DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA ESPECIALISTA PARA PADRONIZAÇÃO DO APONTAMENTO DE PERDAS OPERACIONAIS, POSSIBILITANDO O TRATAMENTO DO PERFIL DE FALHAS PELAS ENGENHARIAS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Lucas Guarini Paulo [(1)] (lucasguarini@gmail.com), Neivison Barbosa de Souza[(1)] (neivisonbsouza@gmail.com), Lucas Costa Brito [(2)] (brito.lcb@gmail.com), Jorge Nei Brito [(1)] (brito@ufsj.edu.br)

[(1)] Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ); Grupo de Estudos e Pesquisas Laboratório de Sistemas Dinâmicos (Gep_LASID)
[(3)] Universidade Federal de Uberlândia (UFU); Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC)

RESUMO: *O volume de dados gerados na indústria são a base para a tomada de decisão, com o avanço das tecnologias temos dados em tempo real e que necessitam de um tratamento adequado, onde atualmente é um grande desafio dentro das indústrias, pois com analises incorretas se tomam decisões inadequadas ao processo produtivo. Na última década com a chegada da Inteligência Artificial (IA) permite uma grande evolução, permitindo aos usuários a analisar um grande volume de dados e mostrar padrões que seriam difíceis ao ser humano a percepção. O presente trabalho irá mostrar um programa gerado pelo Expert SINTA capaz de estabelecer condições de restrição a fim de gerar um resultado satisfatório e eficiente com maior confiabilidade, envolvendo produção e manutenção mecânica.*

PALAVRAS-CHAVE: *Inteligência Artificial, Sistema Especialista, Manutenção Industria.*

DEVELOPMENT OF A SPECIALIST SYSTEM FOR STANDARDIZING THE RECORDING OF OPERATIONAL LOSSES, ALLOWING THE TREATMENT OF THE FAILURE PROFILE BY THE OPERATION AND MAINTENANCE ENGINEERING

ABSTRACT: *The volume of data generated in the industry is the basis for decision making, with the advancement of technologies we have data in real time and that need an appropriate treatment, where it is currently a great challenge within the industries, because with incorrect analyzes decisions are made inappropriate to the production process. In recent decades with the arrival of Artificial Intelligence (AI) allows a great evolution, allowing users to analyze a large volume of data and show patterns that would be difficult for humans to perceive. The present work will show a program generated by the SINTA Expert capable of establishing restriction conditions in order to generate a satisfactory and efficient result with greater reliability, involving production and mechanical maintenance.*

KEYWORDS: *Artificial Intelligence, Expert System, Industrial Maintenance.*

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 *et al.*, 2020).

Os Sistemas Especialistas 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) e Brito, Garcia e Pederiva (2002).

No setor industrial a existência de perdas em decorrências de falhas nos equipamentos causa inúmeros problemas como a interrupção do processo produtivo e a exposição de colaboradores ao risco de segurança. Identificar a gravidade e a frequência das destas falhas com o objetivo de reduzi-las ou eliminá-las é de suma importância para mitigar estas perdas.

Identificar e mapear as falhas são fundamentais ao processo de qualquer empresa, para se obter sucesso. Neste trabalho apresenta-se um Sistema Especialista, também desenvolvido através da *shell* Expert SINTA, para padronização do apontamento de perdas operacionais, possibilitando o tratamento do perfil de falhas pelas Engenharias de Operação e Manutenção.

Gerar o apontamento de perdas através do apontamento, e retenção histórica das causas e falhas que dão origem a paradas de produção, é significativo para as Engenharias de Operação e Manutenção. Dessa forma é possível identificar as principais falhas e traçar os melhores

procedimentos e técnicas para corrigi-las. Também é possível identificar os potenciais causadores de paradas das linhas de produção e maquinários.

Através do Sistema Especialista desenvolvido é possível obter dados atualizados e conseguir gerar o perfil das perdas e, consequentemente, priorizar de forma sistemática a tratativa analítica para sua não ocorrência. Soma-se a este processo de controle de apontamento das ocorrências de perdas os Indicadores de Manutenção e Produção: Utilização (UT), Disponibilidade Física (DF), Tempo Médio entre Falhas (MTBF) e Tempo Médio para Reparo (MTTR).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Árvore de Falhas

A Árvore de Falhas é uma metodologia indicada para descobrir a raiz de problemas em equipamentos, admitindo a avaliação do funcionamento de todo o conjunto de componentes integrada às prováveis falhas destes, o que torna esta metodologia confiável e unificada na geração de dados para elaboração da estratégia de tratativas de perdas.

Com o uso desse método é possível identificar a causa raiz do problema, perceber como os equipamentos podem falhar, estimar a frequência das falhas e identificar possíveis falhas futuras. O ponto de partida para a análise é o equipamento e sua origem da falha. A partir daí o Sistema Especialista vai se auto construindo através de uma lógica pré-determinada de identificação de causa raiz e falha subsequente, aonde o Gestor de Manutenção consegue analisar de forma rápida qual decisão será tomada para inibir essa falha em outras ocasiões.

Quando um equipamento tem a sua parada, ou mesmo em funcionamento, ele pode gerar uma falha repentina e de maior durabilidade. Neste contexto, é importante realizar a análise e constatar no Sistema Especialista a sua causa de origem. Caso contrário a falha irá se repetir.

Por exemplo, durante a rota do Operador na área foi identificado um ruído anormal no funcionamento do Moinho de Bolas. A partir dessa identificação o Operador parou o equipamento e solicitou apoio da Equipe de Manutenção para identificar e sanar o problema. Com o equipamento parado realiza-se o apontamento das informações a seguir e na ordem em que se apresentam. Na Figura 1 tem-se a Arvore de Falhas com destaque para o Moinho de Bola.

1° - Equipamento em Falha.

2° - Origem da Falha.

