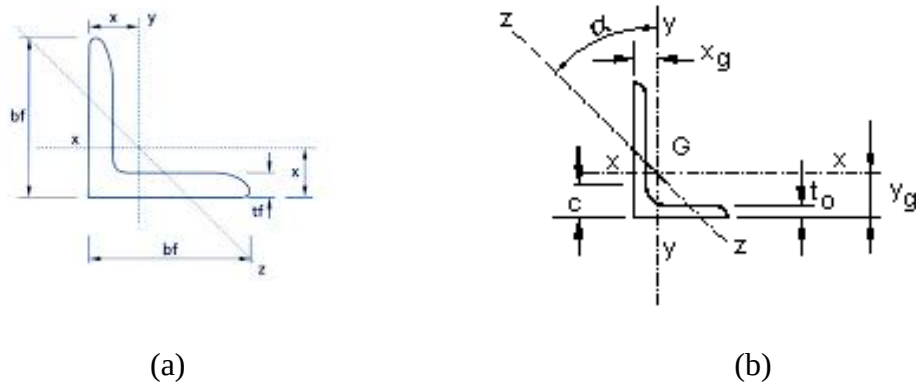
Figura 3 - Perfis W tipo I e W tipo H ou HP.



Fonte: Porta Metálica, 2004.

Os perfis L (cantoneiras) são divididos em dois grupos, sendo o primeiro de abas iguais e o segundo de abas desiguais, como observado na figura 4:

Figura 4 - Cantoneiras de abas iguais (a) e abas desiguais (b).



Fonte: Delta Aço e Porta Metálica, 2004.

2.4. PERFIS SOLDADOS

Os perfis soldados são uma associação de peças ligadas entre si. O meio de ligação destas peças, são geralmente por ligação de solda. De acordo com a norma brasileira ABNT NBR 5884:1980, foi padronizada três tipos de perfis metálicos.

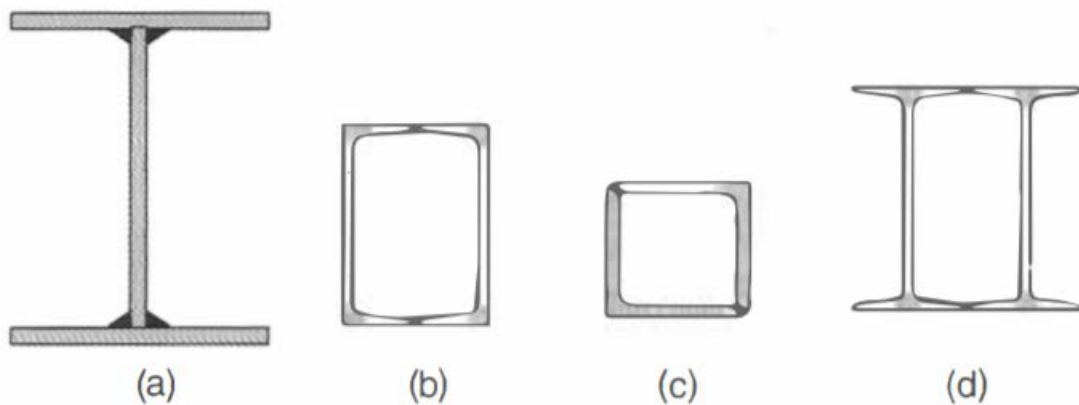
Perfis CS (coluna soldada);

Perfis VS (viga soldada);

Perfis CVS (coluna e viga soldada).

Esse tipo de perfil possui uma vantagem sobre o perfil laminado, pois eles não apresentam limites de altura ou lições paralelas entre eles como esta demonstrado na Figura 5, com a intenção da diminuição do momento de inercia elevado, já que sistema de perfis laminados fica restrito à capacidade da linha de produção de cada fabricante.

Figura 5 - Perfis compostos de chapas (perfis soldados) ou de perfis laminados



Fonte: Pfeil e Pfeil, (2009, p23)

2.5. LIGAÇÕES COM SOLDAS

2.5.1. Processo Construtivo

A soldagem é a técnica empregada na união de dois ou mais componentes de uma peça estrutural conservando as propriedades físicas, químicas e a continuidade do material. As vantagens da conexão soldada são: maior rigidez da ligação, redução de custos na fabricação por eliminar furações e melhor acabamento final. Mas há dificuldade para desmontagem e principalmente para controlar o controle de qualidade da soldagem. (Rossatto, 2015, p.20)

Para que seja necessária a ligação entre os metais, a solda pode ser de origem elétrica, ótica, química ou mecânica. Sendo a mais usada nas siderúrgicas a elétrica. Segundo Pfeil e Pfeil, (2009), o material de ligação deve ser isolado do ambiente externo para evitar a formação de impurezas na solda, causando assim, danos a sua resistência. A partir disto têm-se vários modelos de se evitar estes danos ao material de ligação.

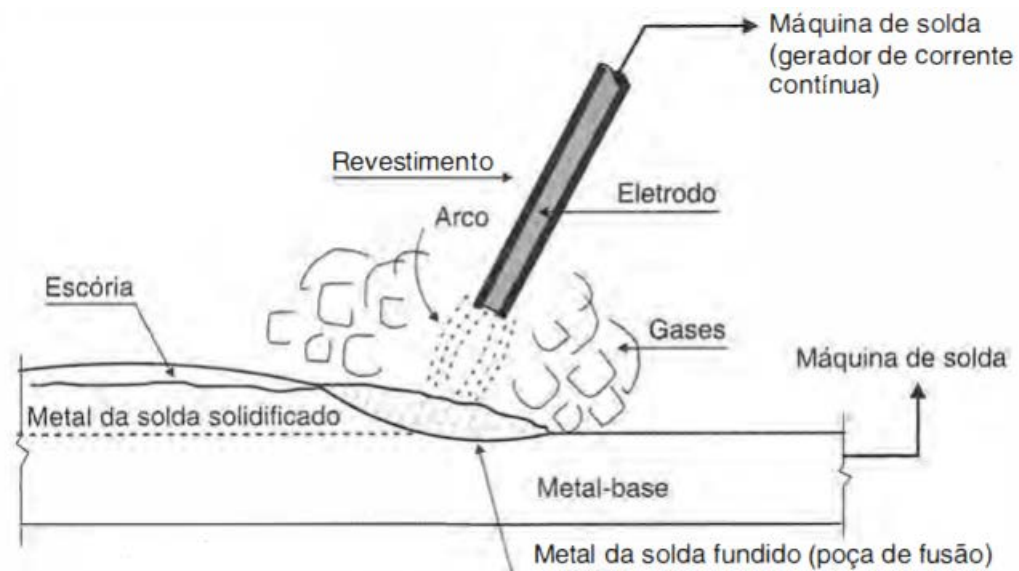
a) *Eletrodo manual revestido*. O revestimento é consumido juntamente com o eletrodo, transformando-se parte em gases inertes, parte em escória (figura 6).

