

## **Título do Trabalho**

Análise de Desempenho de Uniões Metálicas Rebitadas

### **Autores:**

Ivar Benazzi Júnior: Eng<sup>o</sup>, MSc. Professor Pleno e Responsável pelo Núcleo de Corte e Conformação dos Metais (NC2M) da Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (FATEC-So). Diretor de Desenvolvimento da Rivex Comercial Importadora Ltda.

Luiz Alberto Balsamo: Tecgo, MSc. Professor Pleno e Coordenador do Curso de Tecnologia em Fabricação Mecânica da Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (FATEC-So).

Francisco de Assis Toti: Tecgo, MSc., Professor Pleno e Coordenador do Curso de Tecnologia em Projetos Mecânicos da Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (FATEC-So).

## Resumo

Os setores de infraestrutura no Brasil vêm demandando crescentes investimentos a fim de assegurar que as projeções de crescimento sejam atendidas. Tecnicamente, partes metálicas cada vez mais têm sido unidas por meio de rebites estruturais em substituição às formas tradicionalmente empregadas como solda e uniões aparafusadas. Os rebites, de forma geral, têm características aliar vantagens como o emprego de equipamentos simples e formas limpas de instalação, redução dos problemas inerentes às falhas humanas e eliminação dos efeitos de higiene e segurança do trabalho, que são comuns nos processos que empregam a solda como elemento de união. Sendo assim, os sistemas rebitados, cada vez mais são considerados na análise e definição dos meios industriais do dessa nova economia.

O presente trabalho apresenta a análise de desempenho de algumas formas de uniões de chapas e perfis metálicos entre as mais comumente empregadas que são a soldagem e o aparafusamento. Tais sistemas são comparados com formas mais modernas de união que é o emprego de rebites estruturais. Alguns dos setores industriais que compõem o setor de infraestrutura e que crescentemente demandam as novas e mais modernas formas de união são os fabricantes de equipamentos rodoviários, como caminhões, carretas, baús, chassis, encarroçadores de ônibus, fabricantes de bancos, fabricantes de containers. Máquinas e equipamentos de transporte ferroviário, como trens, locomotivas, vagões e os todos os sistemas periféricos desse segmento. Adicionalmente tem-se ainda a construção de embarcações, pontes rolantes e estacionárias. Máquinas pesadas e equipamentos. Usinas de álcool, cana de açúcar, biodiesel e de energia solar. Plantas de perfuração de petróleo e gás. Mineração e cimento.

A conclusão deste trabalho é que as novas formas de união de chapas e perfis metálicos por meio dos rebites estruturais agregam valor às montagens, uma vez que aliam a demanda crescente por desempenho e reduções de custos com o emprego de formas limpas de instalação e uso de energia.

### 1. Introdução aos Sistemas de Rebitagem

O primeiro avião totalmente metálico foi fabricado em 1936 pela UK Aviation Industry e em oito anos foram fabricados mais de vinte mil aeronaves do modelo 'Spitfire Fighter Aircraft', amplamente usado na segunda guerra mundial.

Os desenvolvimentos dos rebites e dos sistemas de rebitagem sempre acompanharam a evolução industrial. Existem muitos outros exemplos, desde a rebites especiais de titânio utilizados no avião Concorde nos anos sessenta ou a fixação do trocador de calor do processador da Intel Pentium II.

O que se pode assegurar é que os carros mais velozes, as mais sofisticadas redes de transmissão dados, os veículos mais pesados como caminhões, trens ou embarcações, as máquinas mais potentes os as maiores plantas de energia solar existentes, todos estes produtos, tem em comum, rebites de alta tecnologia, tanto em sua fabricação, como nos sistemas de instalação.





## 2. Classificação dos Sistemas de Rebitagem

Os rebites podem ser subdivididos em:

Sistemas rápidos  
Rebites auto-perfurantes  
Porcas rebites  
Rebites de mandril  
Pinos travantes

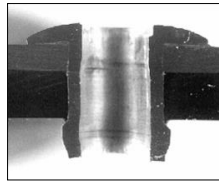


E os equipamentos de instalação ou rebitadeiras:

Ferramentas hidro-pneumáticas  
Sistemas automáticos de montagem

### 2.1. Sistemas Rápidos

Montagem com acesso por um único lado  
Processo de alta velocidade  
Rebites automaticamente alimentados  
Ambientalmente correto (sem mandril, baixo ruído)  
Baixo peso



### 2.2. Rebites Auto Perfurantes

Furação e fixação em uma operação  
Auto-selante; não rompe a camada inferior  
Pode juntar diferentes materiais e unir de forma limpa superfícies pré recobertas  
Consistência e alta resistência à junção  
Processo de monitoramento pode ser incorporado ao sistema de instalação  
Ø 3.2 mm, 3.9 mm, 4.8 mm