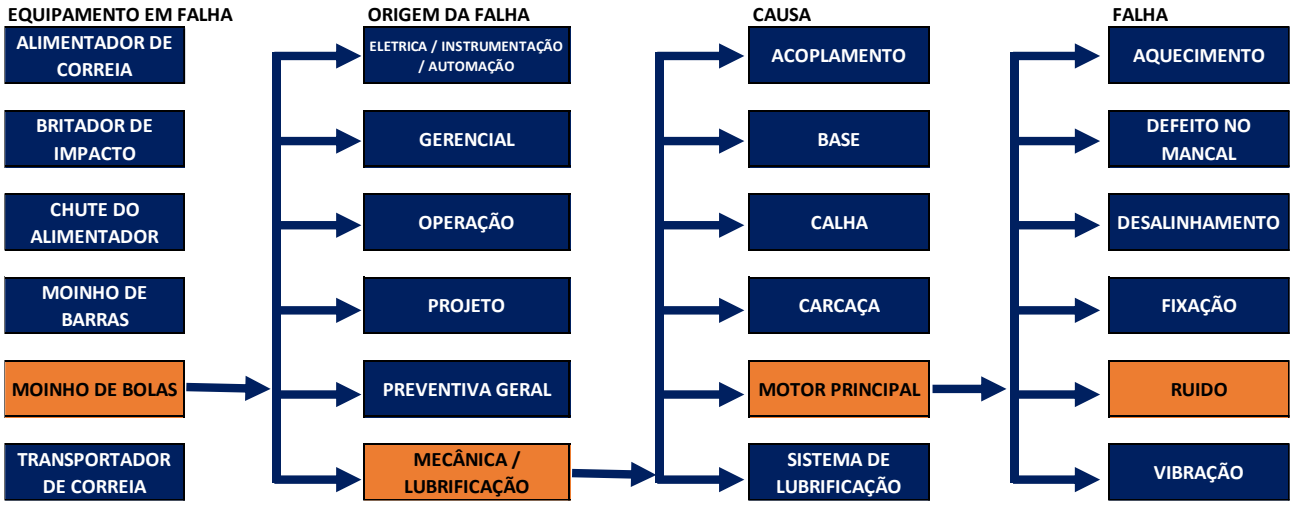
3° - Causa da Falha.

4° - Falha.

5° - Tempo do equipamento parado.

6° - Observação da Parada (Opcional | O Operador pode detalhar a parada conforme a sua análise).

FIGURA 1. Árvore de Falha.



Fonte: Autor (2023).

No Sistema Especialista o Operador terá várias opções pré-determinadas para selecionar e que estão correlacionadas com seleções anteriores. No exemplo supracitado, relativo ao Moinho de Bola, irá aparecer todas as origens que pode ocasionar a parada desse equipamento (mecânica/lubrificação). Dessa forma é possível listar algumas das principais causas (acoplamento, base, calha, carcaça, motor principal, sistema de lubrificação, entre outros). Para o caso do motor principal a causa raiz as suas opções de falhas podem ser (aquecimento, defeito no mancal, desalinhamento, fixação, ruído, vibração).

Através do ruído identificado em campo e analisado pelo Operador e Mantenedor concluiu-se que o problema foi ocasionado pelo desalinhamento do motor principal. A Árvore de Falhas pode ser interrompida neste estágio uma vez que se tem todos os dados do equipamento em falha e o que a ocasionou. Dessa forma as Equipes de Produção e Manutenção podem utilizar esses dados de ocorrência da parada para analisar o que ocasionou o desalinhamento do motor, se houve falta de manutenção e alterar o Plano de Manutenção para que essa falha não ocorra novamente.

Através do Sistema Especialista desenvolvido foi possível aumentar a disponibilidade e a confiabilidade do ativo, e até mesmo de todos os equipamentos que operam.

2.2. Indicadores

A medição do desempenho é um requisito fundamental para as empresas. Assim como em outras funções de fabricação, a avaliação é importante no gerenciamento. Esse sucesso, pode ser definido em duas vertentes: a do progresso em direção aos objetivos ou por meio da realização repetida de algum nível operacional, como, por exemplo, zero defeitos (SHORAFA, 2015).

Os indicadores implementados dentro de qualquer indústria são de suma importância para apontar ou mostrar algo que está sendo avaliado, expressando o desempenho para aquele indicador e/ou impondo ações a serem executadas.

Podem ser guias excelente para analises profundas em diferentes cenários, para que a tomada de decisão seja a mais assertiva possível, diminuindo erros e melhorando processos.

2.2.1. Indicador Utilização (UT)

O **Indicador Utilização** (**UT**) é a probabilidade de um equipamento estar disponível para operar, porém considerando apenas paradas de operação. Isso quer dizer que o tempo que está disponível o equipamento para um bom funcionamento, qual utilização pela operação.

O **Indicador UT** é calculado através da Equação 1, onde **H1** são as horas calendário (24*dias do mês vigente); **H2** são as horas paradas totais do equipamento (paradas envolvendo a manutenção e operação) e **H3** são as horas paradas do equipamento (sendo paradas que englobam a manutenção).

$$\mathrm{UT} = \frac{\mathrm{H1} - \mathrm{H2\ x\ 100\%}}{\mathrm{H1} - \mathrm{H3}} = \mathrm{Utilização\ \%} \tag{1}$$

Por exemplo, se o ativo operou no mês de 31 dias e teve 40 horas de parada total sendo 30 horas de parada apenas por manutenção, ele terá um **UT = 98,60%**. Para a indústria o ideal, para que a produção não seja tão afetada, é que o **UT** seja o mais próximo de 100%.

$$\mathrm{UT} = \frac{(24 * 31) - 40\ \mathrm{x}\ 100\%}{(24 * 31) - (30)} = 98{,}60\ \%$$

2.2.2. Indicador Disponibilidade Física (DF)

O **Indicador Disponibilidade Física (DF)** é a probabilidade de um equipamento estar disponível para operar, a qualquer momento. Ele é calculado através da Equação 2, onde **H1** são as horas calendário (24*dias do mês vigente); **H2** são as horas paradas do equipamento (sendo paradas que englobam a manutenção).

$$\mathrm{DF} = \frac{\mathrm{H1} - \mathrm{H2\ x\ 100\%}}{\mathrm{H1}} = \mathrm{Disponibilidade\ Física\ \%} \tag{2}$$

Por exemplo, se o ativo operou no mês de 31 dias e teve 30 horas de parada, ele terá um **DT = 95,96%**. Para a indústria o ideal, para que a produção não seja tão afetada, é que o **UT** seja o mais próximo de 100%.

$$\mathrm{DF} = \frac{(24 * 31) - 30\ \mathrm{x}\ 100\%}{24 * 31} = 95{,}96\ \%$$

2.2.3. Indicador Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)

O **Indicador Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)**, do inglês ***Mean Time Between Failures***, na manutenção está associado a quanto tempo o ativo opera em bom funcionamento médio entre as falhas do equipamento, sendo uma ferramenta para análise de confiabilidade da máquina. O **Indicador MTBF** é calculado pela Equação 3 e ilustrado na Figura 2.

$$\text{MTBF} = \frac{\Sigma \text{ das Horas Operando}}{\text{Número de Intervenções Realizadas}} = \frac{\text{Tempo Total Disponível} - \text{Tempo Perdido}}{\text{Número de Paradas}} \quad (3)$$

FIGURA 2. Cálculo do Indicador MTBF.