b) *Arco submerso em material granular fusível*. O eletrodo é um fio metálico sem revestimento, porém o arco voltaico e o metal fundido ficam isolados pelo material granular (figura 7).

c) *Arco elétrico com proteção gasosa* (também conhecido como MIG/MAG-Metal Inert Gas I Metal Active Gas). O eletrodo é um arame sem revestimento, e a proteção da poça de fusão é feita pelo fluxo de um gás (ou mistura de gases) lançado pela tocha de soldagem (figura 8).

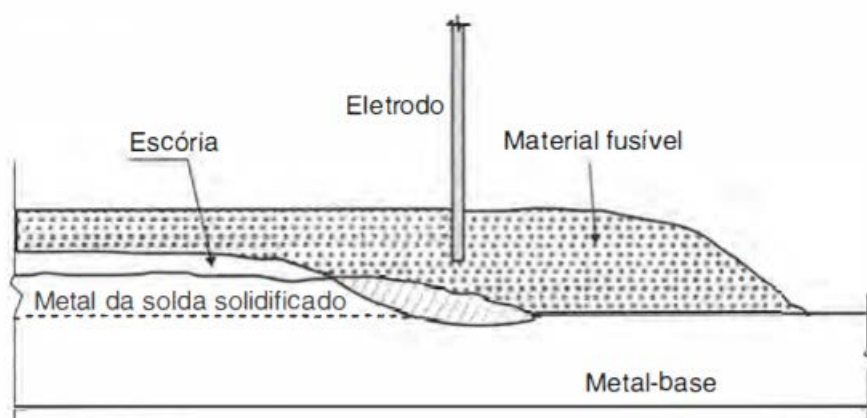
d) *Arco elétrico com fluxo no núcleo.* O eletrodo é um tubo fino preenchido com o material que protege a poça de fusão.
(Pfeil e Pfeil, 2009, p.90)

Figura 6 - Eletrodo manual revestido



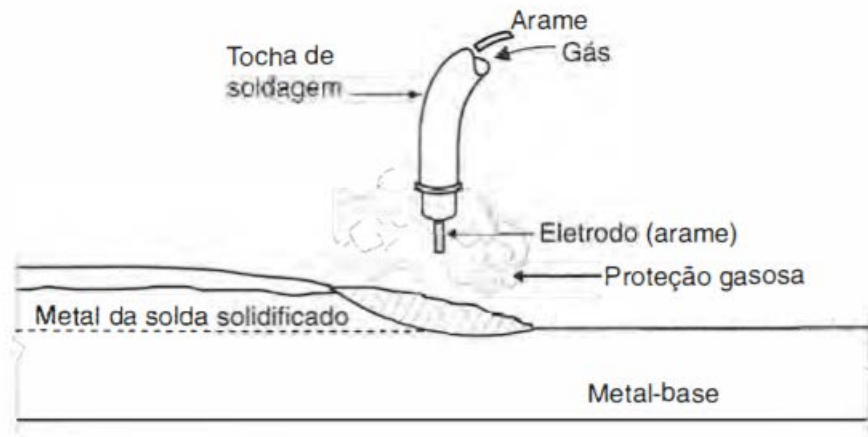
Fonte: Pfeil e Pfeil (2009)

Figura 7 - Eletrodo sem revestimento. Solda de arco submerso



Fonte: Pfeil e Pfeil (2009)

Figura 8 - solda de arco com proteção gasosa



Fonte: Pfeil e Pfeil (2009)

2.5.2. Tipos de Eletrodos

Os eletrodos utilizados nas soldas por arco voltaico são varas de aço-carbono ou aço de baixa liga. Os eletrodos com revestimento são representados da seguinte forma: E70XY. Segundo a norma da ABNT NBR 8800:2008:

E = eletrodo;

70 = resistência à ruptura f_w da solda em ksi;

X = número que se refere à posição de soldagem satisfatória (I - qualquer posição; 2 - somente posição horizontal);

Y = número que indica tipo de corrente e de revestimento do eletrodo.

Os principais tipos de eletrodos empregados na indústria são:

$$E60 = f_w = 60 \text{ ksi} = 415 \text{ MPa}$$

$$E70 = f_w = 70 \text{ ksi} = 485 \text{ MPa}$$

2.5.3. Defeitos na Solda

As soldas podem apresentar vários tipos de defeitos durante e após o processo de soldagem.

a) Fraturas a frio. O calor interno imposto pelo processo de solda afeta a microestrutura tanto do metal da solda quanto do metal-base adjacente à poça de fusão na região conhecida como zona termicamente afetada (ZTA). Esta zona atinge temperaturas de fusão e, após o resfriamento, sua microestrutura fica diferente do restante do material-base. Com o resfriamento rápido, devido à

absorção de calor pelo metal adjacente à solda, há a tendência à formação de microestruturas mais frágeis do que as do aço original, e, portanto, mais suscetíveis à ocorrência de fraturas sob ação mecânica (fraturas a frio). A origem dessas fraturas está relacionada também à absorção de hidrogênio presente, em geral, no revestimento dos eletrodos. As fraturas a frio podem ser evitadas controlando-se a velocidade de resfriamento, por exemplo, com preaquecimento do metal-base e com a utilização de eletrodos com revestimento de carbonato de sódio (eletrodos de baixo hidrogênio - essenciais no caso de aços de baixa liga).

b) Fraturas a quente. Estas fraturas ocorrem no material da solda durante a solidificação e são devidas à presença de impurezas, em geral enxofre e fósforo, solidificando-se a temperaturas mais baixas que a do aço.