### 2.3. Sistemas de Porcas Rebites

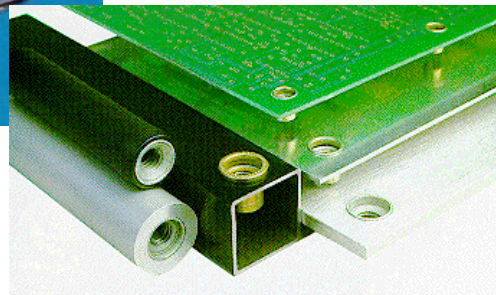
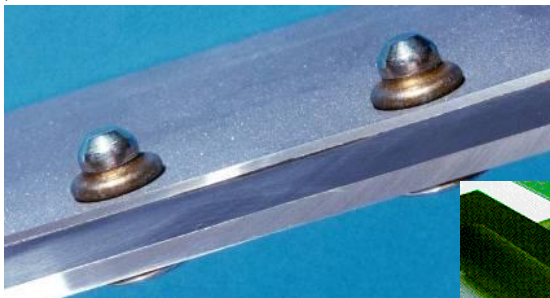
Montagem com acesso por um  
Ideal para componentes com  
pintadas ou acabadas  
Corpo cilíndrico, hexagonal e  
Extremidade aberta ou fechada  
Bitolas de M3 a M12



único lado  
superfícies pre-  
quadrado

### 2.4. Sistemas de Mandril

Montagem com acesso por um único lado  
Grande variedade de produtos  
Aço, aço inoxidável, alumínio  
Ø 2.4 – 10.0 mm



### 2.5. Sistemas de Pinos

Alta resistência da montagem  
Resistência à vibração  
Aço, aço inoxidável, alumínio

**Travantes**

Ø 5.0 – 25.0 mm



Ergonômicas  
Alta velocidade de instalação  
Fácil de usar

## 2.6. Ferramentas de Instalação

Pneumáticas e hidráulicas  
Leve  
Robustas e duráveis



## 2.7. Sistemas Automáticos de Montagem

Soluções customizadas  
Montagem para se obter a exata especificação na aplicação  
Alta velocidade de montagem  
Montagem em qualquer configuração  
Fixação em qualquer ângulo

Sincronismo na instalação do rebite



### **Capítulo 3. Sistemas de Mandril**

Montagem com acesso por um único lado  
Grande variedade de produtos  
Aço, aço inoxidável, alumínio  
Ø 2.4 – 10.0 mm

#### **3.1. Diferenciação Técnica**

Rebites Estruturais em geral podem ser subdivididos em:

##### **Com formação de bulbo.**

- Bulbo forma-se no lado cego da montagem.
- Estética otimizada.
- Otimização da performance em chapas finas.

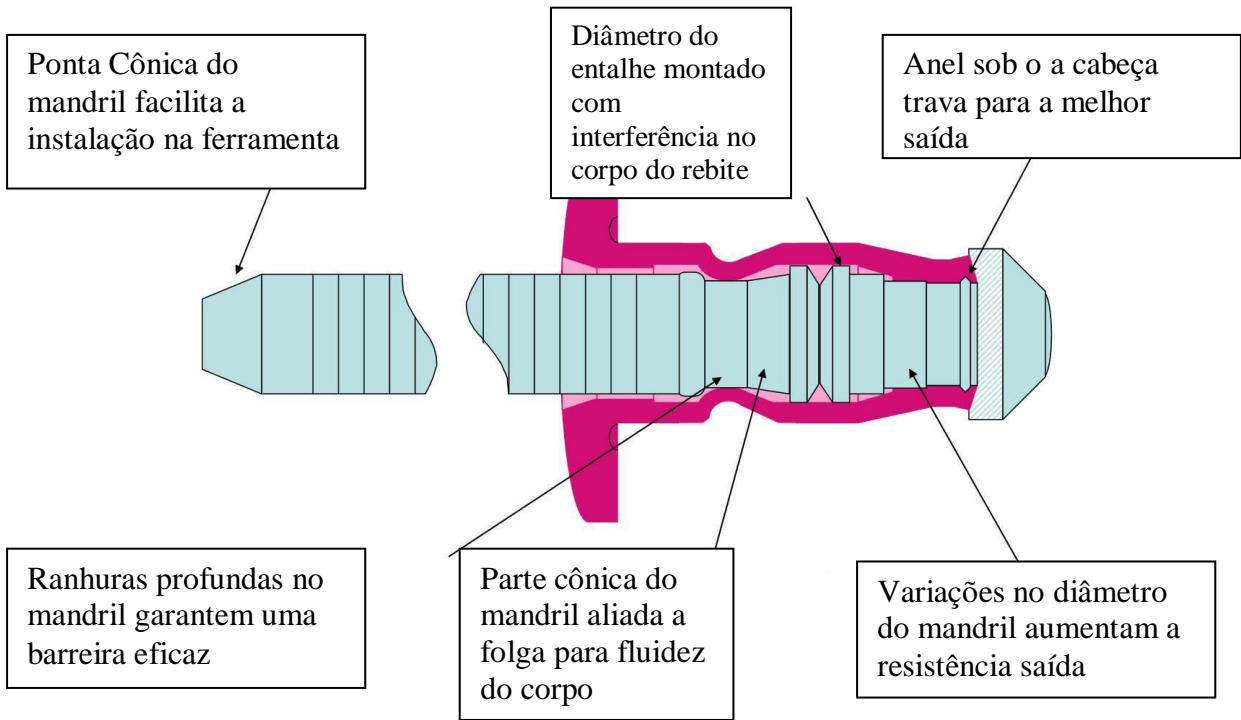
##### **Múltipla espessura de rebitagem.**