Fonte: Autor (2023).

No exemplo do da **Árvore de Falhas**, Figura 1, do **Moinho de Bola,** supondo que no mesmo dia o equipamento teve as falhas apresentadas a seguir. Neste caso o **Indicador MTBF = 124 horas operando com bom funcionamento**.

- **FALHA 1:** 140 horas operando até falhar.
- **FALHA 2:** 122 horas operando até falhar.
- **FALHA 3:** 111 horas operando até falhar.

$$\text{MTBF} = \frac{140 + 122 + 111}{3} = 124 \text{ horas operando com bom funcionamento}$$

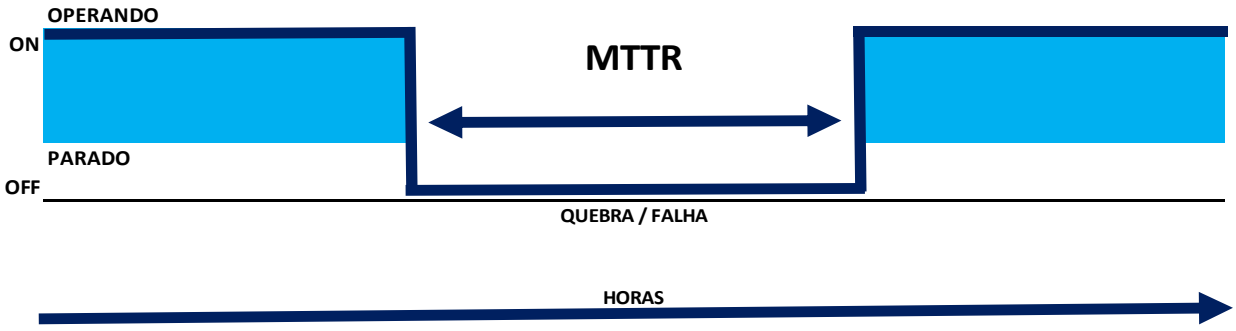
Através do **Indicador MTBF**, o Mantenedor conseguirá avaliar quanto tempo o equipamento está operando até uma possível falha. É importante utilizar esse indicador e avaliar para que seja melhorado o tempo de bom funcionamento do equipamento.

2.2.4. Indicador Tempo Médio Para Reparo (MTTR)

O **Indicador de Tempo Médio para Reparo (MTTR)**, do inglês ***Mean Time to Repair***, na manutenção está associado ao tempo que a manutenção encontra em fazer o reparo do equipamento para o retornar a executar as suas funções após a falha. Quanto menor for o **Indicador MTTR**, maior a eficácia do time. O **Indicador MTTR** é calculado pela Equação 4 e ilustrado na Figura 3.

$$\text{MTBF} = \frac{\Sigma \text{ dos Tempos de Reparo}}{\text{Número de Intervenções Realizadas}} = \frac{\text{Tempo Total de Reparo}}{\text{Quantidade de Falhas}} \quad (4)$$

FIGURA 3. Cálculo do Indicador MTTR.



Fonte: Autor (2023)

No exemplo da Árvore de Falhas, Figura 1, do Moinho de Bola, supondo que no mesmo dia o equipamento teve as falhas apresentadas a seguir, o Indicador MTTR = 2 horas de reparo.

- FALHA 1: 3 horas de reparo.
- FALHA 2: 2 horas de reparo.
- FALHA 3: 1 horas de reparo.

$$\text{MTTR} = \frac{3 + 2 + 1}{3} = 2 \text{ horas de reparo}$$

Através do Indicador MTTR, o Mantenedor conseguirá avaliar quanto tempo está sendo necessário para liberar o equipamento a operar novamente as suas funções. É importante utilizar esse indicador e avaliar para que seja evitado a quebra repentina do ativo.

2.3. Sistema Especialista Shell Expert Sinta

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

O Sistema Especialista foi gerado com o objetivo de se mensurar as falhas em potencial de uma indústria e conseguir analisar o banco de dados e a frequência de falhas inerentes ao equipamento. Através do Sistema Especialista desenvolvido é possível identificar os gargalhos em cada equipamento, o que está acarretando a perca de produção e quais ações a manutenção pode fazer para inibir as grandes falhas. E de forma análogo a todos ativos do processo industrial.

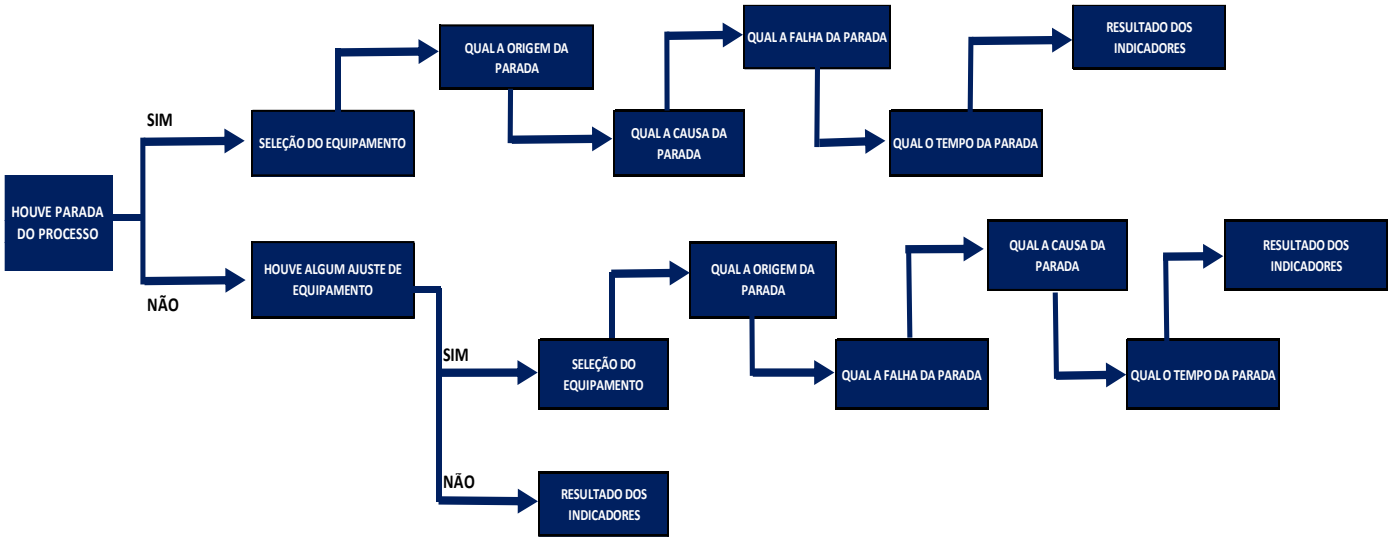
Com os resultados gerados pelo Sistema Especialista o Gestor de Manutenção saberá quais equipamentos têm mais avarias. Dessa forma poderá administrar melhor os atendimentos e, consequentemente, aumentar a disponibilidade dos ativos.

