



Reconectando Pessoas,
Ciências, Artes e
Tecnologia

Anais do

XI Congresso de Engenharias da UFSJ

Part of ISSN 2237-0358

Conteúdo disponível em: doi.org/10.29327/1317088.11-1



DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA ESPECIALISTA PARA A ESCOLHA DE ELEMENTOS DE FIXAÇÃO

Guimarães, A. A. ⁽¹⁾ (andre.guima2001@hotmail.com)

Prado Neto, J. M. ⁽¹⁾ (joao.m.prado0@aluno.ufsj.edu.br)

Brito, L. C. ⁽²⁾ (brito.lcb@gmail.com)

Brito, J. N. ⁽¹⁾ (brito@ufsj.edu.br)

⁽¹⁾ Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), DEMEP, Praça Frei Orlando, 170 - Centro, São João del-Rei - MG, 36307-406

⁽²⁾ Universidade Federal de Uberlândia (UFU), FEMEC, Av. João Naves de Ávila, 2121, Uberlândia - MG, 38400-902

RESUMO: Uma das maiores tendências tecnológicas das últimas décadas foi o aperfeiçoamento e a criação de novos programas de Inteligência Artificial, que possam gerar escolhas de maneira autônoma, e capazes de simular o comportamento humano, com esse tipo de sistemas é possível resolver problemas de diversos níveis de complexidade, podendo variar de situações cotidianas ou até mesmo de questões industriais. O presente trabalho elaborou um sistema especialista capaz de sugerir o melhor método de fixação para um sistema mecânico, como parafusos, rebites, pinos e diferentes métodos de soldagem. A partir de questões como materiais a serem usados, tempo de permanência pretendida para as fixações, grau de impacto do sistema e condições dinâmicas e geométricas, foi gerado um código pelo programa Expert SINTA. Essa ferramenta computacional utiliza de sistemas lógicos para estabelecer condições de restrição a fim de gerar uma possível resposta para as condições solicitadas, satisfatória e eficiente para os objetivos do projeto.

PALAVRAS-CHAVE: Elementos de Fixação, Sistema Especialista, Inteligência Artificial.



Os autores são os únicos detentores dos direitos autorais.

São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil

25-29 de setembro de 2023

[B.L. Resende](#), [C.M. Vale](#) & [R.J. Silva](#) (Organização & Edição)

1. INTRODUÇÃO

A evolução da tecnologia foi um dos acontecimentos que mais modificaram o mundo e a maneira na qual o ser humano vive, desde os primórdios da invenção do computador até a implementação da Indústria 4, trazendo ao homem maior conforto e facilidade de vida e também o desenvolvimento de tecnologias para facilitar o trabalho. Há algumas inteligências que são programadas para simular o comportamento humano (SANTOS *et al.*, 2018; Melo 2021).

Outra situação na qual a implementação da tecnologia e informática se enraizaram foi na criação de uma Inteligência Artificial capaz de realizar escolhas de acordo com certas variáveis que podem conter algum problema. Estes programas podem auxiliar tanto na escolha de alguma peça de dia-a-dia, quanto em detecção de falhas de motores elétricos e outros componentes industriais (CHAKRAVERTY, 2017; FERREIRA, 2020).

Os Sistemas Especialistas que são programas computacionais que simulam a habilidade humana para resolução de problemas. Eles são projetados para emular o conhecimento e o raciocínio de um especialista humano em um determinado domínio. Esses sistemas utilizam uma base de conhecimento, composta por variáveis, regras e informações relevantes, para realizar inferências e fornecer respostas ou soluções a problemas específicos.

Uma opção para geração automática de Sistemas Especialistas é *shell* Expert SINTA, ferramenta computacional que utiliza técnicas de Inteligência Artificial, desenvolvida pela Equipe do LIA (Laboratório de Inteligência Artificial) da UFC (Universidade Federal do Ceará).

Vários Sistemas Especialistas, para diferentes áreas do conhecimento, foram gerados através da *shell* Expert SINTA: Schulz (2019), Ferreira *et al.* (2020); Borges *et al.* (2020), Santos *et al.* (2020), Melo (2021); Magalhães, Borges e Pereira (2021), Almeida (2022); Utani, Silva e Faria (2022).

Brito, Garcia e Pederiva (2002) desenvolveram um Sistema Especialista **SE_MIT** para diagnóstico de problemas em motores elétricos. O objetivo é ajudar os profissionais da área de manutenção na tarefa de interpretar os espectros coletados através de técnicas preditivas (análise de vibração, análise de corrente e análise de fluxo magnético). Através do SE_MIT é possível diagnosticar falhas de origem mecânica (folga mecânica, desalinhamento e desbalanceamento), falhas de origem elétrica (barras quebradas e desequilíbrio de fase), além da condição normal de funcionamento (assinatura da máquina). Esse Sistema Especialista é fruto da tese de doutorado de Brito (2002) e por isso referenciado neste trabalho, mesmo sendo uma referência mais antiga.

Neste trabalho apresenta-se um Sistema Especialista, também desenvolvido através da *shell* Expert SINTA, para escolha de elementos de fixação, responsáveis pela união eficaz dos elementos mecânicos, presentes nos mais variados tipos de projetos industriais. Este sistema é capaz de dar sugestão sobre a etapa da cadeia produtiva, levando em consideração algumas condições informadas pelo usuário do programa para a escolha correta do elemento de fixação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Antes de realizar qualquer procedimento para a criação do Sistema Especialista é necessário, inicialmente, revisar e definir todos os parâmetros, vantagens e desvantagens das possíveis variáveis resposta que irá compor o banco de dados do programa.

Para o caso do problema de elementos de fixação pode-se dar as possíveis respostas: Parafuso; Rebite; Pino; Cupilha; Chaveta e Solda. Com os elementos respostas já definidas, deve-se criar as condições de restrições e de sugestões que cada um detém (NASCIMENTO, 2020).

2.1. Parafuso

Dentre os elementos de fixação não permanente, o mais utilizado nas indústrias é o parafuso. Eles possuem corpo cilíndrico e são compostos de uma rosca em espiral. São fabricados segundo as normas DIN, ISO ou ASTM, sendo que cada uma têm suas próprias características geométricas e de dimensionamento. Ao selecionar uma normatização de rosca para parafusos, tanto a barra rosca quanto a porca ou o furo rosca, tem que ser compatíveis, não havendo intercâmbio entre os diversos tipos de especificação. O aperto é dado ao furo quando a barra rosca é comprimida entre os filetes do furo rosca, gerando forças de compressão e, conseqüentemente, fixando o conjunto. Na Figura 1 tem-se uma junção de um conjunto parafuso-porca.

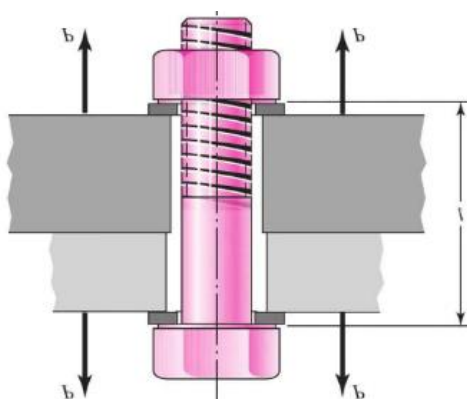


FIGURA 1. Junção de um conjunto parafuso-porca. **Fonte:** Shigley (2005).

Como qualquer outro elemento mecânico, os parafusos tem suas vantagens e desvantagens em seu emprego, conforme apresentado no Quadro 1.

QUADRO 1. Vantagens e desvantagens do uso dos parafusos nos projetos mecânicos.

Fonte: Shigley (2005).

Vantagens	Desvantagens
Facilidade de instalação.	Necessidade de perfuração.
Possibilidade de desmontagem.	Afrouxamento por vibrações.
Conexão confiável.	Criação de concentradores de tensão.
Mercado diverso, para diferentes aplicações.	Tempo de instalação.

2.2. Rebites

Os rebites fazem parte dos elementos de fixação mais simples e baratos que se pode encontrar no mercado. São constituídos basicamente de um corpo metálico cilíndrico, que fixa dois ou mais elementos por meio do martelamento de suas extremidades. Esse martelamento gera deformações em suas pontas, prendendo as chapas que foram posicionadas ao longo de seu corpo (DEPRÊ, 2002).