- Cabeça do mandril é puxada para dentro do rebite.
- Otimização do preenchimento do furo.

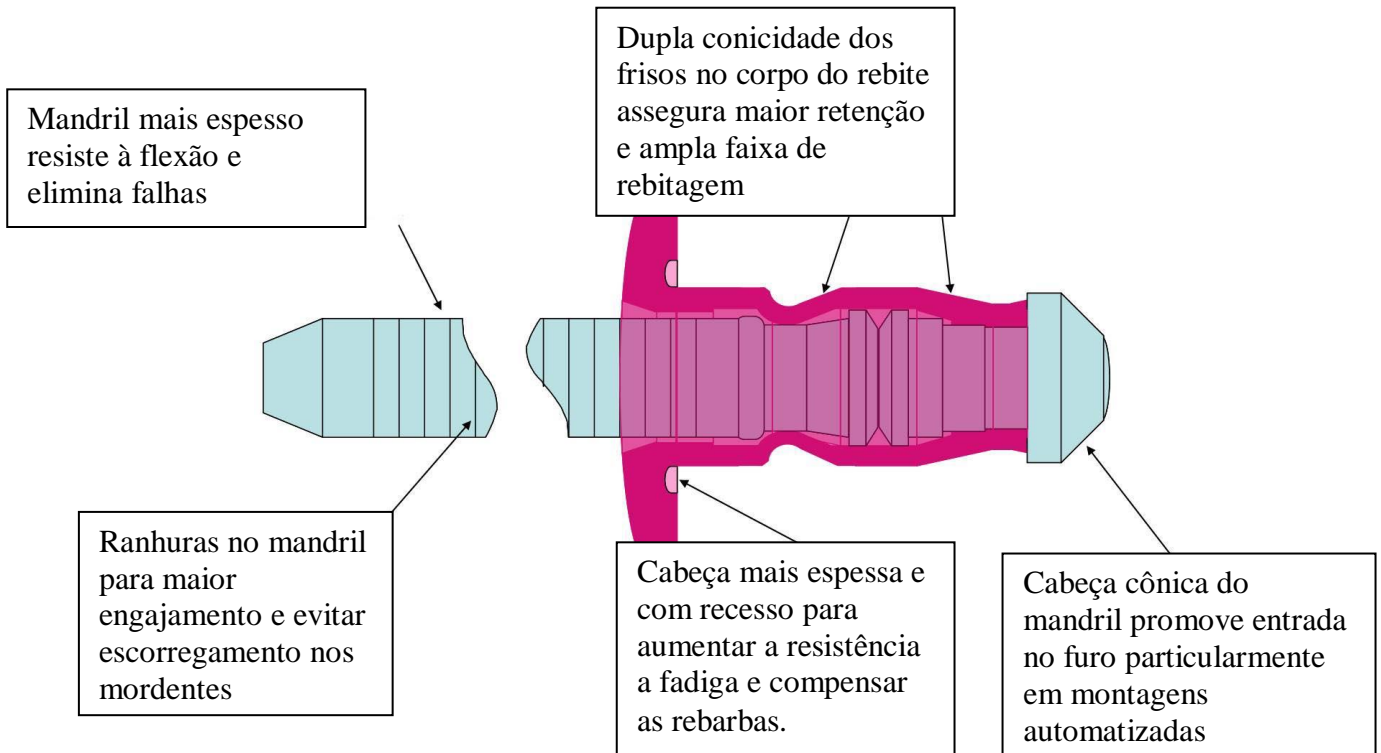
#### **3.2. Mercados & Indústria**

Fabricantes de veículos comerciais  
Caminhões & Trailers  
Chassis Automotivos / Assentos  
Marinha  
Escadas & Andaimos  
Equipamentos Industriais  
Linha Branca  
Energias Renováveis