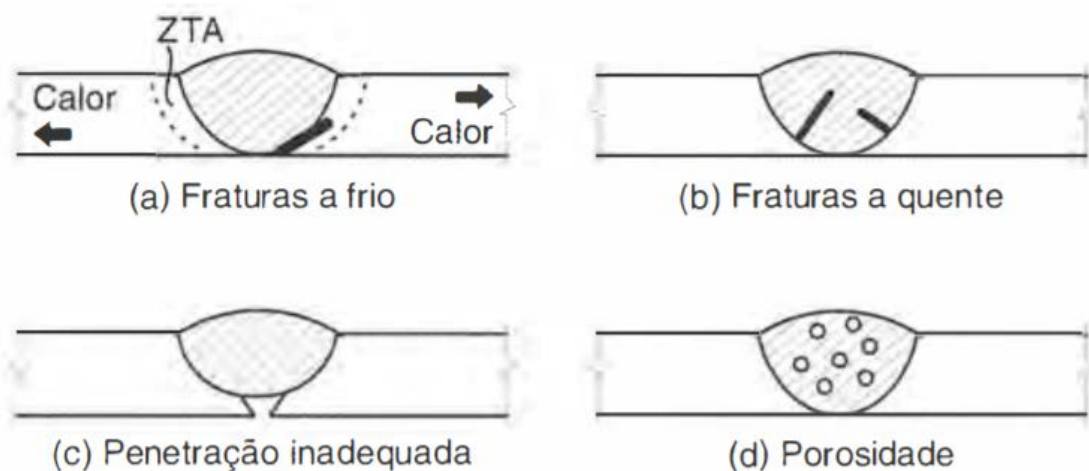
c) Fusão incompleta, penetração inadequada. Decorrem em geral de insuficiência de corrente.

d) Porosidade. Retenção de pequenas bolhas de gás durante o resfriamento; frequentemente causada por excesso de corrente ou distância excessiva entre o eletrodo e a chapa.

e) Inclusão de escória. Usual em soldas feitas em várias camadas, quando não se remove totalmente a escória em cada passe.

(Pfeil e Pfeil, 2009, p.93)

Figura 9 - Defeitos de soldas

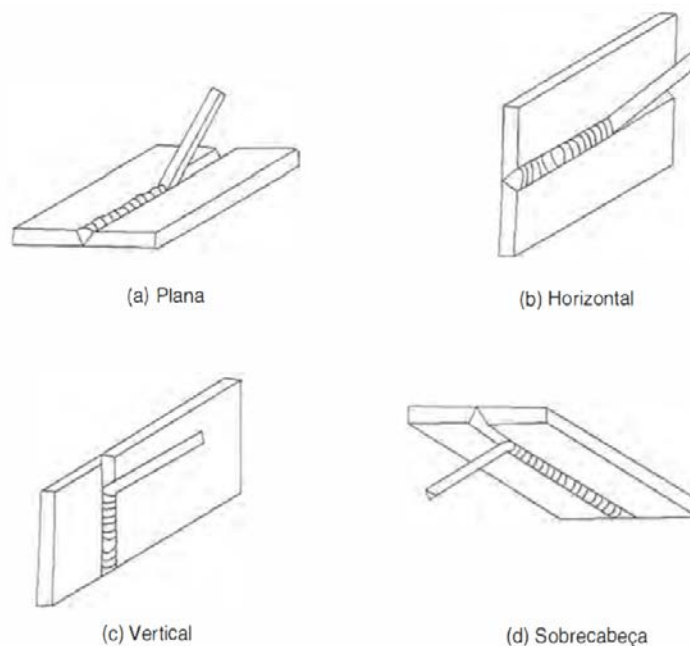


Fonte: Pfeil e Pfeil (2009)

2.5.4. Posições de Soldagem com Eletrodos

No processo de soldagem, esta apresenta vários tipos de posições das soldagens com os eletrodos, sendo elas plana, horizontal, vertical e sobre cabeça. Sendo para Pfeil e Pfeil (2009) a posição plana que apresenta os melhores resultados, sendo utilizada perfeitamente nos trabalhos de oficinas para a colocação das peças nas posições adequadas. As posições horizontais e verticais, vem logo em seguida, mas continua apresentando bons resultados. Já as de sobre cabeça, são as que apresentam maiores dificuldades em relação as outras, sendo sua aplicação somente em casos especiais (figura 10).

Figura 10 - Posições de soldagem com eletrodos

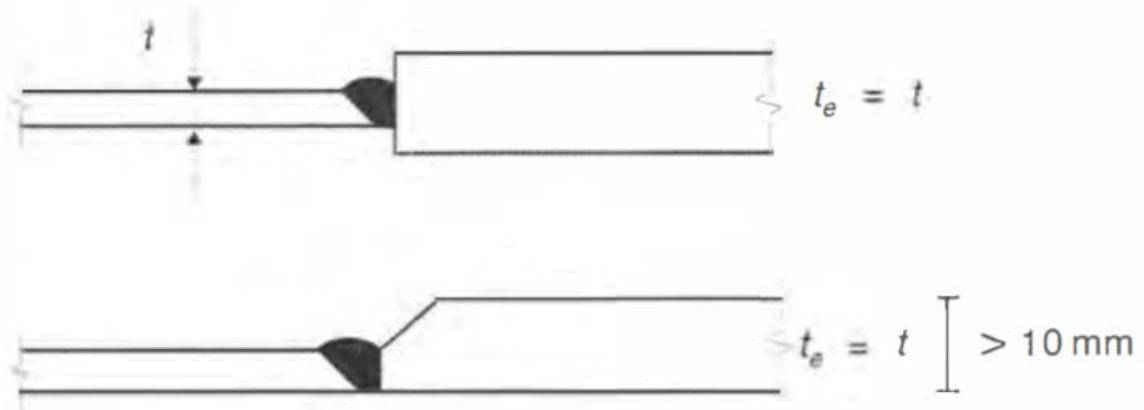


Fonte: Pfeil e Pfeil (2009)

2.5.5. Soldas de Entalhe e Solda de Filete

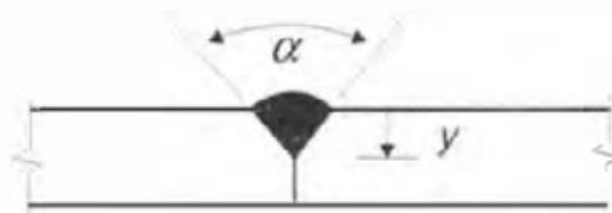
As soldas de entalhe são geralmente de penetração total, representado na Figura 11, mas por questão de projeto, em alguns casos, a penetração não é total, sendo assim, classificada como penetração parcial, representado na Figura 12.