Os rebites já foram utilizados para fixação de cascos de navio, antes da popularização do processo de soldagem (MORAIS, 2022). Também são utilizados na montagem de aeronaves e em construções de pontes e outras estruturas metálicas (VITÓRIO, 2022).

Na Figura 2 tem-se a fixação de duas chapas por meio de rebites. No Quadro 2 tem-se algumas vantagens e desvantagens do uso de rebites em projetos mecânicos.

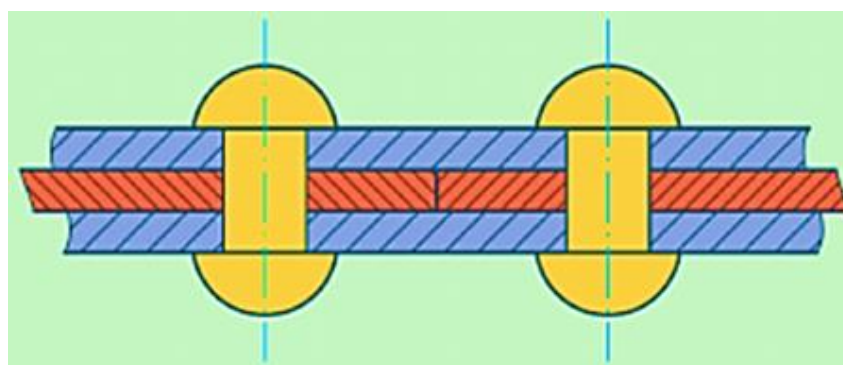


FIGURA 2. Junção de um conjunto parafuso-porca. **Fonte:** Franceschi e Antonello (2014).

QUADRO 2. Vantagens e desvantagens do uso dos rebites nos projetos mecânicos.**Fonte:** Franceschi e Antonello (2014).

Vantagens	Desvantagens
Alta confiabilidade e segurança.	Processo não reversível.
Vedação do furo.	Acesso de montagem limitado.
Resistência a vibração.	Pouca variedade.
Instalação simples.	Baixa qualidade visual.

2.3. Solda

De acordo com Moraes (2022), a soldagem é um processo que resulta na união permanente de dois elementos permanentemente, e atualmente é vista como o método de união permanente mais importante a nível industrial. Wavgenhak (2022) define soldagem como uma operação onde uma fonte de calor produz uma zona de metal fundido, onde o operador pode acrescentar um metal de adição, quando o cordão solidificar, o material estará unido por fusão.

Existem basicamente quatro métodos de soldagem: Eletrodo Revestido, MIG (*Metal Inert Gas*)/MAG (*Metal Active Gas*), TIG (*Tungsten Inert Gas*) e Oxiacetileno, conforme apresentado a seguir.

2.3.1. Eletrodo Revestido

O processo de soldagem por eletrodo revestido utiliza da energia de um arco voltaico, gerado pela diferença de potencial entre o eletrodo e o metal base. Devido a essa tensão, uma corrente elétrica é induzida a passar para o material, elevando assim a sua temperatura e ocasionando na fusão do metal base e da ponta do eletrodo, que por sua vez funciona de metal de adição. Esse método de soldagem possui um revestimento em seu eletrodo consumível, com a finalidade de garantir uma proteção adequada do metal de adição, devido à oxidação dos gases atmosféricos, diminuir índice de defeitos de soldagem, entre outros. Esses revestimentos podem ser compostos de diferentes tipos de materiais, como os de celulose, carbonato de potássio e bauxita (Fernandes, 2021).

Na Figura 3 tem-se a região do arco na soldagem com eletrodos revestidos. No Quadro 3 tem-se as vantagens e desvantagens da soldagem por eletrodo revestido em projetos mecânicos.

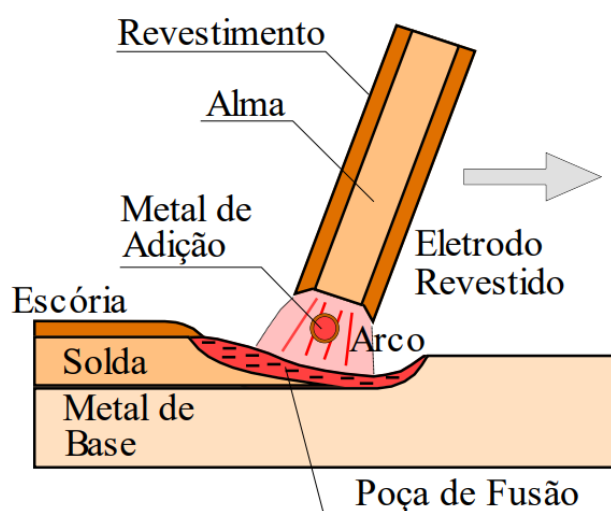


FIGURA 3. Região do arco na soldagem com eletrodos revestidos.

Fonte: Modenesi e Marques (2011).

QUADRO 3. Vantagens e desvantagens da soldagem por eletrodo revestido em projetos mecânicos. **Fonte:** Fernandes (2014).

Vantagens	Desvantagens
Aplicação versátil.	Há a necessidade de trocar o eletrodo.
Pode ser realizado em qualquer lugar, desde que tenha energia elétrica.	Baixa qualidade superficial, muitas vezes com respingos e porosidades.
Baixo custo.	Perda de tempo para a limpeza e retirada da escória.
Processo confiável.	

2.3.2. MIG/MAG

O método de soldagem MIG (*Metal Inert Gas*) e MAG (*Metal Active Gas*) é um procedimento que também utiliza do arco elétrico para gerar uma passagem de corrente e fundir o metal. Porém, esse método utiliza de um gás de proteção, podendo ser inerte ou ativo, para proteger a poça de fusão dos gases atmosféricos (Fernandes, 2021).

Outra característica modo de união através do método de soldagem MIG/MAG é que a máquina possui uma bobina de fio, que funciona como metal de adição, não sendo mais necessário realizar a troca frequentemente.

Na Figura 4 tem-se os componentes do processo de soldagem MIG/MAG. No Quadro 4 tem-se algumas vantagens e desvantagens processo de soldagem MIG/MAG em projetos mecânicos.

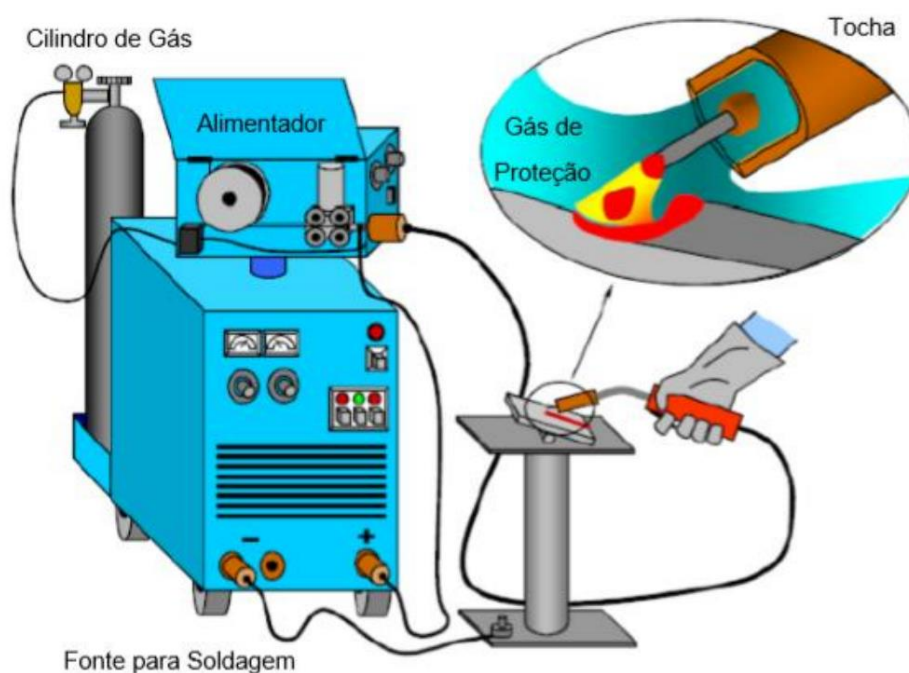


FIGURA 4. Componentes do Processo de Soldagem MIG/MAG. **Fonte:** Petrachi (2011).