#### **3.3. Características Técnicas de Um Rebite de Mandril – Parte Interna**



### 3.4. Características Técnicas de Um Rebite de Mandril – Parte Externa



### 3.5. Características e Vantagens dos Sistemas de Mandril

Característica	Vantagem
----------------	----------

Multi espessura de rebiteagem	Redução do inventário
Alta performance	Alta resistência ao cisalhamento e tração
Elevada força de compressão	Melhora resistência à vibração e deslizamento entre as partes.
Melhora da distribuição de carga do lado cego e formação do bulbo	Reduz o potencial de fadiga e de perda de carga, particularmente em materiais de baixa dureza.
Confiável retenção do mandril	Elimina barulho do mandril solto e promove boa resistência ao vazamento.
Recesso sob a cabeça	Acomodação tanto em furos estampados como brocados, promovendo distribuição das cargas e redução do risco de dano em superfícies pintadas.
Flexíveis opções de instalação	Minimiza custos de instalação
Menos custo	Produto mais competitivo

### 3.6. Resumo

Maior faixa de rebiteagem quando comparado com outros rebites estruturais com formação de bulbo.

Grande versatilidade do rebite devido: ampla faixa de rebiteagem, tolerância no furo e excelente performance.

Excelência na estética.

Excelente força residual de tração e compressão e perda de carga.

Diversas opções de materiais.

## 4. Rebites Estruturais Tipo Pino e Colar

### 4.1. Introdução

Os pinos travantes (rebites tipo pino e colar) são empregados para elevadas cargas de trabalho e formam projetados para promover excepcional resistência e segurança montagem.

Rapidez e simplicidade de instalação e manutenção da performance por anos, sendo a solução ideal onde o ponto de solda não é prático ou possível.

Com cargas de tração superiores a 300kN, eles são largamente empregados na moderna engenharia no mundo inteiro, incluído ferrovias, construção, mineração, pontes e estruturas, guindastes e manutenção em geral.

Produtos disponíveis:

Aço de médios carbono, coloração negra.

Cabeça arredondada ou escariada.

Bitolas: 1/2" (13 mm), 5/8" (16 mm), 3/4" (19 mm), 7/8" (22 mm) e 1" (25 mm)

As espessuras de rebiteagem situam-se na faixa entre 1/4" até 4" (6mm até 100mm).

Os colares são fabricados de aço de baixo carbono, zincados.

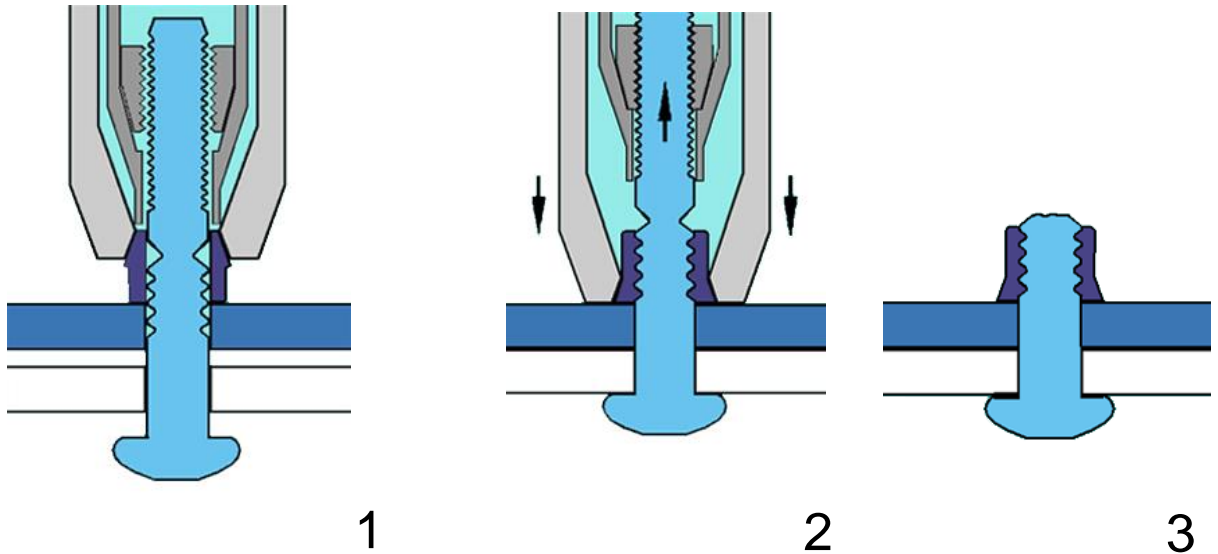
Formato dos colares: liso ou flangeado.