Com as informações obtidas através do **Sistema Especialista** de cada equipamento que gerou falha, sua respectiva origem e potencial causa de falha, é possível gerar relatórios com as principais falhas em cada equipamento, podendo abranger um processo inteiro ou todos os processos de uma Planta Industrial. Cada pergunta do **Sistema Especialista** foi elaborada na intenção de selecionar os possíveis problemas, diminuindo o campo de seleção e a fuga das principais falhas inerentes a cada equipamento e processo produtivo, como será visto no item **RESULTADOS**.

3. RESULTADOS

Na Figura 4 tem-se o fluxograma do **Sistema Especialista** desenvolvido na shell Expert SINTA.

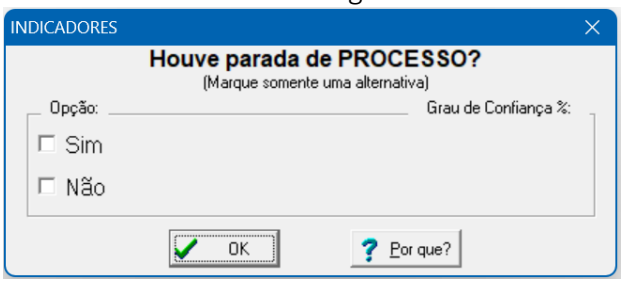
FIGURA 4. Fluxograma do Sistema Especialista.



Fonte: Autor (2023).

A parada do **PROCESSO** pode ser devido a parada de **Manutenção**, que impacta na **Disponibilidade** (entre 0 e 100%) e a parada de **Produção**, que impacta na **Indisponibilidade** (entre 0 e 100%). A primeira pergunta gerada no **Sistema Especialista**, Figura 5, é se houve parada no **PROCESSO**.

FIGURA 5. Pergunta 1.

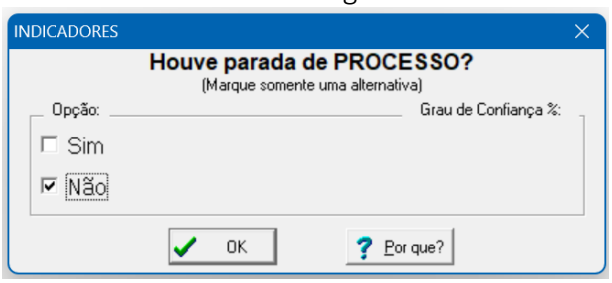


Fonte: Autor (2023).

3.1. Exemplo 1

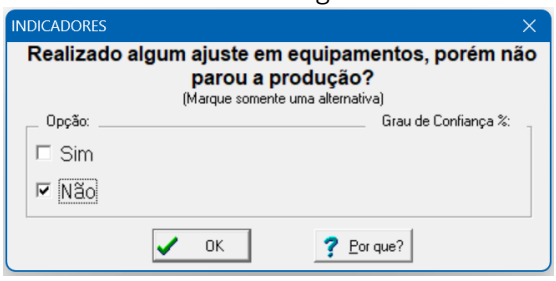
No primeiro exemplo será respondido "**Não**" para a primeira pergunta, Figura 6. As respostas das consultas feitas ao **Sistema Especialista** de acordo com as perguntas respondidas pelo usuário, Figuras 7 a 9.

FIGURA 6. Pergunta 1.



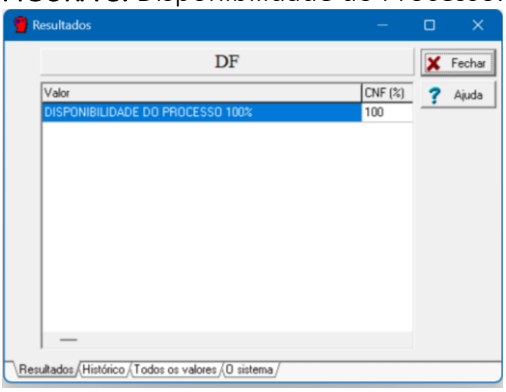
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 7. Pergunta 2.



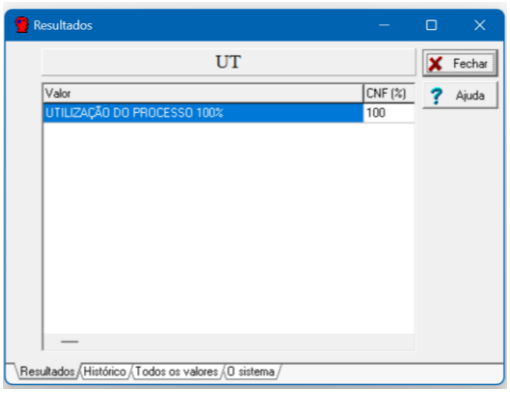
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 8. Disponibilidade do Processo.



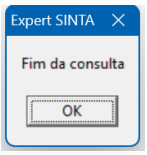
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 9. Utilização do Processo.



Fonte: Autor (2023).

FIGURA 10. Consulta Finalizada.

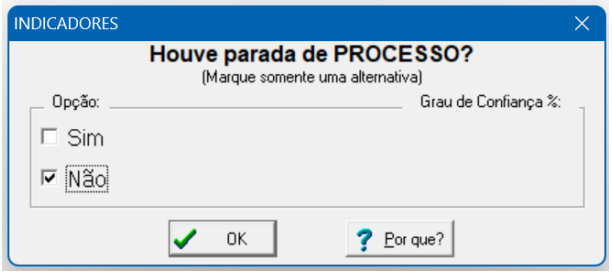


Fonte: Autor (2023).