QUADRO 4. Vantagens e desvantagens do processo de soldagem MIG/MAG em projetos mecânicos. **Fonte:** Fernandes (2014).

Vantagens	Desvantagens
Elevada taxa de deposição.	Equipamentos caros.
Grande versatilidade em diferentes materiais.	
Possibilidade de automatização.	
Baixa produção de escórias.	

2.3.3. TIG

O processo de soldagem TIG é um dos métodos que possui a maior taxa de precisão e qualidade superficial, quando comparado aos outros processos de soldagem (SOUZA, 2019).

O processo de soldagem TIG utiliza-se de um eletrodo permanente, feito de Tungstênio (responsável por gerar o arco elétrico), seguido pela entrada do metal de adição, feita pelo operador, sendo todo esse sistema protegido por um gás inerte (REIS, 2019).

Na Figura 5 tem-se os componentes do processo de soldagem TIG. No Quadro 5 tem-se algumas vantagens e desvantagens processo de soldagem TIG em projetos mecânicos.

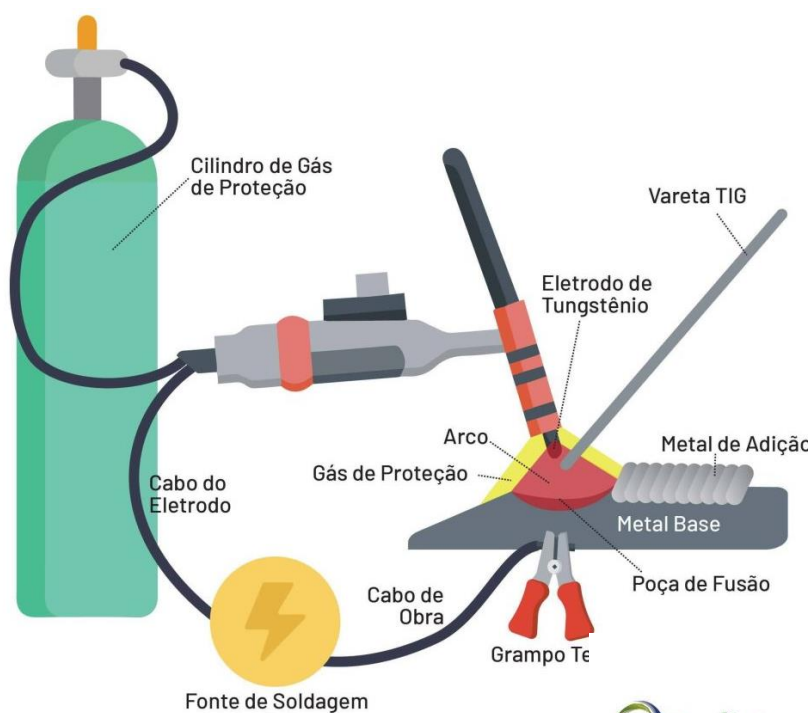


FIGURA 5. Componentes do Processo de Soldagem TIG.

Fonte: <https://www.codinter.com/br/soldagem-tig-um-guia-completo/>.

QUADRO 5. Vantagens e desvantagens do processo de soldagem TIG em projetos mecânicos.

Fonte: Fernandes (2014).

Vantagens	Desvantagens
Alta qualidade.	Impossibilidade de automatização.
Versatilidade com materiais.	Altos custos.
Alto controle do operador.	Necessita de um alto grau de treinamento.

2.3.4. Oxiacetileno

As operações de solda e corte pelo processo oxiacetileno são realizadas através da queima da mistura de oxigênio e acetileno nas proporções corretas em um maçarico. A chama resultante dessa queima pode chegar a temperaturas ao redor dos 3.200 °C. O processo de soldagem a gás é na realidade uma fusão parcial onde as duas partes do material que deve ser soldado são aquecidas até o seu ponto de fusão e depois unidas. Essa fusão pode ser feita sem adição ou com a adição de um material (eletrodo) similar ao que está sendo trabalhado, MODENESI, MARQUES e SANTOS (2012).

Na Figura 6 tem-se os componentes do processo de soldagem Oxiacetileno. No Quadro 6 tem-se algumas vantagens e desvantagens processo de soldagem Oxiacetileno em projetos mecânicos.

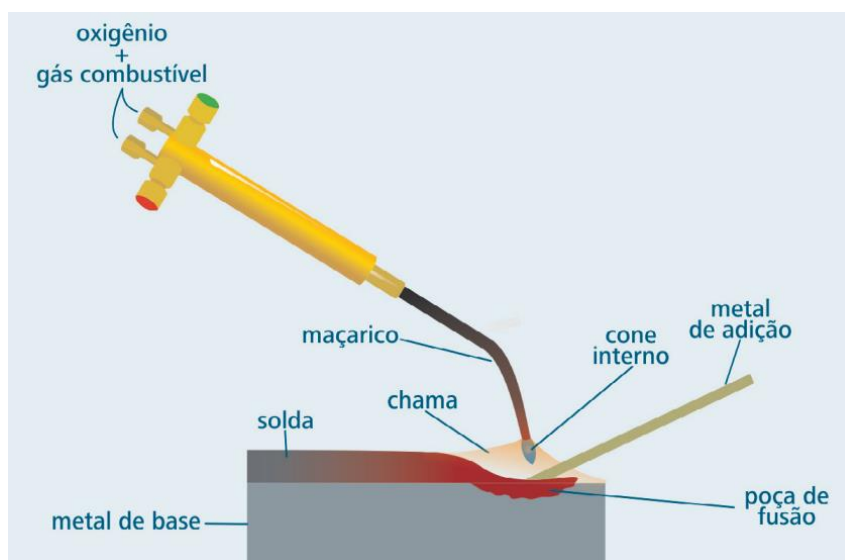


FIGURA 6. Componentes do Processo de Soldagem Oxiacetileno.

Fonte: Modenesi, Marques e Santos (2012).

QUADRO 6. Vantagens e desvantagens do processo de soldagem TIG em projetos mecânicos.

Fonte: Fernandes (2014).

Vantagens	Desvantagens
Não depende de energia elétrica.	Baixa velocidade de soldagem.
Versatilidade com materiais.	Limitação com espessura.
Não há restrições em relação a lugar, desde que não haja correntes de ar.	Não solda Alumínio.

2.4. Pino e Cupilha

Os pinos e cupilhas são elementos de máquinas utilizados em menor escala na indústria, são simples e baratos, permitem um certo grau de liberdade, para elementos articulados, porém não são indicados para aplicações onde há altas rotações e um elevado grau de impacto.

Lajas (2021) em seu projeto utilizou cupilhas, devido às restrições impostas pela máquina, não era possível soldar, e pelo espaço não era possível realizar a furação para parafusos, então a solução mais viável era a fixação por cupilha. Na Figura 7 tem-se o sistema de fixação por cupilha.

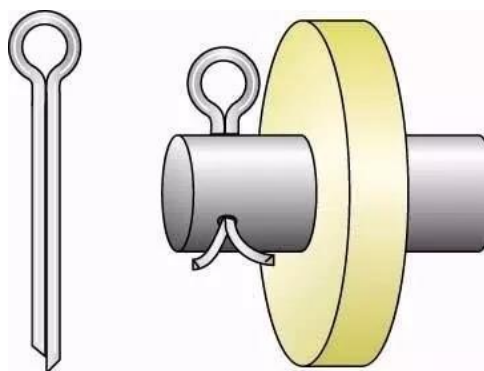


FIGURA 7. Sistema de fixação por cupilha.

Fonte: https://MLB-995874748-contrapino-cupilha-316-x-212-galvanizada-400-pcs-_JM.

2.5. Chaveta

Chavetas são elementos mecânicos utilizadas para transferência de torque em eixos geralmente fabricados em aço, sendo o seu formato mais comum o retangular ou em meia lua (SHIGLEY, 2005). As chavetas se acoplam a rasgos em eixos, e por isso conseguem transmitir o movimento dos mesmos (ALMEIDA, 2019). Na Figura 8 tem-se o sistema de fixação por chaveta em uma árvore.