Outros materiais disponíveis para os rebites tipo pino e colar: alumínio e aço inoxidável

### 4.2. Seqüência de Instalação



1. O pino é colocado em furo pré-existente da peça a ser fixada. O colar é instalado sobre o pino no lado oposto.
2. A ponteira da ferramenta é colocada na ponta do pino e quando a ferramenta traciona o pino o colar é conformado nas ranhuras promovendo o travamento e a compressão da chapas.
3. O corpo do pino unido ao colar promove uma união segura e de elevada resistência.



## Ferramenta Hidro-Pneumática

Pinos Travantes de grandes diâmetros podem ser seguramente instalados pela robusta ferramenta hidro-pneumática, que foi desenvolvida para ter uma longa vida útil mesmo em condições extremas.

Há uma opção de adaptação da máquina para grandes diâmetros, alterando a ponteira e o cabeçote da mesma.



Uma dos modos da máquina é operante em em pressão extrema, garantindo uma montagem de longa duração em alta velocidade.

## **Pinos Travantes de diâmetros grandes**

### **Resumo**

- Cabeça arredondada ou escariada (90°) para aplicações com total embutimento ou nenhuma saliência da cabeça.
- Colar liso ou flangeado para furos com sobremedida.
- Faixa de rebitagem entre 6 e 100mm
- Elevada força de compressão (220kN para diâmetro 25mm)
- Sem risco de perda
- Força para altas cargas (a cima de 320kN para 25mm)
- Elevada carga de cisalhamento (250kN para 25mm)
- Facilidade de uso
- Uso de equipamentos padronizados

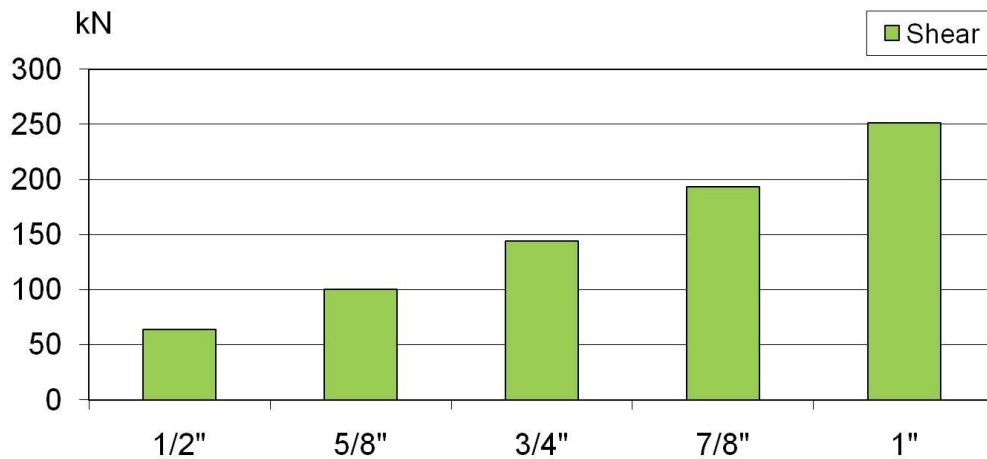
## **Pinos Travantes de diâmetros grandes**

### **Competitividade**

- Usando um grande intervalo para aplicações
  - Diversas possibilidades de aplicação
  - Racionalização das referências
- Rápida instalação e uso de equipamentos padronizados
  - Redução da manutenção e dos custos de produção
  - Redução do trabalho e do custo total da produção
  - Melhoria na produção
- Instalação independente do operador ou do controle de torque; aplicação fácil e segura.
  - Aplicação geral de alta qualidade
  - Não é necessário o treinamento para a utilização ou a aplicação
  - Eficiente introdução no processo produtivo