3.2. Exemplo 2

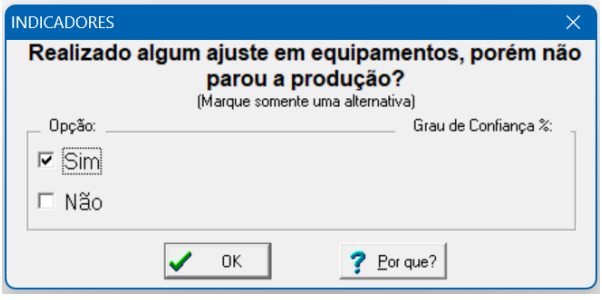
No segundo exemplo será respondido "**Não**", Figura 11. Nas Figuras 12 a 20 têm-se as respostas das consultas feitas ao **Sistema Especialista** de acordo com o usuário. Como não houve parada no **PROCESSO**, e mesmo tendo sido realizado algum ajuste, a **PRODUÇÃO** não parou, portanto, a **Disponibilidade** e **Utilização** foram de 100%.

FIGURA 11. Pergunta 1.



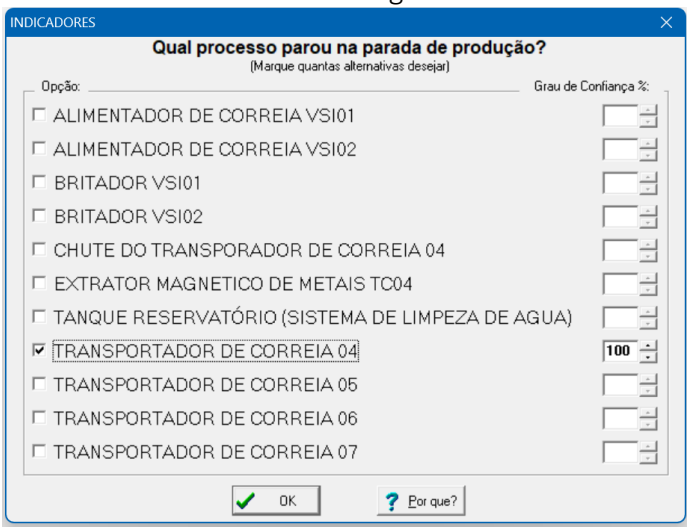
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 12. Pergunta 2.



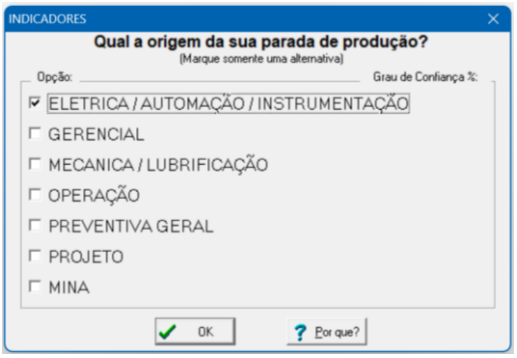
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 13. Pergunta 3.



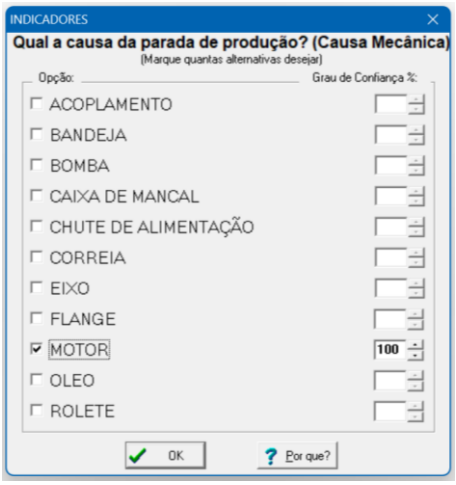
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 14. Pergunta 4.



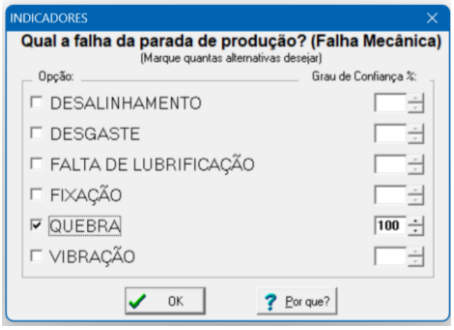
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 15. Pergunta 5.



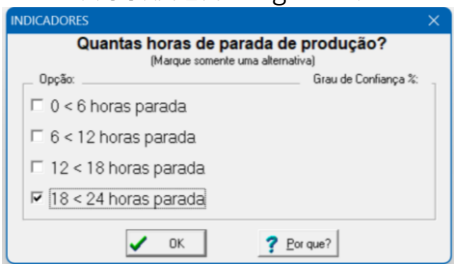
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 16. Pergunta 6.



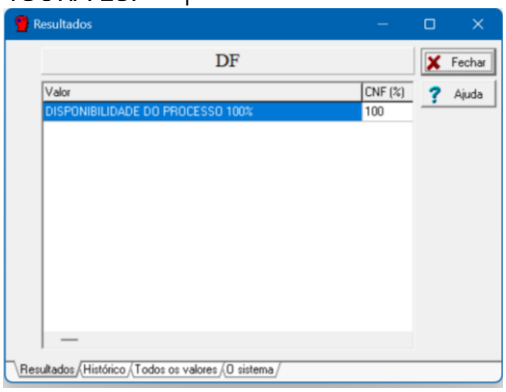
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 17. Pergunta 7.



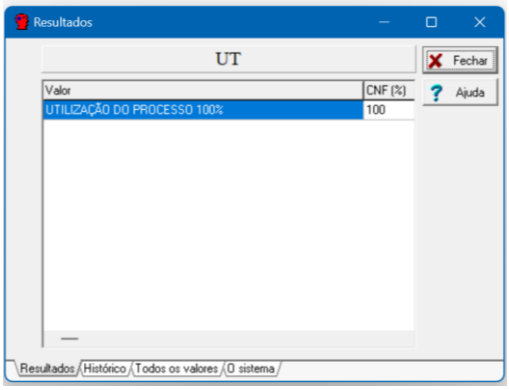
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 18. Disponibilidade do Processo.



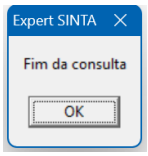
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 19. Utilização do Processo.