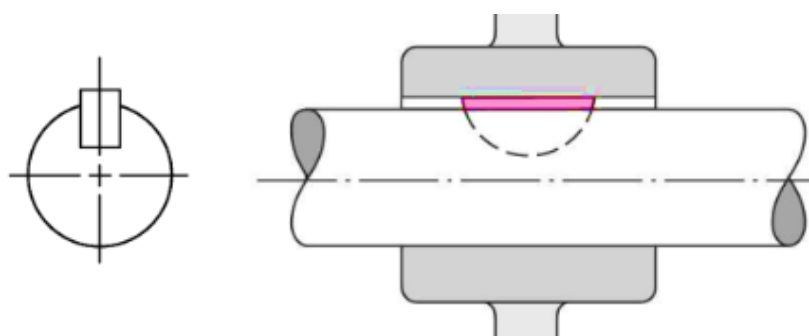


FIGURA 8. Sistema de fixação por chaveta em uma árvore. **Fonte:** Shigley (2005).

2.6. Sistema Especialista para escolha de Elementos de Fixação

O Sistema Especialista foi desenvolvido através da *shell* Expert SINTA. O Expert SINTA é um sistema muito versátil, que pode ser utilizado para modelar inúmeros problemas, desde a níveis cotidianos quanto problemas de complexidade industrial, vinculados à Indústria 4.0 e a tomada de decisões simples. Como a análise e escolha de um elemento de fixação de um sistema mecânico.

Com as informações obtidas com o estudo de cada um dos elementos de fixação foi possível gerar o fluxograma com os principais critérios de escolha de um método de fixação. Cada pergunta

foi escolhida com a intenção de selecionar as possíveis respostas para o problema, questionamentos a respeito do tipo de material utilizado, a fonte de energia disponível, a possibilidade de alguma intervenção na geometria do material, entre outros.

A *shell* Expert SINTA utiliza sistemas lógicos para tomada de decisões. Neste trabalho foram utilizadas ferramentas do tipo "se", "e" e "ou" e, por fim, foram criadas as regras para o Sistema Especialista desenvolvido.

3. RESULTADOS

Na Figura 9 tem-se o fluxograma desenvolvido para a resolução do problema com materiais não metálicos. Nas Figuras 10 a 12 tem-se as telas geradas pela *shell* Expert SINTA para o Sistema Especialista desenvolvido.

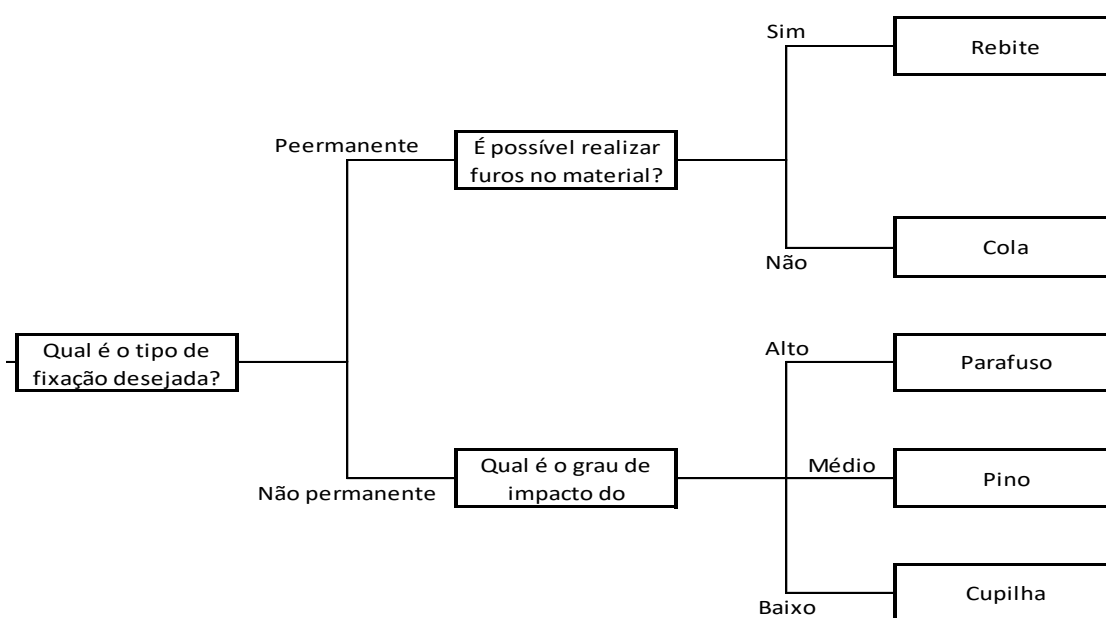


FIGURA 9. Fluxograma para a resolução do problema com materiais não metálicos.

Fonte: Autor (2023).

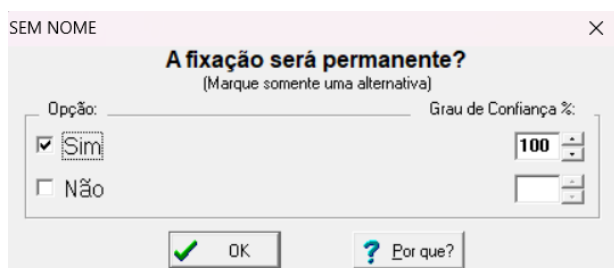


FIGURA 9. Tela 1 | A fixação será permanente?

Fonte: Autor (2023).

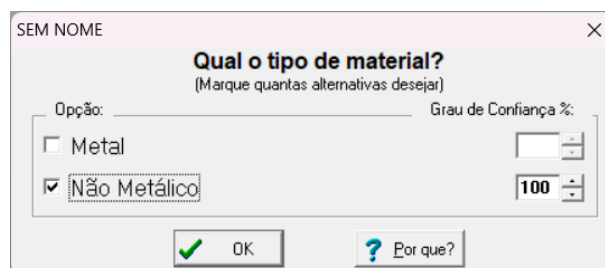


FIGURA 10. Tela 2 | Qual o tipo de material?

Fonte: Autor (2023).

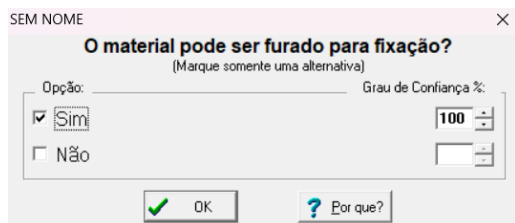


FIGURA 11. Tela 3 | O material pode ser furado para fixação?

Fonte: Autor (2023).

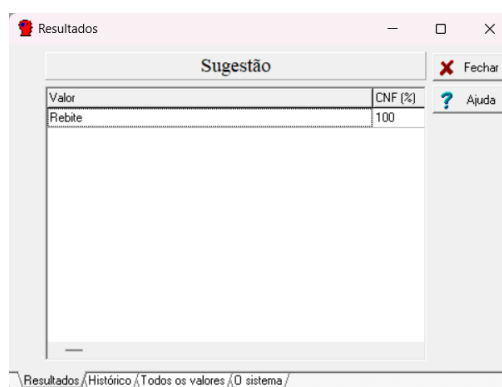
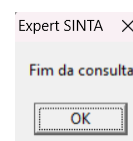


FIGURA 12. Tela 4 | RESULTADO.

Fonte: Autor (2023).



Na Figura 13 tem-se o fluxograma desenvolvido para a resolução do problema com materiais metálicos com fixação permanente e não dependente de energia elétrica. Nas Figuras 14 a 21 tem-se as telas geradas pela *shell* Expert SINTA para o Sistema Especialista desenvolvido.

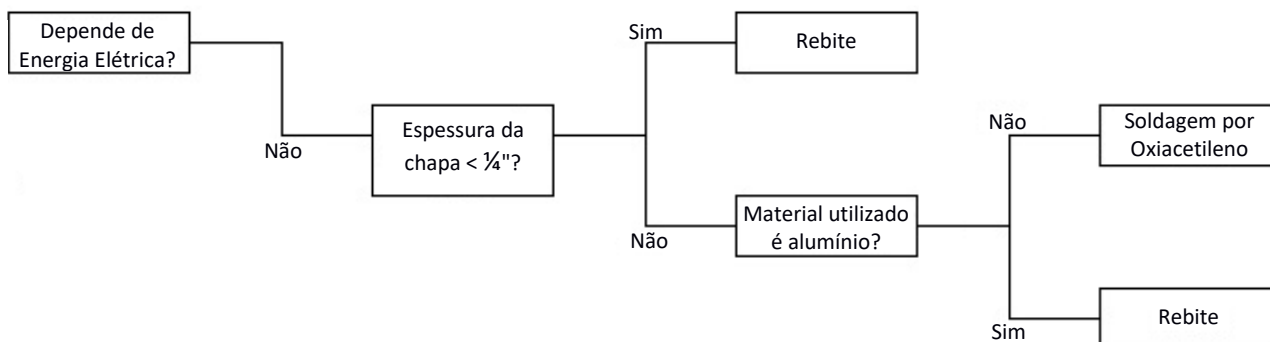


FIGURA 13. Fluxograma materiais metálicos com fixação permanente e não dependente de energia elétrica. Fonte: Autor (2023).

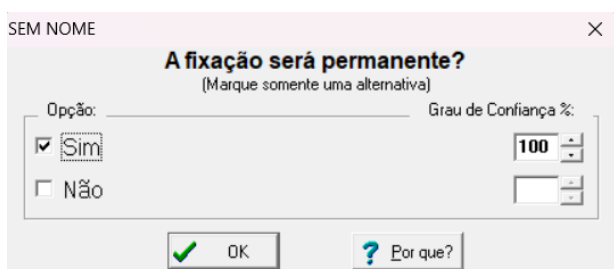


FIGURA 14. Tela 1 | A fixação será permanente?

Fonte: Autor (2023).

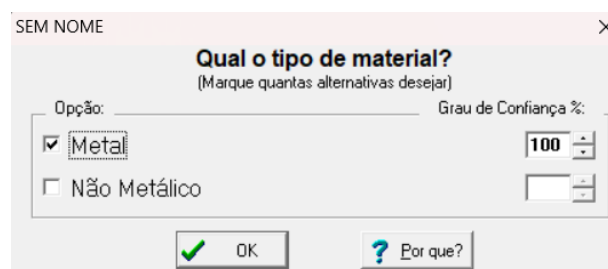


FIGURA 15. Tela 2 | Qual o tipo de material?

Fonte: Autor (2023).

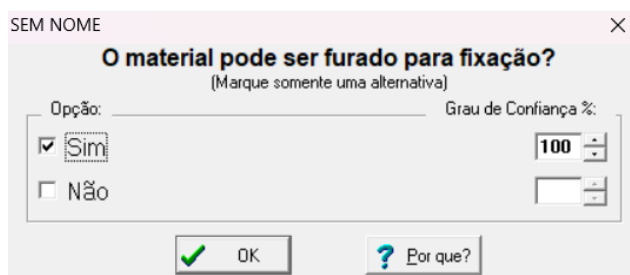


FIGURA 16. Tela 3 | O material pode ser furado para fixação?

Fonte: Autor (2023).

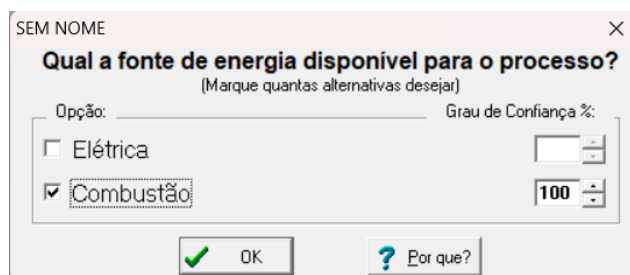


FIGURA 17. Tela 4 | Qual a fonte de energia disponível para o processo?

Fonte: Autor (2023).

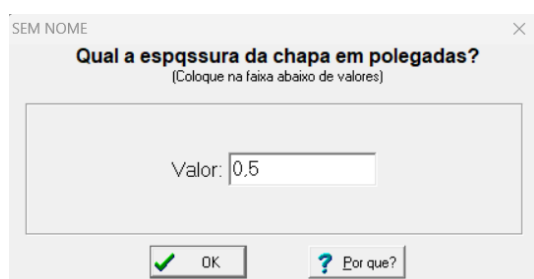


FIGURA 18. Tela 5 | Qual a espessura da chapa em polegadas?

Fonte: Autor (2023).

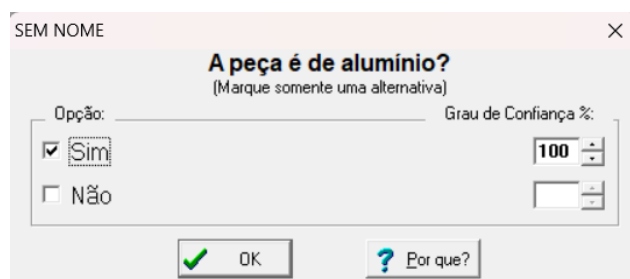


FIGURA 19. Tela 6 | A peça é de alumínio?

Fonte: Autor (2023).

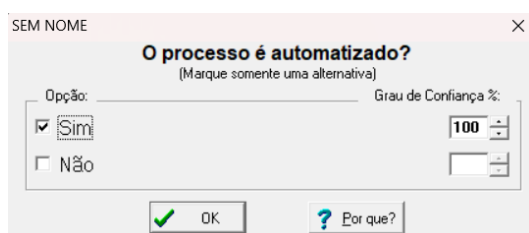


FIGURA 20. Tela 7 | O processo é automatizado?

Fonte: Autor (2023).

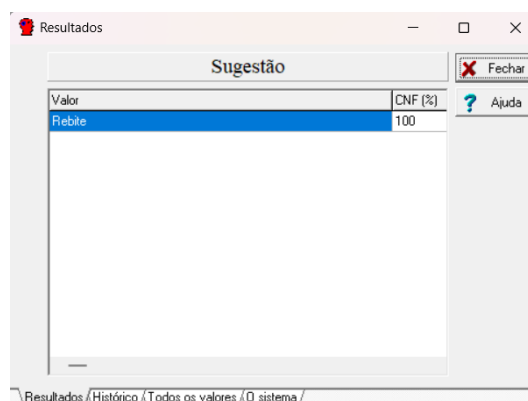
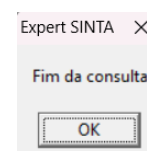


FIGURA 21. Tela 10 | RESULTADO.

Fonte: Autor (2023).



Na Figura 22 tem-se o fluxograma desenvolvido para a resolução do problema com materiais metálicos com fixação permanente e dependente de energia elétrica. Nas Figuras 23 a 32 tem-se as telas geradas pela *shell* Expert SINTA para o Sistema Especialista desenvolvido.

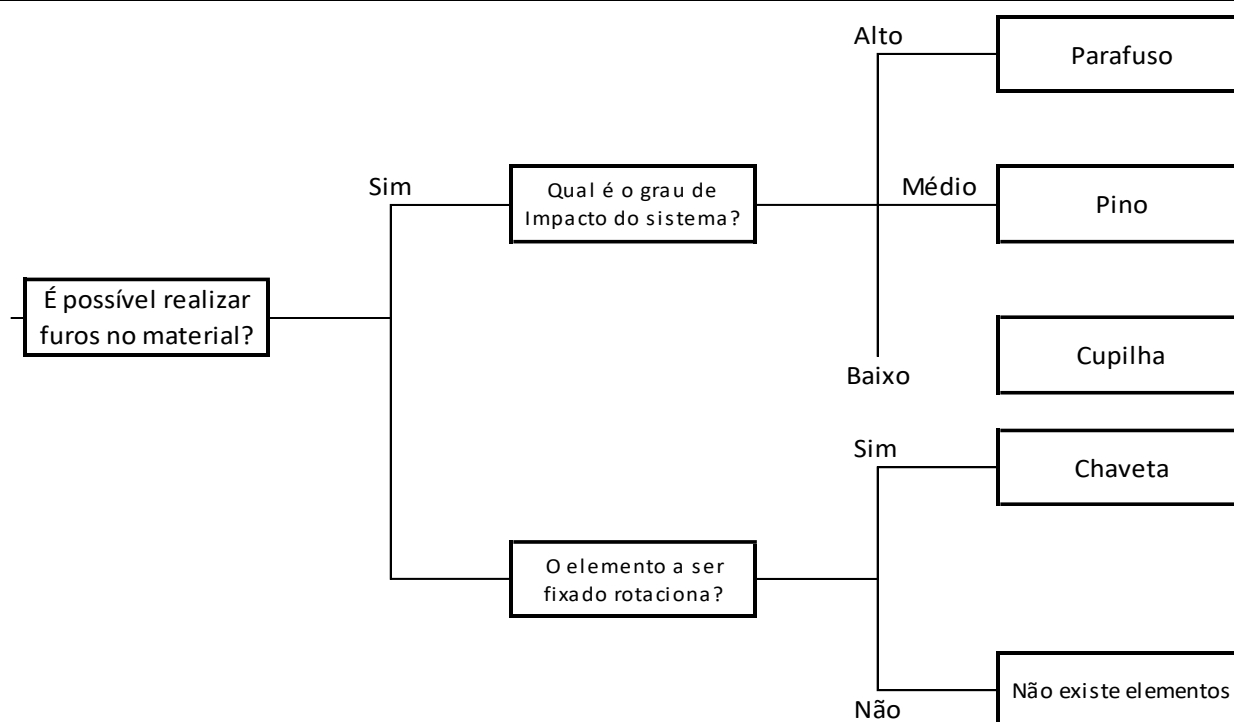


FIGURA 22. Fluxograma materiais metálicos com fixação permanente e dependente de energia elétrica. **Fonte:** Autor (2023).

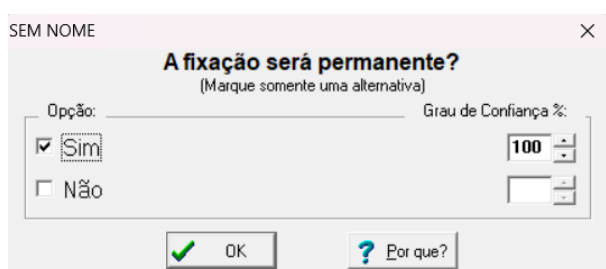


FIGURA 23. Tela 1 | A fixação será permanente?
Fonte: Autor (2023).

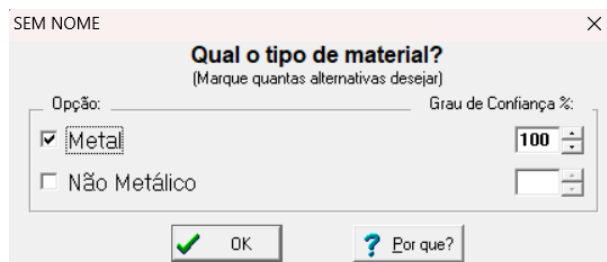


FIGURA 24. Tela 2 | Qual o tipo de material?
Fonte: Autor (2023).

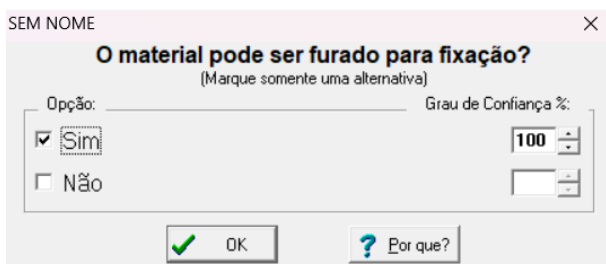


FIGURA 25. Tela 3 | O material pode ser furado para fixação?
Fonte: Autor (2023).

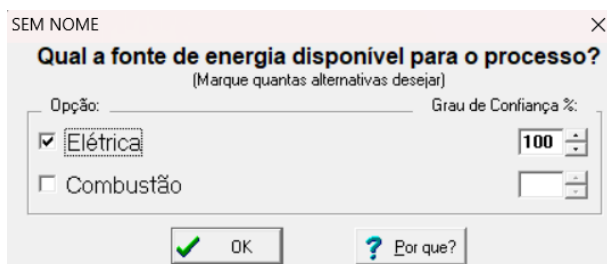


FIGURA 26. Tela 4 | Qual a fonte de energia disponível para o processo?
Fonte: Autor (2023).

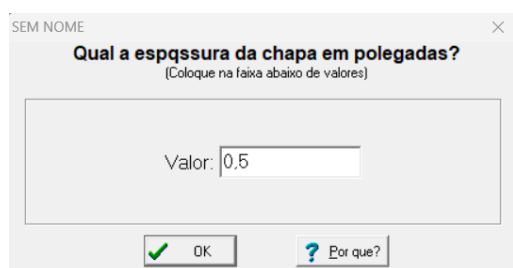


FIGURA 27. Tela 5 | Qual a espessura da chapa em polegadas?

Fonte: Autor (2023).

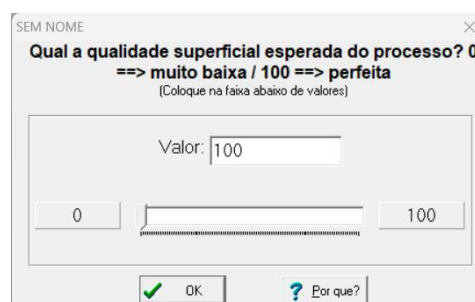


FIGURA 28. Tela 6 | Qual a qualidade superficial esperada do processo?

Fonte: Autor (2023).

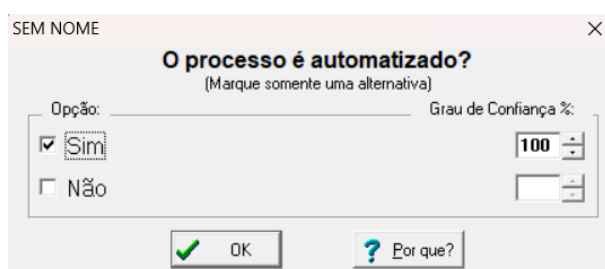


FIGURA 29. Tela 7 | O processo é automatizado?

Fonte: Autor (2023).

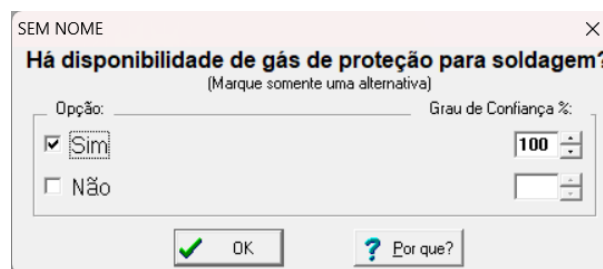


FIGURA 30. Tela 8 | Há possibilidade de gás de proteção para soldagem?

Fonte: Autor (2023).

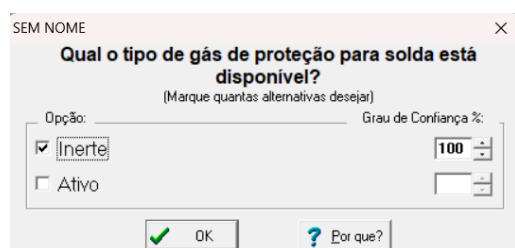
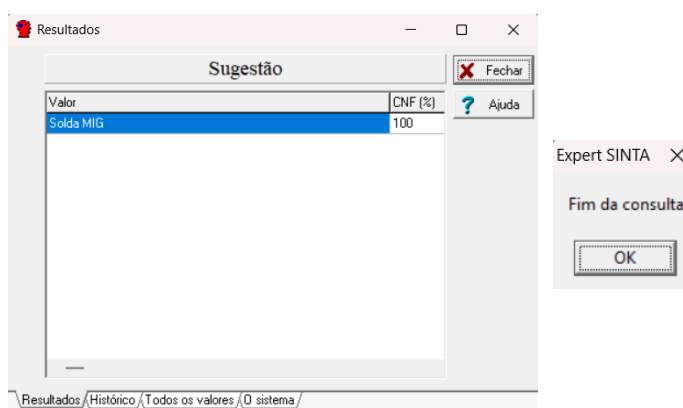


FIGURA 31. Tela 9 | Qual o tipo de gás de proteção para a solda está disponível?

Fonte: Autor (2023).



Valor	CNF (%)
Solda MIG	100

FIGURA 32. Tela 10 | RESULTADO.

Fonte: Autor (2023).

Na Figura 33 tem-se o fluxograma desenvolvido para a resolução do problema com materiais metálicos com fixação não permanente. Nas Figuras 34 a 38 tem-se as telas geradas pela *shell* Expert SINTA para o Sistema Especialista desenvolvido.

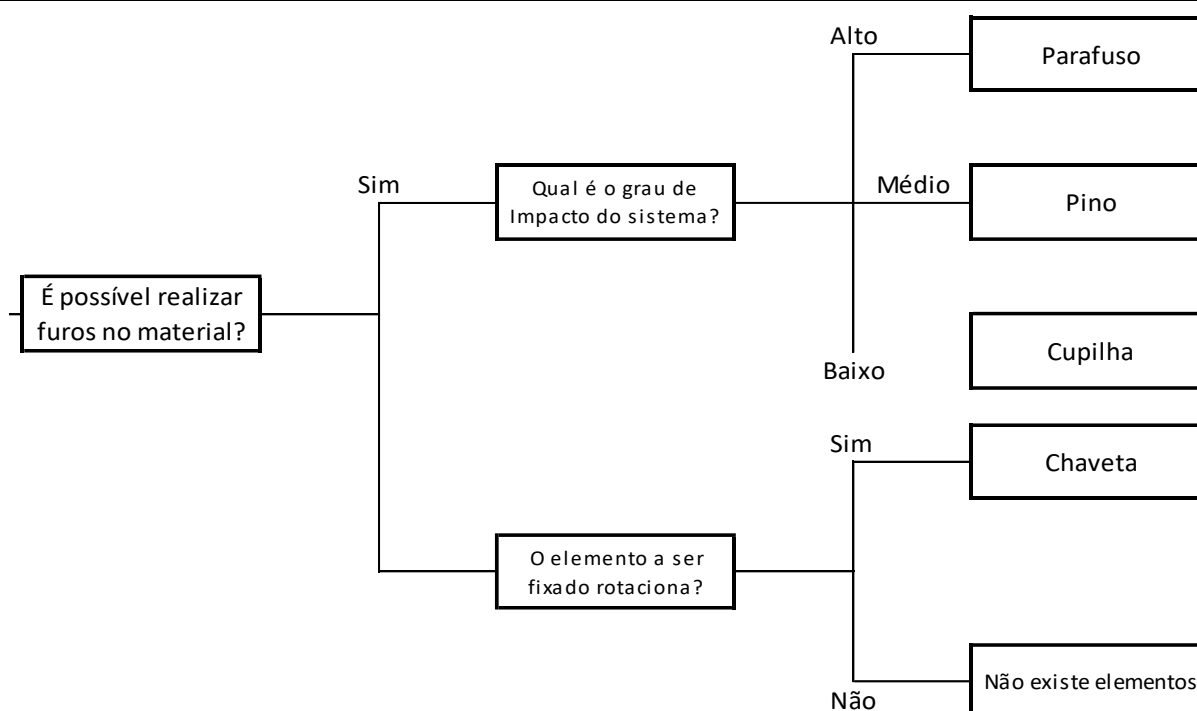


FIGURA 33. Fluxograma materiais metálicos com materiais metálicos com fixação não permanente. **Fonte:** Autor (2023).

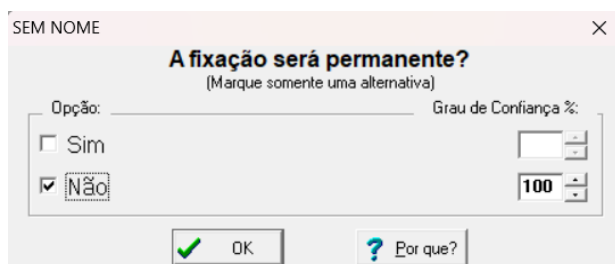


FIGURA 34. Tela 1 | A fixação será permanente?

Fonte: Autor (2023).

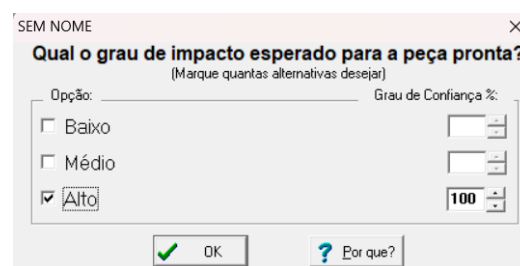


FIGURA 35. Tela 2 | Qual o tipo de material?

Fonte: Autor (2023).

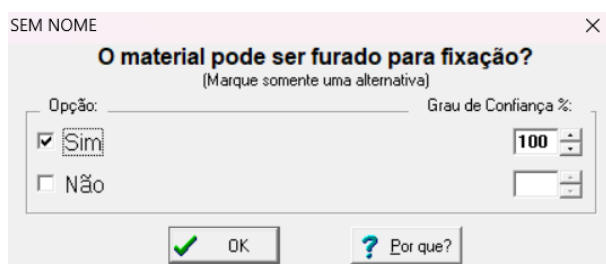


FIGURA 36. Tela 3 | O material pode ser furado para fixação?

Fonte: Autor (2023).

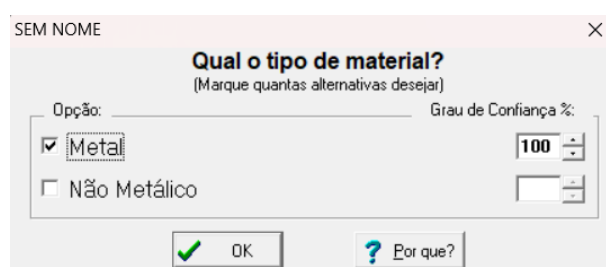


FIGURA 37. Tela 4 | Qual o tipo de material?

Fonte: Autor (2023).

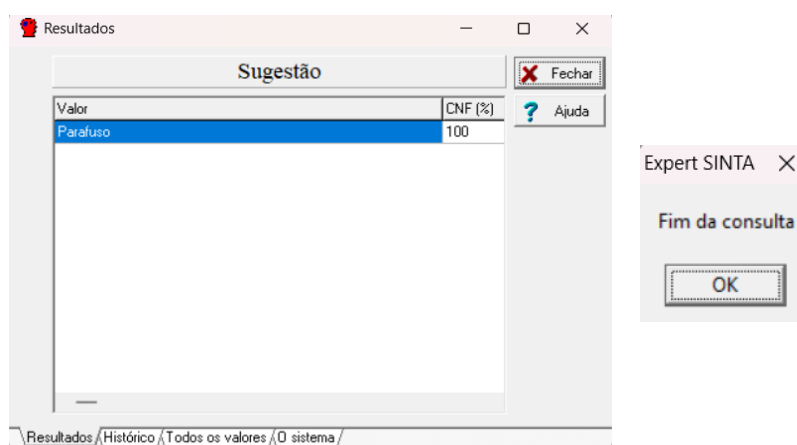


FIGURA 38. Tela 10 | RESULTADO. **Fonte:** Autor (2023).

4. CONCLUSÃO

A escolha de elementos de fixação, responsáveis pela união eficaz dos elementos mecânicos, presentes nos mais variados tipos de projetos industriais, se mostram adequados para representação por meios de regras de produção.

Com o auxílio da *shell* Expert SINTA, o desenvolvimento do Sistema Especialista desenvolvido e apresentado neste trabalho se deu sem quaisquer dificuldades de implementação e teste. As dificuldades com os fatores de confiança foram resolvidas com o conhecimento dos especialistas do Grupo de Estudos de Pesquisas do Laboratório de Sistemas Dinâmicos (Gep_LASID), além da ampla Revisão Bibliográfica realizada.

Como nenhum domínio do conhecimento humano é completo e imutável, o Sistema Especialista desenvolvido será revisado e ampliado, buscando incluir novos conhecimentos que serão adquiridos ao longo de Revisões Bibliográficas e, principalmente, através de troca de experiências com especialistas da área de Manutenção Industrial.

5. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo das informações contidas neste artigo.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. V. de. **O Desenvolvimento da Inteligência Artificial (SINTA) como Ferramenta de Auxílio para os Profissionais da Psicologia: Avaliando Docentes do Ensino Superior**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós- Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Curitiba, PR. 83 pág. 2002.

BRITO, J. N., GARCIA, E. M. e PEDERIVA, R. **Desenvolvimento de um Sistema Especialista para Diagnóstico de Problemas em Motores Elétricos**. Anais do II Congresso Nacional de Engenharia Mecânica / II National Congress of Mechanical Engineering (CONEM 2002). 12 a 16 de agosto de 2022. João Pessoa – PB.

BORGES, P. C. R.; ALVES, T. W.; PAULA, A. C. B. O. de; COSTA, A. R. da. **Protótipo de um Sistema Especialista para Classificar o Nível de Competitividade de uma Microempresa de Serviços**. Revista Inteligência Competitiva, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 36–59, 2020. DOI: 10.24883/iberoamericanic.v10i1.345. Disponível em: <https://iberoamericanic.org/rev/article/view/345>. Acesso em: 7 jul. 2023.

CHAKRAVERTY S., Mall, S. **Artificial neural networks for engineers and scientists: solving ordinary differential equations**. CRC Press, Boca Raton, 2017.

DEPRE, W. B. **Estudo das características dos rebites sólidos cabeça escareada a 120°, instalados com interferência, no processo produtivo Embraer**. Dissertação (Mestrado). Engenharia de Materiais. Universidade Estadual de Campinas, 111 p., 2002.

FERREIRA, M. M.; AZEVEDO, T. N.; EGUCHI, T. Y.; FERREIRA, S. N. SILVA, R. G. **Aplicação do Software Expert Sinta objetivando o auxílio da tomada de decisão em situação de acidente de trabalho em uma madeireira**. Brazilian Journal of Development. v. 6, n. 3, p. 14704-14715, 2020.

FERNANDES, B.; FERREIRA, T. P; SOUSA, R. A.; PEDREIRA, W. R. F.; LOWINSOHN, D. **Avaliação da composição química dos revestimentos presentes nos eletrodos de solda AWS A5. 1 E6013**. Soldagem & Inspeção, v. 26, p. e2615, 2021.

FERREIRA, M. M. G.; AZEVEDO, T. N. de; EGUCHI, T. Y.; JUNIOR, S. N. F.; SILVA, R. G. da. **Aplicação do Software Expert Sinta objetivando o auxílio da tomada de decisão em situação de acidente de trabalho em uma madeireira / Application of the Software Expert Sinta objecting the decision making support in the situation of work accident in a logging**. Brazilian Journal of Development, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 14704–14715, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n3-367. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/7996>. Acesso em: 7 jul. 2023.

FRANCESCHI, A. e ANTONELLO, M. G. **Elementos de Máquinas**. Santa Maria. CTIM, Rede E-Tec, 2014.

MAGALHÃES, L. L.; BORGES, P. C. R. e PEREIRA, R. S. **Protótipo de um Sistema Especialista para Classificar o Nível de Competitividade de uma Microempresa de Serviços**. Revista JRG de Estudos Acadêmicos, Brasil, São Paulo, v. 4, n. 9, p. 01–05, 2021. DOI: 10.5281/zenodo.5228292. Disponível em: <http://www.revistajrg.com/index.php/jrg/article/view/299>. Acesso em: 7 jul. 2023.

MELO, J. D. de; URIBE, A. L. E. A.; MELO, D. A. J.; MENDONÇA, M. C.; XAVIER, U. R. e MELO, V. J. **Sistema especialista para o domínio do Licenciamento Ambiental: estudo de caso com Shell Expert Sinta / Specialist system for the domain of Environmental Licensing: case study with Shell Expert Sinta**. Brazilian Journal of Development, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 4297–4313, jan. 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n1-289.

MODENESI, P. J. e MARQUES, P. V. **Soldagem I - Introdução aos Processos de Soldagem**. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Metalúrgica. 52 pág. Belo Horizonte, MG, 2011. Paulo J. Modenesi Paulo V. Marques Dagoberto B. Santos

MODENESI, P. J., MARQUES, P. V. e SANTOS, D. B. **Introdução à Metalurgia da Soldagem**. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Metalúrgica. 209 pág. Belo Horizonte, MG, 2012.

MORAIS, G. O. **Processos de fabricação e inspeção utilizados na indústria de construção marítima: soldagem, corte, pintura e ensaios não destrutivos**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica. Universidade Federal Fluminense, 45 p., 2022.

NASCIMENTO, T. P. **Análise comparativa das propriedades mecânicas de diferentes parafusos automotivos classe 10.9**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica – Instituto Federal da Amazonas, 35 p., 2022.

PETRACHI, L. M. **Avaliação da influência da distância entre o bico de contato e a peça na taxa de fusão no processo de soldagem MIG/MAG**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Uberlândia, 38 p., 2021.

REIS, V. B. **Influência do ângulo de afiação do eletrodo no processo de soldagem TIG**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Uberlândia, 38 p., 2022.

SANTOS, A. M. A. dos; FURLAN, F. M.; SILVA, G. A. P. da; SANTOS, E. do A. dos; ROSA, A. R. da. **Trabalho docente mediado por tecnologia de inteligência artificial / Teaching work mediated by artificial intelligence technology**. *Brazilian Journal of Development*. [S. l.], v. 6, n. 7, p. 53096–53108, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n7-816. <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/14140>. Acesso: 7 jul. 2023.

SCHULZ, J. M., SCHMACHTENBERG, R. F., FROZZA, R. e CRUZ, M. E. J. K. da. **SETCOMP - Sistema Especialista para Avaliação Ergonômica do Posto de Trabalho com uso do Computador**. VIII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2019). Anais do XXV Workshop de Informática na Escola (WIE 2019). DOI: 10.5753/cbie.wie.2019.1349. Brasília - DF. 2019.

SHIGLEY, J. E. **Projeto de Engenharia Mecânica**. Ed. Bookman, San Diego, 2005.

SOUZA, S. S. de; NUNES, W. M.; PAGANINI, P. **Processo de Soldagem: uma Introdução aos Princípios Básicos do Processo de Soldagem TIG Aplicado na Indústria Mecânica**. *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia*, v. 14, n. 14, p. 27-29, 2019.

UTANI, L. A., SILVA, G. R. e FARIA, E. B. P. **Sistema Especialista para Apoio a Decisão de Investidores na Aquisição de Fundos Imobiliários**. *Revista Eletrônica Anima Terra*, Faculdade de Tecnologia de Mogi das Cruzes – FATEC-MC. Mogi das Cruzes-SP., nº15, ano VII, p.105-118, 2º semestre, 2022. ISSN 2526-1940.

VITÓRIO, J. A. P. **Pontes e passarelas metálicas e mistas: fundamentos e tópicos de conservação, recuperação e reforço estrutural**. 2ª Edição revisada e atualizada.

Disponível em: Apostila_Pontes_Passarelas_Metalicas_e_Mistas.pdf (vitorioemelo.com.br) em: 06 jul. 2023.

WAVGENHAK, D. A. **Estudo comparativo dos processos de soldagem MAG C e MAG M em funilaria automotiva.** Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnólogo de manutenção Industrial – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 38 p., 2022.

DEVELOPMENT OF AN EXPERT SYSTEM FOR CHOOSING FIXING ELEMENTS

Guimarães, A. A. et al.
(andre.guima2001@hotmail.com)

Federal University of São João del-Rei

SUMMARY: *One of the biggest technological trends of the last decades has been the improvement and creation of new Artificial Intelligence programs, which can generate choices autonomously, and capable of simulating human behavior. This type of systems it is possible to solve problems of different levels of complexity, which may vary from everyday situations or even industrial issues. The present work elaborated an Expert System capable of suggesting the best method of fixation for a mechanical system, such as screws, rivets, pins and different welding methods. From questions such as materials to be used, intended permanence time for the fastenings, degree of impact of the system and dynamic and geometric conditions, a code was generated by the Expert SINTA program. This computational tool uses logical systems to establish restriction conditions in order to generate a possible response to the requested conditions, satisfactory and efficient for the project objectives.*

KEYWORDS: *Fixing Elements, Expert System, Artificial Intelligence.*