## Apêndice

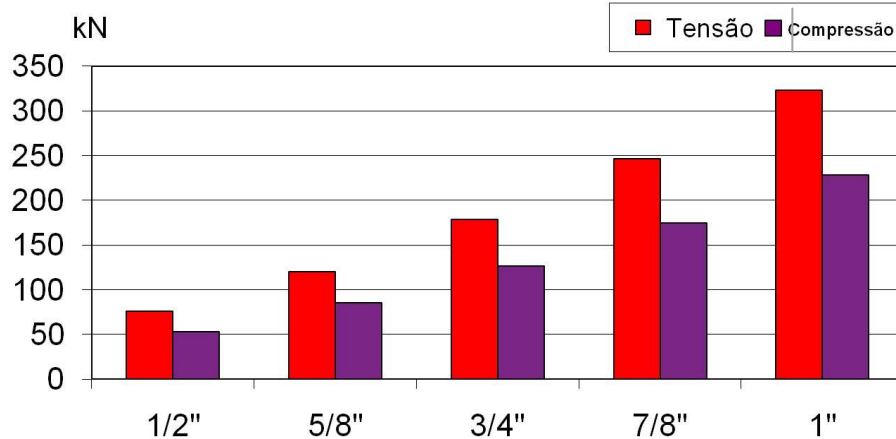
### Divisão de força em Pinos Travantes para diâmetros grandes



A força de união variará de acordo com a espessura da chapa e a dureza do metal, em que for aplicado. A performance, dos pinos instalados, aparece em valores mínimos em kN.

## Apêndice

### Força de tração e compressão dos Pinos de Força, para diâmetros grandes



A força de união variará de acordo com a espessura da chapa e a dureza do metal, em que for aplicado. A performance, dos pinos instalados, aparece em valores mínimos em kN.

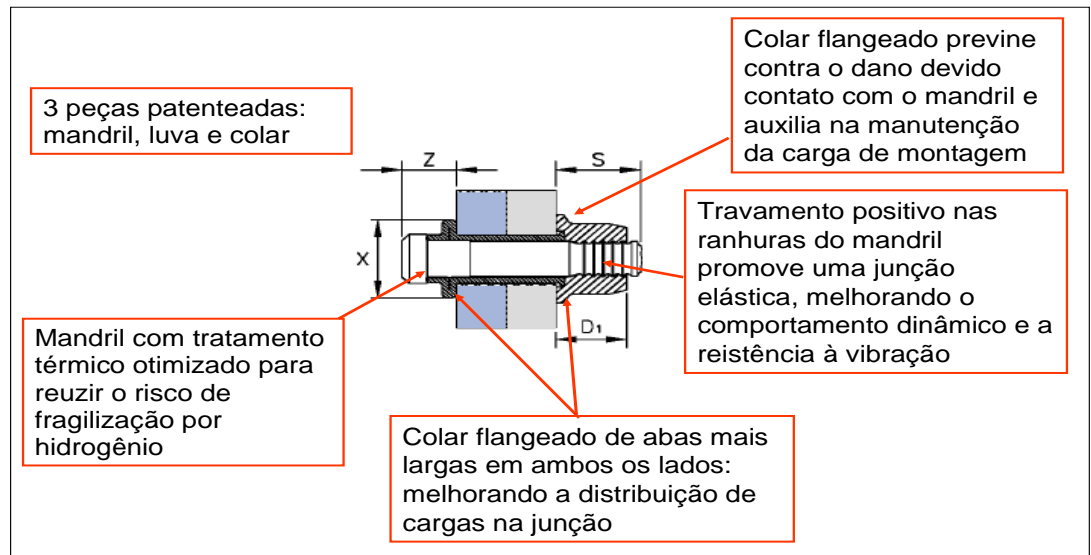
## 5. Rebites Estruturais de Peça Única

Fixadores de elevada resistência, montagem cega e uma excelente alternativa para os sistemas porca e parafuso, pinos de trava, solda e outros rebites estruturais cegos.

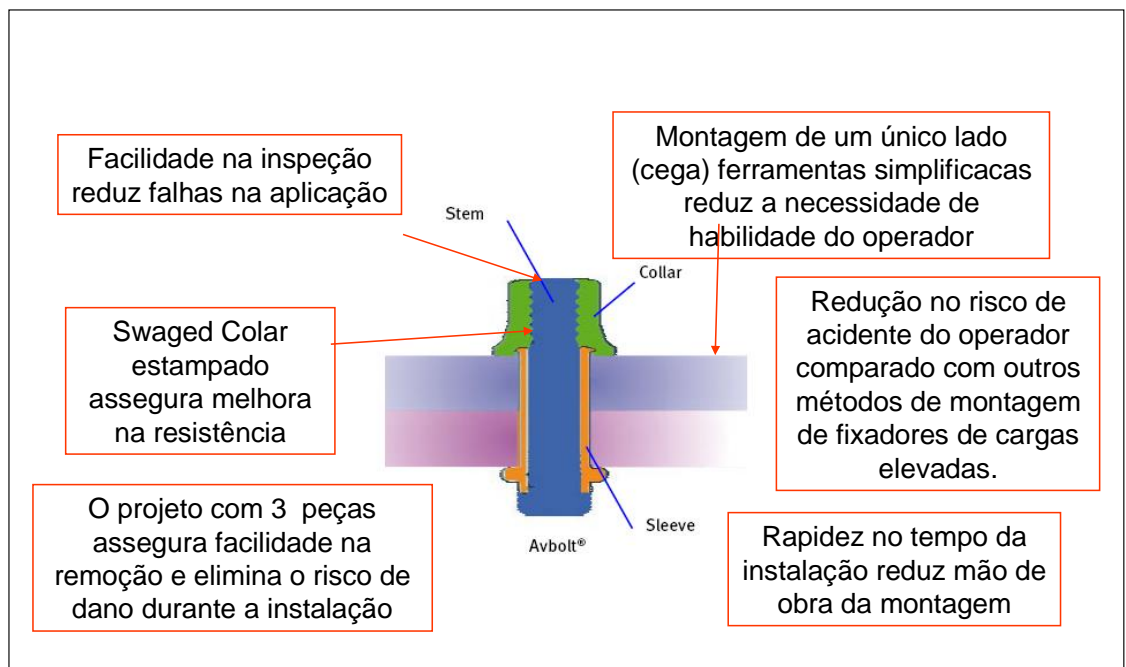
Rebite de alta resistência e alta segurança, simples de se instalar e ideal para aplicações em:

Transporte terrestre, caminhões e encarroçadores, containers, embarcações, construção de estruturas e pontes, máquinas pesadas e equipamentos, chassis automotivos e bancos.

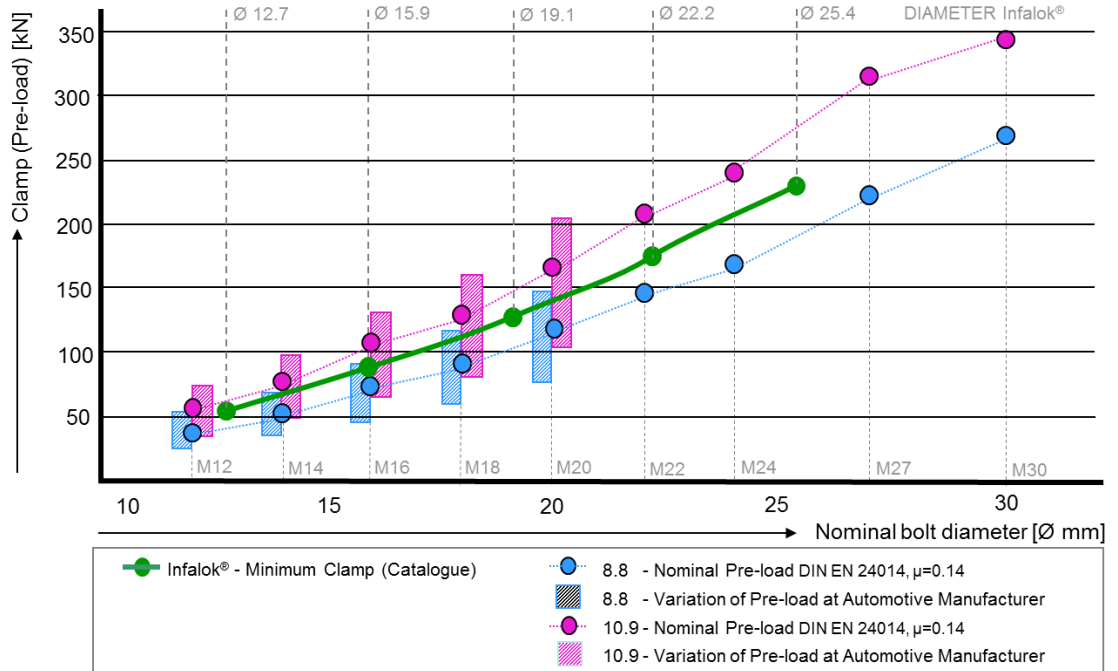
### 5.1. Otimização no Projeto do Rebite






### 5.2. Benefícios Ampliados e Custos Reduzidos



## Comparação entre pré-carga de montagem dos rebites estruturais e parafusos 8.8 e 10.9



### 5.3. Produtos e Sistemas Competitivos ao Rebite de Peça Única

Tipo	Forças	Fraquezas
 <b>Rebite Sólido</b>	Produto de baixo custo Resistente a violação Aplicável em cargas elevadas	Necessário acesso por ambos os lados BAIXA FORÇA RESIDUAL Risco de quebra da contra-peça durante a instalação Processo lento e ruidoso; implicações em HST
 <b>Solda</b>	Elevada resistência da junção Não aumenta o peso da junção	Necessário alta habilidade do operador Implicações em HST A solda deve ser efetuada nos estágios iniciais da montagem Não se aplica em produtos acabados
 <b>Paraf. porca</b>	Removível Largamente empregado Baixo custo por peça Elevada resistência Ferramental simples	Necessário acesso por ambos os lados Possibilidade de ter produto temperado Elevado risco de perda de pré carga por vibração Geralmente necessita de dois operadores Ferramental necessita constante calibração e checagem
 <b>Lockbolt</b>	Elevada carga de montagem Resistente à violação Elevada resistência a tração e cisalhamento Não perde pré caga por vibração	Necessário acesso por ambos os lados Não é aplicável em acesso restrito Increased Duas referências no inventário Necessidade de retrabalho devido erro do operador

## 5.4. Ferramentas de Instalação

### Ferramentas Manuais

Rápida troca de ponteiros e cabos e mangueiras  
Durabilidade e robustez  
Instala ampla variedade de fixadores.

### Unidade de Força

Portátil e robusta  
Baixo consumo de energia no modo estacionário  
Rápida troca de cabos e mangueiras.

## 6. Referências Bibliográficas

- 6.1. Catálogos Técnicos de Fabricantes de Rebites e Sistemas de Instalação
- 6.2. Apostila: Tecnologia de Estampagem – Fatec-So. Revisão Março/2011.
- 6.3. Site visitado: [www.avdel-global.com](http://www.avdel-global.com)

## 7. Conclusão:

Como resultado da constante evolução, que também aconteceu nos rebites e nos sistemas de rebiteamento, novas formas de união de chapas e perfis metálicos continuam sendo desenvolvidas. Os desenvolvimentos desses produtos, busca continuamente aliar a demanda crescente por performance com o emprego de formas limpas de instalação, racionalização do uso de energia na instalação e aumento da segurança para os operadores.



### Autores:

Ivar Benazzi Júnior: Eng<sup>o</sup>, MSc. Professor Pleno e Responsável pelo Núcleo de Corte e Conformação dos Metais (NC2M) da Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (FATEC-So). Diretor de Desenvolvimento da Rivex Comercial Importadora Ltda.

Luiz Alberto Balsamo: Tec<sup>g</sup>, MSc. Professor Pleno e Coordenador do Curso de Tecnologia em Fabricação Mecânica da Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (FATEC-So).

Francisco de Assis Toti: Tec<sup>g</sup>, MSc., Professor Pleno e Coordenador do Curso de Tecnologia em Projetos Mecânicos da Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (FATEC-So).

## **Currículo do Palestrante: Ivar Benazzi Junior**

### Formação / Titulação Acadêmica

Engenharia Mecânica na USP – EESC (Escola de Engenharia de São Carlos) em 1984.

Mestrado em Metalurgia na USP - EESC – Departamento de Materiais em 1991.

Especialização em Administração para Graduados na FGV – EAESP (Escola de Administração) em 2001.

### Experiência Profissional

1. Bollhoff Service Center – Grupo Bollhoff - Alemanha. De Maio/98 até Maio/09 (Gerente de Divisão e Marketing)

2. Acument (Braço-Mapri) – Grupo Textron – EUA. Fevereiro/95 até Maio/98. (Gerente de Produtos)

3. Foseco - Grupo Castrol – Inglaterra. Junho/91 até Fevereiro/95 (Gerente de Produtos)

4. Metalac. Grupo SPS – EUA. Julho/86 até Junho/91 (Engenheiro de Aplicações)

### Experiência Docente:

Professor da FATEC Sorocaba – Centro Paula Souza

Professor Pleno II. Setembro/2012 até a presente data.

Professor Pleno. Junho/99 até Setembro/2012.

Professor Associado. Outubro/94 até Junho/99.

Professor Assistente. Maio/91 até Outubro/94.

Professor Auxiliar. Maio/86 até Maio/91.

### Disciplinas Ministradas

Tecnologia de Estampagem – Responsável pela disciplina desde Fevereiro/95 até a presente data.

Processos de Produção I e II.

Materiais I.

### Endereço Comercial:

Rivex Comercial e Importadora Ltda.

Av. Rudolf Dafferner, 400 – Praça Maior, Edifício Nova York, Sala 401.

Sorocaba, SP, Brasil. CEP: 18085-005

Celular: 11 9 8947 7704

E-mail: [ivarbenazzi@rivex.com.br](mailto:ivarbenazzi@rivex.com.br)