Fonte: Autor (2023).

FIGURA 20. Consulta Finalizada.

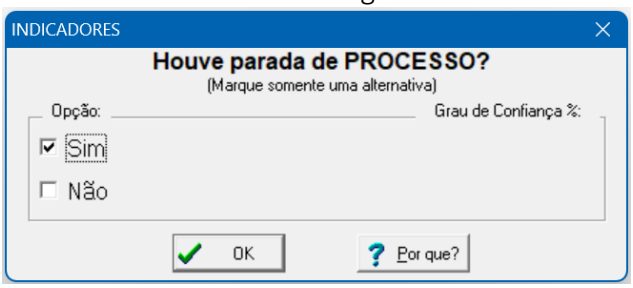


Fonte: Autor (2023).

3.3. Exemplo 3

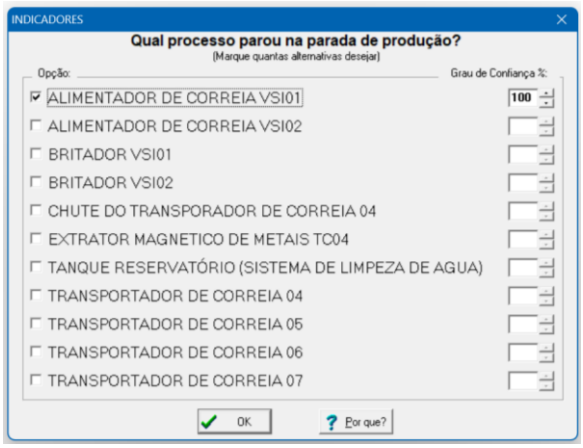
O terceiro exemplo será respondido "**Sim**", Figura 21. Nas Figuras 22 a 28 têm-se as respostas das consultas feitas ao **Sistema Especialista** de acordo com o usuário. Como houve parada no **PROCESSO** e a **PRODUÇÃO** ficou parada 16 horas, a **Disponibilidade** foi inferior a 50%. Como a parada foi de **MANUTENÇÃO** e não de **PRODUÇÃO**, a **Utilização** de 100%.

FIGURA 21. Pergunta 1.



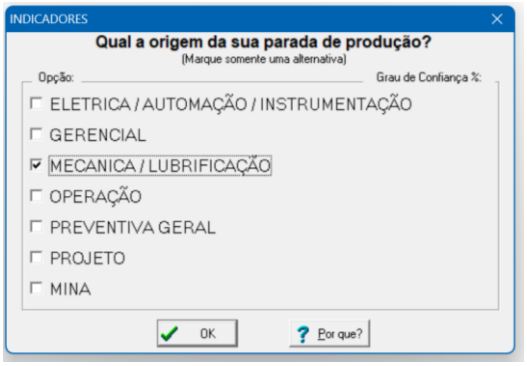
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 22. Pergunta 2.



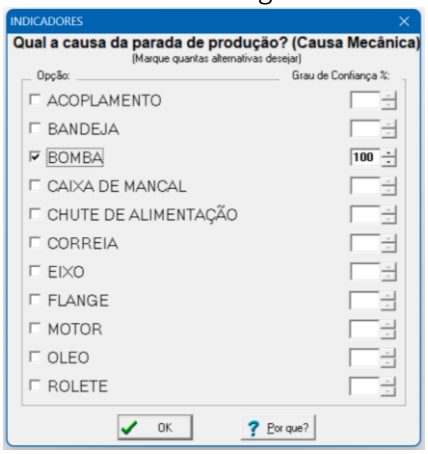
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 23. Pergunta 3.



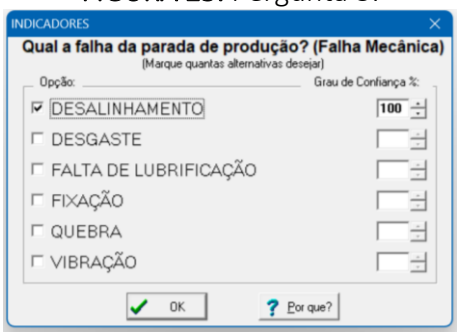
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 24. Pergunta 4.



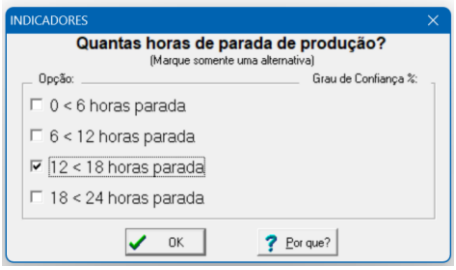
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 25. Pergunta 5.



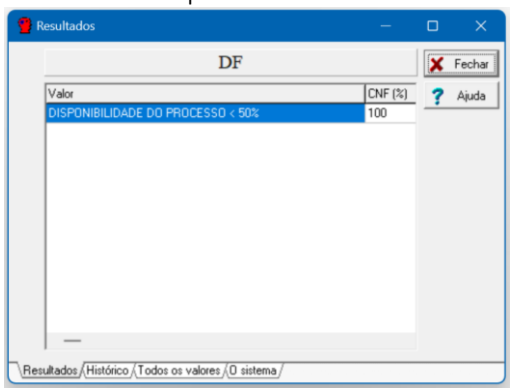
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 26. Pergunta 6.



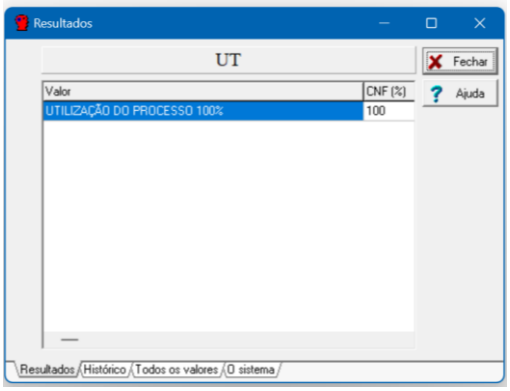
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 27. Disponibilidade do Processo.



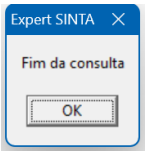
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 28. Utilização do Processo.



Fonte: Autor (2023).

FIGURA 29. Consulta Finalizada.