Figura 11 - Solda entalhe de penetração total



Fonte: Pfeil e Pfeil (2009)

Figura 12 - Solda entalhe de penetração parcial



Fonte: Pfeil e Pfeil (2009)

Já para as soldas de filete, o material é depositado na face lateral dos elementos de ligação, como é visto na figura 13:

Figura 13 - Solda de filete



Fonte: Pfeil e Pfeil (2009)

2.6. DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento será dividido em duas partes, a tração de um perfil de aço, que irá verificar a ruptura de seção líquida e o escoamento da seção bruta. Já a segunda parte verifica a resistência do material de solda, tanto para entalhe como para filete, de acordo com a ABNT NBR 8800:2008 e o livro Pfeil e Pfeil (2009).

2.6.1. Tração de perfis de aço

No caso do escoamento da seção bruta, têm-se:

$$R_{dt} = \frac{A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}} \quad (1)$$

Onde:

A_g = área bruta

f_y = tensão de escoamento a tração do aço

γ_{a1} = pode ser encontrado na Tabela 3

Já para o caso da ruptura de seção líquida, têm-se:

$$R_{dt} = \frac{A_{n,ef} \cdot f_u}{\gamma_{a2}} \quad (2)$$

Onde:

$A_{n,ef}$ = área líquida efetiva

f_u = tensão última resistente do aço

γ_{a2} = pode ser encontrado na Tabela 3

Tabela 3 - Valores de Coeficiente γ_m Parcial de Segurança, aplicado às Resistências

Material	γ_m	Combinações de Ações		
		Normais	Especiais ou de construção	Excepcionais
Aço estrutural, pinos e parafusos - Estados limites de escoamento e flambagem	γ_{a1}	1,10	1,10	1,00
Aço estrutural, pinos e parafusos - Estado limite de ruptura.	γ_{a2}	1,35	1,35	1,15
Concreto	γ_c	1,40	1,20	1,20
Aço de armadura de concreto armado	γ_s	1,15	1,15	1,00

Fonte: Adaptado de Pfeil e Pfeil, 2009.

A $A_{n,ef}$ segundo Pfeil e Pfeil (2009) é igual a área bruta A_g , menos as áreas dos furos contidos na seção reta da peça e, no caso de furação enviesada, encontrasse em um percurso que represente o menor valor de seção líquida. Mas no caso de solda, não ocorrerá a ruptura de seção líquida na maioria dos casos, pois ela não apresenta furos na sua seção.

Quando a ligação é feita por todos os segmentos de um perfil, a seção participa integralmente da transferência dos esforços. Isto não acontece, por exemplo, nas ligações das cantoneiras com a chapa de nó, nas quais a transferência dos esforços se dá através de uma aba de cada cantoneira. Nesses casos as tensões se concentram no segmento ligado e não mais se distribuem em toda a seção. Este efeito é levado em consideração utilizando, no cálculo da resistência à ruptura. (Pfeil e Pfeil, 2009, p. 52)

Onde a área efetiva para solda é dada por:

$$A_{n,ef} = C_t \cdot A_g \quad (3)$$

C_t = fator redutor aplicado a área líquida

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l} \geq 0,60 \quad (4)$$

e_c = excentricidade do plano de ligação em relação ao centro geométrico da seção

Para peças tracionadas ligadas apenas por soldas transversais (Figura 13.a), temos:

$$C_t = \frac{A_c}{A_g} \quad (5)$$

A_c = área do segmento ligado

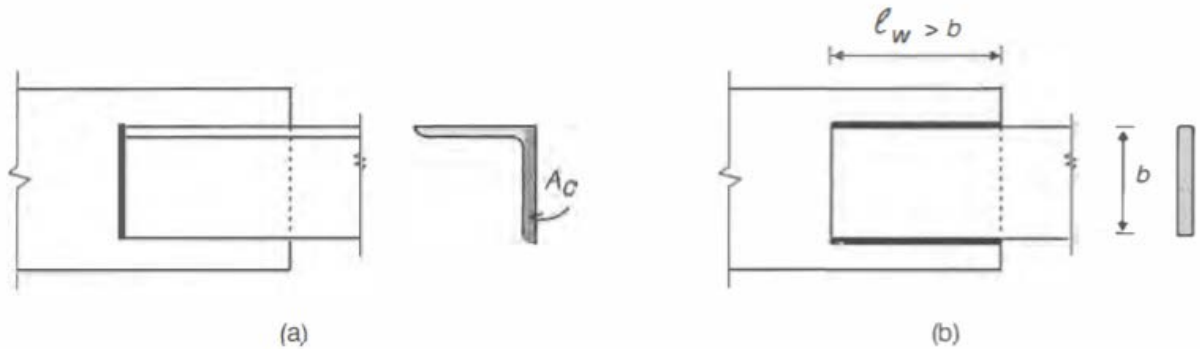
No caso de chapas planas ligadas apenas por soldas longitudinais, o coeficiente C_t , depende da relação entre o comprimento l_w , das soldas e a largura b da chapa (figura 13.b).

$$C_t = 1,00 \quad \text{para } l_w \geq 2b \quad (6.a)$$

$$C_t = 0,87 \quad \text{para } 1,5b \leq l_w < 2b \quad (6.b)$$

$$C_t = 0,75 \quad \text{para } b \leq l_w < 1,5b \quad (6.c)$$

Figura 14 - Coeficiente para cálculo de área líquida efetiva em seções de soldada.



Fonte: Adaptado de Pfeil e Pfeil, 2009.

2.6.2. Tração de ligações de solda

De acordo com a ABNT NBR 8800 (2008) soldas de Entalhe sobre tração, apresenta dois tipos: penetração total e de penetração parcial. Onde:

Penetração total:
$$R_d = \frac{A_{MB} \cdot f_y}{\gamma_{a1}} \quad (7)$$

Penetração parcial, menor valor entre:
$$R_d = \frac{A_{MB} \cdot f_y}{\gamma_{a1}} \quad (8.a) \quad \text{e} \quad R_d = \frac{0,60 \cdot A_w \cdot f_w}{\gamma_{w1}} \quad (8.b)$$

Onde: A_{MB} é igual ao produto do comprimento da solda pela espessura da peça mais delgada.

A_w é igual ao produto do comprimento efetivo pela espessura efetiva.

Onde:

f_w = tensão resistente do metal da solda;

$\gamma_{w1} = 1,25$ para combinações normais, especiais ou de construção;

$\gamma_{w1} = 1,05$ para combinações excepcionais de ações.

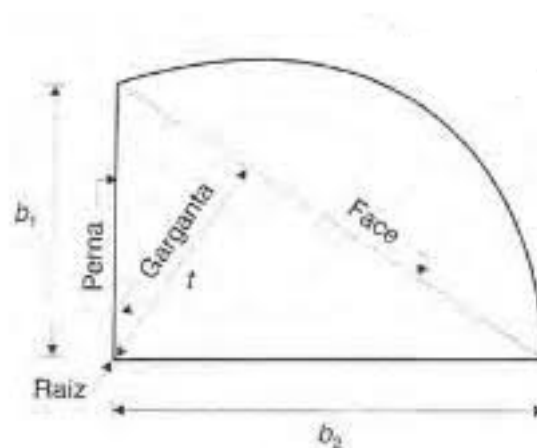
Já para soldas de filete de acordo com Pfeil e Pfeil (2009) “as soldas de filete são assimiladas, para efeito de cálculo, a triângulos retângulos. Os filetes são designados pelos comprimentos de seus lados”. Sendo a área da solda:

$$A_w = t \cdot l \quad (9)$$

Onde t é a garganta do filete de solda, de acordo com a figura 15:

$$t = \frac{b_1 \cdot b_2}{\sqrt{b_1^2 + b_2^2}} \quad (10)$$

Figura 15 - filete de solda, garganta, face teórica e pernas



Fonte: Adaptado de Pfeil e Pfeil, 2009.

Sendo b_1 e b_2 as pernas das soldas. Para $b_1=b_2$ o t (garganta) é igual a 0,7 da perna, com isto, temos a área da solda de filete:

$$A_w = 0,7b \cdot l \quad (11)$$

Onde o $b_{\min}$ é dado pela Tabela 4

Tabela 4 - Dimensões mínimas de filetes de Solda

Espessura da chapa mais fina em mm	Perna do filete (bmin)
até 6,3	3 mm
6,3 - 12,5	5 mm
12,5 – 19	6 mm
> 19	8 mm

Fonte: Adaptado de Pfeil e Pfeil, 2009.

A resistência de cálculo para soldas de filete pode ser obtida com a expressão a seguir:

$$R_d = \frac{0,60 \cdot A_w \cdot f_w}{\gamma_{w2}} \quad (12)$$

Onde:

$\gamma_{w2} = 1,35$ para combinações normais, especiais ou de construção;

$\gamma_{w2} = 1,15$ para combinações excepcionais de ações.

3. DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

O aplicativo foi desenvolvido através de *software* para computador *Android Studio*, sendo este o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE), oficial para o desenvolvimento de aplicativos Android.

O aplicativo aqui criado foi nomeado como *Welding Link*. O mesmo possui um banco de dados contendo as dimensões e propriedades geométricas de vários perfis comerciais, relacionados por ordem de escolha na ferramenta: H padrão americano; I padrão americano; U de abas inclinadas entre si; Cantoneira de abas iguais (separadas em dois grupos menores, de acordo com as alturas das seções transversais dos perfis); Cantoneiras de abas desiguais; W tipo I; W tipo H e HP; IPE europeu e HEA europeu. A ferramenta possui um total de 277 perfis cadastrados, todos padronizados, podendo ser encontrados no livro Estruturas de Aço – Dimensionamento prático de acordo com a NBR 8800:2008 – Pfeil e Pfeil (2009). O banco de dados do *Welding Link* também contém uma série de aços estruturais, com os valores de suas respectivas resistências ao escoamento e ruptura, mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Aços utilizados pelo aplicativo.

Aço	Tensão de escoamento f_y (MPa)	Tensão de ruptura f_u (MPa)
MR250 (ASTM A36)	250	400
AR350	350	450
AR415	415	520
AR350-COR	350	485
ASTM A572 Grau 42	290	415
ASTM A572 Grau 50	345	450
ASTM A242 Gr. 1	345	485
ASTM A242 Gr. 2	315	460
ASTM A588	345	485
USI SAC 300	300	400
USI SAC 350	350	500

Fonte: Adaptado da NBR 8800:2008 e Pfeil e Pfeil (2009)

Para o desenvolvimento do aplicativo e todos os seus cálculos, foram feitas algumas considerações, relatadas a seguir:

O coeficiente de redução da área líquida (C_t) deve ter seu valor informado no intervalo de 60 a 90 %, de forma que possa ser considerado para os cálculos do esforço resistente à tração que apenas uma parte da seção transversal do perfil esteja contribuindo na resistência

ao esforço solicitante, em concordância com as aplicações reais em obras de engenharia. Sendo este disponível quando selecionado perfis L (cantoneiras).

3.1. APRESENTAÇÃO DO APLICATIVO

Os tópicos a seguir, relatam como foi dado todo o procedimento para a criação das partes constituintes do *Welding Link*, ilustrando as telas da ferramenta e também as rotinas de cálculo para os esforços solicitantes.

3.1.1. Tela inicial

Na interface inicial da ferramenta (Figura 16), são dispostos dois botões: o primeiro (CALCULAR) traz o ambiente para o dimensionamento de perfis sob o esforço de tração axial; o segundo botão (SOBRE) abre uma interface flutuante (Figura 17), que traz algumas informações sobre o aplicativo, como o seu nome, autor, dentre outras.

Figura 16 - Tela inicial do aplicativo

Figura 17 - Tela flutuante de informações sobre o aplicativo

Fonte: Autoria própria.

3.1.2. Telas para cálculos dos esforços

Na primeira tela (DADOS DO PERFIL), depois de acionar o botão (CALCULAR) têm-se as informações a respeito dos perfis a serem verificados, onde o usuário deve escolher, através de listas suspensas, o aço a partir do qual a peça é fabricada, o formato da seção transversal e o fator redutor aplicado a área líquida, caso seja selecionado um perfil L (cantoneira). É neste campo que o usuário acessa a biblioteca do *Welding Link*, selecionando dentre as opções previamente cadastradas a de sua escolha.

Já na segunda tela (COMBINAÇÕES DE AÇÕES), depois de acionar o botão (→), abrirá a opção de selecionar um dos dois botões, sendo o primeiro referente às ações normal e especial (Figura 18.a) e o segundo, com as ações excepcionais (Figura 18.b).

Figura 18 - Tela de Combinações de ações

(a)

(b)

Fonte: Autoria própria.

Depois de ter selecionado o tipo de ação, selecionando novamente o botão (→), adentra-se na terceira tela (TIPOS DE SOLDAS), onde neste ambiente, na parte de “Material da solda” aparece a opção de escolher o tipo de solda, comprimento da solda e o número de cordões de soldas, escolhendo de acordo com a opção do usuário.

Na mesma tela, na parte de “Tipos de Solda”, consta dois botões para a escolha do usuário, sendo estes: botão (ENTALHE) e o botão (FILETE).

O botão ENTALHE ao ser selecionado faz surgir dois botões para opções diferentes de cálculo, sendo estes de penetração total e penetração parcial. (Figura 19)

Figura 19 - Tela de Tipo da solda (Entalhe)

Fonte: Autoria própria.

O botão (FILETE) se selecionado, mostra uma imagem e dois ambientes para determinar os valores dos lados do filete em milímetros. (Figura 20)

Figura 20 - Tela de Tipo da solda (Filete)

Fonte: Autoria própria.

Selecionando mais uma vez o botão ($\rightarrow$), o usuário é transferido para uma nova tela (ANÁLISE DE RESULTADOS), onde nesta tela estarão dispostos o escoamento da seção bruta, ruptura do material de solda e, caso o perfil for uma cantoneira, a ruptura de seção líquida. Ao passo que que o aplicativo vai selecionar o menor valor entre eles para se determinar o esforço resistente.

Na mesma tela, consta a opção de ser informado o esforço solicitante de projeto e, com isto, pode-se verificar sua eficiência, acionando o botão (CALCULAR). (Figura 21)

Figura 21 - Tela de Análise de resultados

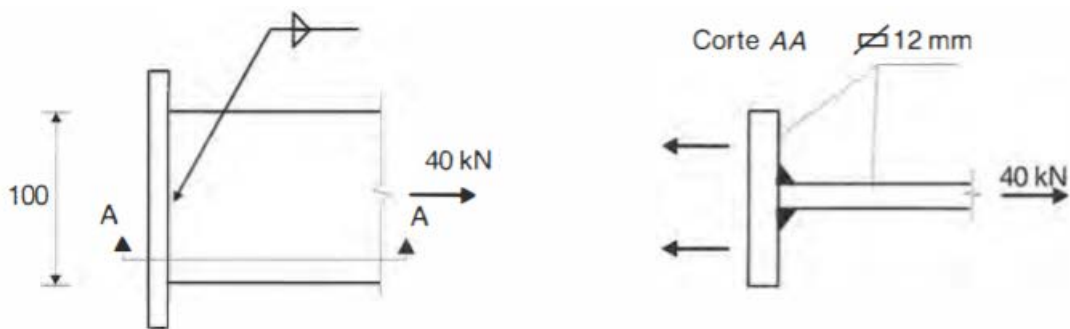
Fonte: Autoria própria.

4. RESULTADOS

Este tópico demonstra os resultados obtidos através das análises realizadas com o aplicativo *Welding Link*, com o objetivo de validar estes resultados por meio de comparações com exemplos resolvidos por autores que abordaram em seus trabalhos o dimensionamento de perfis laminados de aço.

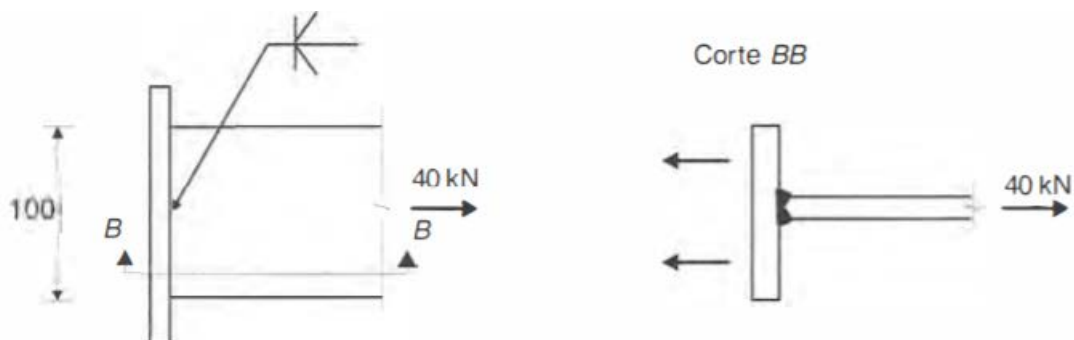
De acordo com o problema resolvido 4.6.1 do livro de Pfeil e Pfeil (2009, p 107-108), pede-se o dimensionamento de solda de filete e solda de entalhe por tração, para um aço MR250 e um eletrodo E60. Tração axial solicitante de 40 kN.

Figura 22 - Perfil com ligação de solda de filete sobre tração



Fonte: Pfeil e Pfeil (2009).

Figura 23 - Perfil com ligação de solda de entalhe sobre tração



Fonte: Pfeil e Pfeil (2009).

A solução proposta pelo autor é mostrada a seguir:

a) Esforço solicitante de cálculo

$$S_d = 1,5 \times 40 = 60 \text{ kN}$$

b) Dimensionamento com solda de filete

$$R_d = \frac{A_w(0,60)f_w}{\gamma_{w2}} = \frac{2 \times 10 \times 0,5 \times 0,7 \times 0,6 \times 41,5}{1,35} = 129 \text{ kN}$$

O dimensionamento satisfaz com folga.

c) Dimensionamento com solda de entalhe

$$R_d = \frac{A_{AM} \cdot f_y}{\gamma_{ai}} = \frac{10 \times 1,2 \times 25}{1,10} = 272 \text{ kN}$$

O dimensionamento satisfaz com folga.

Os resultados obtidos pelo aplicativo, utilizando os mesmos parâmetros de cálculo do exemplo 4.6.1, utilizando o perfil HEA europeu 500, com a finalidade de determinar a espessura para a peça mais delgada da ligação (t_e) para se ter o mesmo valor para cálculo. Este exemplo tem como finalidade apenas trabalhar com a ruptura do material de solda.

a) Dimensionamento com solda de filete

Figura 24 - Exemplo 4.6.1 do Pfeil para solda de filete

b) Dimensionamento com solda de entalhe

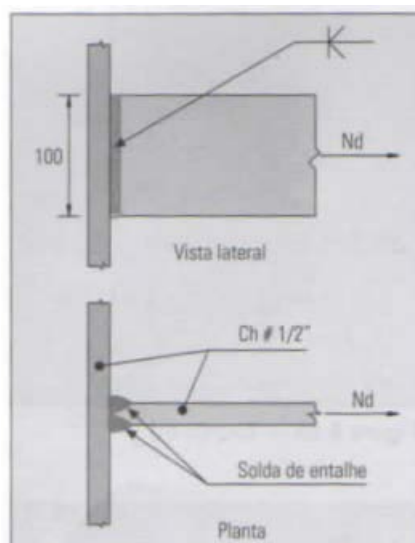
Figura 25 - Exemplo 4.6.1 do Pfeil para solda de entalhe

Fonte: Autoria própria.

Para o desenvolvimento do exercício 3 de Pinheiro (2005, p 120), têm-se:

Dimensionar solda de entalhe com penetração total para determinar a resistência da ligação, sendo o eletrodo E70, $f_y = 250$ MPa, $f_w = 485$ MPa, $f_u = 400$ MPa e $E = 205$ GPa.

Figura 26 - Exercício 3



Fonte: Pinheiro (2005).

Solução:

$$N_n = A_g \cdot f_y$$

$$A_g = 10x \frac{2,54}{2} = 12,7 \text{ cm}^2$$

$$N_n = 12,7 \times 10^{-4} \times 250 \times 10^6 = 317.500 \text{ N}$$

$$\phi N_n = 0,9 \times 317.500 \text{ N}$$

A resistência da ligação é:

$$\phi R_n = 285.750 \text{ N}$$

Os resultados obtidos pelo aplicativo, utilizando os mesmos parâmetros de cálculo do exercício 3 de Pinheiro, utilizando o perfil W tipo I 610x 155, com a finalidade de determinar a espessura para a peça mais delgada da ligação (t_e) para ter o mesmo valor para cálculo. Este exemplo tem como finalidade somente trabalhar com a ruptura do material de solda (figura 27).

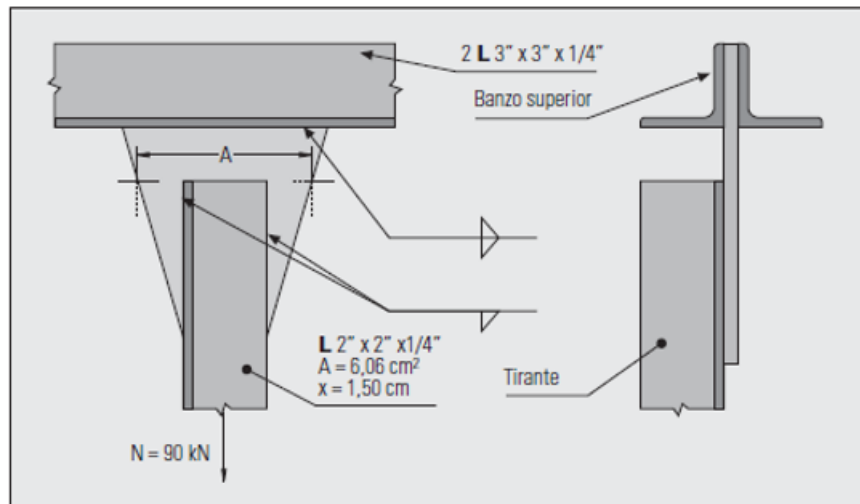
Figura 27 - Exercício 3 do Pinheiro para solda de entalhe

Fonte: Autoria própria.

Para o desenvolvimento do exercício 5 de Pinheiro (2005, p 122), obtêm-se o seguinte:

Para a ligação dada com perfil de cantoneira, pode-se dimensionar o cordão de solda necessário, de acordo com a figura 28.

Figura 28 - Exercício 5



Fonte: Pinheiro (2005).

Dados:

E70, $f_y = 250 \text{ MPa}$, $f_w = 485 \text{ MPa}$, $f_u = 400 \text{ MPa}$, $A = 6,06 \text{ cm}^2$ e $\gamma = 1,4$

a) Resistencia de projeto

$$R_d = 1,4 \cdot N = 1,4 \times 90.000 = 126.000 \text{ N}$$

b) Resistencia de cálculo da cantoneira vertical

Na área bruta

$$R_n = A_g \cdot f_y \quad \phi = 0,9$$

$$R_n = (6,06 \times 10^{-4}) \times (250 \times 10^6) = 151.500 \text{ N}$$

$$\phi N_n = 0,9 \times 151.500 = 136.350 \text{ N}$$

Na área efetiva

$$R_n = A_e \cdot f_u \quad \phi = 0,75$$

$$A_e = C_t \cdot A_n = 0,85 \times 6,06 = 5,151 \text{ cm}^2$$

$$R_n = (5,151 \times 10^{-4}) \times (400 \times 10^6) = 206.040 \text{ N}$$

$$\phi N_n = 0,75 \times 206.040 = 154.530 \text{ N}$$

c) Resistencia de cálculo do metal solda

$$s = 6mm \quad t = 0,707 \times 6 = 4,24 mm$$

$$\phi R_n = 0,75 \times (0,6 \times 485 \times 10^6) \times (4,24 \times l \times 10^{-6}) = 925,38l N$$

$$\phi R_n = R_d$$

$$925,38.l = 126.000$$

$$l = 136,16 mm \text{ aproximadamente } 136 mm$$

Os resultados obtidos pelo aplicativo, utilizando os mesmos parâmetros de cálculo do exercício 5 de Pinheiro, utilizando o perfil LAI (16 a 51) 50,8x50,8x6,3, com a finalidade de obter uma área igual a 6,06 cm² dado pela questão.

Utilizando o comprimento da solda igual a 13,6 cm a peça não resiste, mas se aproxima bastante do valor, pois no aplicativo não se trabalha com ϕ , e sim y_{a1} , y_{a2} , y_{w1} e y_{w2} . Já para o comprimento Pinheiro aproximou o valor para menos, na Figura 29 vemos que a peça não passou para um comprimento de 13,6 cm.

Figura 29 - Exercício 5 do Pinheiro para dados do perfil

Figura 30 - Exercício 5 do Pinheiro para comprimento 13,6 cm

Fonte: Autoria própria.

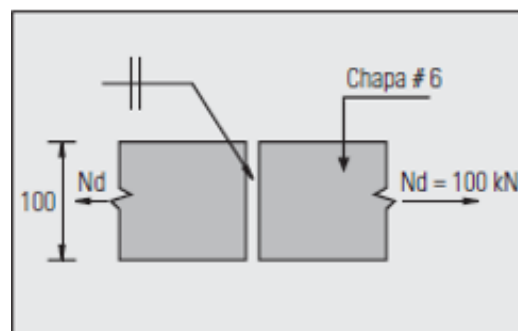
Para questão de cálculo, aumentando apenas 2 mm para o comprimento da solda, tendo assim 13,8 cm, vemos que ela passa com uma eficiência de 99,84% (Figura 31).

Figura 31 - Exercício 5 do Pinheiro para comprimento 13,8 cm

Fonte: Autoria própria.

Na questão do exercício 8 de Pinheiro (2005, p 128), obtêm-se o seguinte:
Dimensionar a ligação de soldada apresentada na figura 32.

Figura 32 - Exercício 8



Fonte: Pinheiro (2005).

Dados:

Eletrodo E70, $f_w = 485\text{MPa}$

Aço MR-250: $f_y = 250\text{MPa}$ e $f_u = 400\text{MPa}$

Solução:

a) Resistência de cálculo da peça

- Na área bruta

$$R_n = A_g \cdot f_y \quad \phi = 0,9$$

$$R_n = 0,9 \times (100 \times 6 \times 10^{-6}) \times (250 \times 10^6) = 135.000 \text{ N}$$

- Na área efetiva

$$R_n = A_e \cdot f_u \quad \phi = 0,75$$

$$A_e = C_t \cdot A_n$$

$$R_n = (1 \times 100 \times 6 \times 10^{-6}) \times (400 \times 10^6) = 240.000 \text{ N}$$

$$\phi N_n = 0,75 \times 240.000 = 180.000 \text{ N}$$

b) Resistência de cálculo de solda

$$R_n = A_w \cdot f_y \quad \phi = 0,90$$

$$R_n = (100 \times 6 \times 10^{-6}) \times (250 \times 10^6) = 150.000 \text{ N}$$

$$\phi N_n = 0,90 \times 135.000 = 135.000 \text{ N}$$

Os resultados obtidos pelo aplicativo, utilizando os mesmos parâmetros de cálculo do exercício 8 de Pinheiro, utilizando o perfil L AI (16 a 51) 50,8x50,8x6,3, com a finalidade de obter uma área aproximadamente igual a 6 cm² dado pela questão e uma espessura da chapa mais delgada aproximadamente igual a 6 mm, temos:

Figura 33 - Exercício 8 do Pinheiro

Fonte: Autoria própria.

Depois de todos os exemplos propostos terem suas soluções apresentadas por seus respectivos autores, analisados com os resultados do aplicativo *Welding Link*, foi feita uma tabela comparando os resultados obtidos, mostrada na tabela 6.

Tabela 6 - Resumo dos resultados finais

Verificações			Resultados		
Ex.	Esforço	Pfeil e Pfeil	Pinheiro	<i>Welding Link</i>	ERRO
1º	RMS F	129 KN	---	130,42 KN	1,10%
	RMS E	272 KN	---	272,73 KN	0,27%
2º	RMS E	---	285,75 KN	288,64 KN	1,01%
3º	ESB	---	136,35 KN	137,73 KN	0,72%
	RSL	---	154,53 KN	152,62 KN	1,25%
	RMS F	---	126,00 KN	126,20 KN	0,16%
4º	ESB	---	135,00 KN	137,73 KN	1,02%
	RSL	---	180,00 KN	179,56 KN	0,24%
	RMS F	---	135,00 KN	143,18 KN	6,06%

Fonte: Autoria própria.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho mostrou o crescimento e interação da tecnologia junto com a computação para aprimorar e facilitar a utilização de ferramentas mais ágeis e práticas, para todos os setores, que neste caso, o trabalho aborda o curso de engenharia civil. Junto com a notável evolução nos dispositivos móveis nos últimos anos, que vem mudando a vida e o comportamento da sociedade, com isto, foi desenvolvido um aplicativo *Android Welding Link* para problemas voltados aos perfis metálicos em ligações por solda.

É possível afirmar ainda que o aplicativo *Welding Ling*, a partir dos resultados finais obtidos e comparado a exemplos de soluções de literatura base, apresentou êxito no alcance dos objetivos propostos pelo trabalho, fornecendo resistências satisfatórias para a sua utilização.

Por fim, este trabalho buscou apresentar e desenvolver um aplicativo *Android* para verificação de perfis de aço tracionados e com ligação por solda, com uma interface pratica, agradável e com resultados aceitáveis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5884: Perfis soldados. Procedimento.** Rio de Janeiro, RJ, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Procedimento.** Rio de Janeiro, RJ, 2008.

BANDEIRA, Adriana Almeida. **ANÁLISE DO USO DE ESTRUTURAS DE AÇO EM EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIA.** Belo Horizonte, 2008 Monografia.

BELLEI, Ilodny H.; PINTO, Fernando O.; PINHO, Mauro Ottoboni. **Edifícios de múltiplos andares em aço.** 2. ed. São Paulo: Pini, 2008

CONNECTION, Joints In Steel Construction – **Simple Connection/Joints In Steel Construction – Simple. Joints in steel construction – simple connection.** [S.L.: s.n.], 2014.

NARDIN, Fabiano Ângelo. **A Importância da Estrutura Metálica na Construção Civil.** Itatiba, 2008 TCC.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de aço: dimensionamento prático de acordo com a NBR 8800:2008.** 8. ed. Rio de Janeiro - RJ: LTC, 2009.

PINHERIO, A. C. F. B. **Estruturas metálicas: cálculos, detalhes, exercícios e projetos.** 2. ed. São Paulo - SP: Blucher, 2005.

POR CONSTRUCT. **Aplicativos para a construção civil.** Disponível em: <<https://constructapp.io/pt/aplicativos-para-construcao-civil/>>. Acesso em: 02 set. 2018.

ROSSATTO, Bárbara Maier. **ESTUDO COMPARATIVO DE UMA EDIFICAÇÃO EM ESTRUTURA METÁLICA/CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO.** Santa Maria, RS, Brasil, 2015 TCC.