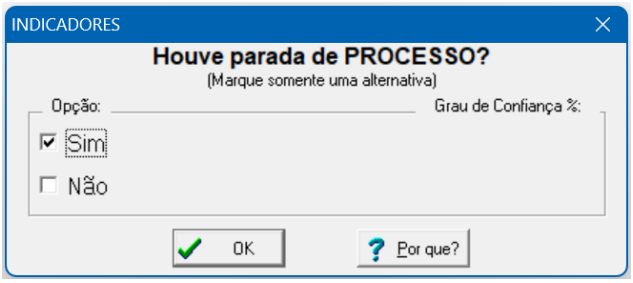


Fonte: Autor (2023).

3.4. Exemplo 4

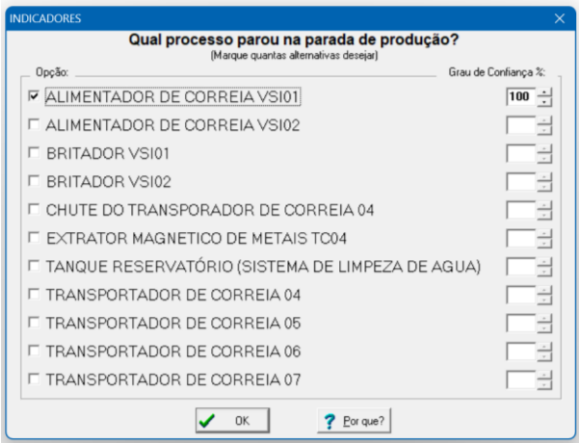
O quarto exemplo será respondido "**Sim**", Figura 30. Nas Figuras 31 a 38 têm-se as respostas das consultas feitas ao **Sistema Especialista** de acordo com o usuário. Como houve parada no **PROCESSO** e a **PRODUÇÃO** ficou parada 9 horas, a **Disponibilidade** ficou entre 50 a 75%. Como a parada foi de **MANUTENÇÃO** e não de **PRODUÇÃO**, a **Utilização** de 100%.

FIGURA 30. Pergunta 1.



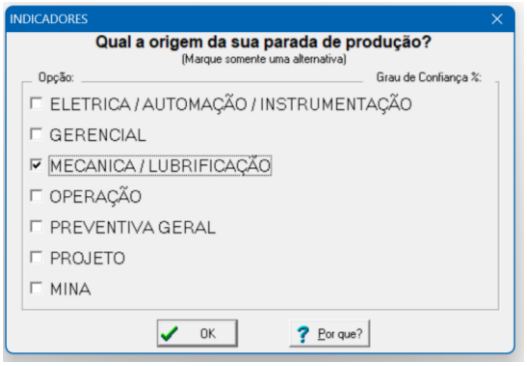
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 31. Pergunta 2.



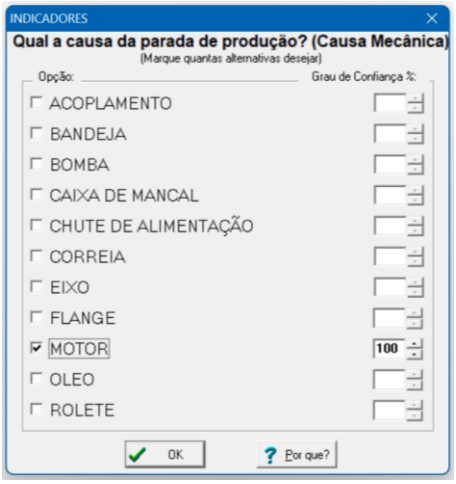
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 32. Pergunta 3.



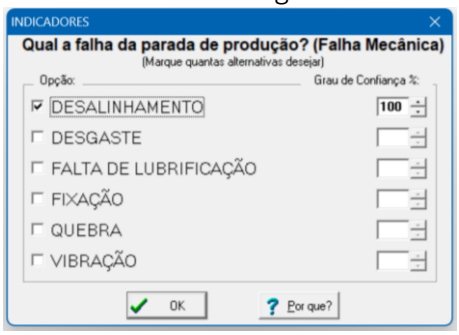
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 33. Pergunta 4.



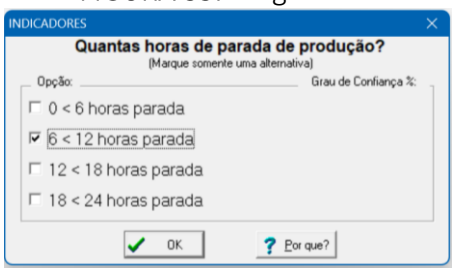
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 34. Pergunta 5.



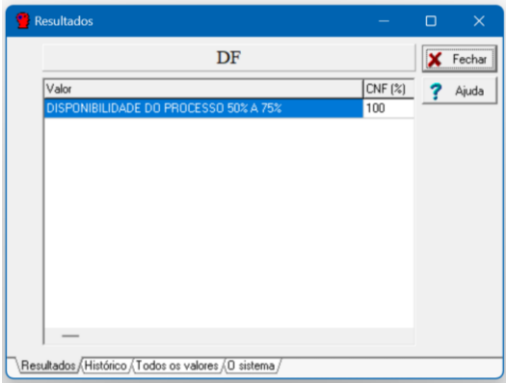
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 35. Pergunta 6.



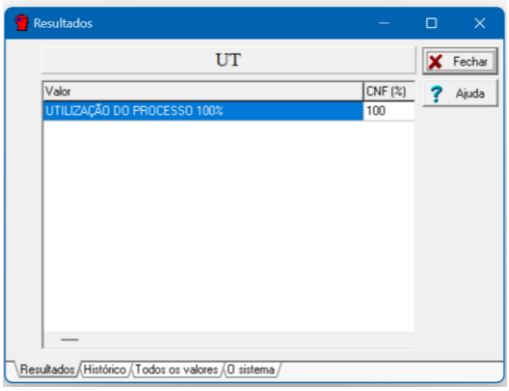
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 36. Disponibilidade do Processo.



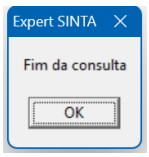
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 37. Utilização do Processo.



Fonte: Autor (2023).

FIGURA 38. Consulta Finalizada.

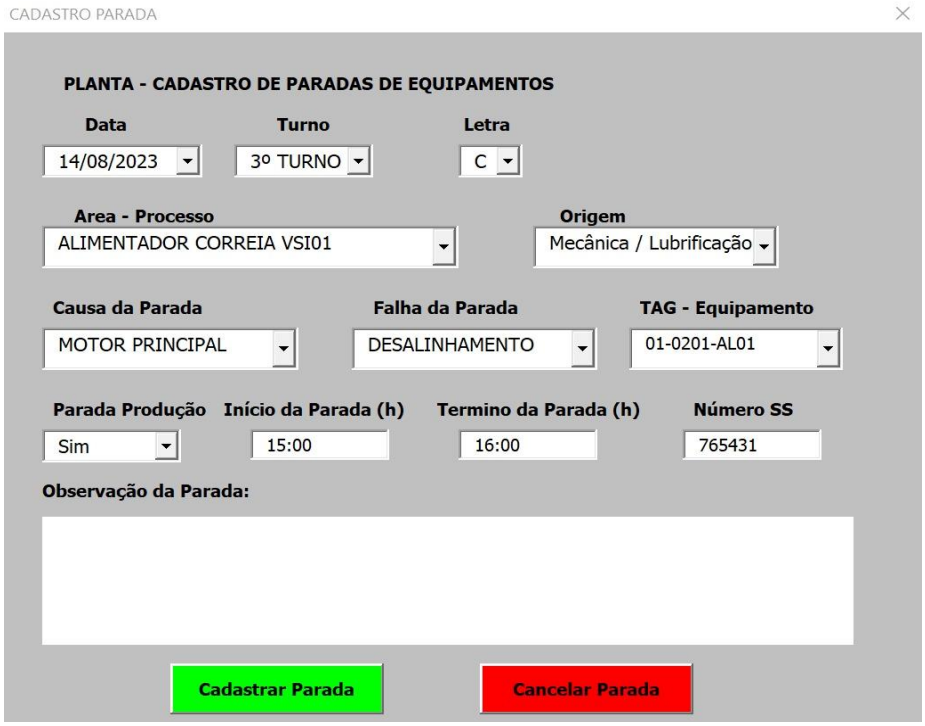


Fonte: Autor (2023).

3.5. Indicadores

Além do **Sistema Especialista** também foi gerada uma Planilha Excel para incluir os indicadores apresentados no item 2.2. Na Figura 39 tem-se a tela interativa e na Figura 40 os indicadores para o Exemplo 3.4 apresentado no item 3.4. Na Figura 41 tem-se o Gráfico de Pareto com as falhas por equipamento.

FIGURA 39. Tela interativa do Excel.



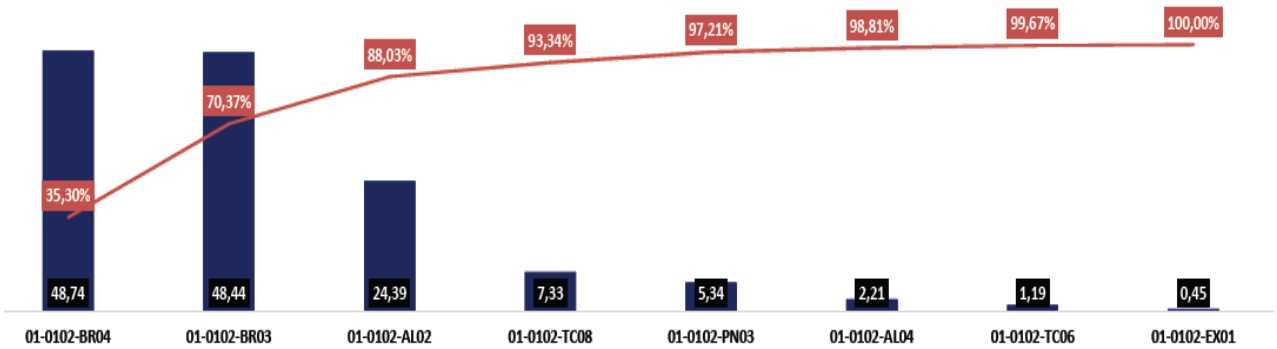
Fonte: Autor (2023).

FIGURA 40. Indicadores compilados no mês.

	UF Diária (%)	DF Diária (%)	MTBF (h)	MTTR (h)	UF Acumulada (%)	DF Acumulada (%)
Meta	91%	91%	20	3	90,1%	85,6%
Realizado	96%	95%	6,66	0,9	94,2%	82,2%
Variação	5%	4%	-13,3	2,1	4,1%	-3,4%

Fonte: Autor (2023).

FIGURA 41. Gráfico de Pareto com as falhas por equipamento | Paradas de Manutenção.



Fonte: Autor (2023)

Na Figura 40, através dos Indicadores compilados no mês, é possível identificar os equipamentos que somaram 80% do valor total das perdas, conforme Gráfico de Pareto apresentado na Figura 41. Com essas informações é possível analisar, de forma lógica, o item que falhou, identificar e analisar o mecanismo da falha, da causa e suas consequências e, consequentemente, encontrar a causa raiz para o devido tratamento. Esta analise possibilita a priorização prévia e se torna fundamental na identificação de uma falha crítica ou sistêmica, cooperando na priorização das falhas pelos Gestores para a tomada de decisão assertiva.

CONCLUSÕES

O Sistema Especialista gerado através da *shell* Expert SINTA e a Planilha Excel dos Indicadores, possibilitaram a estruturação nos processos de identificação das perdas através de apontamentos padronizados com maior confiabilidade nos dados gerados. Dessa forma é possível elaborar estratégias Gerencias em parceria com Engenharias de Produção e Engenharias de Manutenção.

O Sistema Especialista desenvolvido neste trabalho mostrou-se eficiente. Devido a fácil *interf*ace com o usuário foi implementado de forma rápida. Sua estrutura permitiu realizar teste parciais garantido a eficácia das regras implementadas. E esta primeira versão é o início de um trabalho que será ainda mais estruturado ao Sistema Produtivo como um todo. Este é o ponto de partida para a implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade.

Como o sistema especialista é de fácil entendimento e execução, todo o desenvolvimento será sempre revisado e atualizado para uma melhor performance e confiabilidade, principalmente, através de troca de experiências com os Especialistas da Área de Manutenção Industrial.

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.

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 Develpopment. v. 6, n. 3, p. 14704-14715, 2020.

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.

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.

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.

SHORAFA, Farida Emad El. Key performance indicators for the maintenance of public hospitals buildings in the Gaza Strip. Thesis (Master of Science in Civil Engineering - Construction Management). Faculty of Engineering. Higher Education Deanship. The Islamic University of Gaza. 2015.

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., n°15, ano VII, p.105-118, 2°semestre, 2022. ISSN 2526-1940.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho.