

**PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E PROCESSOS
INDUSTRIAIS – MESTRADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM CONTROLE E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS
INDUSTRIAIS**

Cláudio Roberto do Rosário

**METODOLOGIA MACTAC - AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO TÁCITO
COLETIVO PARA AUXILIAR NO DIAGNÓSTICO DE CAUSA RAIZ DE DEFEITO
EM PROCESSOS INDUSTRIAIS UTILIZANDO SISTEMA ESPECIALISTA**

Santa Cruz do Sul
Fevereiro, 2012

Cláudio Roberto do Rosário

**METODOLOGIA MACTAC - AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO TÁCITO
COLETIVO PARA AUXILIAR NO DIAGNÓSTICO DE CAUSA RAIZ DE DEFEITO
EM PROCESSOS INDUSTRIAIS UTILIZANDO SISTEMA ESPECIALISTA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais, Área de Concentração em Otimização e Controle de Processos Industriais, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Sistemas e Processos Industriais.

Dr^a Liane Mählmann Kipper
Professor Orientador - UNISC

Dr^a Rejane Frozza
Professor Orientador – UNISC

Dr. João Helvio Righi de Oliveira
Professor Examinador – UFSM

Dr. Jacques Nelson Corleta - UNISC
Professor Examinador – UFSM

Santa Cruz do Sul
Fevereiro, 2012

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me dar sempre o caminho da luz em todos os sentidos, a minha Mãe e meu Pai, por me dar estrutura para ultrapassar os obstáculos ao longo da vida, ao meu filho Cláudio Rosário Júnior e minha esposa Ana Luísa P. Rosário por entenderem que o motivo das minhas ausências foram para a construção de um futuro sólido e feliz para nossa família, ao Gerente Silvério Candido da Cunha e Diretor Antônio Carlos Teixeira da Empresa Brasilata, empresa onde trabalho e na qual a pesquisa foi desenvolvida. As minhas orientadoras Dr^{as} Liane Mählmann Kipper e Rejane Frozza pelos ensinamentos e orientações de forma educativa e saudável.

Obrigado por tudo.

RESUMO

O trabalho apresenta o desenvolvimento de uma metodologia denominada MACTAC – Metodologia para Aquisição de Conhecimento Tácito Coletivo, elaborada para promover a elicitação do conhecimento tácito a fim de torná-lo explícito e possível de ser utilizada em processos industriais de manufatura. A metodologia foi aplicada sobre os envolvidos com o processo de montagem de embalagem metálica, os Mecânicos de uma Empresa Metalúrgica localizada no Sul do Brasil. Para o processo de aquisição de conhecimento e mapeamento dos atributos e valores para alimentar a base de conhecimento de um Sistema Especialista foram utilizadas técnicas de melhoria de processos, como *Brainstorming*, Gráfico de Pareto e Diagrama de Ishikawa associadas às técnicas de elicitação de conhecimento, como Entrevista não estruturada, Classificação de fichas, Técnica de Observação, Limitação de Informações e Análise de Protocolo. Para estruturar a metodologia, foi utilizada a técnica da Sistemografia, que preconiza o pensamento sistêmico como forma de observação de fenômenos complexos e modelagem de objetos nas organizações. Com base nas regras de produções elaboradas através da metodologia, foram alimentadas duas bases de conhecimento com as mesmas regras de produção, uma em um Sistema Especialista não probabilístico (aplicativo EXPERT SINTA), e a outra em um Sistema Especialista probabilístico (aplicativo NÉTICA) com o objetivo de realizar uma comparação sobre os resultados encontrados nos Sistemas Especialistas. Os Sistemas Especialistas realizam análise sistemática a partir das respostas dadas pelos envolvidos no processo de montagem da embalagem ao passo que o defeito é identificado, a fim de apoiar o usuário no processo de diagnóstico da causa raiz do defeito. Os resultados atingidos demonstram diminuição no indicador de retrabalho, comprovando a melhoria no processo, bem como na atuação dos envolvidos no processo produtivo.

Palavras-Chaves: Gestão do Conhecimento, Sistema Especialista, Aplicativo Nética, Aplicativo Expert Sinta.

ABSTRACT

The work presents the development of a methodology called as MACTAC - Methodology for the Acquisition of Tacit Knowledge Collective designed to promote the elicitation of tacit knowledge in order to make it explicit applied in industrial manufacturing process. The methodology was applied to stakeholders with the metal packaging assembly process, the mechanics of a metal company located in southern Brazil. For the knowledge process of acquisition and mapping of attributes and values to feed the knowledge base of an expert system techniques were used to improve processes such as Brainstorming, Pareto charts and Ishikawa Diagram associated with knowledge elicitation techniques, such as Unstructured interview, Classification of chips, Technical Observation, Limitation of Information and Protocol Analysis. To structure the methodology, we used the Sistemography technique, which calls for systems thinking as a means of observation and modeling of complex phenomena of objects in organizations. Based on the production rules elaborated through the methodology, we feed two knowledge bases with the same production rules, an expert system in a non-probabilistic (EXPERT SINTA), and the other in a probabilistic expert system (NETIC) with purpose of carrying out a compare of the results found in expert systems. The expert systems to perform systematic analysis of responses from those involved in the process of assembling the pack while the defect is identified to support the user in diagnosing the root defect cause. The results obtained show the reduce in the indicator of rework, as well as the role of those involved in the production process.

Key Words: Knowledge Management, Expert Systems, Netica Software, Expert Sinta Software.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Índice de retrabalho desde Agosto/2009 até Agosto/ 2010.....	17
Figura 2: Figuras básicas para elaboração de fluxogramas	22
Figura 3: Fluxograma demonstrando o atendimento telefônico.....	23
Figura 4: Gráfico de Pareto por Defeito	24
Figura 5: Diagrama de Ishikawa	26
Figura 6: Exemplo de plano de ação 5W2H	27
Figura 7: Etapas da Sistemografia	30
Figura 8: Estrutura geral de ambiente envolvendo Sistema Especialista.....	32
Figura 9: Exemplo de rede semântica para o Objetivo (Jogador profissional)	35
Figura 10: Exemplo de regra de produção para o Objetivo (qual Jogador profissional de Futebol).....	36
Figura 11: Exemplo de modelagem da probabilidade condicional.....	61
Figura 12: Exemplo de estrutura de rede bayesiana	67
Figura 13: Representação de uma árvore de decisão gerada para aeronave GOA-737-700... ..	70
Figura 14: Metodologia para aquisição do conhecimento tácito coletivo.....	78
Figura 15: Gráfico de Pareto representando o retrabalho por linha de produção.	82
Figura 16: Gráfico de Pareto representando o retrabalho por motivo de parada de linha de produção.....	82
Figura 17: Regra de produção nº modelada no EXPERT SINTA.....	95
Figura 18: Modelagem do NETICA, regra de produção nº 3.....	96
Figura 19: Combinações de hipótese e associações de possíveis acontecimentos	96
Figura 20: “Combinação matriz” da regra de produção modelada no NETICA.....	97
Figura 21: Probabilidade a priori modelada após aplicação da equação 1.2.....	97
Figura 22: Respostas dadas pelo usuário do Sistema Especialista no Expert Sinta.....	106
Figura 23: Resultado da aplicação das perguntas no Expert Sinta para aplicação de vedante.....	106

Figura 24: Resultado da aplicação das perguntas no Expert Sinta para soldagem da embalagem.....	116
Figura 25: Resultado da aplicação das perguntas no Expert Sinta para aplicação de vedante.....	116
Figura 26 – Índice de retrabalho desde Agosto/2010 até Agosto/ 2011.....	123
Figura 27 – Índice de retrabalho desde Setembro/2010 até Outubro/ 2011.....	123
Figura 28 – Índice de retrabalho desde Agosto/2009 até Agosto/ 2011.....	124

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Fonte de conhecimento e forma de aquisição do conhecimento.....	46
Quadro 2: Fontes de conhecimento e formas de aquisição de conhecimento utilizadas.....	47
Quadro 3:Regra de produção com as variáveis faca, cor cilindro e papel.....	55
Quadro 4: Informações utilizadas para a elaboração das regras de produção para Tomada de Decisão para uso de energia alternativa.....	57
Quadro 5: Regras de produção para tomada de decisão sobre tipo de energia a ser utilizada.....	58
Quadro 6: Combinação utilizado nas regras de produção para definição da satisfação ou insatisfação dos clientes.....	60
Quadro 7: Regras de produção para regulagem da pressão do ventilador.....	62
Quadro 8: Regras de produção para análise de viabilidade de negócio.....	64
Quadro 9: Análise dos Sistemas de Apoio a Decisão (SAD).....	66
Quadro 10: Exemplo de Plano de Ação para Solda.....	71
Quadro 11: Análise dos Sistemas de Apoio à Decisão (SAD).....	87
Quadro 12: Exemplo de Plano de Ação para Aplicação de Vedante.....	88
Quadro 13: Tempo para aquisição de conhecimento durante as entrevistas individuais com os especialistas humanos	89
Quadro 14: Resultado da pesquisa de aceitabilidade do SE	90
Quadro 15: Resultados da aplicação do sistema especialista no processo de aplicação de vedante.....	92
Quadro 16: Resultados consolidados da aplicação do sistema especialista no processo de aplicação de vedante versus Percentagem de retrabalho por máquina.....	93
Quadro 17: Resultados da aplicação do sistema especialista no processo de soldagem da embalagem.....	94
Quadro 18: Resultados consolidados da aplicação do sistema especialista no processo de soldagem da embalagem versus Percentagem de retrabalho por máquina.....	94
Quadro 19: Comparação dos resultados apresentados no Expert Sinta e no Netica.....	107

Quadro 20: Comparação dos resultados apresentados no Expert Sinta e no Netica	117
Quadro 21: Comparação entre o NETICA e EXPERT SINTA.....	122
Quadro 22: Valores consolidados das médias móveis do indicador de retrabalho	124

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Aquisição de Conhecimento
ERP	Enterprise Resource Planning
CCV	Custo do ciclo de vida
CLP	Comando Lógico Programável
CNF	Fator de Confiança
IA	Inteligência Artificial
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LIA	Laboratório de Inteligência Artificial
NBR	Norma Brasileira
PCP	Programação e Controle de Produção
PSI	Pound force per Square Inch
PSV	Pressão de Suporte Ventilatório
RC	Representação do Conhecimento
SAD	Sistemas de Apóio à Decisão
SE	Sistema Especialista
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
VMIS	Ventilação Mandatória Intermitente Sincronizada

SUMARIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
1.1	Ferramentas da Qualidade	19
1.1.1	Brainstorming.....	19
1.1.2	Fluxograma.....	20
1.1.3	Gráfico de Pareto	22
1.1.4	Diagrama Ishikawa (espinha de peixe).....	24
1.1.5	Plano de ação 5W2H	25
1.2	Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) para problemas na Indústria.....	27
1.3	Abordagem sistêmica para observação de fenômenos complexos na Indústria	27
1.4	Inteligência Artificial (IA)	29
1.5	Sistema Especialista (SE).....	30
1.5.1	Funcionamento do Sistema Especialista.....	32
1.6	Representação do Conhecimento (RC).....	33
1.6.1	Rede Semântica.....	33
1.6.2	Regras de Produção	35
1.6.3	Representação Lógica	35
1.6.4	Frames	36
1.7	Aquisição de Conhecimento (AC).....	37
1.7.1	Entrevista não Estruturada.....	38
1.7.2	Entrevista Estruturada	39
1.7.3	Classificação de Conceitos ou Fichas (<i>Classificação de fichas</i>).....	39
1.7.4	Comparação Triádica.....	41
1.7.5	Grades de Repertório.....	41
1.7.6	Técnica de Observação	42
1.7.7	Limitação de Informações (Focalizando Contextos).....	43
1.7.8	Relatórios Verbais.....	43
1.7.9	Análise de protocolo	44
1.8	Consideração sobre Aquisição do Conhecimento.....	46
1.8.1	Entrevista não estruturada.....	46
1.8.2	Limitação de informação ou focalizando o contexto	47
1.8.3	Análise de Protocolo.....	47
1.9	Ferramentas computacionais utilizadas	47
1.9.1	<i>Expert Sinta</i> (não probabilístico)	47
1.9.2	NETICA (probabilístico)	48
1.9.2.1	Teoria da Probabilidade.....	49
1.9.2.2	Teoremas de Bayes.....	49
1.9.2.3	Redes Bayesianas	50
1.10	Conhecimento tácito	50
1.11	Considerações.....	52
3.	ESTADO DA ARTE.....	53
1.12	Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) para problemas na Indústria.....	53
1.12.1	Modelagem matemática e computacional de um sistema de apoio à decisão na indústria (WERMUTH, 2007).....	53

1.12.2 Sistema Especialista de classificação de reserva de petróleo, utilizando geotecnologias (NOVAES & SUSLICK, 2003)	55
1.12.3 Metodologia e regras para um Sistema Especialista na substituição da eletrotermia para fornos a gás natural na indústria metalúrgica (CARNEIRO, GRIMONI & UDAETA, 2007)	55
1.12.4 Aplicação de Sistema Especialista Nebuloso para a Avaliação de Pesquisa de Satisfação de Clientes de uma Indústria Automotiva (AGUIAR & SALOMON, 2007)	58
1.12.5 Sistema Especialista de apoio à decisão em ventilação mecânica (ROSSO, KMETEUK & AMORIM, 2002)	60
1.12.6 Um Sistema Especialista probabilístico para o apoio à análise de planos de negócios de empresas de base tecnológica (JULIANI, BOGO, BETTIO, RODRIGUES & FULBER, 2005)	61
1.12.7 Construção de sistemas especialista: estudos de caso (CARVALHO, 2003)	63
1.12.8 Protótipo de um sistema especialista probabilístico para análise de risco em seguros de automóveis (WALTRICH, 2006)	66
1.12.9 Aplicação dos Sistemas Especialistas NETICA e AMZI-PROLOG para escolha de Vinhos (REBELO, 2002)	67
1.12.10 Sistema Especialista de apoio à decisão para diagnóstico de falhas em aeronaves (SILVA, 2010).....	68
1.12.11 Redes Baysianas na Fabricação (MCNAUGHT & CHAN, 2011).....	69
1.13 Análise comparativa dos trabalhos abordados.....	70
1.14 Abordagem sistêmica para observação de fenômenos complexos na Indústria	71
1.14.1 Sistema Evolutivo de Gestão Integrada para Micro e Pequenas Empresas (NETO & FONTANA, 2008)	72
1.14.2 Inter-relacionamentos da Evolução dos Paradigmas da Economia Industrial com os Paradigmas da Estratégia de Manufatura (PERRONI, 2005).72	
1.14.3 A Abordagem Sistêmica na Pesquisa em Engenharia de Produção (NETO & LEITE, 2009)	73
1.14.4 Reengenharia de Processos: Transformando as necessidades do cliente em parâmetros de um sistema (KINTSCHNER & FILHO, 2004).....	73
1.14.5 Uma abordagem sistêmica da Mudança Organizacional gerada na implantação de sistemas integrados de gestão da produção (FONTANA, & NETO, 2006)	74
1.14.6 Modelagem: abordagem que consideram a complexidade do sistema (LEITE & BORNIA, 2006)	74
1.14.7 Mapeamento de processos baseado em controle para governança de tecnologia da informação (FILHO, 2007).....	75
1.15 Análise comparativa dos trabalhos abordados.....	76
1.16 Considerações.....	76
4. METODOLOGIA	77
1.17 Metodologia para Aquisição do Conhecimento: MACTAC	77
1.18 Etapas da Metodologia para Aquisição de Conhecimento Tácito Coletivo	78
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	80
1.19 Etapa 1: Identificar o fenômeno - Mapeamento do conhecimento a ser adquirido	80

1.20 Etapa 2: Desenvolver o modelo Geral adequado à realidade e às intenções do observador	82
1.21 Etapa 3: Observar a realidade por isomorfismo com base no modelo geral	83
1.22 Etapa 4: Desenvolver modelos da realidade	83
1.22.1 Exemplos de regras de produção para causas de vazamento na solda da embalagem	84
1.22.2 Exemplos de regras de produção para causas de falha de vedante ou ausência de vedante	85
1.23 Etapa 5: Agir sobre a realidade.....	86
1.24 Tempo para aquisição do conhecimento.....	87
1.25 Aceitabilidade do Sistema.....	88
1.26 Validação dos Sistemas Especialistas.....	90
1.26.1 Resultado da validação do <i>Expert Sinta</i>	91
1.26.2 Modelagem do NETICA.....	94
1.26.3 Validação do NETICA.....	97
1.27 Aplicabilidade e Frequência de Uso	116
6. ANÁLISE.....	118
1.28 Pontos relevantes da pesquisa.....	118
1.29 Dimensão do conhecimento tácito	119
1.30 Sistemas Especialistas utilizados	121
1.31 Impacto no indicador de retrabalho	121
7. CONCLUSÃO	124
REFERÊNCIAS.....	127
ANEXO 1 - Mapeando os valores (possíveis causas) de Defeitos por vazamento na Solda da embalagem.....	135
ANEXO 2 - Mapeando os valores (possíveis causas) de Defeitos por falha e ausência de vedante nos componentes Domo e Fundo da embalagem.....	138
ANEXO 3 – Rede semântica para vazamento na solda.....	140
ANEXO 4 – Rede semântica para falha ou ausência de vedante	141
ANEXO 5 – Regras de produção para a operação de soldagem da embalagem (algumas do total de 84)	142
ANEXO 6 – Regras de produção para processo de aplicação de vedante (algumas do total de 65)	144
ANEXO 7- Questionário para avaliação do sistema especialista no processo Aerossol	146
ANEXO 8 – Resultados apresentados pelo NETICA para análise do processo de aplicação de vedante	147
ANEXO 9 - Resultados apresentados pelo NETICA para análise do processo de soldagem	148

1. INTRODUÇÃO

Para Bertalanffy (1973), as limitações fisiológicas e paradigmáticas, que determina a capacidade humana, limitam a percepção da realidade dos fenômenos em sua totalidade. Desta constatação advém a necessidade de empregar ferramentas computacionais para auxiliar no processo de compreensão dos fenômenos. No caso do presente trabalho, o fenômeno se aplica à forma que a(s) causa(s) raiz(es) do defeito(s) é/são diagnosticada(s) durante a montagem de Embalagem Metálica de Aerossol em uma Empresa Metalúrgica com vistas à empregabilidade em processos industriais de forma geral.

O processo de diagnóstico utilizado atualmente na Empresa, objeto do estudo, não possui método padronizado, o diagnóstico da causa raiz de defeito é feito através da verificação do defeito na peça produzida, o que implica, muitas vezes, em atuação sobre o efeito do defeito e não na sua causa raiz. Da análise dos relatórios de produção, constatam-se diferentes formas de descrições dos tipos de paradas de máquinas para reajuste do processo por parte do mecânico de produção, tal fator indica a falta de padronização na atuação entre os mecânicos.

Conceitos de Inteligência Artificial (IA), especificamente, Sistemas Especialistas (SE), foram empregados no trabalho de pesquisa para apoiar o uso de conhecimento tácito na resolução de problemas nas indústrias, na forma de disseminá-lo nos processos internos, bem como promover o aprendizado organizacional.

Segundo Rezende (2003), o objetivo da IA é capacitar o computador para executar funções exercidas pelo ser humano. Desta forma, a incorporação de conhecimento é parte fundamental para o sucesso de um Sistema Inteligente. Tal afirmação vem ao encontro do estudo proposto, que consiste em mapear o tipo de conhecimento tácito coletivo relevante para a resolução do fenômeno observado, gerando um sistema de gestão de conhecimento.

Para Silva (2004), Medeiros (2009), conhecimento explícito é formal, pode ser comunicado e partilhado, já o conhecimento tácito está relacionado com os modelos mentais, crenças e perspectivas dos indivíduos de forma cognitiva. Segundo Hanashiro e Cleto (2007), o conhecimento tácito é um grande potencial para trazer vantagem competitiva para as empresas, possibilitando ganhos em termos de produtividade, qualidade e custo. Ainda, segundo os mesmos autores, a gestão de

conhecimento significa organizar e sistematizar, em todos os pontos de contato, a capacidade da empresa em captar, gerar, analisar, utilizar, disseminar e gerenciar a informação.

Segundo Alwis e Hartmann (2008), o processo de transferência de conhecimento tácito para explícito no âmbito da gestão da inovação em organizações voltadas para a inovação é um fator chave para a vantagem competitiva entre as concorrências, pois o conhecimento explícito é o conhecimento que já está em prática na organização, podendo desta forma ser copiado pelas concorrências, já o conhecimento tácito será novo para a concorrência, desta forma a empresa fica, um certo tempo, com a vantagem competitiva em seu favor.

A metodologia desenvolvida permite o mapeamento dos conhecimentos tácitos coletivos relevantes que possam contribuir para a resolução de problemas na indústria, contribuindo para a minimização da geração do defeito. O propósito da metodologia é sistematizar a etapa de aquisição do conhecimento na modelagem de um SE, buscando encontrar a causa raiz e promovendo a redução dos defeitos.

Para estruturar a metodologia para modelagem da base de conhecimento de um SE foi empregada, de forma adaptativa, a técnica de Sistemografia. A técnica permite abordar, entender e interpretar o fenômeno de forma sistêmica. Inferiu-se sobre a técnica de Sistemografia com a utilização de ferramentas de qualidade como *Brainstorming*, Gráfico de Pareto e Diagrama de Ishikawa, ferramentas sedimentadas na indústria para auxiliar na resolução de problemas. No desenvolvimento deste estudo, o gráfico de Pareto e *Brainstorming* foram usados sistematicamente para preencher o Diagrama de Ishikawa. Já o Diagrama de Ishikawa foi utilizado como forma de aquisição de conhecimento para definição de atributos e valores para modelar a rede semântica e construir as regras de produção de um Sistema Especialista (SE).

Em um primeiro momento, as atividades foram focadas em captar o conhecimento tácito dos mecânicos envolvidos com o processo aerossol, setores de estampagem de componentes e linha de montagem da embalagem. Foram captados os conhecimentos de 8 mecânicos, sendo 4 da estampagem de componentes e 4 da linha de montagem da embalagem Aerossol. Para mapear o tipo de conhecimento a ser adquirido, foi aplicada a teoria de Pareto. Os defeitos foram atribuídos por priorização de frequência de ocorrência. As possíveis causas de defeitos foram estruturadas através da teoria de Ishikawa.

A pesquisa focou o seu estudo sobre a forma de investigação de causa(s) raiz(es) de defeito(s) durante o processo de montagem de embalagem metálica em uma empresa metalúrgica, com o objetivo de propor uma metodologia para observação e modelagem do fenômeno.

O problema enquanto pesquisa científica foi: “será possível, com o uso de Ferramentas de Qualidade e Técnicas de Elicitação de Conhecimento, tornar o conhecimento tácito em explícito, a fim de diagnosticar as causas raiz de defeito de forma padronizada?”

O Sistema Especialista (SE) realiza análise sistemática, a partir das respostas dadas pelos envolvidos no processo de montagem da embalagem de aerossol, ao passo que o defeito é identificado a fim de apoiar o usuário no processo de diagnóstico da causa raiz do defeito.

A problemática estudada neste trabalho incide sobre o índice de retrabalho estabelecido pela alta direção de uma empresa metalúrgica do ramo de embalagens metálicas. Entre os anos de 2009 e 2010, tal índice apresentou uma porcentagem acumulada de 1,70%, tal resultado representa um custo de retrabalho da ordem de R\$ 184.769,00 para a Empresa/Ano.

O objetivo geral do trabalho é mapear o tipo de conhecimento tácito coletivo relevante para a redução dos defeitos com vistas a tornar explícito este conhecimento através da aplicação de metodologia elaborada para aquisição de conhecimento tácito coletivo para aplicação em processos produtivos industriais, gerando um sistema de gestão do conhecimento para apoio na decisão durante a investigação de causa de defeito. Os objetivos específicos são medir a aceitabilidade do público alvo referente à utilização do SE, promover a aprendizagem organizacional por meio de atuações padronizadas no diagnóstico de causa(s) raiz(es) de defeito(s) entre os profissionais envolvidos no processo produtivo, e como resultado final, reduzir o percentual de retrabalho.

Segundo a ABNT NBR14720 (2001), a embalagem de aerossol foi projetada para suportar pressão interna de 116 PSI (*Pound force per Square Inch*) a uma temperatura de até 50°C.

Devido à questão de segurança em função da pressão suportada pela embalagem, os procedimentos para liberação e acompanhamento do processo de montagem seguem rígidas e sistemáticas etapas de ensaios e testes, com o propósito de garantir a qualidade da embalagem. O impacto da sistemática de

controle mencionada se dá sobre o indicador de retrabalho, já que se observou que o indicador de retrabalho vem aumentando ano após ano conforme é possível verificar na Figura 1, que apresenta o resultado acumulado desde Agosto de 2009 até Agosto de 2010.

A empresa emprega o uso de Ferramentas de Qualidade, *Brainstorming*, Gráfico de Pareto, Diagrama de *Ishikawa*, Diagrama de Dispersão, Fluxograma, Plano de Ação 5W2H e PDCA, a fim de promover melhoria contínua sobre o processo. Porém, para o indicador de retrabalho tais ferramentas não estão sendo eficazes para manter o indicador sob controle.

Um fato que impede a utilização eficaz das Ferramentas de Qualidade é a forma de atuação dos envolvidos no processo durante a tomada de decisão, referente à análise de causa raiz de defeito e, conseqüentemente, a tomada de ação para resolução de problemas. O estudo de campo se deu a partir da análise do gráfico de índice de retrabalho acumulado desde Agosto de 2009 até Agosto de 2010, quando iniciou-se a aplicação da metodologia na empresa estudada.

Observaram-se oscilações significativas no indicador conforme demonstra a Figura 1. A partir da constatação da existência de um problema, optou-se por realizar um estudo para desenvolver uma metodologia eficaz para redução do índice de retrabalho.

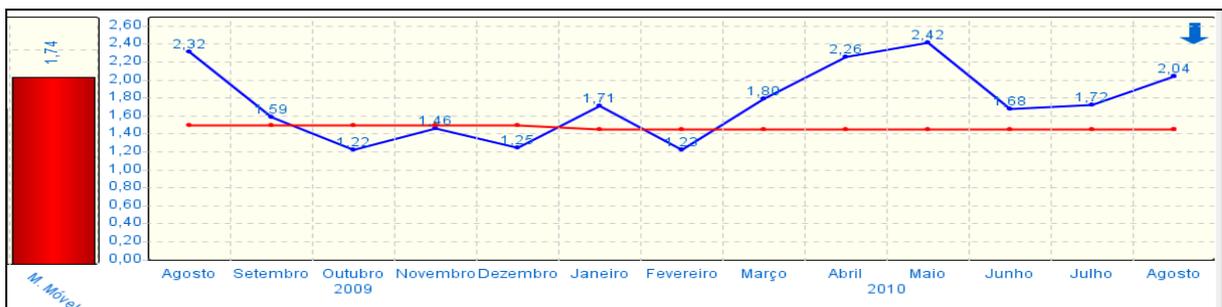


Figura 1: Índice de retrabalho desde Agosto/2009 até Agosto/ 2010.

Fonte: Cedido pela Empresa.

O gráfico da Figura 1 apresenta o indicador de retrabalho da Empresa estudada desde Agosto/2009 até Agosto de 2010, apresenta um percentual médio acumulado em 12 meses de 1,74% e uma dispersão de 0,41, a meta do indicador é de 1,50%. O indicador é formado pelo número de embalagens retrabalhadas no mês dividido pela quantidade de embalagens produzidas, embalagens conformes e não conformes no mesmo período e depois multiplicado por 100.

Para medição da eficácia do Sistema Especialista (SE), foi comparado o desempenho do indicador de retrabalho, antes e depois da implantação do Sistema Especialista para uso no processo produtivo.

As regras de produção elaboradas foram alimentadas na base de conhecimento em dois tipos de Sistemas Especialistas, não probabilístico e probabilístico, com implementação para uso com usuários diferentes. O primeiro citado será usado em nível operacional e o segundo em nível tático da organização objeto do trabalho de Dissertação. As ferramentas de sistemas especialistas utilizadas foram EXPERT SINTA e NETICA.

Acredita-se que o trabalho trará contribuição para a comunidade científica sobre o aspecto referente ao método de análise de processo por meio de técnicas da inteligência artificial. Também, poderá contribuir para trabalhos futuros como automações inteligentes, ou seja, modelagem de programas de computadores como CLP através da aquisição de conhecimento para promover ajustes e reajustes no processo, ao passo que a possível causa de defeito esteja aparente ou com probabilidade conhecida para a incidência. Desta forma, é possível trabalhar com o processo a todo o momento em regime preditivo. Além disto, o uso da sistemografia, estudando o conjunto de elementos e propondo as relações entre os mesmos demonstrou-se eficiente e eficaz relacionando ferramentas e técnicas que antes eram empregadas pela empresa, mas de forma isolada.

O trabalho de Dissertação está estruturado em Introdução, Fundamentação teórica, Estudo do estado da arte, Metodologia, Resultados e Discussões, e Conclusão. O capítulo 2 apresenta as fundamentações teóricas referente as ferramentas da qualidade, Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) para problemas na indústrias, Abordagem Sistêmica para observação de fenômenos complexos na Indústrias, Inteligência Artificial (IA), Sistemas Especialistas (SE), Formas de representações de conhecimentos, Aquisição do Conhecimento (AC), e Conhecimento tácito. O capítulo 3 apresenta o estudo do estado da arte referente aos Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) para problemas na indústrias e Abordagens Sistêmicas para observação de fenômenos complexos na Indústrias. O capítulo 4 apresenta a metodologia para aquisição do conhecimento tácito coletivo e as etapas da metodologia. O capítulo 5 apresenta os resultados e Discussões acerca do trabalho desenvolvido. O capítulo 6 apresenta as análises da pesquisa e por fim o capítulo 7 apresenta a conclusão do trabalho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, apresentam-se conceitos teóricos que darão suporte para o desenvolvimento da metodologia desenvolvida. As teorias pesquisadas referem-se a Ferramentas de Qualidade, Inteligência Artificial, Sistemografia e Ciência da Informação. Foram abordadas cinco ferramentas de qualidade, as quais segundo Kume (1993) e Oliveira (2009) são empregadas na área de Engenharia de Produção para gestão de processos industriais. As ferramentas abordadas foram *Brainstorming*, Fluxograma, Gráfico de Pareto, Diagrama de Ishikawa e Plano de Ação 5W2H. Quanto à abordagem referente à Inteligência Artificial (IA), foram abordados os seguintes temas: Sistemas de Apoio à Decisão (SAD), Sistema Especialista (SE), Representação do Conhecimento (RC), Aquisição de Conhecimento (AC) que, segundo Rezende (2003), são aplicadas nos mais variados ramos, como negócios, medicina, ciência e engenharia. Foi também abordada a técnica de Sistemografia utilizada como método que proporciona visão sistêmica para observação de fenômenos complexos. Foram apresentados os Sistemas Especialistas utilizados no presente trabalho, Expert Sinta e Nética. Para finalizar o trabalho de pesquisa foram apresentados conceitos referentes a conhecimento tácito.

1.1 Ferramentas da Qualidade

Esta seção apresenta as ferramentas de qualidade estudadas.

1.1.1 *Brainstorming*

Para Oliveira (1995) e Aguiar (2002), *Brainstorming* é uma ferramenta que auxilia a descoberta das causas de um problema utilizando o conhecimento das pessoas sobre o assunto em estudo. Destina-se à geração de ideias/sugestões que permitam avanços significativos na busca de soluções de problemas.

Segundo Brassard (1985), *Brainstorming* é utilizada para auxiliar um grupo a criar tantas ideias conforme elas surgem em suas mentes. Isto tende a criar uma

atmosfera mais relaxada, mas também há o risco de dominação pelos participantes mais extrovertidos. São aceitas as seguintes regras gerais:

- Nunca criticar idéias.
- Escrever num *flip-chart* ou Quadro negro todas as ideias. A exposição das ideias a todos ao mesmo tempo evita mau entendimento e serve de estímulo para novas ideias.
- Todos devem concordar com uma questão ou então esta deve ser repensada.
- Reescrever a nova redação.
- Escrever as palavras do participante, sem realizar interpretações.
- Fazer um *Brainstorming* rápido - 5 a 15 minutos são suficientes.
- Espera-se liberar os membros da equipe de formalismos limitantes, que inibem a criatividade, e, portanto, reduzem as opções de soluções e meios. Busca-se encontrar a diversidade de opiniões e ideias. Por estes motivos, talvez esta seja a técnica mais difícil de ser utilizada, pois está mais centrada na habilidade e vontade das pessoas, do que em recursos gráficos ou matemáticos (OLIVEIRA, 1995).

O *Brainstorming* foi utilizado no estudo durante as reuniões com os especialistas humanos.

1.1.2 Fluxograma

Para Brassard (1985), Ramos (2000) e Colenghi (2003), fluxograma é uma representação gráfica e tem como função auxiliar no processo de planejamento, mostrando todos os passos de um processo ou sequência operacional. Apresenta uma excelente visão do processo e pode ser uma ferramenta útil para verificar como os vários passos do processo estão relacionados entre si. O fluxograma utiliza símbolos reconhecidos facilmente para representar cada etapa do processo, conforme exemplos descritos nas Figuras 2 e 3.

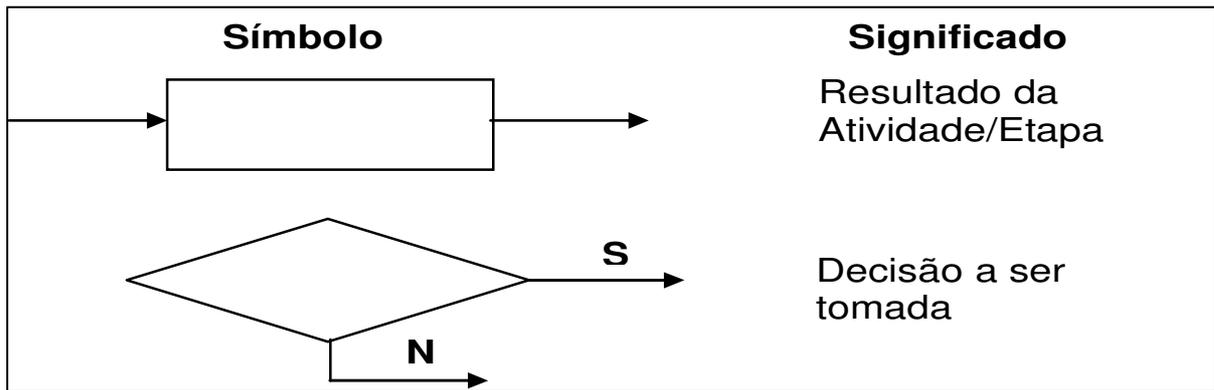


Figura 2: Figuras básicas para elaboração de fluxogramas

Fonte: Ramos (2000)

Segundo Oliveira (1995), fluxogramas dão suporte à análise dos processos, tornando um meio eficaz para planejamento e a solução de problemas. Entretanto, sua aplicabilidade só será efetiva na medida em que demonstra, verdadeiramente, como é o processo. Devido à representação gráfica, o fluxograma facilita, consideravelmente, a visualização das diversas etapas que compõem um determinado processo, permitindo a identificação daqueles pontos que merecem atenção especial por parte da equipe de melhoria.

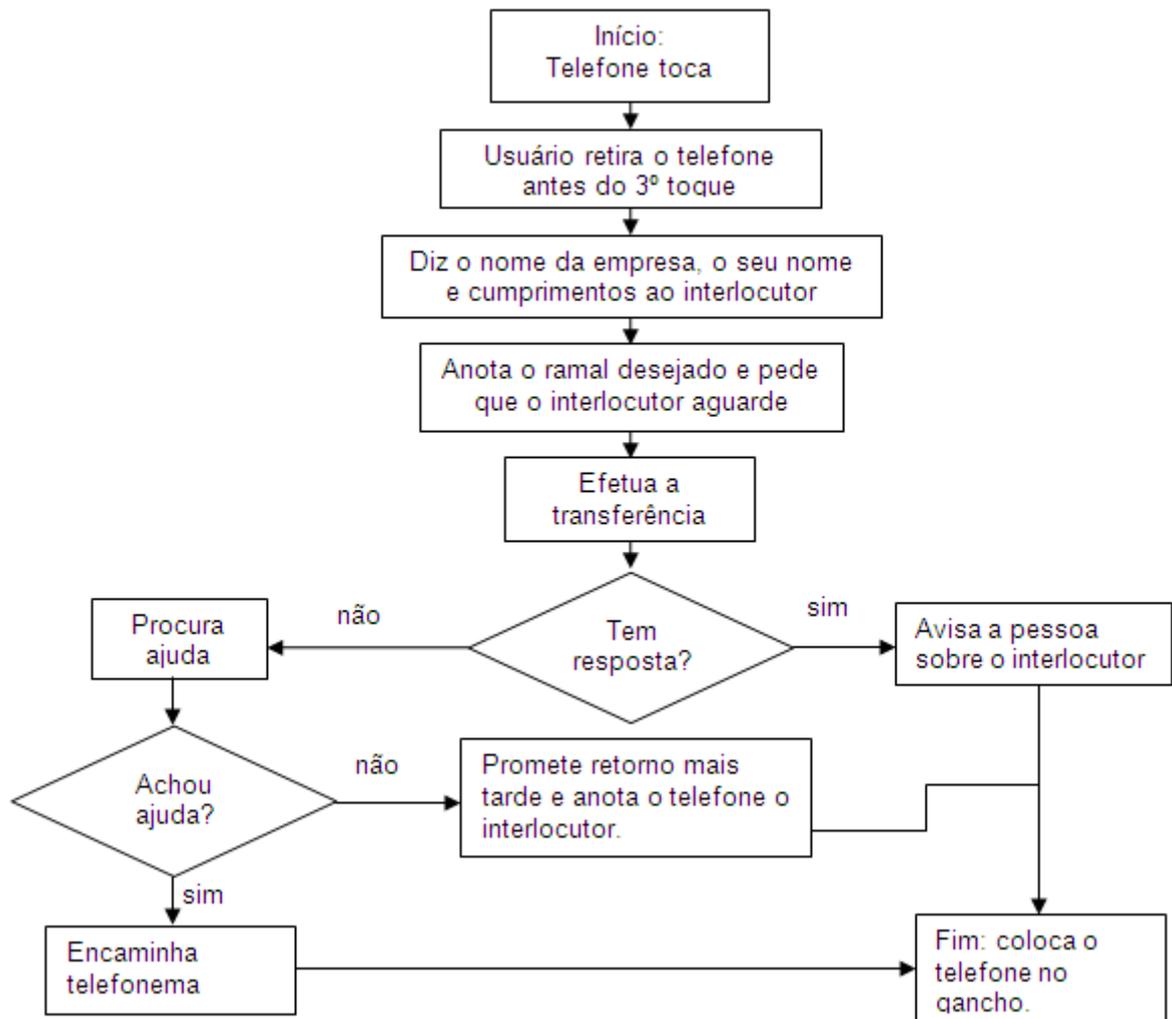


Figura 3: Fluxograma demonstrando o atendimento telefônico.

Fonte: Ramos (2000)

O Fluxograma foi utilizado no trabalho para representar a sequência de atividades utilizadas na metodologia de aquisição do conhecimento.

1.1.3 Gráfico de Pareto

Para Ramos (2000), o gráfico de Pareto é usado quando é preciso dar atenção aos problemas de uma maneira sistemática e, também, quando se tem um grande número de problemas e recursos limitados para resolvê-los. O gráfico construído corretamente indica as áreas mais problemáticas, seguindo uma ordem de prioridades, tais prioridades podem recorrer entre 70 a 80% do problema em sua totalidade, ver Figura 4.

Para Kume (1993), existem duas formas de trabalhar com o gráfico de Pareto, gráfico de Pareto por Defeito e gráfico de Pareto por Causa. Para o estudo optou-se por trabalhar o gráfico de Pareto por Defeito. O gráfico por defeito apresenta o efeito causado pelo problema. No presente estudo de caso, o efeito é o defeito causado na embalagem ao detectar vazamento na mesma. O gráfico por causa é mais complexo, ele é elaborado após a detecção do defeito e investigação da sua causa.

Atualmente, constata-se que as bases do princípio de Pareto se aplicam a várias áreas do conhecimento (biologia, negócios, controle de estoque, outros). Em particular, no campo da gestão da qualidade, tem-se mostrado uma ferramenta importante na priorização de ações, minimizando custos operacionais e evitando fracassos. Desta forma, é possível atacar os problemas de forma eficiente priorizando as causas que se mostram responsáveis pela maior parte das perdas. Portanto, o processo de melhoria deve desenvolver-se passo a passo, partindo-se daqueles considerados mais críticos, e cujos resultados positivos trarão um retorno maior para o sistema (OLIVEIRA, 1995).

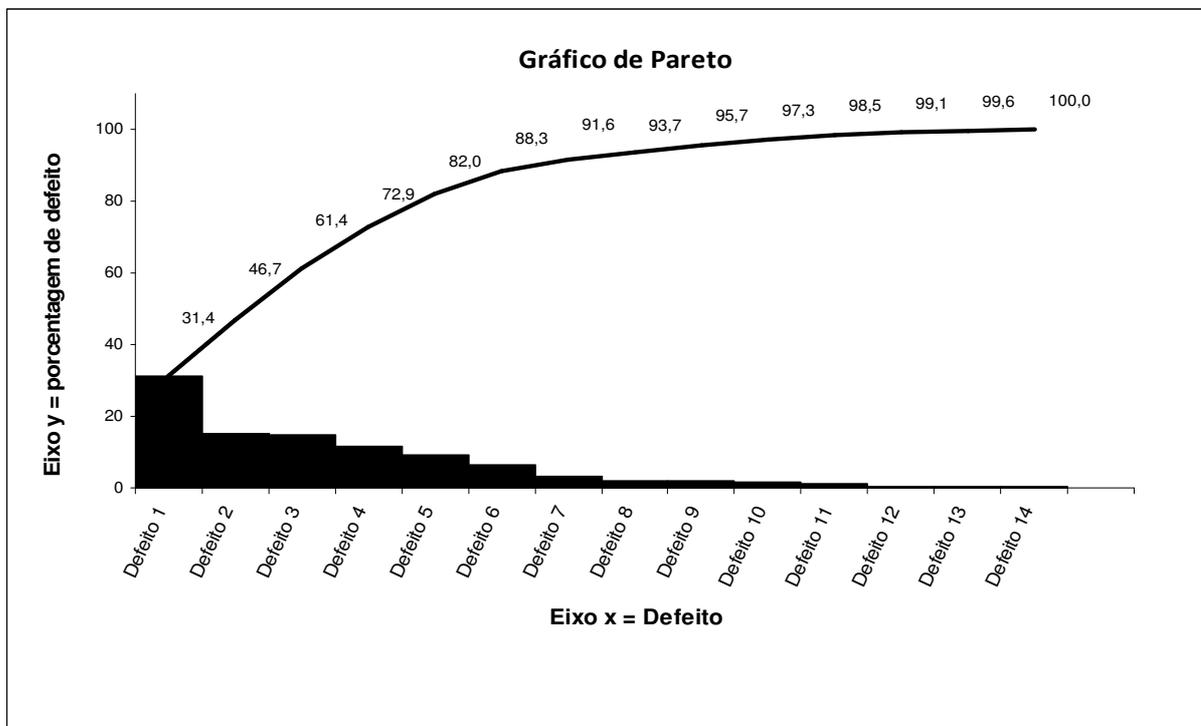


Figura 4: Gráfico de Pareto por Defeito

Fonte: Ramos (2000)

O gráfico da Figura 4 representa o percentual de defeitos no eixo (y) e o tipo de defeito no eixo (x). A linha representa o percentual acumulado dos defeitos.

O gráfico de Pareto foi utilizado no estudo para dar prioridade ao objetivo do Sistema Especialista, a fim de focar os esforços sobre os efeitos de parada de linha para retrabalho com maior frequência de ocorrência. Tais efeitos foram considerados como fonte para iniciação do tipo de conhecimento a ser adquirido.

1.1.4 Diagrama Ishikawa (espinha de peixe)

O resultado de um processo pode ser atribuído a uma grande quantidade de fatores, e uma relação de causa-e-efeito pode ser encontrada entre esses fatores. Pode-se determinar a estrutura ou a relação de causa-e-efeito múltipla, observando o processo sistematicamente. É difícil resolver problemas complexos sem considerar esta estrutura, a qual consiste em uma cadeia de causas e efeitos, e um diagrama de causa e efeito é um método simples e fácil de representá-la (Kume, 1993).

Para Ramos (2000), o diagrama de Ishikawa é uma Figura composta de linhas e símbolos, que representam uma relação significativa sobre um efeito e suas possíveis causas. Este diagrama descreve situações complexas, que seriam muito difíceis de serem descritas e interpretadas somente por palavras. Ainda segundo Ramos (2000), existe, provavelmente, várias categorias de causas principais. Frequentemente, estas recaem sobre uma das seguintes categorias: *Mão – de – Obra, Máquina, Método, Materiais, Meio Ambiente e Meio de Medição*, conhecido como 6 Ms, conforme demonstra a Figura 5.

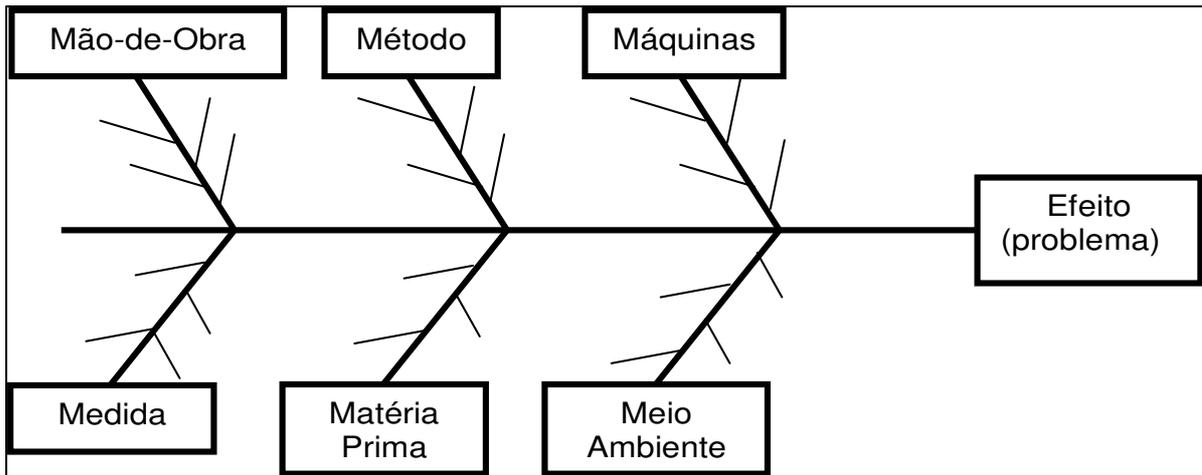


Figura 5: Diagrama de Ishikawa

Fonte: Ramos (2000).

O diagrama da Figura 5 representa os 6 Ms que envolvem um processo produtivo.

Para Kume (1993), vários métodos devem ser aplicados conjuntamente na resolução de problemas, sendo a combinação de um gráfico de Pareto ao diagrama de Ishikawa (causa-e-efeito) particularmente útil.

No desenvolvimento deste estudo, além de utilizar sistematicamente o gráfico de Pareto e *Brainstorming* para preencher o Diagrama de Ishikawa, também utilizou-se o Diagrama de Ishikawa como forma de aquisição de conhecimento para atribuição de Atributos e Valores no Sistema Especialista.

1.1.5 Plano de ação 5W2H

Segundo Oliveira (1995) chama-se de Plano de Ação ao produto de um planejamento capaz de orientar as diversas ações que deverão ser implementadas. Serve como referência às decisões, permitindo que seja feito o acompanhamento do desenvolvimento do projeto. É um documento que, de forma organizada, identifica as ações e as responsabilidades pela sua execução, entre outros aspectos. Apesar de ser considerada uma ferramenta de caráter gerencial, ela se aplica, perfeitamente, à realidade das equipes de aprimoramento no planejamento e condução de suas atividades.

Todo plano de ação deve estar estruturado para permitir a rápida identificação dos elementos necessários à implantação do projeto de melhorias.

Estes elementos básicos podem ser descritos pelo que se convencionou chamar 5W2H¹, Oliveira (1995). Na Figura 6 apresenta-se o exemplo de uma planilha estruturada para a utilização do 5W2H.

PLANO DE AÇÃO – 5W2H													
Why (porque)	What (O que)	How (como)	Where (onde)	Who (quem)	How Much (\$)	When (quando)							
						J	F	M	A	M	J	A	S

Figura 6: Exemplo de plano de ação 5W2H

Fonte: Oliveira (1995)

A Figura 6 exemplifica uma planilha de apresentação de um plano de ação 5W2H. A título de informação, a seguir estão descritos os 7 elementos básicos desta ferramenta.

- Why – por que deve ser executada a tarefa ou o projeto (justificativa).
- What – o que será feito (etapa).
- How – como deverá ser realizada cada tarefa/etapa (método).
- Where – onde cada tarefa será executada (local).
- When – quando cada uma das tarefas deverá ser executada (tempo).
- Who – quem realizará as tarefas (responsabilidade).
- How much – quanto custará cada etapa do projeto (custo) .

¹ Segundo Oliveira 1995, tradicionalmente, na literatura encontra-se 5W1H. Porém, como o custo é um fator relevante, acrescentou-se mais um H. Os W's e H's se devem à origem inglesa desta expressão.

1.2 Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) para problemas na Indústria

Segundo Wermuth (2007), o ato de tomar decisão acontece nas mais variadas circunstâncias e é inerente a todos os seres humanos. A tomada de decisão nas organizações é uma atividade essencial para o andamento e evolução dos processos. Para Moraes (2005) e Wermuth (2007) o apoio à decisão deve resultar em modelos computacionais, diminuindo as limitações naturais do tomador de decisão. Tal afirmação vem ao encontro com a citação de Bertalanffy (1973), citada no capítulo 1, referente a limitações humanas em relação à observação de fenômeno.

Para Moraes (2005), o SAD pode ser classificado como um sistema de informações que permitem que o usuário apresente uma série de análise de simulações e receba respostas interativas para auxiliar na tomada de decisão.

Para Zotelli (2008) o SAD permite o cruzamento de informações e elaborações de procedimentos para diagnosticar a origem de um problema.

No capítulo 3, apresenta-se a descrição referente à pesquisa de algumas aplicações desenvolvidas com Sistema de Apoio à Decisão (SAD) para problemas na Indústria ou outras organizações que utilizam como técnica de Inteligência Artificial os Sistemas Especialistas, bem como evidenciam seus benefícios.

1.3 Abordagem sistêmica para observação de fenômenos complexos na Indústria

Segundo Fontana e Leite (2006) e Neto (2008), a modelagem de sistemas, advém de um modelo geral, ou seja, modelar é conceber, para um objeto, um modelo que permita conhecê-lo, compreendê-lo, interpretá-lo e auxilie na antecipação do seu comportamento, contribui para analisar modelos de mudança organizacional. Atua sobre os paradigmas e a modelagem de sistema provém da Teoria Geral de Sistema de Bertalanffy (1973) que tem como propósito criar teoria e auxiliar na compreensão de fenômenos complexos, mediante à formação de modelos conceituais que possam representar as situações que se apresentam na realidade. Para Bertalanffy (1973), a Teoria Geral de Sistemas é uma ciência da totalidade. Não é possível analisar o fenômeno observado por suas partes ou de

forma unilateral. Para ele a Teoria Geral de Sistemas seria uma disciplina lógica - matemática, aplicável às várias ciências empíricas, teria semelhança à teoria das probabilidades, porém aplicável às ciências que se ocupam de acontecimentos aleatórios.

Em 1996, Le Moigne e Bartoli definiram a sistemografia como sendo um procedimento pelo qual o modelador constroi modelos de fenômenos complexos para objetos. Segundo Le Moigne e Bartoli (1996), para modelar objetos o modelador deve desempenhar papel ativo na construção do modelo.

Para Kintschner (2005) sistemografia é um método de mapeamento e reorganização de processos, possui enfoque sistêmico procurando disciplinar o bom-senso e a intuição através de um processo lógico e de uma análise formal do problema, procurando estudá-lo como um todo, preocupando-se com as interfaces entre suas partes. O papel principal da sistemografia é identificar, mapear e detalhar a análise de um processo de forma que se tenha o efetivo entendimento do problema, estuda o conjunto de elementos e as relações entre esses elementos.

Segundo Oliveira et al (2009), com base na Teoria Geral de Sistemas, Le Moigne desenvolveu a Sistemografia a qual tem como função auxiliar no processo de modelagem de objetos em um sistema complexo. A abordagem sistêmica pode ser empregada por meio da Sistemografia de acordo com cinco etapas, conforme a Figura 7.

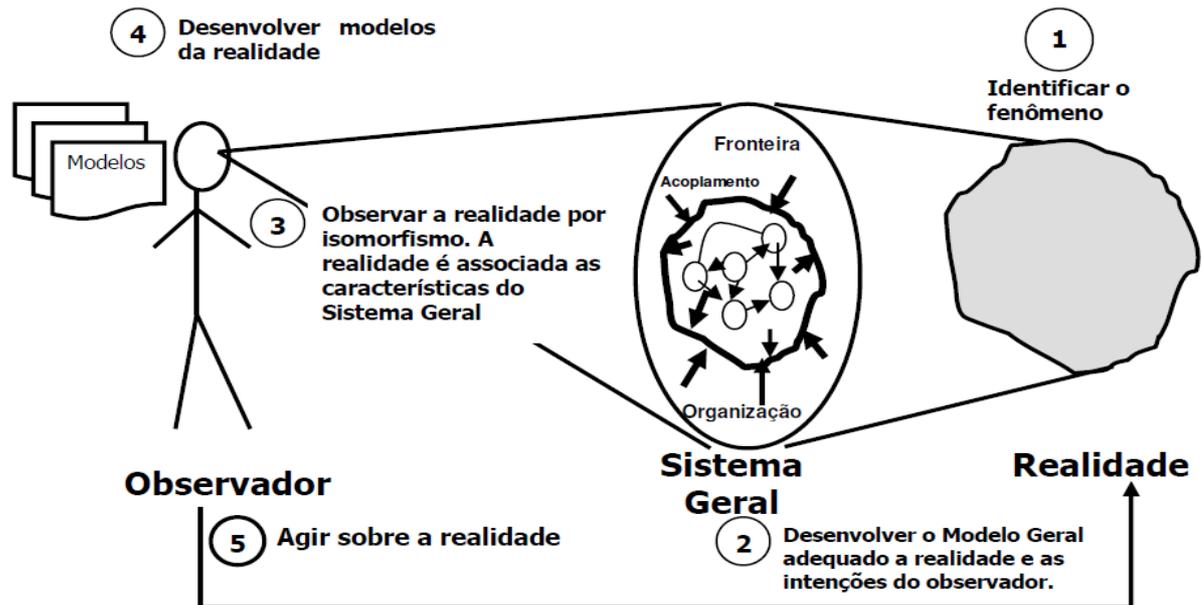


Figura 7: Etapas da Sistemografia

Fonte: Oliveira et al(2009)

Tais etapas estão sendo adaptadas à realidade dos processos industriais, a fim de mapear, adquirir e tornar explícito o conhecimento tácito das pessoas envolvidas em processos industriais.

1.4 Inteligência Artificial (IA)

Para Fernandes (2005) e Carneiro et. al. (2007), IA é o estudo da habilidade mental humana através de uso de modelos computacionais. Basicamente, pode-se definir inteligência artificial como uma alternativa de fazer com que uma máquina aja como um ser humano para tomar decisões. Isso implica num sistema computacional onde o programa é concebido com os mesmos mecanismos que um ser humano utiliza para suas ações cotidianas ou decisões mais complexas.

Para Coelho (1995), IA pode ser considerada como uma ciência experimental que envolve duas ideias diferentes, mas complementares, a de cálculo (expressa por algoritmo) e a de procedimento (como fazer).

Para o estudo, será usada a ideia de como fazer, a partir da rede semântica e regras de produção.

Para Waltrich (2006) a Inteligência Artificial é uma nova ciência, que consiste na especificação do conhecimento, incluindo atividades como soluções de

problemas na tomada de decisões, tendo como objetivo geral reproduzir por meio de máquinas as atividades humanas qualificadas como inteligentes.

Para Russel (2003), a Inteligência Artificial sistematiza e automatiza tarefas intelectuais e, portanto, é potencialmente relevante para qualquer esfera da atividade intelectual humana.

A IA possui três abordagens segundo Russel (2003) e Bittencourt (2006):

- *Simbólica*: Baseia-se no desenvolvimento de sistemas como modelos cognitivos de raciocínio, pensamento, aprendizado, entre outros.
- *Conexionista*: Baseia-se no desenvolvimento de sistemas como modelo da estrutura e funcionamento do cérebro humano.
- *Distribuída*: Baseia-se no desenvolvimento de sistemas como modelo do comportamento humano (processo de interação).

Neste trabalho foi utilizada a abordagem simbólica com uso da técnica de SE.

1.5 Sistema Especialista (SE)

Para Bittencourt (2006), pode-se afirmar que os Sistemas Especialistas (SE) são técnicas de Inteligência Artificial (IA) desenvolvidas para resolver problemas em um determinado domínio cujo conhecimento utilizado é obtido de pessoas que são especialistas naquele domínio.

O sistema especialista é “informado” sobre as características do problema e decide, durante o processamento, qual o caminho mais provável de encontrar a solução. Uma das principais aplicações para os sistemas especialistas são os sistemas de diagnóstico. Esses sistemas são capazes de deduzir possíveis problemas a partir de observações ou sintomas.

A arquitetura de um sistema especialista é dividida por dois componentes básicos: um banco de informações que contenha todo o conhecimento relevante sobre o problema de uma forma organizada (base de conhecimento); um conjunto de métodos inteligentes de manipulação destes conhecimentos (mecanismos de inferência).

É possível a construção de sistemas especialistas com alto grau de desempenho, dependendo da complexidade de sua estrutura e do grau de

abrangência desejado, sendo a arquitetura mais comum a que envolve regras de produção.

A Figura 8 apresenta a estrutura geral de um ambiente no qual os Sistemas Especialistas se encontram inseridos (Santos e Carvalho, 2008). Nela, observa-se que os principais componentes desse ambiente são: o usuário, a interface, o motor de inferência, uma base de dados, uma base de conhecimento, uma ferramenta para aquisição do conhecimento, o especialista e o engenheiro do conhecimento².

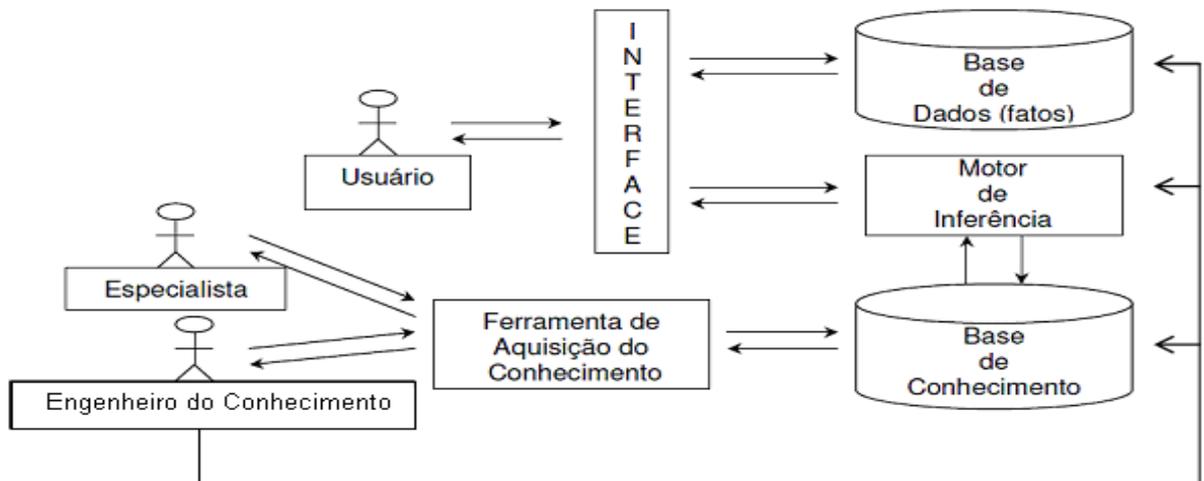


Figura 8: Estrutura geral de ambiente envolvendo Sistema Especialista.

Fonte: Adaptado de Santos e Carvalho (2008).

A interface visa facilitar a interação do usuário e do analista do conhecimento com o sistema. O engenheiro do conhecimento está diretamente relacionado ao subsistema de aquisição do conhecimento, o qual é responsável por extrair o conhecimento do especialista humano. Este conhecimento é extraído através da aplicação de técnicas de aquisição de conhecimento pelo engenheiro do conhecimento; após, é armazenado na base de conhecimento e inferido pelo motor de inferência (responsável pelo controle do sistema especialista).

O motor de inferência está ligado ao processo de subsistema de explanação, que mostra a linha de raciocínio utilizada pelo sistema para atingir a solução do problema.

² Segundo Santos e Carvalho (2008), pode-se encontrar na bibliografia o termo Analista do Conhecimento como sinônimo a Engenheiro do Conhecimento.

1.5.1 Funcionamento do Sistema Especialista

Segundo Fernandes (2005) e Bittencourt (2006), pode-se definir a estrutura geral de ambiente envolvendo Sistema Especialista da seguinte forma:

O *especialista humano* é o responsável por fornecer o conhecimento que deverá ser modelado e implantado no sistema especialista para posterior processamento. Deve possuir ampla experiência na área para a qual esteja sendo construído o sistema.

O *engenheiro do conhecimento* é o principal responsável pelo processo de aquisição e formalização do conhecimento a ser incorporado no sistema. Participa ativamente na concepção, na elaboração e na implantação do sistema.

A *ferramenta de aquisição do conhecimento* auxilia na construção das bases de conhecimento. É utilizada para facilitar a interação entre o especialista e o engenheiro do conhecimento. Consiste em um valioso instrumento utilizado pelo engenheiro do conhecimento. No presente estudo, as ferramentas utilizadas para aquisição de conhecimento foram *Brainstorming*, Gráfico de Pareto e Diagrama de Ishikawa, sitemografia e técnicas de elicitação do conhecimento.

A *aquisição de conhecimento* é uma importante fase na criação de um sistema especialista. Todo processo de aquisição do conhecimento acontece em etapas, iniciando-se por uma entrevista com especialistas ou grupo da área do conhecimento. Para a aquisição de conhecimento recomenda-se leitura de manuais, livros, tutoriais, artigos, dentre outros, relacionados com a área do conhecimento em questão.

Na *base de conhecimento* é encontrado o conhecimento do especialista sobre uma área ou domínio de atuação do SE. Esse conhecimento pode estar representado em algumas das várias formas de representação do conhecimento como: regras de produção, lógica matemática, *frames* e rede semântica. No presente estudo, a base de conhecimento será representada através da Rede Semântica e Regras de Produção.

O *motor de inferência* é responsável pelo processamento do raciocínio (inferência) aplicado ao conhecimento armazenado na base de conhecimento. É neste módulo que são processadas informações para se fornecer respostas aos usuários.

A *interface* é o meio pelo qual há interação entre os usuários e o SE. É por meio dela que o sistema faz perguntas aos usuários e recebe as respectivas respostas. Também é através da *interface* que o sistema expõe, quando solicitado, as conclusões e explicações por ele produzidas. Acrescenta-se ainda que o *usuário* é o responsável por operar o sistema.

1.6 Representação do Conhecimento (RC)

Para Rezende (2003), a Representação do Conhecimento RC, pode ser entendida como uma forma sistemática de estruturar e codificar o que sabe sobre uma determinada aplicação. Rezende (2003) define que a RC deve apresentar as seguintes características:

- Ser compreensível ao ser humano, pois caso seja necessário avaliar o estado de conhecimento do sistema, a RC deve permitir a sua interpretação.
 - Abstrair-se dos detalhes de como funciona internamente o processador de conhecimento que a interpretará.
 - Ser robusta, isto é, permitir sua utilização mesmo que não aborde todas as situações possíveis.
 - Ser generalizável, ao contrário do conhecimento em si que é individual.
- Uma representação necessita de vários pontos de vista do mesmo conhecimento, de modo que possa ser atribuída a diversas situações e interpretações.

Para Rezende (2003) a RC é um dos problemas cruciais de IA, pois não existe uma teoria geral de RC. Entretanto, muitas técnicas de RC têm sido estudadas pelos pesquisadores de IA. A seguir são apresentadas brevemente algumas técnicas de RC frequentemente utilizadas: Rede Semântica, Regras de Produção, Representação Lógica e *Frames*.

1.6.1 Rede Semântica

Segundo Amora (2009) é o estudo do entrelaçamento das palavras e dos seus elementos constituídos, relativamente ao seu significado. Na rede semântica, o conhecimento é expresso através de um grafo, constituído de:

- **Nodos:** representam objetivos, conceitos ou situações.

- Arcos: definem o relacionamento entre objetos.

Para Bittencourt (2006) e Santos e Carvalho (2008), rede semântica consiste em um conjunto de nós conectados por um conjunto de arcos. Os nós, em geral, representam objetos; e os arcos, relações binárias entre esses objetos. Mas os nós podem também ser utilizados para representar predicados, classes, palavras de uma linguagem, entre outras possíveis interpretações, dependendo do sistema de redes semânticas adotado. A Figura 9 apresenta um exemplo de rede semântica.

Para Waltrich (2006), uma das razões, senão a principal, das redes semânticas serem bem aceitas na comunidade de representação do conhecimento é a possibilidade de visualização gráfica das estruturas de conhecimento e suas relações.

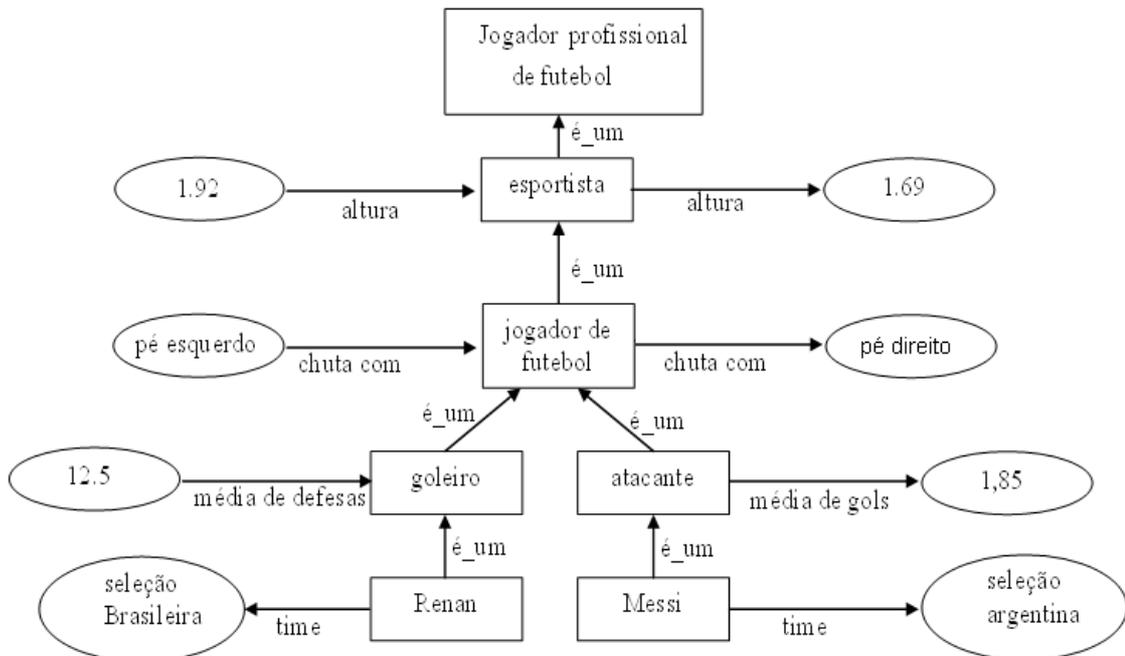


Figura 9: Exemplo de rede semântica para o Objetivo (Jogador profissional)
Fonte: Frozza (2010).

Para o trabalho, a rede semântica foi utilizada para representar conhecimento tácito dos envolvidos no processo, bem como foi utilizada como ferramenta de apoio para construção das regras de produção.

1.6.2 Regras de Produção

Segundo Bittencourt (2006), regras de produção ou sistema de produção são pares de expressões consistindo em condições e ações. A representação do conhecimento, através de regras de produção, é bastante popular na codificação de conhecimento heurístico em programas para resolução de problemas. O conhecimento é representado por um conjunto de fatos e um conjunto de regras de produção. Segundo Waltrich (2006) em programação baseada em regras de produção usa-se um motor de inferência para manipular as regras. A Figura 10 apresenta um exemplo de regras de produção.

Um sistema especialista, baseado em regras, caracteriza-se por:

- incorporar conhecimento heurístico em regras do tipo SE-ENTÃO;
- combinar regras simples para resolver problemas complexos;
- ter capacidade de explicar qualquer conclusão, a partir da linha de raciocínio aplicada pelo sistema.

<p>Regra 1:</p> <p>SE posição = atacante</p> <p>E média de gols ≥ 0 ou < 5</p> <p>E jogador de futebol = sim</p> <p>E altura < 1.70</p> <p>E chuta com = pé esquerdo</p> <p>ENTÃO: Jogador profissional de Futebol – Messi</p>	<p>Regra 2:</p> <p>SE posição = goleiro</p> <p>E média de gols ≥ 0 ou < 5</p> <p>E jogador de futebol = sim</p> <p>E altura > 1.70</p> <p>E chuta com = pé direito</p> <p>ENTÃO: Jogador profissional de Futebol – Renan</p>
--	--

Figura 10: Exemplo de regra de produção para o Objetivo (qual Jogador profissional de Futebol)

Fonte: Elaborado pelo Autor

No estudo, as regras de produção foram utilizadas como ferramenta de apoio na investigação de possíveis causas de defeitos.

1.6.3 Representação Lógica

Para Rezende (2003), a representação lógica utiliza a linguagem formal, lógica matemática, em contraste ao uso de métodos mais intuitivos e heurísticos. Ainda segundo Rezende (2003), a lógica matemática possui várias regras sintáticas de dedução, isto é, formas de realizar inferências dedutivas exclusivamente a partir do formato sintático das expressões da linguagem. A autora aponta o PROLOG

como sendo a linguagem mais usada e conhecida que utiliza os princípios da lógica matemática. Em PROLOG, a Representação de Conhecimento do mundo dos blocos envolve a descrição dos fatos a respeito dos blocos e sua disposição, bem como sentenças descrevendo a relação “*acima*”. Os predicados “*jogador*” e “*posição*” são usados para descrever as características dos blocos. Os predicados “*sobre*” e “*acima*” são utilizados para definir estas relações entre os blocos. Observe que enquanto o predicado “*sobre*” é utilizado para descrever fatos, o predicado “*acima*” não foi usado neste contexto. O texto do programa em PROLOG é apresentado a seguir.

```
jogador (a, futebol). //fato
jogador (b, randebol).
jogador (c, pólo aquático).
posição (a, atacante).
posição (b, goleiro).
posição (c, lateral).
sobre (a,b).
sobre (b,c).
acima (x,y): - sobre (x,y). //regra
acima (x,y): - sobre (z,y), acima (x,y).
```

A representação lógica não foi usada no presente trabalho, já que não se aborda uma linguagem lógica para desenvolvimento do estudo de caso.

1.6.4 Frames

Segundo Rezende (2003), *Frame* é um termo usado para designar um agrupamento de conhecimentos relevantes a um objeto, um indivíduo, uma situação ou um conceito. O *frame* possui um nome que identifica o conceito por ele definido e consiste de um conjunto de atributos chamados *slots*. Um *frame* é uma estrutura de dados que proporciona um modo útil de modelar objetos do mundo real. Os *frames* são análogos a registros em bases de dados, porém são mais poderosos e expressivos. Cada *frame* possui um nome pelo qual ele é referenciado, detalhes de seus *frames*-pais e uma coleção de *slots* que contêm valores ou ponteiros para valores. Cada *slot* possui, por sua vez, um nome e consiste de um conjunto de

atributos, denominados facetas. As facetas contêm informações que descrevem os *slots*. Essas informações definem explicitamente os valores que o *slot* pode assumir, ou podem indicar a maneira de calcular ou deduzir o seu valor (procedimentos). Uma das principais características desse modelo de representação é a herança de propriedades, na qual uma classe mais especializada pode herdar todas as propriedades da classe mais geral. A seguir apresenta-se um exemplo de *frame*.

Frame JOGADOR DE FUTEBOL

É_um: pessoa

Posição: [atacante, goleiro, lateral, meio campo]

Habilidades: [dribles, lançamentos, arrancadas]

Gols: [cabeça, pés, ombro]

Frames não foram utilizados no presente trabalho, optou-se em utilizar a rede semântica, pois se acredita ser uma ferramenta de melhor compreensão para o público alvo.

1.7 Aquisição de Conhecimento (AC)

Para Cairo (1998) e Mastella (2005) a aquisição do conhecimento é a principal atividade na gestão de Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC), bem como é a fase crítica e o gargalo do sistema. Por isso, é fundamental investigar onde e como os agentes do processo acessam e adquirem o conhecimento que necessitam. Neste sentido, as fontes de aquisição de conhecimento se tornam a parte crítica do processo de aquisição de conhecimento. Mastella (2005) aponta um outro desafio na aquisição de conhecimento, é a aquisição de conhecimento em tempo hábil para resolução de um problema.

Mastella (2005) afirma que há três formas de fontes de conhecimento: fonte diádica, publicações e conhecimento de um grupo. Uma fonte de conhecimento diádica se trata de aquisição do conhecimento através do contato direto entre o receptor e o provedor do conhecimento. Uma fonte de conhecimento publicada se enquadra como documentos, livros, apostila, catálogos e postada em comunidade virtual. Uma fonte de conhecimento de um grupo refere-se à troca de conhecimentos entre os múltiplos provedores de conhecimento, onde os receptores de conhecimento podem acessar e obter o conhecimento através de fontes de

conhecimento do grupo, como uma conversa aberta ou pública entre os envolvidos, através de sistemas de perguntas e respostas, ou equipes de trabalho.

Cairo (1998) apontou a necessidade de pesquisas voltadas para a forma de aquisição de conhecimento, ou seja, modelos projetados para gerenciar a aquisição de conhecimento e processo de modelagem do conhecimento.

Para Cairo (1998) e Mastella (2005) os modelos para aquisição de conhecimento devem promover ferramentas que estruturam a forma de raciocínio do engenheiro do conhecimento. Cairo (1998), Wagner (2002) e Wagner (2003) e Mastella (2005) apontam nove formas de aquisição do conhecimento. São elas: entrevista estruturada, entrevista não estruturada, classificação de fichas (*Classificação de fichas*), comparação triádica, grades de repertório, técnica de observação, limitação de informação, relatórios verbais e análise de protocolo.

Na pesquisa realizada por Hauck (2011) classificou as técnicas de classificação de fichas (*Classificação de fichas*), comparação triádica, grades de repertório, técnica de observação e limitação de informação como sendo capazes de capturar o conhecimento tácito do especialista humano. A seguir apresenta-se um aprofundamento teórico das principais técnicas empregadas para aquisição do conhecimento.

1.7.1 Entrevista não Estruturada

Corresponde à técnica inicial de qualquer projeto de Engenharia de Conhecimento, onde o engenheiro de conhecimento conversa diretamente com o especialista, questionando diversos aspectos envolvidos na solução de problemas do domínio escolhido. Entrevista não estruturada apresenta poucas restrições. Isso significa que não existe uma ordem ou sequência pré-definida de perguntas ou do rumo da conversa. O objetivo não é a aquisição de conhecimento específico, mas sim explorar do especialista humano uma visão geral e ampla do domínio em questão, por isso, elas iniciam com o engenheiro do conhecimento perguntando “Como você resolve esse problema?” Liou (1990).

Segundo Schreiber et al. (2000), esta abordagem deve ser usada quando for necessário que o especialista humano e o engenheiro do conhecimento estabeleçam um bom relacionamento. Além disso, essa é a técnica ideal para que o

especialista humano descreva o domínio da maneira que lhe é familiar. Entretanto, pelo fato do especialista humano poder falar quase livremente sobre seu domínio de trabalho, podendo se estender em tópicos que não são importantes para o desenvolvimento do (SE), esse tipo de entrevista não deve ser utilizado além das fases iniciais de identificação do conhecimento e de ambientação do engenheiro do conhecimento com o domínio.

1.7.2 Entrevista Estruturada

Neste tipo de entrevista, as perguntas são preparadas para serem relevantes à tarefa sobre a qual se está adquirindo o conhecimento. O engenheiro do conhecimento planeja e direciona a conversa utilizando as questões como um guia Hoffman (1987). Segundo Abel (2001), o ser humano tem a tendência em trazer a entrevista para sua zona de conforto, para assuntos que gera maior confiabilidade para as respostas. Por isso, é uma vantagem definir previamente questões gerais sobre o domínio estudado.

Schreiber et al. (2000) descrevem que as entrevistas estruturadas são preparadas para serem específicas sobre o domínio em questão, por isso é difícil encontrar guias para esse processo de entrevista, de modo que o mais importante é a capacidade de análise e comunicação do entrevistador. Algumas perguntas genéricas devem ser empregadas na entrevista estruturada, tais como, “Porque você faria isso?”, “Como você faria isso?”, “Quando você faria isso?”, “Só existe esse caso?”

A técnica de entrevista estruturada não foi usada no presente trabalho.

1.7.3 Classificação de Conceitos ou Fichas (*Classificação de fichas*)

Segundo Wright e Ayton (1987) a técnica de classificação de fichas visa à identificação e organização de termos ou conceitos e seus relacionamentos num domínio particular, tais como a classificação dos objetos, as hierarquias, a similaridade entre os conceitos e outras descrições estáticas dos objetos do domínio, segundo a visão do especialista humano. Uma lista de termos do domínio é obtida a partir das entrevistas iniciais ou extraída da análise de protocolo. O nome

dos objetos é escrito em cartões apresentados ao especialista, instruindo a classificar os cartões que possui alguma similaridade ou que são do mesmo tipo em pilhas, formando categorias de conceitos e nomeando-as sempre que possível. As cartas são embaralhadas novamente e o especialista deve agrupá-las novamente, utilizando outros critérios, de forma a criar novas categorias. Durante a classificação o especialista humano irá tirar alguns objetos por serem sinônimos ou irrelevantes, e irá incluir outros conceitos, que segundo seu critério, estão ausentes. Esse processo se repete várias vezes, mas podem ser feitas algumas variações. O resultado da aplicação da classificação de conceitos é um grupo de componentes que compartilham atributos comuns.

Além de ser fácil de ser aplicada e analisada pelo engenheiro do conhecimento, essa técnica pode levar o especialista humano a perceber certa estrutura no domínio da qual ele mesmo não estava consciente (Schreiber et al., 2000). Em geral, na primeira separação, o especialista humano gera imediatamente as informações mais importantes para fazer tomada de decisão. Costumam ser dois critérios, entre os quais eles separam a maior parte dos conceitos, e um critério chamado de lixo, pois ele é utilizado para agrupar os conceitos que não se adequaram nos últimos dois critérios. Como o especialista humano pode adicionar novas fichas é bom escrever as originais à mão, para não inibi-lo de adicionar novos conceitos à mão também. Outra boa prática é utilizar números nas fichas, para facilitar as anotações das organizações formadas ou, então, fotografar as classificações.

Os resultados obtidos com a técnica de classificação de termos são o reconhecimento da hierarquia do domínio, a obtenção de termos não evidenciados através de entrevistas, o reconhecimento de conceitos que são sinônimos (um objeto mencionado com dois nomes diferentes) além de uma melhor compreensão global do domínio. A técnica é particularmente útil em domínios onde os métodos de solução de problemas são especialmente de classificação. Mesmo nesses casos, a aplicação torna-se difícil para os domínios muito complexos onde um número excessivamente grande de termos pode inviabilizar o uso de cartões. A prática aponta que os melhores resultados são obtidos quando a técnica é aplicada com menos do que uma centena de conceitos.

1.7.4 Comparação Triádica

Em geral essa técnica é usada em conjunto com a técnica mostrada a seguir, as grades de repertório. Empregada para eliciar as dimensões. O engenheiro do conhecimento apresenta para o especialista humano todas as possíveis tríades de objetos do domínio, um por vez. Para cada tríade, o especialista deve escolher dois conceitos como “similares” e um como o “diferente” do grupo. Após isso ele deve indicar a razão pela qual diferenciou os três conceitos. Essa informação será usada como uma nova dimensão ou atributo associada aos objetos e que serão usadas para diferenciar outros objetos do domínio. Outros autores sugerem uma modificação do método para que se usem escalas de diferenciação (escalas multidimensionais). Os objetos são colocados sobre essa escala, indicando o quanto são similares ou diferentes.

As dimensões eliciadas por essa técnica podem ser usadas em conjunto com outras técnicas para eliciar mais informações. Segundo Johnson (1992), o engenheiro do conhecimento deve ter muito cuidado na escolha dos três conceitos a serem apresentados para o especialista humano, pois pode haver alguma influência na comparação e no agrupamento. Comparar objetos com contrastes muito explícitos, por exemplo, pode induzir o agente a não escolher um atributo de comparação ao tão óbvio, mas que, por esse mesmo motivo, poderia ser mais importante para a coleta de conhecimento. E a menos que o número de objetos no domínio do problema seja pequeno, um grande número de comparações precisa ser feito, o que torna esse processo muito demorado para algumas tarefas específicas.

A técnica de comparação triádica não foi usada no presente trabalho.

1.7.5 Grades de Repertório

Essa técnica tem sua origem em um modelo do pensamento humano chamado *teoria dos construtos pessoais*, na qual conceitos ou elementos são categorizados sobre uma dimensão dicotômica. De forma similar à técnica de classificação de conceitos, as grades permitem criar um mapeamento conceitual do domínio, onde o objetivo principal é observar se há similaridade entre os domínios.

Para adotar essa técnica, é necessário que o engenheiro do conhecimento já tenha identificado muito dos principais componentes de conhecimento associados à tarefa (usando elicitación triádica, por exemplo). O especialista humano estabelece então uma escala bipolar de valores para esse construto (em geral, uma característica e seu oposto). Segundo Nascimento e Fernandes (2002) esta técnica é utilizada para aquisição de conhecimento com mínima atuação do engenheiro do conhecimento, em função das dificuldades em traduzir a linguagem do especialista humano, bem como as incoerências entre os agentes do conhecimento. Para Mastella (2005) a comparação triádica é baseada na descrição e caracterização de atividades executadas por um especialista humano, buscando identificar entidades e os seus atributos e relacionamentos entre entidades.

A técnica de grades repertório não foi usada no presente trabalho.

1.7.6 Técnica de Observação

Neste método o especialista humano deve proceder com a solução do problema e o engenheiro do conhecimento observa. Desta forma, possibilita ao especialista humano um maior conforto, pois o mesmo está no seu ambiente de trabalho executando as tarefas do dia-a-dia (Liou, 1990). A observação pode ser para identificar estratégias de solução de problemas que não são conscientes, ou para estudar habilidades motoras ou procedimentos automáticos, para identificar as tarefas envolvidas na solução de um problema, e as limitações e restrições dessas tarefas. Segundo Johnson (1992), as técnicas de observação podem ser diretas quando o engenheiro do conhecimento presencia a execução da tarefa, o que pode influenciar no comportamento do especialista humano, e indireta, quando um vídeo é gravado e assistido posteriormente, o que é menos intrusivo, mas requer mais tempo para análise.

A técnica de observação não foi usada nas etapas de elicitación do conhecimento, mas foi utilizada no momento da validação das regras no processo produtivo, onde se observou o tempo necessário para realização do diagnóstico de causa raiz do defeito, bem como restrições e limitações para a realização do diagnóstico.

1.7.7 Limitação de Informações (Focalizando Contextos)

A proposta da limitação de informações (também conhecida por focalizando contextos) é apresentar um problema fictício para o especialista, de modo que ele descreva seu método de solução. Pode-se adotar a abordagem de restringir progressivamente a disponibilidade de informações. Dessa maneira, o especialista humano demonstra qual o mínimo de informações necessárias para a tomada de decisão.

O especialista humano pode também ser explicitamente instruído a adotar uma estratégia particular. Um experimento bastante comum é mostrar diversas fotos sobre assuntos que o especialista humano costuma trabalhar, mas com uma restrição bem maior de tempo, e pedir que ele externalize tudo o que consegue lembrar sobre as fotos e de sua interpretação. Esse experimento foi realizado por Hoffman (1987), com análise de terrenos inspecionando fotos aéreas por somente 2 minutos, quando essa interpretação leva geralmente horas ou dias. Abel (2001) analisou o desempenho de geólogos novatos e especialistas ao analisar uma série de imagens de rochas. Os resultados desse processo restringido no tempo revelam até que ponto os especialistas humanos adquirem percepção imediata do conteúdo das imagens e conseguem elaborar uma interpretação independente do contexto restrito.

1.7.8 Relatórios Verbais

Relatórios verbais podem ser de dois tipos: aqueles em que o comentário sobre o procedimento é feito ao mesmo tempo em que o especialista executa a tarefa (*online* ou concorrente) e aquele em que o especialista é gravado em ação e posteriormente a tarefa é explicada verbalmente (*offline* ou retrospectivo). Os protocolos retrospectivos são mais adequados quando o engenheiro do conhecimento precisa fazer questionamentos, para que o especialista não seja interrompido. Se forem feitas perguntas durante a execução, a interrupção pode alterar significativamente a sequência de raciocínio seguida pelo especialista humano. Uma característica da verbalização durante o processo de solução foi reconhecida em diversos experimentos que utilizaram relatórios verbais: o

especialista interrompe a verbalização da solução quando a solução torna-se trivial, ou quando há necessidade de buscar caminhos alternativos de solução. As heurísticas utilizadas nesses momentos são importantes e devem ser posteriormente investigadas através de entrevistas.

Relatórios verbais são criticados por algumas limitações. O especialista não conseguirá verbalizar seu raciocínio se a própria tarefa demanda dele algum tipo de comunicação ou alto processamento cognitivo. Um piloto de avião ou um motorista de carro apresentam seu melhor desempenho quando a tarefa é executada de maneira automática. Caso precisem tomar consciência de suas ações, a tarefa é executada da pior maneira (Mastella, 2005).

A técnica de relatórios verbais não foi usada no presente trabalho.

1.7.9 Análise de protocolo

A análise do material coletado pelas técnicas de rastreamento de processos é, talvez, a parte mais tediosa da tarefa. Os problemas existem por causa da quantidade de dados gerados, da natureza qualitativa dos dados, da complexidade e da desordenação dos dados e da subjetividade das interpretações. Dois engenheiros do conhecimento podem dar interpretações completamente diferentes do mesmo relato verbal. Cooke (1994) descreve algumas técnicas que são utilizadas para analisar os protocolos da maneira mais fidedigna possível ao domínio e aos processos mentais originais do especialista humano, são elas:

- **Análise de conteúdo:** Uma maneira de organizar uma quantidade muito grande de material identificando objetiva e sistematicamente algumas características específicas. Pode-se classificar frases ou parte delas pelo tipo de conhecimento que evidenciam: conceitos, regras, procedimentos, entre outros. A vantagem em identificar classes de sentenças está em facilitar a tradução para diferentes estruturas de representação. A dificuldade dessa tarefa é determinar as categorias apropriadas.

- **Análise de interação:** Uma maneira de analisar quase que gramaticalmente a interação entre o entrevistador e o especialista humano para identificar categorias de sentenças. Neste caso, as categorias criadas são orientadas à conversação, por exemplo: negociação, orientação, explicação, entre outras. Permite que o

engenheiro do conhecimento elimine ou evidencie categorias de respostas do especialista humano que ele considera mais importantes em determinado momento da transcrição.

- Ferramentas de análise de protocolos: Ferramentas que utilizam técnicas para analisar automaticamente os protocolos. O principal foco das ferramentas de análise de protocolos é a identificação e categorização das proposições e organização semântica dos segmentos do texto. Algumas ferramentas são desenvolvidas para um contexto específico, e seu desempenho fica próximo ao da análise manual. Outras ferramentas são livres de contexto, seu uso é generalizado, mas elas exigem uma interação maior com o engenheiro de conhecimento.

Considerando a pesquisa realizada referente à Aquisição do Conhecimento, elaborou-se o Quadro 1 que demonstra a relação entre as formas de aquisição do conhecimento e as fontes de conhecimento.

Quadro 1: Formas de aquisição do conhecimento e possíveis relações com as fontes de conhecimento.

Formas de aquisição do conhecimento	Fontes de conhecimento		
	Diádica	Publicações	Conhecimento de um Grupo
Entrevista estruturada	X		X
Entrevista não estruturada	X		X
Classificação de Fichas	X	X	X
Comparação Triádica	X		X
Grades de Repertório	X		X
Técnica de Observação	X		X
Limitação de Informação	X		X
Relatórios Verbais	X		
Análise de protocolo		X	X

Fontes: Adaptado de Cairo (1998), Wagner (2003), Mastella (2005).

O Quadro 1 apresenta as possíveis formas de aquisição de conhecimento e suas respectivas fontes de conhecimento. Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se as fontes de conhecimento e formas de aquisição do conhecimento apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2: Formas de aquisição de conhecimento e fontes de conhecimento utilizadas nesta pesquisa.

Formas de aquisição do conhecimento	Fonte de conhecimento		
	Diádica	Publicações	Conhecimento de um Grupo
Entrevista não estruturada	X		X
Limitação de Informação	X		X
Análise de protocolo		X	
Classificação de Fichas (Classificação)	X		X
Técnica de Observação	X		

Fonte: Elaborada pelo Autor

No Quadro 2 apresenta-se as formas de aquisição do conhecimento utilizada pela metodologia MACTAC.

A seguir, a seção 2.8 apresenta algumas considerações relevantes sobre aquisição do conhecimento.

1.8 Consideração sobre Aquisição do Conhecimento

Apresenta-se a seguir as ligações existentes que cada forma de aquisição de conhecimento pesquisada possui com as ferramentas utilizadas no presente trabalho.

1.8.1 Entrevista não estruturada

A técnica de entrevista não estruturada foi utilizada juntamente com a Ferramenta *Brainstorming*, abordada na seção 2.1.1.

Em função das limitações da técnica de entrevista não estruturada, optou-se em utilizar mais três técnicas concomitantemente, limitação de informação (focalizando contexto), Classificação de fichas e análise de protocolo.

A técnica de Classificação de fichas não foi aplicada na íntegra. Utilizou-se o conceito da técnica e adaptou-se à realidade da metodologia de aquisição de conhecimento elaborada. Na parte em que há a classificação de nodos, os mesmos foram classificados dentre os 6 Ms do Diagrama de Ishikawa. Para o presente trabalho, nodos são características de possíveis causas.

1.8.2 Limitação de informação ou focalizando o contexto

A técnica de limitação de informações ou focalizando o contexto não foi aplicada na íntegra. Utilizou-se o conceito da técnica e adaptou-se à realidade da metodologia de aquisição de conhecimento elaborada. Durante a entrevista não estruturada algumas perguntas foram feitas baseadas em problemas fictícios para o momento da entrevista. Porém, já vivenciados na prática do dia-dia, os especialistas humanos foram induzidos a responder como cada um deles raciocina durante a investigação das causas.

1.8.3 Análise de Protocolo

A técnica de análise de protocolo não foi aplicada na íntegra. Utilizou-se o conceito da técnica e adaptou-se à realidade da metodologia de aquisição de conhecimento elaborada. Como as entrevistas foram realizadas de forma individual, foi preciso realizar uma análise sobre as informações coletadas, a análise consistiu em verificar a existência de similaridade ou padrão de respostas entre as respostas ou colocações dos especialistas humanos. A análise não teve auxílio de algum aplicativo, foi realizada manualmente.

1.9 Ferramentas computacionais utilizadas

Foram utilizados dois tipos de Sistemas Especialistas, *Expert Sinta* (não probabilístico) e NETICA (probabilístico). A seguir, apresentam-se algumas características dos mesmos.

1.9.1 *Expert Sinta* (não probabilístico)

Um dos aplicativos utilizados no trabalho foi o Expert Sinta - versão 1.1b. O Expert Sinta é um aplicativo que permite a montagem e o processamento de bases de conhecimento. Ele também pode ser considerado uma ferramenta computacional que utiliza técnicas de Inteligência Artificial para geração automática de sistemas

especialistas, criada pelo Grupo SINTA (Sistemas Inteligentes Aplicados) do Laboratório de Inteligência Artificial (LIA) da Universidade Federal do Ceará entre 1995 a 1997. Esta ferramenta utiliza um modelo de representação do conhecimento baseado em regras de produção, tendo como objetivo principal simplificar o trabalho de implantação de sistemas especialistas através do uso de uma máquina de inferência compartilhada. O motor de Inferência trabalha com cálculo de conjunção (E) e disjunção (OU). Para o presente trabalho será abordado o cálculo de conjunção (E) em funções de problemas técnicos no aplicativo quanto trabalha com disjunção (OU). A título de exemplo apresenta-se a seguir um cálculo de conjunção (E).

Conjunção (E)

A conjunção é verdadeira se e somente se os operandos são verdadeiros.

A	B	A^B
V	V	V
F	V	F
F	F	F
V	F	F

1.9.2 NETICA (probabilístico)

Segundo Waltrich (2006), NETICA é uma ferramenta criada para desenvolvimento de sistemas especialistas, utilizando a representação do conhecimento através de Redes Bayesianas, onde são definidos as variáveis e seus atributos, que correspondem à parte qualitativa, e tabelas que correspondem à parte quantitativa. Esta *Shell* foi desenvolvida pela Norsys Software Corporation em 1990, possui uma interface gráfica interativa com o usuário, onde é possível criar os nós das Redes Bayesianas que representam as variáveis, definir os arcos entre esses nós, que são as dependências causais entre as variáveis e atribuir as probabilidades para cada nó. A Nética é composta da Nética *Application* que é a interface gráfica que permite visualizar a base de conhecimento em forma de rede. No processo de inferência na rede Bayesiana existem dois tipos de computação executadas, atualização e revisão. O processo de atualização consiste em calcular a distribuição de probabilidade, distribuição posterior de cada nó da rede, através de um conjunto

de evidências. Através dessa informação é possível determinar o estado mais provável de cada variável aleatória isoladamente, após a entrada de evidências. Em síntese, através das evidências sobre algumas variáveis, ocorre a distribuição sobre a configuração das demais variáveis da rede, formando relações entre elas.

1.9.2.1 Teoria da Probabilidade

A teoria da Probabilidade é o ramo da matemática que tem um papel fundamental em todas as áreas da ciência. Estuda os fenômenos aleatórios, permitindo calcular a chance de ocorrências entre o número de casos favoráveis a tal evento e o número total de casos possíveis. Segundo Bittencourt (2006), a teoria da probabilidade é o modelo mais tradicional para o tratamento da informação incerta.

Para Russel (2003), a teoria de probabilidade assume o mesmo papel ontológico da lógica, de os fatos serem ou não válidos no mundo. O grau de probabilidade representa o conhecimento adquirido do especialista ou dos dados, e deve ser registrada por meio de algum teorema ou cálculo matemático.

1.9.2.2 Teoremas de Bayes

O Teorema de Bayes permite que probabilidades desconhecidas sejam calculadas a partir de probabilidades conhecidas, tendo por objetivo definir como relacionar estaticamente evidências e hipóteses, encontrando a probabilidade de ocorrer uma determinada hipótese dentre algumas evidências. Para Bittencourt (2006) o teorema de Bayes provê a base para o tratamento da imperfeição da informação em diversos sistemas baseados em conhecimento.

Este teorema computa a probabilidade de um dado evento, dado um conjunto de observações. O teorema é representado pela equação 1.1.

O Teorema de Bayes é formulado como:

$$P(H_i|e) = \frac{P(H_i) \cdot P(e|H_i)}{P(e)} \quad \text{equação (1.1)}$$

Onde:

- $P(H_i|e)$ é a probabilidade a posteriori da hipótese H_i dada a evidência e .
- $P(e|H_i)$ é a probabilidade condicional da evidência e dada a hipótese H_i .
- $P(H_i)$ é a probabilidade a priori da hipótese H_i .

- $P(e)$ é a probabilidade marginal da evidência e , isto é, a probabilidade de ocorrência da evidência ignorando qualquer informação sobre os demais eventos.

O teorema leva em consideração a probabilidade da ocorrência de um evento dada uma hipótese, desde que tal hipótese esteja condicionada a uma evidência do evento.

1.9.2.3 Redes Bayesianas

Redes Bayesianas representam o conhecimento que trabalha com o conhecimento incerto e incompleto através da teoria da Probabilidade Bayesiana. Uma Rede Bayesiana é um grafo orientado em que cada nó é identificado com informações de probabilidade quantitativa (Russel, 2003).

O conhecimento incerto é aquele que apresenta deficiências. Em algum momento, os dados podem ter uma representação não exata, parcial ou aproximada da realidade. Essa representação tem como uma das suas principais características a adaptabilidade, podendo, a partir de novas informações, e com base em informações verdadeiras, gerar alterações nas dependências e nos seus conceitos.

Os sistemas baseados em Redes Bayesianas são capazes de gerar automaticamente decisões mesmo faltando algumas peças de informação. Uma Rede Bayesiana consiste de:

- Um grupo de variáveis e um grupo de arcos ligando as variáveis.
- Cada variável possui um grupo limitado de estados mutuamente exclusivos.
- As variáveis e arcos formam um grafo dirigido sem ciclos.

A regra de Bayes é a base de todos os sistemas modernos de Inteligência Artificial para inferência probabilística (RUSSEL, 2003).

1.10 Conhecimento tácito

Segundo os autores Oliveira (2005), Freitas (2006), Filho (2009) e Oguz e Senguin (2011) uma das referências teóricas para a noção de conhecimento tácito é Michael Polanyi (1891-1976). Este filósofo ajudou a aprofundar a contribuição do saber tácito para a gênese de uma nova compreensão social e científica da pesquisa.

Para Polanyi (1966), o conhecimento tácito é: espontâneo, intuitivo, experimental, conhecimento cotidiano, inclui uma gama de informações conceituais e sensoriais, imagens que podem ser exercidas em uma tentativa de dar sentido a algo. Estes elementos cognitivos do conhecimento tácito referem-se a modelos mentais, tais como esquemas, paradigmas, perspectivas, crenças e pontos de vistas através dos quais os indivíduos percebem e definem o seu mundo. Uma característica do conhecimento tácito está na lógica pré-formada e pessoal da forma de pensamento para execução de alguma atividade. Ainda segundo Polanyi, deve-se entender a dimensão do conhecimento tácito a partir do fato de que podemos saber mais do que podemos dizer, expor verbalmente. A partir desse pressuposto, Polanyi ainda afirma que o conhecimento é sempre de âmbito pessoal, não podendo ser representado ou codificado em sua íntegra, pois cada indivíduo em qualquer tema sabe muito mais do que consegue codificar ou explicitar em palavras. Para Filho (2009), fragmentos do conhecimento tácito podem ser utilizados para a construção de modelos ou teorias.

Nonaka e Takeuchi (1997) pesquisaram o trabalho de Polanyi e dividiram a dimensão do conhecimento em dois grupos: conhecimento tácito e conhecimento explícito. Para Nonaka e Takeuchi (1997) para que haja a criação do conhecimento na organização é necessário que seja convertido de tácito para explícito e vice e versa, por meio de quatro modos: socialização, externalização, internalização e combinação. A partir dessas conversões, cria-se um novo tipo de conhecimento: na socialização cria-se o conhecimento compartilhado; na externalização, o conhecimento conceitual; na internalização, o conhecimento operacional, e na combinação, origina-se o conhecimento sistêmico. A externalização de conhecimento tácito em conhecimento explícito utiliza de metáforas, analogias, conceitos, hipóteses ou modelos como ferramentas de apoio para tal conversão. Neste sentido Leite (2007) ressalta o aspecto relacionado à maneira informal de comunicação ou explicitar o conhecimento tácito ou intangível. Segundo o autor, a comunicação informal possui características que a permitem veicular o conhecimento tácito, porém sem indicar em que dimensão.

Para Herrgard (2000), o conhecimento tácito pode ser considerado um ativo intangível das organizações, e como tal, agrega valor às organizações quando externalizado como conhecimento explícito. Neste contexto o autor aponta as dificuldades na difusão do conhecimento tácito nas organizações, como:

- Estimativa do grau de tacitividade do conhecimento do provedor do conhecimento;
- Torná-lo explícito para então partilhá-lo na organização;
- O grau de absorção do receptor do conhecimento;
- Tipo de linguagem do receptor e do provedor do conhecimento;
- Percepção do saber tácito do provedor do conhecimento.

Oguz e Senguin (2011) em pesquisa sobre conhecimento tácito, abordaram algumas divergências na literatura em relação à conceituação do significado do conhecimento tácito (saber fazer intuitivamente). A pesquisa deixou algumas respostas em aberto como:

- O conhecimento tácito pode ser administrado?
- O conhecimento tácito é espontâneo, segundo Polanyi (1966), logo, é possível administrar a espontaneidade?
- O conhecimento tácito e oposto do conhecimento explícito, ou são complementares?
- Qual seria o custo da transação do conhecimento tácito para o explícito?

1.11 Considerações

A pesquisa realizada sobre os assuntos relevantes para fundamentação teórica do trabalho contribuiu para dar suporte às ideias iniciais para a condução adequada do trabalho proposto. A integração entre as ferramentas de qualidade e as técnicas de elicitação do conhecimento só foi possível ao passo que a pesquisa foi aprofundada para ambos os temas.

3. ESTADO DA ARTE

Este capítulo apresenta o estudo do estado da arte referente aos temas envolvidos no desenvolvimento do trabalho. Um dos assuntos abordados são os sistemas de apoio à decisão (SAD) aplicados a processos produtivos. Outro tema de grande relevância para o trabalho é a abordagem sistêmica para observar sistemas complexos, onde os sistemas produtivos estão fortemente inseridos. Apresenta-se trabalhos científicos realizados nestas duas áreas para dar apoio ao presente trabalho no sentido das abordagens científicas reconhecidas pela comunidade científica. As fundamentações teóricas foram abordados no capítulo 2.

1.12 Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) para problemas na Indústria

A seguir, apresenta-se a descrição referente à pesquisa de algumas aplicações dentro do tema sobre Sistemas de Apoio à Decisão desenvolvidos na indústria ou outras organizações que utilizam algum modelo científico para auxílio na resolução de problemas. O objetivo é mostrar o estado da arte neste assunto e seus benefícios.

1.12.1 Modelagem matemática e computacional de um sistema de apoio à decisão na indústria (WERMUTH, 2007)

A pesquisa descrita relata o desenvolvimento de um sistema computacional de apoio à decisão baseado em conhecimento e a modelagem matemática para comprovar os resultados obtidos. O sistema define o cronograma de produção de uma dada Empresa, a fim de minimizar o tempo de *setup* (tempo necessário, em cada produção, para realizar a troca das variáveis). O objetivo foi aproveitar ao máximo as mesmas variáveis de uma produção para outra, diminuindo o número de trocas e, conseqüentemente, o tempo de *setup*. O sistema auxilia na tomada de decisão relativa ao próximo produto a ser produzido. A técnica utilizada para o desenvolvimento do sistema de apoio à decisão foi a de sistemas especialistas, com o uso da Ferramenta *Expert Sinta* (<http://www.lia.ufc.br>) e o modelo de representação do conhecimento foi baseado em regras de produção.

Em seguida, apresenta-se no Quadro 3 um exemplo de regra de produção utilizada no trabalho, com as variáveis faca, cor cilindro e papel, que identificará o próximo produto a ser produzido.

Quadro 3: Regra de produção com as variáveis faca, cor cilindro e papel.

SE faca = 5290-00
E cor ouro lateral b&h gold
E cor verde retícula b&h gold
E cor azul b&h gold
E cor ouro roto rich
E cor ouro central b&h gold
E cor vermelho b&h gold
E cilindro 19730
E cilindro 369
E cilindro 377
E cilindro 19724
E cilindro 19558
E cilindro 5143
E cilindro 14533
E papel 50.0173
ENTÃO produto = 60.9834

Fonte: Wermuth, 2007.

A regra de produção do Quadro 3 demonstra que é possível utilizar o Sistema Especialista para programação de produção em processo produtivo, porém não abrange o momento de produzir em função das datas de entrega ao cliente, visto que as regras de produção na *Expert Sinta* são fixas, não sendo compatíveis, por exemplo, com um *software* com sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*).

1.12.2 Sistema Especialista de classificação de reserva de petróleo, utilizando geotecnologias (NOVAES & SUSLICK, 2003)

O artigo descreve o desenvolvimento de um sistema especialista para auxílio na tomada de decisão na pesquisa de possíveis reservas petrolíferas. O sistema especialista utiliza a técnica de regras de cruzamento para auxiliar o usuário na tomada de decisão. As variáveis são usadas para determinar possíveis jazidas de petróleo, como sísmica, poços na proximidade, sondagens, testemunho, dados de produção, perfuração, dados cartográficos, imagem de satélite, redes e modelos numéricos de terreno. O sistema foi denominado de SPRING, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Segundo os autores, Novaes e Suslick (2003), o SPRING é um Sistema de Informação Geográfica (SIG), um sistema computacional composto de *software* e *hardware* que permite a integração entre banco de dados alfanuméricos (tabelas) e gráficos (mapas) para o processamento, análise e saída de dados georreferenciados.

1.12.3 Metodologia e regras para um Sistema Especialista na substituição da eletrotermia para fornos a gás natural na indústria metalúrgica (CARNEIRO, GRIMONI & UDAETA, 2007)

O artigo apresenta uma proposta de metodologia para auxílio na tomada de decisão para substituição de fornos elétricos por fornos a gás natural, por ser uma alternativa viável do ponto de vista econômico e ecológico. A motivação dos autores foi a racionalização de energia elétrica ocorrida em 2001, que proporcionou uma mudança de mentalidade dos especialistas em relação ao papel da energia elétrica na matriz energética brasileira. Os autores apontam uma desvantagem técnica quanto à utilização de energia elétrica, pois geralmente o rendimento no uso de tal energia fica em torno de 90%; já em contra partida no uso de energia química, no caso a gás, o rendimento é praticamente de 100%. Tal desvantagem da energia elétrica para a energia a gás provém da característica de geração de calor da energia elétrica. A geração de calor na energia elétrica se dá de forma secundária através da circulação de corrente elétrica, desta forma, os fatores como impedância, reatância por fase e potência dissipada contribuem para diminuir o rendimento

desse tipo de energia. Foram coletadas informações técnicas de uma empresa metalúrgica, Yadoya S.A, localizada no município de Bom Jesus dos Perdões em São Paulo, com o intuito de posteriormente elaborar regras de produção para alimentar o Sistema Especialista para auxílio na decisão do uso de energia elétrica ou a gás. No Quadro 4 apresentam-se as informações utilizadas para a elaboração das regras de produção.

Quadro 4: Informações utilizadas para a elaboração das regras de produção para Tomada de Decisão para uso de energia alternativa.

1. Potência do forno Elétrico	11. Custo de equipamento elétrico
2. Quantidade de massa a ser fundida	12. Custo do equipamento a gás natural
3. Tempo necessário para o processo de aquecimento	13. Custo Mensal da energia elétrica utilizada
4. Tempo necessário para a fusão do metal	14. Volume de gás consumido
5. Tempo de funcionamento mensal da planta	15. Custo Mensal do gás natural utilizado
6. Rendimento do Forno Elétrico	15. Ciclo de Vida do Forno Elétrico
7. Rendimento do Forno a gás natural	16. Ciclo de vida do forno a gás natural
8. Energia necessária ao processo	18. Custo do Ciclo de Vida do forno elétrico
9. Tarifa de energia elétrica	19. Custo do Ciclo de Vida do forno a gás natural
10. Tarifa de gás natural	20. Tempo de retorno do investimento

Fonte: Carneiro, 2007.

A partir das informações reunidas, foram criadas as regras de produção do tipo “se-então”, conforme segue no Quadro 5.

Quadro 5: Regras de produção para tomada de decisão sobre tipo de energia a ser utilizada.

1. Se ambos os fornos são novos, então:
 - 1.1. Avaliar os custos iniciais e as tarifas mensais das duas alternativas.
 - 1.2. Se custo inicial e a tarifa mensal de energia da alternativa a gás forem menores, então forno a gás é viável.
 - 1.3. Se custo inicial e a tarifa mensal de energia da alternativa elétrica forem menores, então forno a gás é viável.
 - 1.4. Se custo inicial do forno a gás for maior e tarifa mensal for menor, então calcular CCV das duas alternativas.
 - 1.4.1. Se o tempo de retorno for maior que o desejado, então a utilização não é viável e a utilização do forno elétrico é viável.
 - 1.4.2. Se o tempo de retorno for menor que o desejado, então a utilização é viável e o forno a gás deve ser utilizado.
 - 1.5. Se custo inicial do forno a gás for menor e tarifa mensal for maior, então calcular CCV das duas alternativas.
 - 1.5.1. Se o tempo de retorno para o uso do forno elétrico for maior que o desejado, então a utilização do forno a gás é viável.
 - 1.5.2. Se o tempo de retorno para o uso do forno elétrico for menor que o desejado, então a utilização do forno a gás é inviável.
2. Se já existe instalado um forno elétrico:
 - 2.1. Se a tarifa mensal de gás é maior que a tarifa de energia elétrica, então a substituição é inviável.
 - 2.2. Se a tarifa mensal de gás é menor que a tarifa de energia elétrica, então calcular CCV.
 - 2.3. Se o CCV do forno a gás for menor que o do forno elétrico no tempo de retorno estipulado, então substituição é viável.
 - 2.4. Se o CCV do forno a gás for maior que o do forno elétrico no tempo de retorno estipulado, então substituição é inviável.

Fonte: Carneiro, 2007

No artigo, não é informado em qual aplicativo ou *software* as regras de produção foram alimentadas.

As regras de produção apresentadas no Quadro 5 podem ser consideradas dinâmicas, visto que são formadas por hipóteses que devem ser analisadas pelo usuário, ou seja, as regras não estabelecem valores fechados, o que dá a elas a característica dinâmica.

1.12.4 Aplicação de Sistema Especialista Nebuloso para a Avaliação de Pesquisa de Satisfação de Clientes de uma Indústria Automotiva (AGUIAR & SALOMON, 2007)

O artigo aborda a medição dos resultados de uma pesquisa de satisfação de clientes numa indústria de autopeças localizada no vale do Paraíba. A pesquisa e coleta de dados foram realizadas com cinco montadoras que fazem parte do Quadro de clientes da empresa estudada, que possui três focos principais na estratégia de negócio: Qualidade, Logística e Comercial. A pesquisa foi realizada com aplicação de Sistema Especialista nebuloso modelada com teoria dos conjuntos *fuzzy* ou nebuloso. Os dados de entrada foram definidos a partir da pontuação obtida na pesquisa de satisfação de clientes, associados aos parâmetros da *fuzzificação* das regras estabelecidas a partir dos critérios qualidade, logística e comercial. Os autores estabeleceram regras de combinação a partir dos critérios citados. Apresenta-se no Quadro 6 um exemplo de combinação utilizado para definição da satisfação ou insatisfação dos clientes.

Quadro 6: Combinação utilizada nas regras de produção para definição da satisfação ou insatisfação dos clientes.

REGRAS	QUALIDADE	LOGÍSTICA	COMERCIAL	Insatisf.	Satisf.
1	BAIXA	BAIXA	BAIXA	X	
2	MÉDIA	BAIXA	BAIXA	X	
3	ALTA	BAIXA	BAIXA	X	
4	BAIXA	MÉDIA	BAIXA	X	
5	MÉDIA	MÉDIA	BAIXA	X	
6	ALTA	MÉDIA	BAIXA	X	
7	BAIXA	ALTA	BAIXA	X	
8	MÉDIA	ALTA	BAIXA	X	
9	ALTA	ALTA	BAIXA	X	
10	BAIXA	BAIXA	MÉDIA	X	
11	MÉDIA	BAIXA	MÉDIA	X	
12	ALTA	BAIXA	MÉDIA	X	
13	BAIXA	MÉDIA	MÉDIA	X	
14	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA		X
15	ALTA	MÉDIA	MÉDIA		X
16	BAIXA	ALTA	MÉDIA	X	
17	MÉDIA	ALTA	MÉDIA		X
18	ALTA	ALTA	MÉDIA		X
19	BAIXA	BAIXA	ALTA	X	
20	MÉDIA	BAIXA	ALTA	X	
21	ALTA	BAIXA	ALTA	X	
22	BAIXA	MÉDIA	ALTA	X	
23	MÉDIA	MÉDIA	ALTA		X
24	ALTA	MÉDIA	ALTA		X
25	BAIXA	ALTA	ALTA	X	
26	MÉDIA	ALTA	ALTA		X
27	ALTA	ALTA	ALTA		X

Fonte: Aguiar, 2007

As regras de produção propriamente dita não foram expostas no artigo, mas por dedução, é possível elaborá-las a partir dos dados do Quadro 6. Seguem alguns exemplos:

Regra 1:

SE qualidade = baixa

E logística = baixa

E comercial = baixa

ENTÃO cliente insatisfeito

Regra 21:

SE qualidade = média

E logística = alta

E comercial = alta

ENTÃO cliente satisfeito

Ao analisar a modelagem da pertinência difusa das variáveis Qualidade, Logística e Comercial através dos dados apresentados no artigo e com a utilização do NETICA (*software* que foi utilizado na presente Dissertação), observou-se que da

forma que a atribuição de pertinência foi distribuída, existe uma tendência probabilística de 68,2 % dos clientes ficarem satisfeitos. Acredita-se que os valores de probabilidades na atribuição de pertinência deveriam ser de 50% para satisfeito e 50% para insatisfeito e, a partir deste ponto, iniciar a tabulação dos resultados da pesquisa com os clientes. A seguir, apresenta-se na Figura 11 a probabilidade condicional modelada no NETICA.

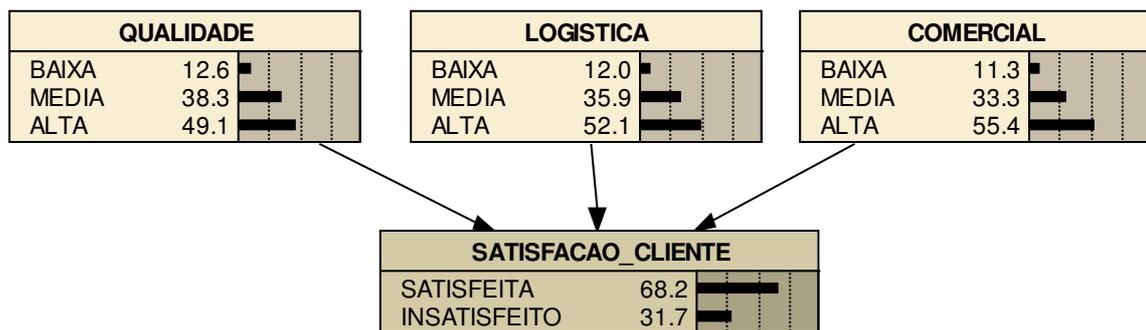


Figura 11: Exemplo de modelagem da probabilidade condicional.

Fonte: Elaborada pelo Autor

1.12.5 Sistema Especialista de apoio à decisão em ventilação mecânica (ROSSO, KMETEUK & AMORIM, 2002)

O sistema especialista utiliza uma base de conhecimento extraído de um especialista da área, tendo como mecanismo de representação de conhecimento as regras de produção. A ferramenta *Expert Sinta* foi utilizada para seu desenvolvimento.

A ventilação mecânica é um método de suporte para o paciente, que substitui as necessidades fisiológicas do pulmão e ajuda a preservar o funcionamento de outros órgãos. O uso do sistema melhora o atendimento aos pacientes que necessitam de intervenção de um respirador artificial.

O objetivo do sistema é auxiliar os profissionais da saúde, principalmente aqueles que não possuem conhecimento adequado para trabalhar com tais equipamentos. O sistema sugere parâmetros a serem fixados no ventilador, a partir de uma base de conhecimento adquirida por entrevistas e debates com o especialista humano. Os parâmetros são para iniciar a ventilação artificial em pacientes que necessitam da intervenção do respirador artificial. As primeiras regras

do sistema permitem saber o estado atual do paciente (coma, semiconsciente ou consciente), sendo que as demais seguem com uma série de perguntas ao estado do paciente, como: sexo, peso e outros parâmetros que serão utilizados para a tomada de decisão em relação ao ventilador. O resultado do sistema refere-se ao volume que será inserido no ventilador mecânico.

As regras de produção foram elaboradas a partir do conhecimento do especialista humano na área. Apresenta-se no Quadro 7 um exemplo de uma regra de produção utilizada para auxiliar o usuário na regulagem da pressão do ventilador quando o paciente for do sexo masculino.

QUADRO 7: Regras de produção para regulagem da pressão do ventilador.

SE	A/C = sim
OU	VMIS/ PSV = sim
E	Masculino = sim
E	Controlada Pressão = sim
ENTÃO	Pressão = 15

Fonte: Rosso, 2002

A regra de produção do Quadro 7 apresenta um exemplo de aplicação de sistema especialista na área médica.

1.12.6 Um Sistema Especialista probabilístico para o apoio à análise de planos de negócios de empresas de base tecnológica (JULIANI, BOGO, BETTIO, RODRIGUES & FULBER, 2005)

O artigo apresenta uma proposta de desenvolvimento de um sistema especialista probabilístico como forma de apoiar a análise dos planos de negócio de empresas de tecnologia, para fim de ingresso em incubadoras de empresas.

O processo de incubação normalmente inicia-se por meio da estruturação de um plano de negócios, formatado pelo empreendedor interessado, por meio do qual são mapeadas as principais variáveis do negócio, sistematizando ideias e planejando de forma mais eficiente o investimento. Em seguida, o plano de negócios é encaminhado para uma banca avaliadora, composta por consultores especializados que analisam o projeto baseado em experiências pessoais,

informações do mercado, pela própria incubadora e pelas informações contidas no plano, deliberando assim, a continuidade do processo.

O processo de estruturação do sistema especialista iniciou-se por meio da identificação dos atributos e seus valores, utilizados pelos especialistas humanos durante a análise de planos de negócios. Para o desenvolvimento do sistema probabilístico foi utilizada a ferramenta SPIRIT (*Symmetrical Probabilistic Intensional Reasoning in Inference Networks in Transition*), com atributos agrupados em cinco tópicos: negócio, planejamento operacional, planejamento de *marketing*, planejamento financeiro e resultados da análise.

A ferramenta SPIRIT é um sistema inteligente probabilístico com uma base de conhecimento baseada na distribuição de probabilidade, trabalhando com conceito do teorema de *Bayes*, no qual a partir dos dados de entrada são calculadas as relações existentes dentro do sistema. A ferramenta disponibiliza também uma interface gráfica, possibilitando a criação de variáveis de diversos tipos e utilizando os conceitos de redes *bayesianas*, incorporados nas regras de produção.

As regras e as variáveis são associadas às probabilidades, por meio das quais a *rede bayesiana* realiza seu aprendizado e inferência sobre a base de conhecimento do sistema.

A conclusão do artigo ressalta a utilização de sistemas especialistas como uma alternativa na minimização do problema no trabalho subjetivo de análise de planos de negócio, por meio da formalização do conhecimento empregado por consultores da área na análise dos planos.

As regras de produção foram elaboradas a partir de perspectivas pré-estabelecidas pelos analistas da incubadora, como Missão/Foco, Perfil empreendedor, Produto, Demanda, Inovação, Tecnologia, Concorrência, Política de Preços, Promoção, Publicidade e Propaganda, Projeção de Vendas, Estrutura Organizacional, Sistema de Produção e Processos, Empreendimento, Capital Giro, Mercado, Ponto de Equilíbrio, Estrutura de Custos, Fornecedores, Parceiro, Produção, Processos. Apresenta-se no Quadro 8 as regras de produção para análise de viabilidade de negócio.

Quadro 8: Regras de produção para análise de viabilidade de negócio

((Missão_Foco=Adequada) AND (Perfil_Empreendedores=Qualificados) AND (Produto_Inovacao=Medio) AND (Produto_Demanda=Media) AND (Produto_Tecnologia=Vanguarda_Com_Capacidade_Evolucao)) (Sucesso_Empreendimento=Bem_Provavel)AND ((Tipo_Concorrencia=Direta) AND (Nivel_Concorrencia=Alta) AND (Politica_Precos=Similar_Ao_Mercado) AND (Promocao=Adequada) AND (Canais_Distribuicao=Pouco_Adequada) AND (Publicidade_Propaganda=Adequada) (Sucesso_Empreendimento=Bem_Provavel) _ ((Projecao_Vendas=Sub_Dimensionada) AND (Estrutura_Organizacional=Pouco_Adequada) AND (Sistema_Producao_Processos=Pouco_Adequada)) (Sucesso_Empreendimento=Pouco_Provavel) _ ((Capital_Giro=Necessario) AND (Situacao_Mercado=Favoravel) AND (Alcance_Ponto_Equilibrio=Medio_Prazo) AND (Estrutura_Custos=Super_Dimensionada) AND (Projecao_Vendas=Bem_Dimensionada)	AND (Nível_Rentabilidade=Medio) (Sucesso_Empreendimento=Muito_Provavel) _ ((Fornecedores=Pouco_Adequados) AND (Parceiros=Pouco_Adequados)) ((Sistema_Producao_Processos=Pouco_Adequada) AND (Sistema_Producao_Dimensionamento=Pouco_Adequado)) _ ((Produto_Inovacao=Baixo) AND (Missao_Foco=Pouco_Adequada)) (Sucesso_Empreendimento=Improvel) _ ((Nivel_Concorrencia=Media) AND (Produto_Inovacao=Baixo)) (Sucesso_Empreendimento=Improvel) _ ((Estrutura_Custos=Bem_Dimensionada) AND (Nivel_Rentabilidade=Baixo)) (Sucesso_Empreendimento=Pouco_Provavel) _ ((Produto_Demanda=Media) AND (Canais_Distribuicao=Pouco_Adequada) AND (Publicidade_Propaganda=Adequada)) (Sucesso_Empreendimento=Bem_Provavel) _ (Missao_Foco=Pouco_Adequada) (Sucesso_Empreendimento=Improvel)
--	--

Fonte: Juliani, 2005.

As regras de produção do Quadro 8 apresentam um exemplo de aplicação de sistema especialista na área de análise de viabilidade de planos de negócio. A partir desta construção, a mesma pode ser usada, por exemplo, no SEBRAE quando da realização das análises de viabilidade de novos empreendimentos.

1.12.7 Construção de sistemas especialista: estudos de caso (CARVALHO, 2003)

O artigo apresenta um estudo de caso desenvolvido com sistemas de apoio à decisão baseados em conhecimento (sistemas especialistas), e com a utilização da ferramenta *Expert SINTA*. O estudo foi realizado em uma empresa que fabrica produtos médico/hospitalares, identificando o motivo de parada de determinadas máquinas.

A seguir, descreve-se o sistema que identifica as causas de paradas de máquinas na fabricação de seringas. Quando ocorre a parada de uma máquina, o

operador solicita a presença do mecânico, mas muitas vezes o problema poderia ser resolvido pelo próprio operador por ser de simples solução. Caso o operador solucionasse, resultaria na otimização do tempo do mecânico, o qual poderia estar envolvido com problemas de maior complexidade.

O sistema foi desenvolvido para auxiliar na identificação que leva à parada do equipamento. A partir do uso do sistema especialista, o operador poderá identificar a causa da parada, bem como saber que ação deverá ser tomada, para o retorno do equipamento na condição de operação.

Para o desenvolvimento do sistema, foram realizadas entrevistas com especialistas da área de manutenção, bem como verificação de registros de situações de paradas de máquina. As informações foram modeladas por meio de regras de produção.

O sistema foi validado a partir de testes realizados por usuários, analisando qualidade e utilidade do sistema para a solução do problema. Para os testes, foram simuladas várias paradas da máquina para verificar se o sistema e o mecânico orientavam a mesma decisão a ser tomada.

Os usuários ficaram satisfeitos ao utilizar o sistema, permitindo maior autonomia aos operadores. Os mecânicos concluíram que o sistema representaria a oportunidade de estarem envolvidos em outras atividades mais relevantes no momento em que o sistema auxiliaria na decisão do problema da máquina.

A seguir, apresentam-se no Quadro 9 os atributos e as variáveis utilizadas para construção das regras de produção. As regras de produção não foram apresentadas no artigo.

Quadro 9: Atributos e variáveis utilizadas para construção das regras de produção

Variável	Valor do domínio da variável
Botão Jog Apertado	Sim Não
Botão Start Apertado	Sim Não
Feeder Desligado	Sim Não
Feeder ligado no painel de controle	Sim Não
Material verificado	Sim Não
Portas estão desabilitadas	Sim Não
Pronta automático	Sim Não
Pronta manual	Sim Não
Rele térmico do painel elétrico	Sim Não
Solução	Aperte o Botão Interligação Marcação Montagem no Painel 1 Aperte o Botão Start no Painel 1 Acione a chave modo automático de operação Entrada do Material Obstruída Inicie a Máquina em modo Automático Acionando a Chave A do Painel 1 Verifique sensores de material e Aperte Botão Start no Painel 1 Acione a chave modo automático de operação e Aperte o Botão Start no Painel 1 Acione a chave modo automático de operação e Verifique sensores de Material
Solucao1	Inicie a Máquina em modo Manual Acionando a Chave B do Painel 1 Inicie a Máquina em modo Manual e aperte o Botão Jog no Painel 1 Inicie a Máquina em modo Manual e Desabilite as Portas de Entrada Aperte o Botão Jog no Painel 1 e Desabilite as Portas de Entrada Aperte o Botão Jog no Painel 1 Desabilitar Portas de Entrada Girar os Carroceis em Baixa Velocidade
Solucao2	Acione o Feeder na chave 17 Acione o Feeder na chave 17 e aperte o botão correspondente no painel 1 Acione o Feeder na chave 17 e substitua o rele térmico do painel elétrico Aperte o botão Fedder no painel 1 e substitua o rele térmico do painel elétrico Aperte o botão Fedder no painel 1 Substitua o rele térmico do painel elétrico Aperte o botão Reset do Painel1

Fonte: Carvalho, 2003.

As regras de produção do Quadro 9 apresentam um exemplo de aplicação de sistema especialista em um Processo Produtivo.

1.12.8 Protótipo de um sistema especialista probabilístico para análise de risco em seguros de automóveis (WALTRICH, 2006)

A monografia apresenta o desenvolvimento de um Sistema Especialista Probabilístico elaborado para auxiliar no processo de atividade de análise de risco em uma seguradora de automóveis. O sistema tem como função analisar o perfil e classificar o risco do segurado, transformando as incertezas em probabilidades, possibilitando quantificar os riscos e possíveis perdas.

O trabalho de pesquisa foi desenvolvido através de levantamento das variáveis que envolvem a análise de risco, como identificação do perfil do cliente, análise das informações, avaliação da exposição ao risco e classificação do risco. Tais variáveis foram interpoladas às teorias que levam ao possível sinistro, como, risco moral, risco físico, seleção adversa, risco especulativo e risco puro. Com base em valores percentuais de sinistralidade disponíveis na Federação Nacional das Empresas de Seguros, foram elaboradas tabelas com os percentuais de risco classificados, como fatores de riscos de roubo (veículo visado/sistema anti-furto/possui garagem/reside em CEP de risco), fatores de risco de acidente (sexo/idade/estado civil/transporta carga/período de rodagem). Os riscos foram classificados em alto, médio, considerável, baixo e mínimo.

A Figura 12 apresenta um exemplo de estrutura de rede *bayesiana* desenvolvida na ferramenta NETICA durante a monografia.

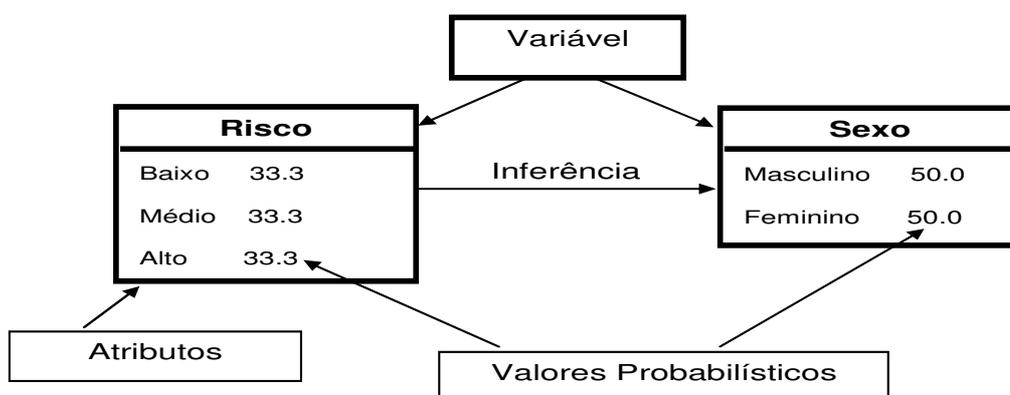


Figura 12: Exemplo de estrutura de rede bayesiana.

Fonte: Waltrich, 2006

A teoria utilizada para o desenvolvimento do SE foi o teorema de *Bayes*, redes *bayesianas*. As variáveis foram imputadas na ferramenta NETICA desenvolvida pela *Norsys Software Corporation* em 1990, criada para desenvolvimento de sistemas especialistas utilizando a representação do conhecimento através de *redes bayesianas*.

1.12.9 Aplicação dos Sistemas Especialistas NETICA e AMZI-PROLOG para escolha de Vinhos (REBELO, 2002)

O propósito do artigo foi adaptar uma base de conhecimento desenvolvida em programação lógica para aplicação em redes *bayesianas*. A base de conhecimento adaptada trata da escolha de vinhos mais recomendados para uma refeição. A base de conhecimento foi desenvolvida em AMZI-PROLOG onde foi composta por regras determinadas por fatores de certeza (FC). Esta foi adaptada a uma Rede *Bayesiana* desenvolvida na ferramenta NETICA. O objetivo principal do trabalho de pesquisa foi comparar os diagnósticos obtidos pelos dois tipos de Sistemas Especialistas.

A sistemática de funcionamento do Prolog (Programação Lógica) segue as seguintes sequências: consulta ao usuário, meta-fatos, e fatos ou regras, os fatos ou regras possuem grau de confiança (FC). No sistema desenvolvido o usuário deve responder sobre suas preferências, como prato principal, a cor e a doçura do referido vinho, o tipo de molho. A etapa dos meta-fatos é responsável por auxiliar o motor de inferência, pois a meta da consulta consiste em escolher a melhor opção de vinho para refeição. O sistema proporciona, além do melhor vinho recomendado, o grau de certeza da escolha. Este grau de certeza baseia-se na base de conhecimento e nas respostas que o sistema vai recebendo em cada etapa do processo de recomendação.

Partindo da base de conhecimento implementada em Prolog, foram realizadas uma série de adaptações para modelar o sistema utilizando Redes *Bayesianas*, como, (1) definidas as hipóteses (tipo de vinhos) e as evidências (cor recomendada, doçura recomendada, prato principal), (2) estabelecidas as relações de causalidade, (3) adaptação dos fatores de certeza extraídos das regras da base de conhecimento para tabelas com valores de probabilidades condicionais.

Os autores apontaram vantagens na utilização do NETICA, em função da representação gráfica que explicita a base de conhecimento. Outra vantagem apontada é que o NETICA não apresenta apenas a probabilidade da hipótese dominante e sim a distribuição de probabilidade das demais hipóteses, o que não acontece com o Prolog cujo diagnóstico mostra apenas o fator de certeza do vinho mais recomendado.

1.12.10 Sistema Especialista de apoio à decisão para diagnóstico de falhas em aeronaves (SILVA, 2010)

O trabalho de graduação apresenta os detalhes de projeto e implementação, e os resultados de um Sistema Especialista (SE) para auxiliar na manutenção de aeronaves, aplicado à aeronave Boeing 737 com procedimentos próprios da Empresa Gol Linhas Aéreas S.A.. O sistema foi estruturado através da técnica de árvore de decisão. Foi desenvolvido um sistema especialista denominado AirSpecialist com quatro áreas de expertise, Painel Certification, Ata 100, Diagnóstico de falha, Auxílio do Sistema. Painel Certification, onde o usuário seleciona o tipo de aeronave através de informações, como número de série, modelo e motor. Ata 100, onde o usuário é informado pelo sistema e subsistema da aeronave selecionada. Diagnóstico de falha, nesta área o sistema inicia a fase de procura do código de falha através de perguntas estruturadas para o usuário do sistema. Após o código de falha ser detectado, o sistema realiza uma busca da descrição do procedimento padrão para solucionar a falha. A opção Auxílio do Sistema dá acesso a um pequeno texto sobre o sistema, onde se descreve as opções disponíveis e o procedimento para uma consulta. A Figura 13 representa uma árvore de decisão gerada para aeronave GOA-737-700.

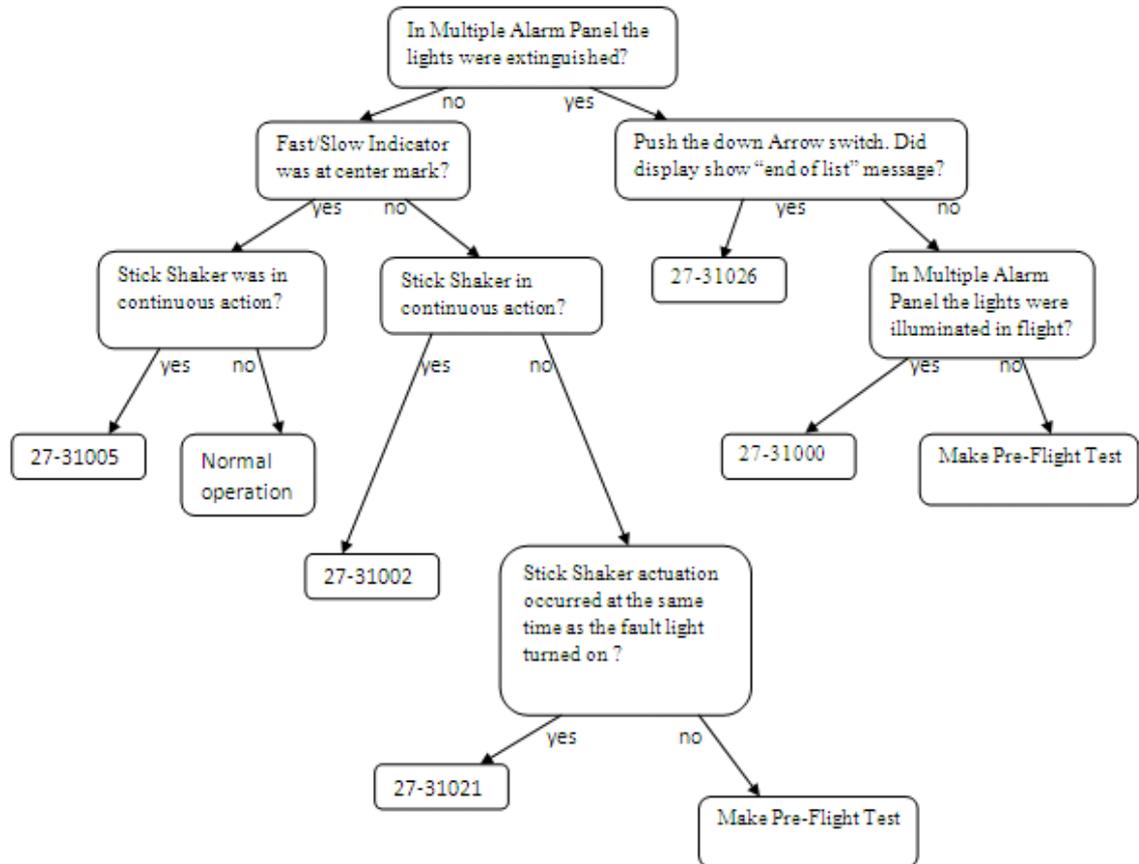


FIGURA 13: Representação de uma árvore de decisão gerada para aeronave GOA-737-700.

Fonte: Silva, 2010

1.12.11 Redes Bayesianas na Fabricação (MCNAUGHT & CHAN, 2011)

O artigo descreve o desenvolvimento de um sistema inteligente de apoio à decisão para ajudar os operadores da empresa Motorola a diagnosticar e corrigir falhas durante o processo de inspeção em seus produtos. O sistema desenvolvido utiliza como base a teoria de redes Bayesianas. O sistema desenvolvido atua no teste do sistema de telefone. Originalmente produzido em Reino Unido, a unidade se mudou para a China. Um dos problemas de tal transferência foi a perda de experiência pessoal em áreas especializadas, como o diagnóstico de falhas durante

os testes. No entanto, a decisão de desenvolver um sistema inteligente para apoiar os operadores inexperientes na realização dos diagnósticos, fez a transição subsequente das instalações de ensaio para a China muito mais fácil. O software utilizado pela empresa foi o NETICA desenvolvido e comercializado pela Empresa Norsys Software Corporation.

1.13 Análise comparativa dos trabalhos abordados

O Quadro 10 apresenta um resumo do estudo do estado da arte sobre Sistema de Apoio à Decisão (SAD), aplicado para Sistema Especialista.

Quadro 10: Análise dos Sistemas de Apoio à Decisão (SAD).

*Título	Aplicativo utilizado	Área de atuação	Forma de representação do conhecimento	Tipo de publicação
3.1.1	Expert sinta	Indústria	Regras de Produção	Dissertação
3.1.2	Spring	Pesquisa Petrolífera	Regras de Cruzamento	Artigo
3.1.3	Não informado	Indústria	Regras de Produção	Artigo
3.1.4	Não informado	Indústria	Regras de combinação	Artigo
3.1.5	Expert sinta	Hospital	Regras de Produção	Artigo
3.1.6	Spirit	Negócios	Regras de Produção	Artigo
3.1.7	Expert sinta	Indústria	Regras de Produção	Artigo
3.1.8	Netica	Negócios	Diagrama	Monografia
3.1.9	Netica e Amzi-Prolog	Negócio	Regras e Diagrama	Artigo
3.1.10	AirSpecialist	Aviação	Regras de Produção	Monografia
3.1.11	Netica	Indústria	Diagrama	Artigo

* Os títulos estão representados pelos respectivos itens.

Ao comparar as características, como Aplicativo utilizado, Área de atuação, Forma de representação do conhecimento e Tipo de publicação, observou-se que para a representação do conhecimento as regras de produção são empregadas com frequência. Também, pode-se observar que o SAD pode ser empregado em várias

áreas de atuação, como Indústria, Pesquisa Petrolífera, Hospitais e Negócios. Quanto aos aplicativos, pode-se afirmar, a partir dos estudos realizados sobre as aplicações e da comparação da tabela, que a parte mais relevante do desenvolvimento de um Sistema Especialista é a forma de representação do conhecimento, visto que nas produções científicas os autores apontam a regra de produção como uma forma adequada de representação do conhecimento. Observa-se também que são aplicados Sistemas Especialistas Probabilísticos e Não Probabilísticos.

Da análise dos artigos da seção 3.1.4 e 3.1.11, foi possível verificar a possibilidade de utilizar a teoria de redes *bayesianas* para auxiliar na atribuição de pertinências para pontuação das variáveis estudadas no artigo.

A proposta deste trabalho foi modelar a base de conhecimento com auxílio de duas formas de representação do conhecimento, rede semântica e regras de produção, pois se pretende atribuir a causa ou as causas de defeito no processo através de análise sistemática. A rede semântica foi utilizada como apoio representacional na construção das regras de produção.

Foram utilizados dois tipos de Sistemas Especialistas, Não probabilístico e Probabilístico, com as respectivas ferramentas de desenvolvimento *Expert Sinta* e *NETICA*.

1.14 Abordagem sistêmica para observação de fenômenos complexos na Indústria

A seguir apresenta-se a descrição referente à pesquisa de algumas aplicações desenvolvidas dentro do tema Abordagem Sistêmica para observação de fenômenos complexos na Indústria ou outras organizações que utilizam algum modelo científico para auxílio na resolução de problemas. O objetivo é mostrar o estado da arte neste assunto e seus benefícios.

1.14.1 Sistema Evolutivo de Gestão Integrada para Micro e Pequenas Empresas (NETO & FONTANA, 2008)

Este artigo apresenta a sistemática utilizada para estruturar a metodologia empregada no desenvolvimento de um projeto de um *software* livre ERP - *Enterprise Resource Planning* com o objetivo de atender as necessidades das micro e pequenas empresas. O projeto foi conduzido com base no conceito de organização com um sistema complexo focado na abordagem sistêmica. Para os autores do artigo, Neto e Fontana (2008), a abordagem sistêmica pode ser considerada como uma abordagem global que leva em conta a totalidade dos elementos envolvidos em uma situação referente ao fenômeno observado. Para planejar e executar as atividades na elaboração do *software* foi empregada a técnica da Sistemografia, instituída por Le Moigne (1990).

1.14.2 Inter-relacionamentos da Evolução dos Paradigmas da Economia Industrial com os Paradigmas da Estratégia de Manufatura (PERRONI, 2005)

Este trabalho teve como objetivo relacionar a evolução dos paradigmas da Economia Industrial e a evolução dos paradigmas da Estratégia de Manufatura e, como ambas são influenciadas mutuamente, houve a integração das áreas de Ciências Sociais e Engenharia de Produção.

Para o autor da Dissertação, Perroni (2005), metodologia é uma disciplina que estuda os métodos e técnicas, e tem como papel orientar o pesquisador a estruturar a pesquisa de forma organizada. Para modelar os cenários da Economia Industrial e da Estratégia de Manufatura e promover a relação entre elas, o autor utilizou a técnica da Sistemografia de Le Moigne (1990), considerando os fenômenos como sistemas complexos, do ponto de vista da abordagem sistêmica.

1.14.3 A Abordagem Sistêmica na Pesquisa em Engenharia de Produção (NETO & LEITE, 2009)

O artigo apresenta um estudo empírico sobre abordagens disciplinares para se observar a realidade. Os autores Neto e Leite (2009) apresentam cinco tipos de abordagens para se observar a realidade:

1. *Base de conhecimento*: observação da realidade a partir de uma base de conhecimento.

2. *Multidisciplinar*: observação da realidade é realizada por disciplinas do conhecimento isoladamente.

3. *Pluridisciplinar*: observação da realidade realizada por várias disciplinas do conhecimento havendo troca entre elas.

4. *Interdisciplinar*: observação da realidade realizada usando a transferência de conhecimento de uma disciplina para outra.

5. *Transdisciplinar*: observação da realidade realizada na interseção dos conhecimentos das disciplinas.

Para Neto e Leite (2009) Sistemografia é um método de abordagem sistêmica que permite modelar e representar objetos para possibilitar entendimento de uma realidade de interesse do pesquisador, tornando o sistema complexo mais ameno para ser compreendido em sua totalidade.

A proposta metodológica do artigo foi baseada na Sistemografia, que permite criar um modelo de solução de uma hipótese e associar soluções de uma dada área de conhecimento para ser empregada como solução em outras áreas do conhecimento. Os autores enfatizam que a Sistemografia permite tornar o processo de pesquisa mais explícito, desta forma, o pesquisador pode adotar uma visão mais focada e limitada ou uma visão ampla e abrangente do problema a ser tratado.

1.14.4 Reengenharia de Processos: Transformando as necessidades do cliente em parâmetros de um sistema (KINTSCHNER & FILHO, 2004)

Segundo Kintschner e Filho (2004) a maioria dos projetos de reorganização de processos falham, isto porque não transformam as necessidades dos clientes em parâmetros de um sistema. Para eles, a Sistemografia é uma técnica da engenharia

de sistemas e foi empregada no desenvolvimento do trabalho que gerou o artigo. A Sistemografia foi empregada de forma a auxiliar os autores a mapear o processo, a fim de retratar a situação atual e descrever a visão futura dos processos de negócios. Ainda segundo os autores, a Sistemografia é uma técnica que deve ser empregada na reengenharia de processos, entre outras ações, porque apresenta simplicidade na modelagem, o que pode ser constatado a partir do seu núcleo central, que utiliza a construção de um fluxograma para o mapeamento e a reorganização de processos.

1.14.5 Uma abordagem sistêmica da Mudança Organizacional gerada na implantação de sistemas integrados de gestão da produção (FONTANA, & NETO, 2006)

Segundo os autores, Fontana e Neto (2006), a implantação de sistemas integrados de gestão da produção tem sido considerada um processo crítico por muitas vezes não gerar os resultados esperados. A partir desta constatação, o artigo trabalhou na análise das principais teorias sobre mudança organizacional. Partindo da premissa que para o desenvolvimento de modelos, é essencial analisar a organização como um sistema complexo adaptativo, pelas dinâmicas geradas em intervenções como a implantação de sistemas de gestão e pela impossibilidade de se prever resultados. O objetivo do trabalho foi analisar modelos de mudança organizacional relatados na literatura e, sob uma abordagem sistêmica, compor uma visão que contemple os elementos principais deste processo.

A metodologia do trabalho foi baseada na Sistemografia, caracterizado como pesquisa exploratória.

1.14.6 Modelagem: abordagem que consideram a complexidade do sistema (LEITE & BORNIA, 2006)

O artigo apresenta algumas alternativas que podem ser empregadas para modelar sistemas considerados complexos em função das interações com os ambientes externos em relação aos fenômenos observados. Os autores Leite e Bornia (2006) abordam o tema sistema complexo como sendo um conjunto de

interações entre indivíduos e o objeto a ser modelado, com o objetivo de compreendê-lo, interpretá-lo e auxiliar na antecipação do comportamento do objeto modelado. Os autores apresentam a citação de Colella et al (2001) que argumentam que as maneiras de se perceber o mundo são profundamente influenciadas pelas ferramentas que estão disponíveis e são utilizadas. Os autores diferenciam os procedimentos utilizados para modelar objetos ou fenômenos na abordagem do paradigma sistêmico e o procedimento utilizado na abordagem do paradigma reducionista. O primeiro utiliza o conceito de sistema, baseado na técnica de Sistemografia de Le Moigne (1977), que trabalha com a ideia de concepção do modelo e a sua representação por meio de signos. Em contra partida, o paradigma reducionista trabalha com a análise do fenômeno sem passar pelas etapas de concepção e compreensão do fenômeno, etapas da Sistemografia que promovem a possibilidade de antecipar o comportamento do fenômeno.

1.14.7 Mapeamento de processos baseado em controle para governança de tecnologia da informação (FILHO, 2007)

O autor Filho (2007) aponta dificuldades na tarefa de escolher, adotar e utilizar modelos que melhor adaptem a realidade das organizações. Para facilitar este processo, o autor propõe o desenvolvimento de um processo de governança de tecnologia da informação utilizando o método de estudos de sistemas, denominado Sistemografia, a fim de atender as determinações da Lei Sarbanes-Oxley. O principal objetivo da Lei Sarbanes-Oxley é proteger de fraudes contábeis e financeiras os investidores do mercado de capital americano em companhias abertas, e instituir penalidades em caso de crimes relacionados, Delloite, 2005, citado por (FILHO, 2007).

A Sistemografia foi empregada na Dissertação com o intuito de sistematizar os processos de gestão de dados. De acordo com o autor, a Sistemografia permite o entendimento dos processos da empresa, auxiliando assim, o processo de análise de processo complexo, e também na descoberta de processos ocultos, que possam estar presentes nas atividades analisadas.

1.15 Análise comparativa dos trabalhos abordados

A pesquisa do estado da arte referente ao tema Abordagem Sistêmica para observação de fenômenos complexos demonstra que a técnica de Sistemografia é reconhecida pela comunidade acadêmica em nível de produção de artigos e dissertação de mestrado. Segundo as produções científicas pesquisadas, a observação de fenômeno através da técnica de Sistemografia contribui de forma satisfatória para o sucesso do trabalho. Portanto, acredita-se que a técnica de Sistemografia contribuirá para o sucesso do trabalho proposto, sobre tudo no que se refere à abordagem sistêmica para observar o fenômeno acerca do retrabalho.

1.16 Considerações

O estudo do estado da arte sobre Sistemas de apoio da Decisão (SAD) e sobre abordagem sistêmica para observação de fenômenos complexos contribuiu no sentido de dar estruturação à metodologia onde as etapas seguem a técnica de Sistemografia.

4. METODOLOGIA

O método empregado na pesquisa foi classificado como exploratório, pois realizou-se um estudo preliminar com a finalidade de melhor adequação da metodologia para mapeamento e aquisição de conhecimento tácito coletivo à realidade que se pretende conhecer Gil (1991), e, desta forma, mapeá-lo para um sistema especialista, tornando-o explícito. A metodologia, segundo Santos (2000), pode ser classificada também como pesquisa-ação, pois o Engenheiro do Conhecimento é também o pesquisador do fenômeno estudado.

1.17 Metodologia para Aquisição do Conhecimento: MACTAC

A partir dos estudos realizados e da aplicação da técnica de sistemografia, a Figura 14 representa a metodologia empregada para promover uma sequência de atividades sistematizadas, a fim de mapear e tornar conhecimento tácito coletivo em explícito em processos produtivos.

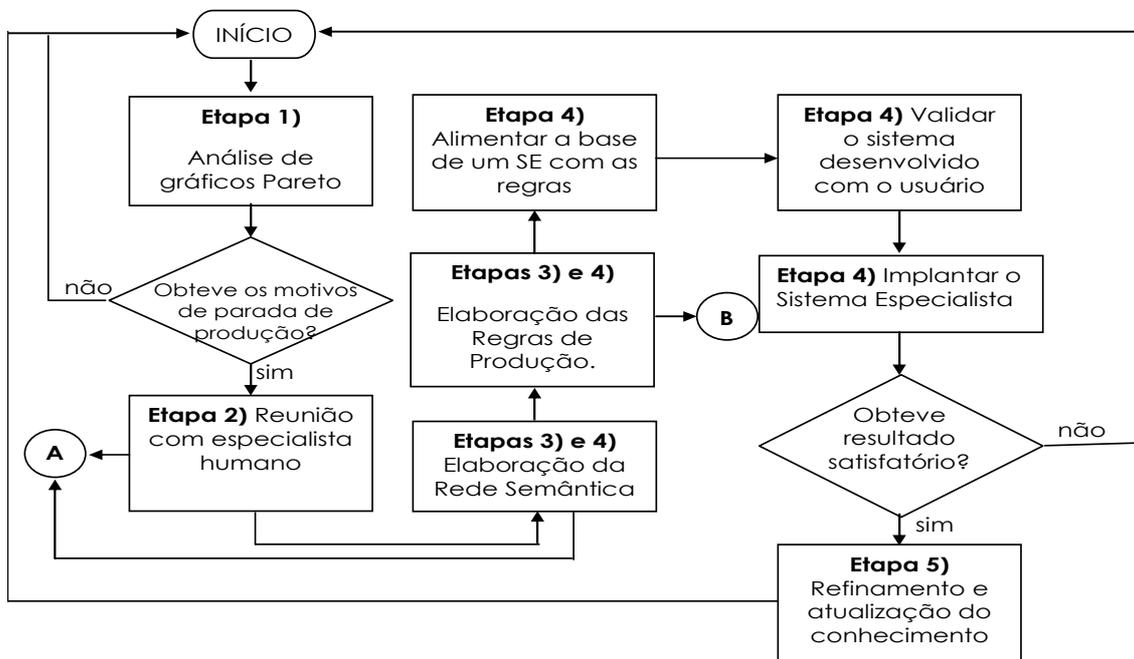


Figura 14: Metodologia para aquisição do conhecimento tácito coletivo

Fonte: Elaborado pelo Autor

Legenda:

A: Utilizar o Diagrama de Ishikawa e *Brainstorming* como ferramentas de apoio para o processo de aquisição de conhecimento.

B: Utilizar a Rede Semântica como técnica de apoio representacional.

1.18 Etapas da Metodologia para Aquisição de Conhecimento Tácito Coletivo

A seguir apresenta-se uma descrição das etapas previstas na Figura 14.

Etapa 1: Identificar o fenômeno

Na etapa 1, o objetivo foi mapear quais tipos de conhecimentos são relevantes para realização da aquisição de conhecimento. Nesta etapa utilizou-se o gráfico de pareto que permite priorizar as ocorrências através de análise da frequência acumulada em percentual da ocorrência do fenômeno, aqui o fenômeno se entende por um defeito que causa parada de produção. O conhecimento necessário para investigação da causa do defeito é considerado então o tipo de conhecimento a ser adquirido para modelagem da base de conhecimento do SE.

Etapa 2: Desenvolver o modelo Geral adequado à realidade e às intenções do observador

Nesta etapa, realizou-se reuniões coletivas e individuais com os envolvidos no processo produtivo. Na primeira reunião coletiva expõe-se o objetivo do estudo e apresentam-se conceitos de Inteligência Artificial (IA), com ênfase na construção da rede semântica e regras de produção, e o papel do especialista humano. Após a primeira reunião, de forma individual, realiza-se o mapeamento das possíveis características que podem contribuir para a causa do defeito. Neste momento, utiliza-se a entrevista não estruturada, a técnica de Brainstorming, a técnica de classificação de fichas para classificar os termos ou conceitos utilizados entre os 6 Ms de processo, e a técnica de análise de protocolo para verificar a existência de similaridade ou padrão de respostas entre as respostas ou colocações dos especialistas humanos.

Etapa 3: Observar a realidade por isomorfismo com base no modelo geral

Através dos dados coletados sistematicamente na etapa 2, a rede semântica foi modelada a fim de representar a forma pela qual o fenômeno, neste caso, a causa do defeito, será diagnosticada, considerando a possível causa do defeito como o nodo raiz; e os 6 Ms do diagrama de Ishikawa, como os arcos dos nodos secundários. Considera-se a rede semântica, neste estudo, como uma forma isomórfica de observação do fenômeno.

Etapa 4: Desenvolver modelos da realidade

A realidade passa a ser representada por modelos que permitem torná-la mais clara para a comunidade envolvida. As regras de produção (conhecimento explícito) devem ser elaboradas a partir da rede semântica. A técnica de focalizar o contexto é utilizada neste momento. As regras de produção devem ser discutidas de forma coletiva com o uso de Brainstorming. Após a elaboração das regras, as mesmas deverão ser alimentadas em uma base de conhecimento de um Sistema Especialista (SE).

Etapa 5: Agir sobre a realidade

O pesquisador agiu sobre a realidade com base no seu modelo, de forma que aproxime-o dos seus objetivos. Nesta etapa, deve-se utilizar o Plano de ação 5W2H para acompanhamento sistemático das ações sobre as causas de defeitos apontadas pelo sistema desenvolvido.

A metodologia da presente Dissertação aplica-se ao processo produtivo da Empresa objeto do estudo referente ao desenvolvimento e aplicação de um Sistema Especialista (SE). Está limitado à aquisição do conhecimento de 8 mecânicos, os quais atuam na empresa na fabricação de embalagem metálicas Aerossol.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, demonstra-se a aplicação da metodologia proposta para aquisição de conhecimento tácito coletivo, abordando desde o mapeamento do tipo de conhecimento a ser adquirido até as ações corretivas aplicadas após a investigação da causa raiz dos defeitos.

1.19 Etapa 1: Identificar o fenômeno - Mapeamento do conhecimento a ser adquirido

A empresa possui 11 linhas de montagem de embalagem metálica, lata 900 ml, Lata 1 Litro retangular, Galão 3,6 Litros, Lata 4 Litros retangular, 18 Litros Quadrada, Balde 20 Litros, Aerossol 200 ml (ABM 52), Aerossol 300 ml (ABM 57), Aerossol 400 ml (VAK 57), Aerossol 450 ml (VAA20) e Aerossol 500 ml (VAA20).

O estudo de campo iniciou a partir da análise do gráfico de índice de retrabalho acumulado entre Agosto de 2009 e Agosto de 2010. Para dar prioridade e foco no mapeamento dos motivos que contribuem para o aumento do indicador de retrabalho, foram gerados dois gráficos de pareto, sendo eles: gráfico por linha de produção, representado pela Figura 15, e gráfico por motivos dos retrabalhos, representado pela Figura 16.

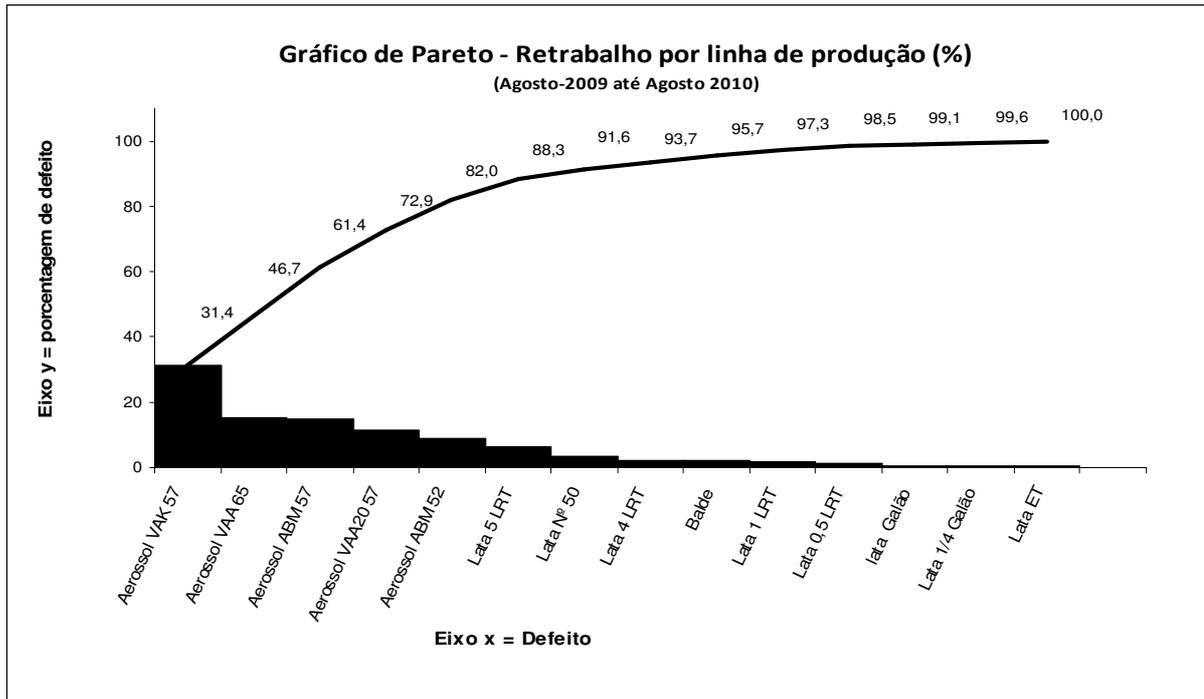


Figura 15: Gráfico de Pareto representando o retrabalho por linha de produção.

Fonte: Elaborado pelo Autor

O gráfico da Figura 15 evidencia que 82% dos retrabalhos estão localizados nas linhas de montagem de lata de Aerosol.

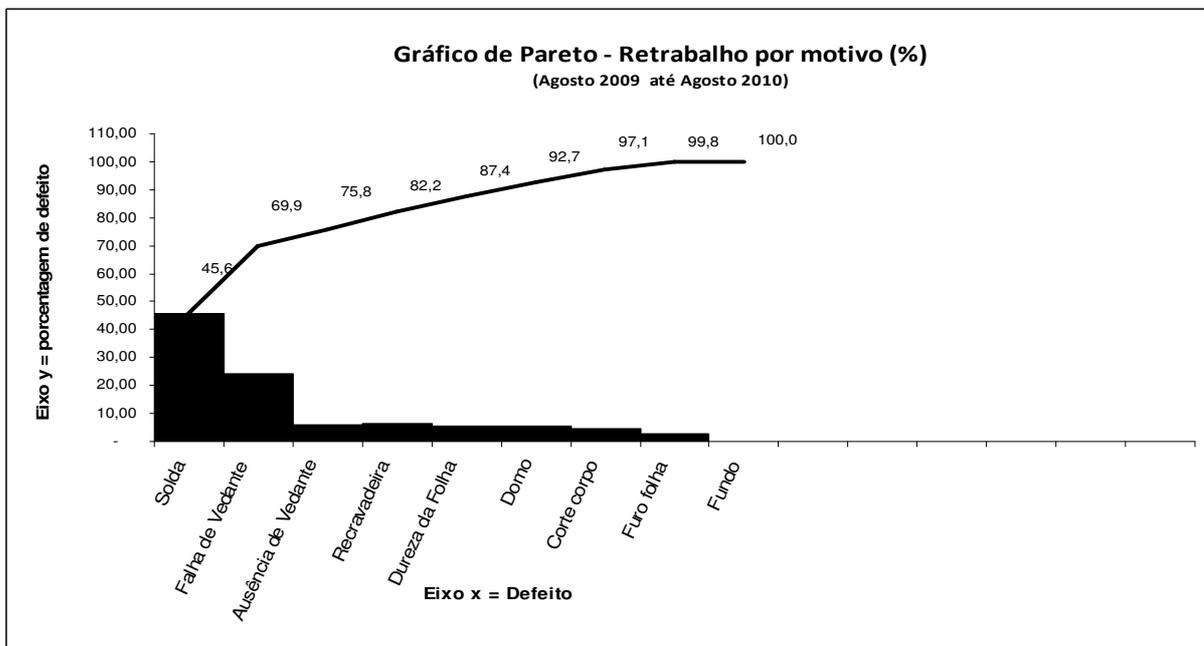


Figura 16: Gráfico de Pareto representando o retrabalho por motivo de parada de linha de produção.

Fonte: Elaborado pelo Autor

O gráfico da Figura 16 evidencia que 75,8% dos retrabalhos nas linhas de montagem de lata de Aerossol são por motivos de vazamento na solda, falha de vedante e ausência de vedante.

Nesta etapa, o conhecimento a ser adquirido se encontra mapeado e incide sobre a causa de defeito que leva à ocorrência de vazamento na embalagem por motivo de problemas na soldagem da embalagem, falha de vedante e ausência de vedante nos componentes da embalagem.

1.20 Etapa 2: Desenvolver o modelo Geral adequado à realidade e às intenções do observador

Foram realizadas reuniões coletivas e individuais com os envolvidos no processo produtivo. Na primeira reunião coletiva foi exposto o objetivo do estudo e apresentado conceitos de Inteligência Artificial (IA), com ênfase na construção da rede semântica e regras de produção e o papel do especialista humano.

Após a primeira reunião, de forma individual, foi realizado o mapeamento das características que poderiam contribuir para a causa do defeito de falha de vedante. Neste momento, ocorreram divergências entre os entrevistados. As divergências foram esclarecidas em reuniões coletivas até que foi estabelecido um padrão entre as características.

Durante as reuniões coletivas foi aplicada a técnica de *Brainstorming*. Após a primeira reunião, de forma individual, realizou-se o mapeamento das possíveis características que poderiam contribuir para a causa do defeito. Neste momento, utilizou-se a entrevista não estruturada, a técnica de *Brainstorming*, a técnica de classificação de fichas para classificar os termos ou conceitos utilizados entre os 6 Ms de processo, e a técnica de análise de protocolo para verificar a existência de similaridade ou padrão de respostas entre as respostas ou colocações dos especialistas humanos.

Foram elaborados dois quadros de atributos (defeito), valores (possíveis causas), conforme apresentado no anexo 1 para defeitos na Soldagem da embalagem e anexo 2 para defeitos na aplicação do vedante nos componentes Domo e Fundo da embalagem.

O anexo 1 representa a operação de soldagem da embalagem. Foi elaborado seguindo a nomenclatura utilizada na modelagem de Sistemas Especialistas, como Atributo e Valores, onde o Atributo, para o presente trabalho, é considerado como Defeito, e os Valores são as possíveis causas dos Defeitos. Os defeitos foram alocados conforme o diagrama de Ishikawa proposto pela metodologia. O anexo 2 foi elaborado da mesma forma, porém para outro domínio, a operação de aplicação de vedante.

Os quadros dos anexos 1 e 2 foram elaborados com a mesma metodologia, baseado nos 6 M's do diagrama de Ishikawa. Constata-se que em ambos os Quadros a característica "método" é a que mais atributos possui, mesmo sendo de processos distintos.

1.21 Etapa 3: Observar a realidade por isomorfismo com base no modelo geral

Com base nos valores já classificados conforme o diagrama de Ishikawa, elaborou-se as redes semânticas (ANEXO 3 e 4), representando respectivamente a visão sistêmica de representar o fenômeno referente à possíveis causa de defeito na soldagem da embalagem e falha e/ou ausência de vedante.

A rede semântica do ANEXO 3 está estruturada de forma a representar o processo de soldagem da embalagem com vistas aos 6 Ms que envolvem um processo produtivo. São: Método, Medida, Meio Ambiente, Matéria Prima, Mão de Obra e Máquina. O objetivo da rede semântica é representar o conhecimento de forma sistêmica para melhor auxílio na elaboração das regras de produção. A rede semântica do ANEXO 4 está estruturada da mesma forma, porém com outro domínio (falha e/ou ausência de vedante).

1.22 Etapa 4: Desenvolver modelos da realidade

Tendo como base a rede semântica representadas pelos ANEXOS 3 e 4, foram elaboradas as regras de produção (conhecimento explícito). Durante a elaboração das regras de produção foram realizadas entrevistas individuais e coletivas. As técnicas de focalizar o contexto e análise de protocolo foram utilizadas

nesta etapa. Após a elaboração das regras, as mesmas foram colocadas em duas bases de conhecimento, do *Expert Sinta* e do NETICA. Para investigação da causa ou das causas de falha de vedante foram criadas 84 regras de produção para a operação de Soldagem da embalagem e 65 regras de produção para o processo de aplicação de vedante. A seguir, apresentam-se alguns exemplos de regras elaboradas para os processos de soldagem e para aplicação de vedante. Nos ANEXOS 5 e 6 apresentam-se todas as regras de produção respectivamente.

1.22.1 Exemplos de regras de produção para causas de vazamento na solda da embalagem

REGRA 1

SE Dureza da folha = Entre 59 e 63 HR T4 Laminação invertida

E Corrente elétrica de soldagem > 21

E Estanhagem da Folha = Maior que 2,35 g/m²

E Espessura da Folha = Entre 0,17 e 0,21 mm

E Transpasse de Solda = Entre 0,40 e 0,50 mm

E Pressão de Mola <= 46.2

ENTÃO CAUSA(S) DO(S) DEFEITO(S) = Corrente elétrica alta CNF 90%

REGRA 5

SE Corrente elétrica de soldagem >= 19

E Dureza da folha = Entre 59 e 63 HR T4 Laminação invertida

E Espessura da Folha = Entre 0,17 e 0,21 mm

E Pressão de Mola > 46.2

ENTÃO CAUSA(S) DO(S) DEFEITO(S) = Pressão de mola do disco de solda CNF 60%

REGRA 20

Largura do fio de cobre depois do perfilador = Menor que 1,85 mm

E Pressão do esticador do fio de cobre = Menor que 2,0 bar

E Tensão do fio de cobre entre as marcas + e - da escala = não

E Rolamento das roldanas internas do braço de solda com circulação suave = sim

E Rolamento da roldana superior do perfilador com circulação suave = sim

ENTÃO CAUSA(S) DO(S) DEFEITO(S) = Regulagem da tensão do fio de cobre CNF 60%

1.22.2 Exemplos de regras de produção para causas de falha de vedante ou ausência de vedante

REGRA 1

SE Índice de Capabilidade CP = Menor que 1,00

E Última manutenção mecânica = acima de 35 milhões de peças produzidas

E Excesso de tripidação do eixo do prato = sim

ENTÃO CAUSA RAIZ DE DEFEITO = falta de manutenção na Borracheira CNF 90%

REGRA 4

SE Variação de ar comprimido no sistema = Abaixo de 1,0 bar

E Resíduo de vedante acumulado no interior da bomba = não

E Resíduo de vedante acumulado no regulador do fluxo do vedante = não

E Pressão do ar comprimido entrada da bomba de vedante = Entre 1,5 e 2,5 bar

E Pressão de saída da bomba do vedante = Abaixo de 3,0 bar

E Desgaste na esfera do regulador de fluxo de vedante, = não

E Desgaste no alojamento da esfera do regulador de fluxo de vedante = não

E Oscilação apresentado no manômetro da bomba de vedante = Menor que 3 PSI

ENTÃO CAUSA RAIZ DE DEFEITO = regulagem da bomba do vedante CNF 80%

REGRA 7

SE Sistema de bucha e rolamento estão obstruído por resíduo de vedante = não

E temperatura da bucha da polia do eixo do prato = Igual ou abaixo de 45°C

E Correia do motor danificada = não

E Polia do motor com desgaste = não

E Rotação do prato (aceleração centrípeta) = Menor que 60 Hz

ENTÃO CAUSA RAIZ DE DEFEITO = regulagem da frequência no painel de comando CNF 90%

1.23 Etapa 5: Agir sobre a realidade

Neste etapa, deve-se utilizar o Plano de ação 5W2H para acompanhamento sistemático das ações sobre as causas de defeitos apontadas pelo Sistema desenvolvido. A seguir os Quadros 11 e 12 apresentam alguns exemplos de ações que poderão ser atribuídas para cada “M” da metodologia empregada.

Quadro 11: Exemplo de Plano de Ação para Solda

PLANO DE AÇÃO – 5W2H													
Why (porque)	What (O que)	How (como)	Where (onde)	Who (quem)	How Much (\$)	When (quando)							
						J	F	M	A	M	J	A	S
Método inadequado	Centralização do perfilador > 0,02mm	Retificar os rolos perfilador	M. Solda	Agente 1	R\$534								
Medida inadequada	Rebarba do corpo > 15%	Afiar as navalhas	Tesoura	Agente 2	R\$0,00								
Meio Ambiente inadequado	Isolamento térmico inadequado	Rever tipo de material para isolamento térmico	M. Solda	Agente 3	R\$ 1102								
Matéria Prima inadequada	Estanho < 2,35 g/m ²	RNC para CSN	Receb	Agente 4	R\$ 0,00								
Mão de Obra inadequada	Não foi auditada	Programar auditoria int.	Qualidade	Agente 5	0,00								
Máquina inadequada	Disco de Solda, canal	Retificar canal a cada 3 milhões prod.	M. Solda	Agente 1	R\$534								

Fonte: Elaborado pelo Autor

Quadro 12: Exemplo de Plano de Ação para Aplicação de Vedante

PLANO DE AÇÃO – 5W2H													
Why (porque)	What (O que)	How (como)	Where (onde)	Who (quem)	How Much (\$)	When (quando)							
						J	F	M	A	M	J	A	S
Método inadequado	Frequência < 60 Hz	Criar limitador de frequência	Painel controle	Agente 1	R\$ 0,00								
Medida inadequado	Ø bico < 0,5 mm	RNC fermatec	Ferramentaria	Agente 4	R\$0,00								
Meio Ambiente inadequado	Temperatura ambiente > 40°C	Isolamento no estoque	Estoque	Agente 1	R\$ 5.000								
Matéria Prima inadequada	Viscosidade > 2.850 Cp	RNC Altana	Qualidade	Agente 4	R\$ 0,00								
Mão de Obra inadequada	Não auditada	Programar Auditoria	Qualidade	Agente 5	R\$ 0,00								
Máquina inadequada	Polia descastada	Troca de polia e rever tempo da preventiva	Manutenção	Agente 1	R\$ 200								

Fonte: Elaborado pelo Autor.

1.24 Tempo para aquisição do conhecimento

Conforme foi abordado na fundamentação teórica da seção 2.7 do capítulo 2, um dos gargalos do processo de aquisição de conhecimento é o tempo de aquisição. Tal tempo deve ser compatível à dinâmica do processo que se pretende melhorar. A seguir, apresenta-se um Quadro com os tempos em horas dispensados em cada etapa da metodologia, ver Quadro 13.

Quadro 13: Tempo para aquisição de conhecimento durante as entrevistas individuais com os especialistas humanos

MECÂNICO	TEMPO EMPRESA (anos)	Mapear os valores (possíveis causas) (horas)	Elaborar a Rede Semântica (horas)	Elaborar as regras de produção (horas)	TOTAL (horas)
AM	20	2h50min	1h25min	4h40min	8h55min
BM	12	3h10min	2h15min	3h10min	8h35min
CM	12	2h30min	1h20min	3h47min	7h37min
DM	10	1h50min	1h40min	2h20min	5h50min
total		10h20min	6h40min	13h57min	30h57min
AP	12	3h20min	1h40min	3h32min	8h32min
BP	12	1h36min	00h50min	2h20min	4h46min
CP	10	2h25min	1h10min	2h45min	6h20min
EP	20	2h40min	1h25min	2h00min	6h05min
total		10h01min	5h05min	10h37min	25h43min

M = Mecânico da montagem

P = Mecânico da prensa

A, B, C, D = diferentes mecânicos

Os trabalhos para aquisição do conhecimento tácito coletivo iniciaram em Agosto de 2010 com sua finalização em Junho de 2011, totalizando 10 meses. Neste período, foram precisas 30h57min para aquisição de conhecimento referente ao processo de soldagem da embalagem e 25h43min para aquisição de conhecimento referente ao processo de aplicação de vedante, totalizando 56h39min de entrevistas. Considera-se um tempo relativamente adequado às condições que envolvem um processo de eliciação de conhecimento, visto que tal processo passa por algumas etapas de dificuldades, como disponibilidade do engenheiro do conhecimento e do especialista humano, amadurecimento por parte dos dois agentes neste processo, entre outros. Na literatura consultada não foi encontrado valor de tempo de eliciação de conhecimento para fins de análise comparativa.

1.25 Aceitabilidade do Sistema

Para medir a aceitabilidade por parte do público alvo (Mecânicos de Produção e Inspetores de Qualidade) foi elaborado um questionário para aplicação após o uso do sistema *Expert Sinta* em forma de treinamento, logo após as primeiras horas de eliciação do conhecimento dos especialistas humanos em outubro/2010. O modelo de questionário desenvolvido encontra-se no ANEXO 7. O questionário de aceitabilidade foi aplicado apenas na utilização do aplicativo *Expert Sinta*, pois o

Software NETICA foi usado em nível organizacional tático, por engenheiros do processo produtivo.

O Quadro 14 apresenta os resultados apontados em forma percentual após aplicação do questionário com 16 funcionários da Empresa em estudo, 8 mecânicos e 8 Inspectores de Qualidade.

Quadro 14: Resultado da pesquisa de aceitabilidade do SE.

Perguntas:	OPÇÕES DE RESPOSTAS, RESULTADOS EM (%)			
	SIM	NÃO	ACREDITO QUE SIM	ACREDITO QUE NÃO
1. O programa poderá ajudá-lo (a) na investigação das causas de defeito?	87,5	0	12,5	0
2. Você encontrou alguma dificuldade na utilização do Programa?	SIM	NÃO	POUCA DIFICULDADE	MUITA DIFICULDADE
	0	93,75	6,75	0
3. O programa abordou todas as possíveis causas de defeitos que possam ocorrer no processo?	43,75	18,75	25	12,5
4. O programa é de fácil manuseio?	81,25	0	18,75	0
5. Você confia na informação final (conclusão da causa do defeito) dada pelo programa?	68,75	0	31,25	0
6. Com o programa, você poderá atuar no processo com mais rapidez?	75	0	25	0
7. O programa dará um suporte técnico para você tomar decisão quando estiver em dúvida?	81,12	6,25	12,5	0
8. Você acha o programa confiável?	56,25	0	31,25	0
9. O programa contribui com informações novas?	93,75	0	6,25	0
10. Você recomendaria o uso do programa para outra situação no processo?	93,75	0	6,25	0

O resultado geral da pesquisa foi positivo, visto que nos valores apresentados no Quadro 16, as respostas positivas tiveram uma média de 77,48%; as respostas, *Acredito que sim*, tiveram uma média de 17,55%, que somadas a média anterior representam 95,03% de aceitabilidade pelo público alvo. Observa-se também que houve um aspecto negativo na questão 3: “O programa abordou todas as possíveis causas de defeitos que possam ocorrer no processo?”, somando as alternativas Não e Acredito que não com um percentual de 31,25%. Naquele momento, em Outubro/2010 percebeu-se que havia muito o quê elicitado sobre os conhecimentos dos Especialistas Humanos, o que refletiu em motivação para continuação do trabalho de Dissertação. Em geral, o Sistema teve uma ótima aceitação pelo público alvo.

A questão 10 complementa a percepção que o SE testado com a utilização do *Expert Sinta* foi aceito pelo público alvo, visto que 93,75% do público alvo não encontraram dificuldades na utilização do aplicativo.

Durante o teste do programa com o público alvo foram feitas algumas observações. Segue síntese dos relatos:

- Apontada a necessidade de alimentar o sistema com informações adicionais além das já mapeadas pelos especialistas humanos.
- Observou-se que algumas informações fornecidas pelo Sistema estavam obsoletas para aplicação em algumas máquinas, visto que tais máquinas estavam com equipamentos com tecnologia diferente.
- O programa pode ser usado como ferramenta de treinamento para novos funcionários.
- O programa pode promover maior integração entre departamentos, pois de certa forma induz o usuário a buscar informação para responder adequadamente às perguntas solicitadas pelo Sistema Especialista.
- É possível trabalhar de forma mais padronizada, pois as informações serão disponibilizadas a todos.

1.26 Validação dos Sistemas Especialistas

A validação dos sistemas foi realizada de duas formas. A primeira foi analisar através do Sistema Especialista modelado no *Expert Sinta* em 5 máquinas de aplicar vedante e em 4 máquinas de solda. O objetivo foi comparar as causas apontadas pelo sistema com a ocorrência de problemas no processo produtivo, ou seja, teoricamente o processo que apresenta muitas possíveis causas de defeito também deve ser o processo com maior ocorrência de paradas de produção para retrabalho. A idéia principal foi verificar se o sistema reflete a situação do processo na prática.

A segunda validação foi realizada para verificar se a modelagem realizada no *software* NETICA corresponde à modelagem realizada na base de conhecimento do *Expert Sinta*. Os resultados finais após respostas do usuário devem ser similares, ao passo que as regras modeladas foram as mesmas para ambos os sistemas.

A aplicação do Sistema foi realizada com o mecânico e inspetor de qualidade que estavam no processo no momento da investigação da possível causa de defeito.

1.26.1 Resultado da validação do *Expert Sinta*

Apresenta-se no Quadro 15 os resultados da simulação realizada no processo de aplicação de vedante.

Quadro 15: Resultados da aplicação do sistema especialista no processo de aplicação de vedante

PROCESSO AVALIADO	POSSÍVEIS CAUSAS APONTADAS
Fundo 57	<ul style="list-style-type: none"> • Regulagem da frequência no painel de comando • Regulagem da abertura da agulha
Domo 57 Máquina BR-073	<ul style="list-style-type: none"> • Regulagem da abertura da agulha • Pressão da agulha • Resíduo de vedante na bomba • Resíduo de vedante no regulador de fluxo do vedante • Regulagem da bomba do vedante • Mão de obra • Mal regulada pelo mecânico/operador
Domo 57 Máquina BR-078	<ul style="list-style-type: none"> • Regulagem da abertura da agulha • Regulagem da bomba do vedante • Pressão da agulha • Resíduo de vedante no regulador de fluxo do vedante • Resíduo de vedante na bomba
Domo 57 Máquina BR-077	<ul style="list-style-type: none"> • Mal regulada pelo mecânico/operador • Regulagem da abertura da agulha • Regulagem da bomba do vedante
Domo 57 Máquina BR-074	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de sincronismo geral do sistema • Regulagem da frequência no painel de comando • Regulagem da abertura da agulha • Tempo de aplicação de vedante • Regulagem da bomba do vedante

Fonte: Elaborado pelo Autor

A partir do Quadro 15, foi possível consolidar os dados incluindo os percentuais divididos por máquina referente ao retrabalho entre os períodos de Maio até Agosto 2011. O Quadro 16 apresenta a comparação entre o número de possíveis causas apontadas pelo SE e o percentual de retrabalho por máquina.

Quadro 16: Resultados consolidados da aplicação do sistema especialista no processo de aplicação de vedante versus Percentagem de retrabalho por máquina.

PROCESSO AVALIADO	Nº de POSSÍVEIS CAUSAS APONTADAS	PERCENTUAL DE RETRABALHO POR MÁQUINA (Maio até agosto 2011)	
		Nº de Retrabalho	Porcentagem
Fundo 57	2	0	0%
Domo 57 Máquina BR-073	7	22	30,8%
Domo 57 Máquina BR-078	5	11	22,83%
Domo 57 Máquina BR-077	3	2	8%
Domo 57 Máquina BR-074	5	13	26,43%

FONTE: Elaborado pelo Autor

Ao comparar os resultados de defeitos apontados SE apresentados no Quadro 16, observa-se que de forma geral a máquina que apresentou maior percentagem de retrabalho, também foi a máquina que o SE apontou maior número de possíveis causas de defeito na aplicação de vedante. Estes resultados validam o sistema especialista, pois os resultados do Sistema Especialista acompanharam a situação do processo.

Quanto à análise das regras; as regras 46 e 47 foram apontadas em todos os processos, o que pode indicar que as informações adquirida do especialista humano referente à abertura da agulha podem estar equivocados ou obsoletas, ou indica que tal atributo seja uma expectativa dos especialistas humanos em relação ao atributo.

A seguir, apresentam-se no Quadro 17 os resultados da simulação realizada no processo de soldagem da embalagem.

Quadro 17: Resultados da aplicação do sistema especialista no processo de soldagem da embalagem

PROCESSO AVALIADO	POSSÍVEIS CAUSAS APONTADAS
VAA20 65	<ul style="list-style-type: none"> Regulagem da tensão do fio de cobre Regulagem do Perfilador
VAA20 57	<ul style="list-style-type: none"> Desgastes na Régua Z ou recebida fora da especificação
VAK 57	<ul style="list-style-type: none"> Regulagem do perfilador Regulagem da tensão do fio de cobre
ABM 57	<ul style="list-style-type: none"> Corrente elétrica

Fonte: Elaborado pelo Autor

A partir do Quadro 17, foi possível consolidar os dados incluindo os percentuais divididos por máquina referente ao retrabalho entre os períodos de Maio até Agosto 2011. O Quadro 18 apresenta a comparação entre o número de possíveis causas apontadas pelo SE e o percentual de retrabalho por máquina.

Quadro 18: Resultados consolidados da aplicação do sistema especialista no processo de soldagem da embalagem versus Percentagem de retrabalho por máquina.

PROCESSO AVALIADO	Nº de POSSÍVEIS CAUSAS APONTADAS	PERCENTUAL DE RETRABALHO POR MÁQUINA (Maio até agosto 2011)	
		Nº de Retrabalho	Percentagem
VAA20 65	2	35%	35%
VAA20 57	1	23%	23%
VAK 57	2	34%	34%
ABM 57	1	8%	8%

FONTE: Elaborado pelo Autor

Ao comparar os resultados de defeitos apontados pelo SE, apresentados no Quadro 18, observa-se que de forma geral a máquina que apresentou maior percentagem de retrabalho também foi a máquina que o SE apontou com maior número de possíveis causas de defeito na aplicação de vedante. Estes resultados

validam o sistema especialista, pois os resultados do Sistema Especialista acompanharam a situação do processo.

Quanto à análise das regras, os processos avaliados VAA 20 65 e VAK 57 apresentaram as mesmas possíveis causas, bem como valores de retrabalhos bem próximos.

1.26.2 Modelagem do NETICA

A seguir, apresenta-se a forma que o NETICA foi modelado a partir das regras de produção modeladas no *Expert Sinta*. A Figura 17 representa a modelagem realizada no *Expert Sinta* e as Figuras 18, 19, 20 e 21 representam a modelagem realizada no NETICA. A título de comparação, a regra nº 3 foi escolhida como exemplo.

REGRA 3 MODELADA NO EXPERT SINTA

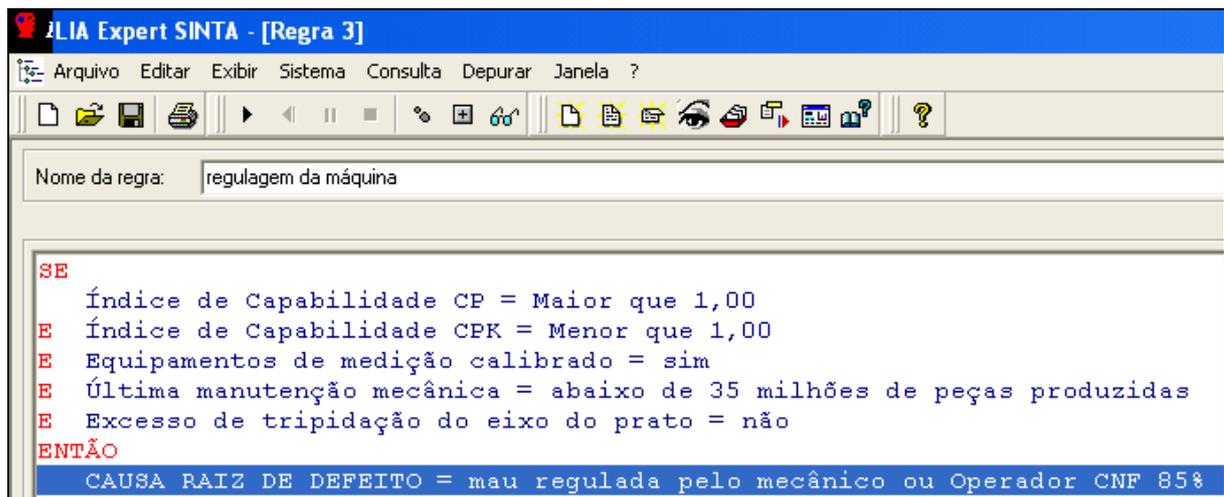


Figura 17: Regra 3 modelada no EXPERT SINTA

Fonte: Elaborada pelo Autor

capabilidade_CP	capabilidade_CPK	equip_medicao_calibrado	Bom = até 20 milhões pçs prod...	excesso_tripidacao	sim	nao
Maior	Menor	sim	bom	nao	85	15

Figura 20: “Combinação matriz” da regra de produção modelada no NETICA

Fonte: Elaborado pelo Autor

A partir da “combinação “matriz”³ da regra, com fator de Confiança⁴ de 85%, estabeleceu-se outras probabilidades *a priori*, conforme equação 1.2 a seguir. A Figura 21 representa a probabilidade *a priori* modelada após aplicação da equação 1.2.

Probabilidade a priori = $\frac{\text{N}^\circ \text{ de resultados favoráveis}}{\text{N}^\circ \text{ total de resultados possíveis}}$ X fator de confiança

equação 1.2

$$\text{Probabilidade a priori} = (4/5) \times 0,85 = 0,68$$

capabilidade_CP	capabilidade_CPK	equip_medicao_calibrado	Bom = até 20 milhões pçs prod...	excesso_tripidacao	sim	nao
Menor	Menor	sim	bom	nao	68	32

Figura 21: Probabilidade *a priori* modelada após aplicação da equação 1.2.

Fonte: Elaborado pelo Autor

A Figura 21 representa um exemplo de cálculo da probabilidade *a priori* estabelecida a partir do fator de confiança da regra de produção e aplicação da equação 1.2. Quando uma das hipóteses da construção da regra de produção “matriz” estiver variando, neste caso, o índice de capacidade⁵, alterado de menor para maior, o fator de confiança passou de 85% para 68%. A partir disso, o *software* calculará a probabilidade da causa do defeito ser maior ou menor em função do condicionamento dos outros nodos.

³ Combinação matriz refere-se a condição da regra de produção original modelada no Expert Sinta.

⁴ Fator de Confiança é o quanto os especialistas humanos acreditam na veracidade da causa do defeito.

⁵ Índice de Capacidade CP indica a variabilidade do processo, e o CPK indica o deslocamento do processo (KUME 1993).

1.26.3 Validação do NETICA

A seguir a Figura 22 apresenta as respostas dadas pelo usuário do Sistema Especialista Expert Sinta para análise do processo de aplicação de vedante, e logo depois as mesmas respostas foram manipuladas no NETICA, a fim de comparar os resultados dos dois sistemas.

The figure displays four sequential screenshots of a diagnostic software interface. Each screenshot shows a question, a list of options with checkboxes, a 'Grau de Confiança %' (Confidence Level) field, and 'OK' and 'Por que?' (Why?) buttons.

Screenshot 1: Question: "Qual é o índice CP atual no CEP?" (What is the current CP index in the CEP?). Options: "Maior que 1,00" (Greater than 1.00), "Menor que 1,00" (Less than 1.00). Confidence level: 100%.

Screenshot 2: Question: "O operador foi auditado no procedimento I.82.029?" (Was the operator audited in procedure I.82.029?). Options: "sim" (yes), "não" (no). Confidence level: 100%.

Screenshot 3: Question: "Qual é a variação do ar comprimido do sistema?" (What is the variation of compressed air in the system?). Options: "Acima de 1,0 bar" (Above 1.0 bar), "Abaixo de 1,0 bar" (Below 1.0 bar). Confidence level: 100%.

Screenshot 4: Question: "Existe resíduo de vedante no interior da bomba?" (Is there sealant residue inside the pump?). Options: "sim" (yes), "não" (no). Confidence level: 70%.

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Qual é a interferência entre o oring do embolo e o cilindro (camisa) da pistola? caso não saiba, procure o Jeferson da Ferramentaria
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Grau de Confiança %:

menor que 0,10 mm

maior que 0,20 mm

Entre 0,10 e 0,20 mm **80**

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Qual é a pressão do ar comprimido da agulha?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Grau de Confiança %:

Maior que 3,5 bar

Menor que 3,0 bar **100**

Entre 3 e 3,5 bar

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

O sistema de bucha e rolamento estão obstruído por resíduo de vedante?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Grau de Confiança %:

sim

não **100**

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Qual é a temperatura do mancal do rolamento?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Grau de Confiança %:

Acima de 35°C

Igual ou abaixo de 35°C **100**

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

A correia do motor está danificada?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Grau de Confiança %:

sim **50**

não

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Qual é a rotação do prato (em Hz)?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Menor que 60 Hz 100

Maior que 80 Hz []

Entre 60 e 80 Hz []

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Qual é a pressão do ar comprimido do separador de componentes?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Maior que 2,5 bar []

Menor que 2,0 bar []

Entre 2 e 2,5 bar 100

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Qual é o valor da abertura da agulha do aplicador de vedante?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Entre 1,5 e 3,0 voltas []

Maior que 3,0 voltas []

Menor que 1,5 voltas 100

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Qual é o tempo de aplicação de vedante regulado na borracheira?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Menor que 0,08 seg. []

Maior que 0,14 seg. 100

Entre 0,08 e 0,14 seg. []

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Qual é a viscosidade do vedante? caso não saiba procure a Fabiana ou Jaqueline da Qualidade
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Abaixo de 2150 cP []

Acima de 2850 cP []

Entre 2150 e 2850 cP 100

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Qual é a densidade do vedante? caso não saiba procure a Fabiana ou Jaqueline da Qualidade
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Acima de 1,2 g/ml []

Abaixo de 1,2 g/ml []

Igual a 1,2 g/ml 100

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Qual é o sólidos do vedante? caso não saiba procure a Fabiana ou Jaqueline da Qualidade
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Menor que 50% []

Maior que 54% []

Entre 50 e 54% 100

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Qual é a temperatura ambiente no estoque de vedante? caso não saiba procure a Fabiana ou Jaqueline da Qualidade
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Abaixo de 5°C []

Acima de 40°C []

Entre 5 e 40 °C 100

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Qual foi o tempo de agitação do vedante?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Entre 15 e 20 min. 80

Menor que 15 mn. []

Maior que 20 min. []

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Qual é a rotação da haste de agitação de vedante? caso não saiba procure a Fabiana
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Maior que 187 RPM []

Menor que 187 RPM []

Igual a 187 RPM 100 []

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

O operador foi treinado no procedimento I.82.029?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

sim 100 []

não []

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Existem conflitos de informações durante o rodizio ou troca de turno?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

sim []

não 100 []

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Qual foi a quantidade de parafina no lubrificante? caso não saiba procure a Fabiana ou Jaqueline da Qualidade
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Maior que 1,250 kg a cada 200 litros de hexano []

Menor que 1,250 kg a cada 200 litros de hexano []

Igual a 1,250 kg a cada 200 litros de hexano 100 []

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

O rolo aplicador de hexano foi limpo?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

sim 100 []

não []

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante.

O rolo aplicador de parafina está aplicando uniformemente?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: sim não

Grau de Confiança %: 100

OK Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante.

Quanto tempo após a última troca de manta do rolo aplicador de hexano com parafina?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Maior que 3 meses Menor que 3 meses

Grau de Confiança %: 100

OK Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante.

O sensor de presença acusa metal ou componente?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: sim não

Grau de Confiança %: 100

OK Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante.

O sensor da pistola acusa metal ou componente?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: sim não

Grau de Confiança %: 100

OK Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante.

O filtro de vedante foi limpo no início do turno?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: sim não

Grau de Confiança %: 100

OK Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Qual é o diâmetro interno do bico da aplicadora de vedante?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Grau de Confiança %:

Maior que 0,8 mm []

Menor que 0,5 mm []

Entre 0,5 e 0,8 mm 70

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Existe desgaste no bico da pistola?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Grau de Confiança %:

sim []

não 70

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Existe resíduo de vedante acumulado no regulador do fluxo do vedante?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Grau de Confiança %:

sim []

não 70

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Existe desgaste na esfera do regulador de vedante?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Grau de Confiança %:

sim []

não 70

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante. ✖

Qual é o índice CPK atual no CEP?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Grau de Confiança %:

Maior que 1,33 []

Menor que 1,33 100

OK

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante.

O equipamento de medição está calibrado?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: sim não

Grau de Confiança %: 100

OK Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante.

Quantas peças foram produzidas após a última manutenção geral da borracheira? caso não saiba, procure a equipe de manutenção
(Marque somente uma alternativa)

Opção: acima de 35 milhões de peças produzidas abaixo de 35 milhões de peças produzidas

Grau de Confiança %: 100

OK Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante.

Constatado excesso de tripidação no eixo do prato?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: sim não

Grau de Confiança %: 100

OK Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante.

Qual é a pressão do ar comprimido na entrada da bomba de vedante?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Entre 1,5 e 2,5 bar Abaixo de 1,5 bar Acima de 2,5 bar

Grau de Confiança %: 100

OK Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante.

Qual é a pressão de saída da bomba de vedante?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Abaixo de 3,0 bar Acima de 3,0 bar

Grau de Confiança %: 100

OK Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante.

Qual é a oscilação apresentada no manômetro da bomba de vedante?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Maior que 3 PSI

Menor que 3 PSI

100

OK Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para falha/ausência/excesso de vedante.

Existe desgaste no alojamento da esfera do regulador de fluxo de vedante?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

sim

não

70

OK Por que?

Figura 22: Respostas dadas pelo usuário do Sistema Especialista no *Expert Sinta*

.Fonte: Elaborado pelo Autor

Após a aplicação de todas as perguntas, o motor de inferência do Sistema apresenta o resultado referente às possíveis causas de defeito. Os resultados são apresentados na Figura 22.

Resultados

CAUSA RAIZ DE DEFETO

Valor	CNF [%]
regulagem da frequência no painel de comando	90
regulagem da abertura da agulha	90
tempo de aplicação de vedante	90
mau regulada pelo mecânico ou Operador	85
regulagem da bomba do vedante	19,208

Fechar Ajuda

Resultados / Histórico / Todos os valores / O sistema /

Figura 23: Resultado da aplicação das perguntas no Expert Sinta para aplicação de vedante.

Fonte: Elaborada pelo Autor.

A Figura 23 apresenta 5 possíveis causas de defeito no processo de aplicação de vedante aplicada no Expert Sinta. O ANEXO 6 apresenta os resultados apresentados pelo NETICA a partir das mesmas respostas dadas pelo

usuário do Sistema Especialista realizada no Expert Sinta para análise do processo de aplicação de vedante.

Ao modelar as regras de produção no *Software* NETICA, bem como manipular as mesmas respostas dadas pelo usuário ao aplicá-la no *Expert Sinta*, obteve-se as probabilidades de ocorrência das causas de defeito. As probabilidades estão relacionadas no Quadro 19.

O Quadro 19 apresenta a comparação dos resultados apresentados no *Expert Sinta* e no NETICA, após inclusão das mesmas respostas em ambos os Sistemas referentes ao processo de aplicação de vedante e uma dada máquina.

Quadro 19: Comparação dos resultados apresentados no *Expert Sinta* (CNF = Fator de Confiança) e no NETICA (probabilidade)

POSSÍVEIS CAUSAS APONTADAS	RESULTADOS	
	SINTA CNF(%)	NETICA PROBABILIDADE
Regulagem da frequência no painel de comando	90	72,4
Regulagem da abertura da agulha	90	74
Tempo de aplicação de vedante	90	-
Mal regulada pelo mecânico ou Operador	85	51
Regulagem da bomba do vedante	19	29,7
Metodologia de Medição	-	81
Fatal de sincronismo	-	69,6
Regulagem da Pressão da Agulha	-	63,3
Excesso de Vazão	-	48,8
Vazão insuficiente	-	35,7
Aplicador de parafina	-	24
Mão de Obra (Ajudantes ou Operadores)	-	21,6
Homogeneização do vedante	-	18
Problemas com vedante	-	5,28
Falta de Manutenção	-	2,17
Repelência de vedante	-	1

Fonte: Elaborado pelo Autor

O *software* NETICA utiliza probabilidade condicional para análise do processo. Desta forma, com o uso do NETICA é possível investigar o processo de forma mais ampla, bem como complementar o uso do *Expert Sinta*. A comparação realizada no Quadro 19 apresenta 5 possíveis causas de defeito quanto utilizado o *Expert Sinta* e 17 possíveis causas de defeitos quanto utilizado o NETICA com sua

respectiva probabilidade de ocorrência. Assim o NETICA disponibiliza ao usuário uma gama maior de possibilidade de ocorrências, ampliando a visão do usuário para tomada de decisão com maior segurança.

A seguir a Figura 23 apresenta as respostas dadas pelo usuário do Sistema Especialista *Expert Sinta* para análise do processo de soldagem da embalagem, e logo depois as mesmas respostas foram manipuladas no NETICA, a fim de comparar os resultados dos dois sistemas.

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Qual é a Dureza da Folha?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

<input type="checkbox"/> Menor que 58 HR	[] []
<input type="checkbox"/> Maior que 63 HR	[] []
<input checked="" type="checkbox"/> Entre 59 e 63 HR T4 Laminação invertida	100 [] []
<input type="checkbox"/> Entre 58 e 66 HR T4 laminação normal	[] []
<input type="checkbox"/> Entre 54 e 62 HR T3 Laminação normal	[] []
<input type="checkbox"/> Maior que 66 HR	[] []
<input type="checkbox"/> Menor que 54 HR	[] []
<input type="checkbox"/> Maior que 62 HR	[] []

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Qual o valor de Corrente elétrica de soldagem ?
(Coloque na faixa abaixo de valores)

Valor:

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Qual é a estanhagem da folha em uso?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

<input checked="" type="checkbox"/> Maior que 2,35 g/m ²	100 [] []
<input type="checkbox"/> Menor que 2,35 g/m ²	[] []

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✕

Qual é a espessura da folha?

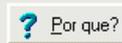
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Grau de Confiança %:

Menor que 0,17 mm []

Maior que 0,21 mm []

Entre 0,17 e 0,21 mm 100 []



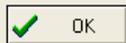
Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✕

Qual o valor de Pressão de Mola ?

(Coloque na faixa abaixo de valores)

Valor:

40 120



Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✕

Qual é o transpasse de solda no corpo soldado?

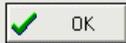
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Grau de Confiança %:

Maior que 0,50 mm []

Menor que 0,40 mm []

Entre 0,40 e 0,50 mm 60 []



Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✕

Qual é o valor de esquadro do corpo?

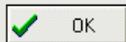
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Grau de Confiança %:

Maior que + 0,15mm []

Menor que - 0,15mm []

Entre - 0,15mm e + 0,15mm 100 []



Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✕

Qual é o valor da largura do corpo?

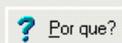
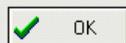
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Grau de Confiança %:

Maior que + 0,10mm []

Menor que - 0,10mm []

Entre - 0,10mm e + 0,10mm 100 []



Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Qual é o valor de (%) de rebarba do corpo?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Maior que 15% []

Menor que 15% 100 []

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Qual é o valor do paralelismo do corpo soldado entre inicio e final de Solda?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

maior que 0,10 mm []

menor que 0,10 mm 100 []

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Existe vinco no corpo soldado ?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

sim []

não 100 []

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Qual é o diâmetro do fio de cobre em uso?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Maior que 1,42 mm []

Menor que 1,34 mm []

Entre 1,34 e 1,42 mm 100 []

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Qual é a largura do fio de cobre após passagem pelo perfilador?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Maior que 1,90 mm []

Menor que 1,85 mm []

Entre 1,85 e 1,90 mm 100 []

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol.

Qual é o valor da pressão do esticador do fio de cobre?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Maior que 2,5 bar 100

Menor que 2,0 bar []

Entre 2 e 2,5 bar []

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol.

O marcador de tensão do fio de cobre está entre as marcas (+) e (-) ?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

sim 100

não []

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol.

Rolamento das roldanas internas do braço de solda está com circulação suave?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

sim 100

não []

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol.

O rolamento da roldana superior do perfilador está com circulação suave?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

sim 100

não []

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol.

Quantas latas foram produzidas após a última retifica do canal de solda?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Mais que 2.300.000 latas produzidas []

Menos que 2.300.000 latas produzidas 100

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Qual é o valor da pressão de mola da calandra de corpos?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Maior que 19 mm []

Menor que 17,5 mm []

Entre 17,5 e 19 mm 100

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Qual é o valor do paralelismo entre os rolos da calandra de corpos?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Maior que 0,1mm []

Menor ou igual a 0,1mm 70

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Como está a regulagem da centralização entre os rolos perfiladores de fio de cobre?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Maior que 0,02 mm 100

Menor ou igual a 0,02 mm []

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

O perfilador está com marca acentuada do fio de cobre ?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Sim []

Não 100

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Há contaminação do fio de cobre por poeira?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

sim []

não 100

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Há contaminação do foid de cobre por água?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

sim []

não 100 []

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Como está as condições do isolamento térmico da tubulação para resfriamento da solda?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Adequado 100 []

Inadequado []

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Qual é a temperatura indicada no controlador de temperatura do resfriador de solda?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Maior que 30°C []

Menor que 30°C 60 []

Igual a 30°C []

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Como está regulagem do alinhamento da roldana superior em relação ao disco de solda superior?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Adequada 100 []

Inadequada []

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Como está a regulagem do alinhamento da roldana superior em relação ao perfilador?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: _____ Grau de Confiança %:

Adequado 100 []

Inadequado []

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Como está a regulação do alinhamento da roldana interna do braço de solda em relação ao disco de solda inferior ?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Adequado Inadequado Grau de Confiança %:

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

O canal da roldana está limpo?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Sim Não Grau de Confiança %:

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

O pendulo de solda está paralelo com o disco de solda?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Sim Não Grau de Confiança %:

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

Como está a parada do cachorinho da rápida para a lenta na entrada do sensor?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Adequado Inadequado Grau de Confiança %:

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol. ✖

O acoplamento está patinando ?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: Sim Não Grau de Confiança %:

OK ? Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol.

O operador de tesoura foi treinado no procedimento I.82.019?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: sim não

Grau de Confiança %: 100

OK Por que?

Sistema Especialista para Diagnóstico de Causa Raiz de Defeito para Vazamento na solda em linhas de Aerossol.

O operador de tesoura foi auditado no procedimento I.82.019?
(Marque somente uma alternativa)

Opção: sim não

Grau de Confiança %: 100

OK Por que?

Figura 24: Resultado da aplicação das perguntas no Expert Sinta para soldagem da embalagem

Fonte: Elaborado pelo Autor

Após a aplicação de todas as perguntas, o motor de inferência do Sistema apresenta o resultado referente às possíveis causas de defeito. Os resultados são apresentados na Figura 24.

Resultados

CAUSA(S) DO(S) DEFETO(S)

Valor	CNF [%]
Pressão de mola do disco de solda	60
Regulagem do perfilador	60
Regulagem da tensão do fio de cobre	60

Fechar Ajuda

Resultados / Histórico / Todos os valores / O sistema

Figura 25: Resultado da aplicação das perguntas no *Expert Sinta* para aplicação de vedante.

Fonte: Elaborada pelo Autor.

A Figura 25 apresenta 3 possíveis causas de defeito no processo de soldagem da embalagem aplicada no Expert Sinta. O ANEXO 9 apresenta os resultados apresentados pelo NETICA a partir das mesmas respostas dadas pelo

usuário do Sistema Especialista realizada no Expert Sinta para análise do processo de soldagem da embalagem.

O Quadro 20 apresenta a comparação dos resultados apresentados no *Expert Sinta* e no NETICA, após inclusão das mesmas respostas em ambos os Sistemas referentes ao processo de soldagem da embalagem.

Quadro 20: Comparação dos resultados apresentados no *Expert Sinta* e no NETICA

POSSÍVEIS CAUSAS APONTADAS	RESULTADOS	
	SINTA CNF(%)	NETICA PROBABILIDADE
Pressão de mola do disco de solda	60	55,3
Regulagem do Perfilador	60	60
Regulagem da Tensão do fio de cobre	60	60
Desalinhamento do rolete da coroa de solda	-	35,9
Pressão de mola das calandras do corpo	-	30
Temperatura água do resfriador	-	24
Desgaste da régua Z		24
Coroa fora da especificação		21,3
Profundidade do canal do disco de solda	-	20
Corrente Elétrica		12,5
Dureza da Folha		12
Isolamento térmico	-	4
Dimensional do corpo	-	0,25
Mão de Obra	-	0,15

Fonte: Elaborado pelo Autor

O *software* NETICA utiliza probabilidade condicional para análise do processo. Desta forma, com o uso do NETICA é possível investigar o processo de forma mais ampla, bem como a complementar o uso do *Expert Sinta*. A comparação realizada no Quadro 20 apresenta 3 possíveis causas de defeito quanto utilizado o *Expert Sinta* e 14 possíveis causas de defeitos quanto utilizado NETICA com sua respectiva probabilidade de ocorrência. Assim o NETICA disponibiliza ao usuário uma gama maior de possibilidade de ocorrências, ampliando a visão do usuário para tomada de decisão com maior segurança.

1.27 Aplicabilidade e Frequência de Uso

O Sistema Especialista está recomendado para uso no processo de montagem de embalagem de aerossol. Recomenda-se o Sistema modelado no *Expert Sinta* para uso no processo pelos Mecânicos de produção, Inspetores de Qualidade e Operadores de produção. O Sistema modelado no NETICA está

recomendado para uso em nível tático por engenheiros do processo, na investigação de probabilidade de ocorrência de defeito para trabalhos preventivos, compra preventiva de peças de reposição, análise de risco de parada de produção e simulação de cenários. Para frequência de uso, recomenda-se a utilização do *Expert Sinta* uma vez por semana, já a utilização do NETICA, recomenda-se o uso uma vez por mês ou quando da necessidade de programação de manutenção preventiva. A ideia é utilizar o NETICA como ação preditiva no processo.

6. ANÁLISE

Este capítulo abordará as análises referentes a pontos relevantes da pesquisa, a dimensão do conhecimento tácito, comparação dos sistemas especialistas modelados e impactos do trabalho no indicador de retrabalho.

1.28 Pontos relevantes da pesquisa

Iniciou-se a pesquisa do trabalho de Dissertação fundamentando a importância em empregar ferramentas computacionais para auxiliar no processo de compreensão de fenômenos nas indústrias. O fenômeno objeto da pesquisa foi o indicador de retrabalho de uma Empresa Metalúrgica do ramo de Embalagens Metálica localizada em Estrela, Rio Grande do Sul. Para estruturação das etapas da pesquisa foi pesquisada e escolhida a técnica de Sistemografia, incrementou-se à técnica de Sistemografia algumas Ferramentas de Qualidade, bem como algumas técnicas de eliciação de conhecimento, entre as diversas pesquisadas durante o desenvolvimento da Dissertação.

Elaborou-se uma sequência lógica e sistemática para aquisição de conhecimento tácito coletivo. O método foi “batizado” de MACTAC – Metodologia para Aquisição de Conhecimento Tácito Coletivo. A pesquisa sobre Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) apontou modelos computacionais como forma de auxiliar o tomador de decisão durante a execução de atividades complexas. Pesquisou-se sobre aplicabilidades de Sistemas Especialistas dentro do universo de Inteligência Artificial e foi escolhida entre algumas formas de representação do conhecimento a rede semântica e as regras de produção, sendo a regra de produção a forma mais empregada para representação do conhecimento.

A aquisição de conhecimento foi a etapa mais árdua do trabalho, tal etapa é apontada por diversos autores como sendo o gargalo do processo de aquisição de conhecimento. Para o presente trabalho de Dissertação, a etapa de aquisição do conhecimento é o ponto crítico do trabalho, pois foi a partir da aquisição dos conhecimentos tácito coletivo que se estruturou todas as regras de produção para auxílio na investigação de causa de defeito no processo. Durante o estudo do

estado da arte sobre conhecimento tácito, não foi evidenciada a aquisição de conhecimento tácito coletivo, apenas individual.

1.29 Dimensão do conhecimento tácito

Levando em consideração as premissas sobre conhecimento tácito instituídas por Polanyi em 1966, que estabeleceu que o conhecimento tácito é: espontâneo intuitivo, experimental, conhecimento cotidiano e inclui uma gama de informações conceituais e sensoriais. Estes elementos cognitivos do conhecimento tácito referem-se a modelos mentais, tais como esquemas, paradigmas, perspectivas, crenças e pontos de vista através dos quais os indivíduos percebem e definem o seu mundo.

Uma característica do conhecimento tácito está na lógica pré-formada e pessoal da forma de pensamento para execução de alguma atividade. Ainda segundo (Polanyi, 1966), deve-se entender a dimensão do conhecimento tácito a partir do fato de que podemos saber mais do que podemos dizer, expor verbalmente. A partir desse pressuposto, Polanyi ainda afirma que o conhecimento é sempre de âmbito pessoal, não podendo ser representado ou codificado em sua íntegra, pois cada indivíduo em qualquer tema sabe muito mais do que consegue codificar ou explicitar em palavras. Para o processo de eliciação do conhecimento foram utilizadas técnicas cognitivas durante a aplicação da metodologia MACTAC, como Limitação de informação, Classificação de Fichas e Técnica de Observação.

Foram escolhidos 8 mecânicos de produção, sendo o critério de escolha foi o tempo de casa de no mínimo 10 anos. Observou-se durante os testes do SE no processo, que os mecânicos com menos tempo de casa, entre 1 a 4 anos, realmente não tinham conhecimento total para responderem as perguntas feitas pelo SE. Observou-se que alguns conhecimentos não são compartilhados entre os mecânicos. Observou-se também alguns fragmentos que segundo a teoria, caracteriza como conhecimento tácito as crenças e perspectivas do indivíduo. Durante os testes com o SE, observou-se que havia parâmetros padronizados pelo especialista humano durante o processo de eliciação do conhecimento, porém não usado no cotidiano, como algumas regulagens de pressão de mola do disco de solda e regulagem de abertura da agulha de aplicar vedante.

Durante a modelagem do Sistema Especialista foi possível promover aprendizagem organizacional, visto que para a criação de algumas regras observou-se que não havia parâmetros para estabelecer um critério de aceitação para modelagem das regras de produção. Desta forma os envolvidos no processo foram estimulados a criarem parâmetros e instalarem equipamentos de medição de tais parâmetros.

Como o processo de pesquisa e modelagem do Sistema Especialista é um processo dinâmico, após as observações dos usuários durante os testes, as regras foram adaptadas à realidade do processo, como inclusão de novas regras levando em consideração a tecnologia de algumas máquinas.

A caracterização do quão tácito ou em qual dimensão do conhecimento tácito são os conhecimentos adquiridos é de difícil classificação. Conforme pesquisas sobre o tema, o conhecimento atualmente modelado no Sistema Especialista foi convertido de tácito para explícito. Para Nonaka e Takeuchi (1997) para que haja a criação do conhecimento na organização é necessário que seja convertido de tácito para explícito e vice e versa, por meio de quatro modos: socialização, externalização, internalização e combinação. A partir dessas conversões, cria-se um novo tipo de conhecimento: na socialização cria-se o conhecimento compartilhado; na externalização, o conhecimento conceitual; na internalização, o conhecimento operacional, e na combinação, origina-se o conhecimento sistêmico. A externalização de conhecimento tácito em conhecimento explícito utiliza de metáforas, analogias, conceitos, hipóteses ou modelos como ferramentas de apoio para tal conversão. Neste sentido, Leite (2007) ressalta o aspecto relacionado à maneira informal de comunicação ou explicitar o conhecimento tácito ou intangível. Segundo o autor, a comunicação informal possui características que a permitem veicular o conhecimento tácito, porém sem indicar em que dimensão. Durante o processo de aquisição do conhecimento ficou claro a criação involuntária de grupos informais, pois a forma de regulação das máquinas foi sendo padronizada antes mesmo da implantação do SE nos computadores do chão de fábrica.

1.30 Sistemas Especialistas utilizados

Optou-se em utilizar dois tipos de Sistemas Especialistas, o *software* NETICA, que utiliza probabilidade condicional no seu motor de inferência uma vez condicionado um evento a outro através de nodos. O aplicativo *Expert Sinta*, bastante empregado em Sistemas Especialistas onde são utilizadas regras de produção para representar o conhecimento. Foram listadas algumas características de cada um dos Sistemas para fins comparativos conforme apresentado pelo Quadro 21.

Quadro 21: Comparação entre o NETICA e *EXPERT SINTA*

NETICA	EXPERT SINTA
<ul style="list-style-type: none"> • Probabilidade condicional. • Interface gráfica. • Recurso para simular cenário. • Fácil modelagem. • Uso tático. • É possível a presença de uma mesma variável nas premissas e conclusão simultaneamente. • Permite mapear pontos críticos do processo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não probabilístico. • Fácil modelagem. • Uso operacional. • Não é possível a presença de uma mesma variável nas premissas e conclusão simultaneamente. • Uso para treinamento operacional.

Fonte: Elaborado pelo Autor

O Quadro 21 apresenta uma comparação entre os dois Sistemas Especialistas trabalhados no trabalho de campo. Recomenda-se o NETICA para uso tático e o Sinta para uso operacional.

1.31 Impacto no indicador de retrabalho

Para analisar o impacto do trabalho de pesquisa e o processo de aquisição do conhecimento tácito coletivo, foram gerados 2 gráficos, além dos já apresentados na Introdução pela Figura 1, a fim de verificar o impacto no indicador de retrabalho antes e depois da aplicação da metodologia. O processo de pesquisa iniciou-se em Agosto de 2010, mas como a metodologia é dinâmica, já se constata melhorias no resultado do indicador. O Sistema Especialista está em fase de implantação inicial, o mesmo está disseminado entre os demais mecânicos do processo, totalizando 14 mecânicos, também foi disseminado entre os 04 Inspetores de Qualidade do setor de Aerossol. Já se percebe que os mecânicos que não participaram diretamente no

processo de aquisição do conhecimento estão se ajustando para atender às perguntas feitas pelo Sistema Especialista. Os gráficos das figuras 1, 25 e 26 são evidências da redução do indicador.

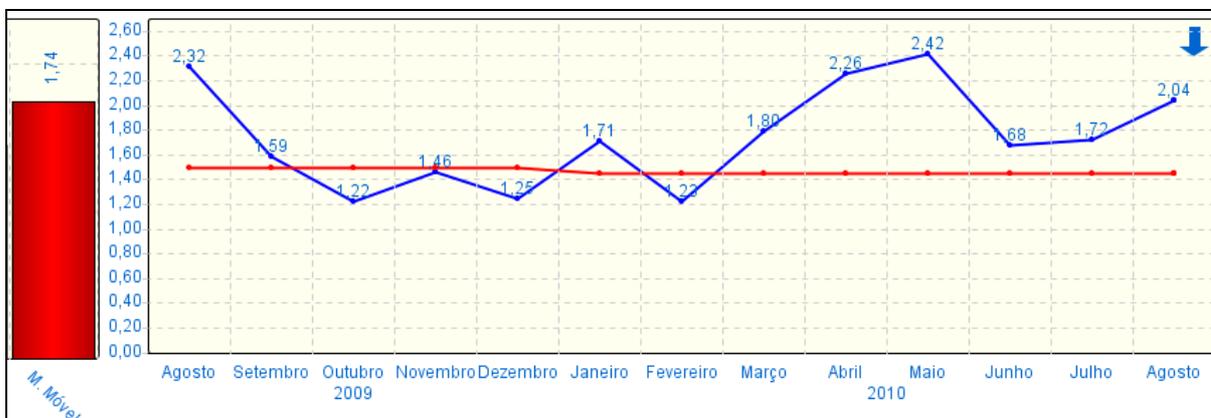


Figura 26 – Índice de retrabalho desde Agosto/2009 até Agosto/ 2010.

Fonte – Cedido pela Empresa.

O gráfico da Figura 26 apresenta o indicador de retrabalho da Empresa estudada desde 31 de Agosto de 2009 até 31 de Agosto de 2010. Apresenta um percentual médio acumulado em 12 meses de 1,74% e uma dispersão de 0,4. A meta do indicador é de 1,50%.

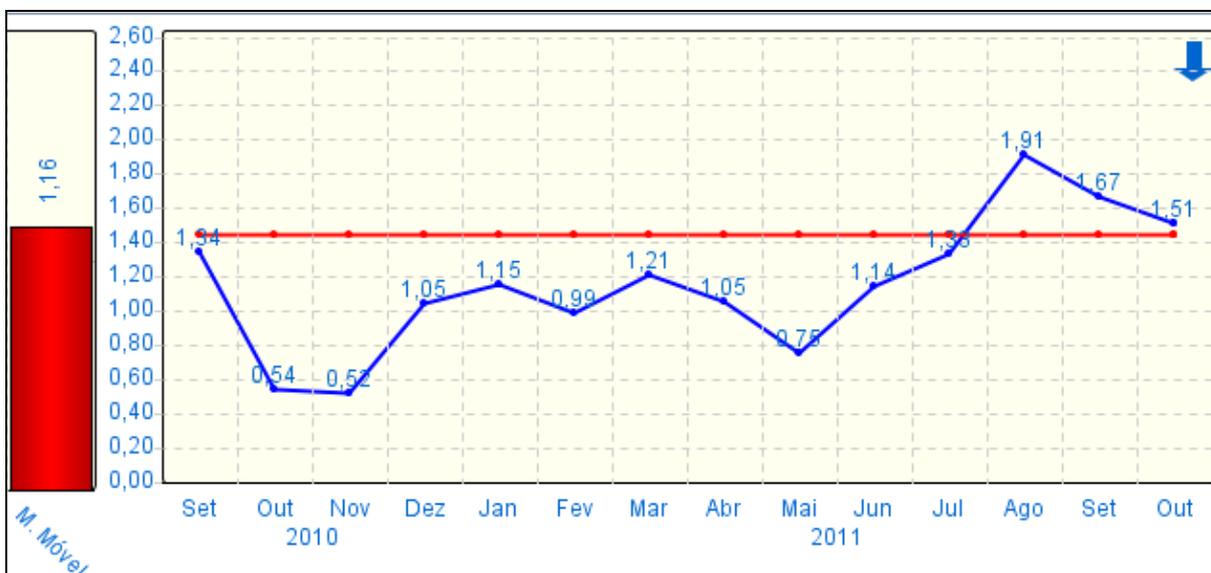


Figura 27 – Índice de retrabalho desde Setembro/2010 até Outubro/ 2011.

Fonte – Cedido pela Empresa.

O gráfico da Figura 27 apresenta o indicador de retrabalho da Empresa estudada desde 30 de Setembro de 2010 até Outubro de 2011. Apresenta um

percentual médio acumulado de 1,16% e uma dispersão de 0,44. A meta do indicador é de 1,50%.

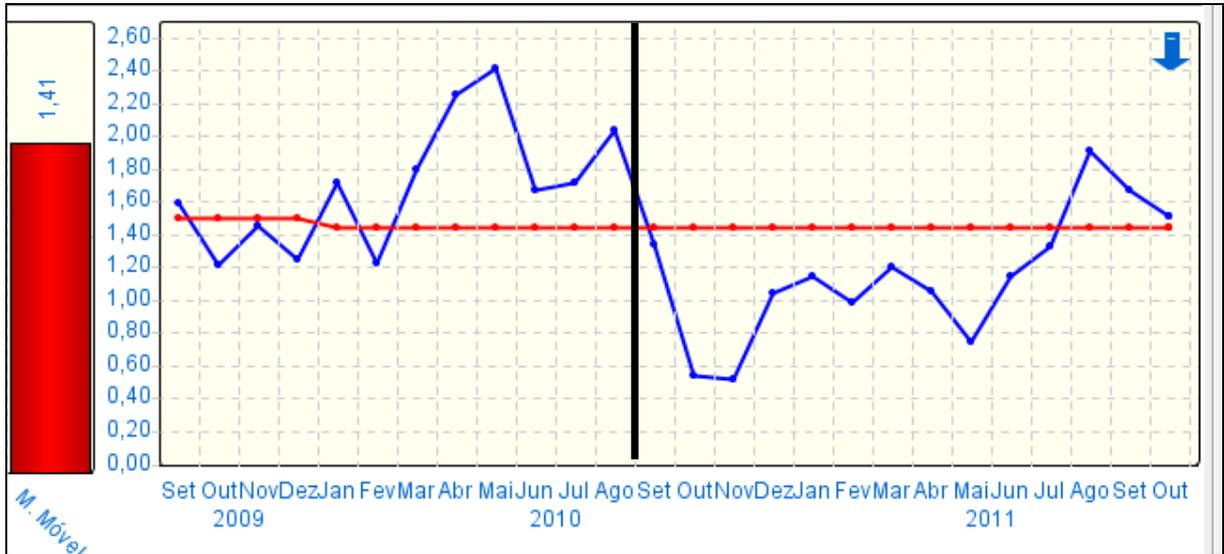


Figura 28 – Índice de retrabalho desde Agosto/2009 até Agosto/ 2011.

Fonte – Cedido pela Empresa.

O gráfico da Figura 28 apresenta as porcentagens de retrabalho entre os períodos de Setembro de 2009 até Outubro de 2011. Destacou-se dois momentos, antes e depois de Agosto de 2010, data de início do trabalho de pesquisa. O Indicador apresentou valores reduzidos a partir de Agosto de 2010.

O Quadro 22 apresenta os valores dos gráficos consolidados para melhor compreensão da redução do indicador de retrabalho.

Quadro 22: Valores consolidados das médias móveis do indicador de retrabalho

Período	Média móvel do indicador	Dispersão
Agosto 2009 à Agosto 2010	1,74	0,41
Agosto 2010 à Agosto 2011	1,16	0,44

Fonte: Elaborada pelo Autor

A partir da apresentação dos dados dispostos no Quadro 22, pode-se constatar que houve uma redução de 0,58% no indicador de retrabalho, o que representa R\$ 37.873,43 de redução na perda real com o processo de retrabalho.

7. CONCLUSÃO

A pesquisa referente à aquisição de conhecimento revelou que as práticas de elicitação de conhecimento de forma sistemática apresentadas neste trabalho ainda são pouco exploradas nas Indústrias e Organizações de um modo geral. O conhecimento tácito é um tipo de conhecimento difícil de ser externado às outras pessoas, o que faz com que raramente seja citado na comunidade científica atuante da área industrial. Assim, as contribuições científicas do trabalho referem-se a dar subsídios para a atuação plena de engenheiros de conhecimento na área industrial. Durante a realização do trabalho, publicou-se três artigos científicos, Rosário (2011), o que demonstra que a contribuição científica já se comprova com a aceitação por parte da comunidade científica. O uso de Inteligência Artificial, especificamente os Sistemas Especialistas, apresenta-se ainda como um assunto emergente na indústria de manufatura quando comparado com outras áreas como medicina, por exemplo, onde percebe-se que o tema está bem sedimentado entre os profissionais desta área. Além disto, o uso da sistemografia, estudando o conjunto de elementos e propondo as suas relações demonstrou-se eficiente e eficaz, relacionando ferramentas e técnicas que antes eram empregadas pela empresa, mas de forma isolada.

A partir da disseminação do Sistema Especialista desenvolvido para o processo produtivo do ramo de embalagens metálicas de uma Empresa do Sul do país, observou-se uma redução de diversidade na descrição das formas de parada de máquinas. As descrições estão sendo padronizadas conforme foram descritas na base de conhecimento do sistema desenvolvido. Antes da aplicação da metodologia, por exemplo, parte dos mecânicos usavam as palavras calor e solda fria para definir um defeito de solda. Atualmente utilizam alta amperagem e baixa amperagem, respectivamente, demonstrando a existência de padronização de conceitos.

Observa-se mudança no comportamento dos mecânicos em relação aos inspetores de qualidade, uma vez que para responder as perguntas do Sistema Especialista desenvolvido para o chão de fábrica, notou-se que ambos os profissionais estavam atuando em parceria. Os mecânicos também estão usando o Sistema Especialista como base para a requisição de manutenção corretiva e

preventiva nas máquinas. As consultas sobre a estanhagem da folha e dureza da folha aumentou significativamente com o uso do Sistema Especialista.

O objetivo geral do trabalho foi alcançado na sua íntegra: os tipos de conhecimentos tácitos foram mapeados e se tornaram explícitos através da aplicação da metodologia proposta; gerou-se um Sistema de Gestão do Conhecimento, pois tais conhecimentos foram validados pelos demais mecânicos durante os treinamentos para utilização em chão de fábrica, gerando uma estrutura de conhecimento compartilhado e único. Eles se tornaram explícitos por estarem armazenados em uma base de conhecimento e serem apresentados através do Sistema Especialista para os seus usuários.

Quanto aos objetivos específicos, todos foram concluídos com êxito: o Sistema Especialista desenvolvido foi aceito pelo público alvo; percebeu-se a presença de aprendizado coletivo, visto que durante os testes com o Sistema os envolvidos apontaram desconhecimento de alguns parâmetros modelados na base de conhecimento do Sistema. Como consequência, obteve-se a redução do percentual de retrabalho, um dos focos do estudo proposto.

A metodologia MACTAC foi desenvolvida e aplicada em uma empresa metalúrgica do ramo de embalagens metálica. Os três pilares da metodologia estão nas: Ferramentas de Qualidade, Técnicas de Elicitação de Conhecimento e Técnica de Sistemografia. Com a sistematização do conjunto de técnicas criou-se a metodologia com vistas à aplicação em processos industriais de manufatura. A metodologia MACTAC diferencia-se de outros métodos de Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC), como o CommonKADS, o método mais aplicado para SBC. A metodologia MACTAC foi criada para uso exclusivo em processos industriais onde exista a presença dos seis Ms de processo, Método, Meio Ambiente, Matéria-Prima, Mão-de-Obra, Medida e Máquina. Na metodologia MACTAC a caracterização de um problema se dá a partir de dados estatísticos e não dados genéricos ou uma queixa como preconiza a metodologia CommonKADS.

Conclui-se que a metodologia de aquisição de conhecimento tácito coletiva auxiliou na redução do indicador de retrabalho através da padronização da forma de investigar a causa do defeito no processo da empresa objeto do estudo.

A metodologia MACTAC contribui para futuros pesquisadores no sentido de auxiliá-los na pesquisa sobre formas de elicitação de conhecimento tácito coletivo em processos industriais, como externar parâmetros usados pelos envolvidos com o

processo produtivo, porém não encontrados em manuais, gerando o máximo de informações sobre o processo industrial. A metodologia poderá ser aplicada para auxiliar num projeto de automação inteligente como, por exemplo, gerando soluções ao passo que as causas de defeitos são identificadas automaticamente pelo processo, promovendo ajustes ou reajustes no processo de forma automática através de sensores dispostos em seus pontos estratégicos.

Como sugestão para trabalhos futuros fica também a possibilidade de incluir a aquisição do conhecimento em como solucionar o defeito hora diagnosticado pela base de conhecimento modelada no Expert Sinta. Outra sugestão é aplicar a metodologia MACTAC em outras organizações no intuito de torná-la uma metodologia universal para aquisição de conhecimento tácito coletivo em processos de manufatura.

REFERÊNCIAS

ABEL, Mara. *Estudo da perícia em petrografia sedimentar e sua importância para a engenharia de conhecimento*. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Instituto de Informática), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

AGUIAR, Silvio. *Integração das Ferramentas da qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigmas*. Editora DG, Minas Gerais, 2002.

AGUIAR, D. C.; SALOMON, V. A. P. *Aplicação de Sistema Especialista Nebuloso para a Avaliação de Pesquisa de Satisfação de Clientes de uma Indústria Automotiva*. *Revista ciências exatas da universidade de Taubaté – Brasil*, vol. 2, nº 2, 2007.

AMORA, Soares. *Dicionário da Língua Portuguesa*. Editora Saraiva, p. 615 e 668 19ª Edição, 2009.

BERTALANFFY, Ludwig Von. *Teoria Geral dos Sistemas*, p, 52 – 63; Petrópolis: Vozes, (1973).

BITTENCOURT, Guilherme. *Inteligência Artificial – Ferramentas e Teorias*, Editora da UFSC- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 257 – 286, (2006).

BRASSARD, Michael. *Qualidade Ferramentas para uma melhoria continua*, Editora Qualitymark, Rio de Janeiro, 1985.

CAIRO O; PENACOZA R. *A comprehensive methodology for knowledge acquisition from multiple knowleddge sources*. *Expert Systems with application*. Volume 14, issue 1-2, pp. 1-16, 1998.

CARNEIRO P. R.; GRIMONI J. A.; UDAETA M. E. M. *Metodologia e regras para um sistema especialista na substituição da eletrotermia para fornos a gás natural na indústria metalúrgica*, 4o PDPETRO, Campinas, p. 21-24 de Outubro de 2007.

CARVALHO, Derorah. *Construção de sistemas especialista: estudos de caso : VII Seminário de Pesquisa (Pesquisa e promoção humana)*. Curitiba: PROPPE, 03 a 10 de outubro de 2003.

COELHO, Helber. *Inteligência Artificial em 25 Lições*, Editora Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, p. 19 – 21, 1995.

COLENGHI, Vitor Mature. *O & M e Qualidade Total. Uma integração perfeita*, Editora Qualitymark, Rio de Janeiro, 2003.

COOKE, N. *Varieties of knowledge elicitation techniques. International Journal of Human-Computer Studies*, v. 41, -p. 801 – 849, 1994.

FERNANDES, Anita Maria da Rocha. *Inteligência Artificial: noções gerais*, Editora VisualBooks, Florianópolis, p. 2 – 24, 2005.

FILHO, Brailito Perazzo de Oliveira. *O conhecimento tácito e a aprendizagem baseada em problemas no curso de medicina da Universidade Estadual de São Bernardo do Campos -UESB: Aproximações e Reflexões*. Dissertação de Mestrado do curso de Pós-Graduação em Educação, 2009.

FILHO, Carlos Alberto Poncinelli. *Mapeamento de processos baseado em controle para governança de tecnologia da informação; Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós Graduação na área de Gestão de Redes de Telecomunicações – Gestão de Redes e Serviços; Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUC, 2007.*

FONTANA R. M.; NETO A. I. *Uma abordagem sistêmica da Mudança Organizacional gerada na implantação de sistemas integrados de gestão da produção; XIII SIMPEP*, Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 de Novembro, 2006.

FREITAS, Jorge Augusto de Sá Brito. *A Dimensão Tácita do Conhecimento e o Trabalho dos Gerentes no Varejo Bancário*; 30º Encontro da ANPAD, de 23 a 27 de Setembro de 2006.

FROZZA, Rejane. *Sistemas Especialista – Material de Apoio*; Unisc, 2010.

GIL, Antonio Carlos. *Como elaborar Projetos de pesquisa*, p. 45 – 46; São Paulo Atlas 1991.

HANASHIRO A.; CLETO M. G. *Proposta de uma metodologia para Gestão do conhecimento no Chão de Fabrica: Um estudo de caso de Kaizen na Indústria Automotiva*, ENEGEP, 2007.

HAUCK J. C. R. *Um método de aquisição de conhecimento para customização de modelos de capacidade/maturação de processo de software*; Tese Doutorado na UFSC, Fevereiro 2011.

HALDIN-HERRGARD, Tua. *Difficulties in diffusion of tacit knowledge in organizations*, Journal of Intellectual Capital, Vol. 1 nº. 4, pp. 357-365, 2000.

HOFFMAN R. R.. *The problem of extracting the knowledge of experts from the perspective of experimental psychology*. *Artificial Intelligence*, v. 8, n. 2, p 53 – 67, 1987.

JOHNSON P. *Human-computer interaction: psychology, task analysis and software engineering*. Maidenhead: McGraw-Hill, 1992.

JULIANI, J. P.; BOGO L. H.; BETTIO R. W.; RODRIGUES A. M., FULBER H. *Um Sistema Especialista Probabilístico para o Apoio a Análise de Planos de Negócios*

de Empresas de Base Tecnológica. RESI - Revista Eletrônica de Sistemas de Informação, <http://www.inf.ufsc.br/resi/>, v. IV, 01 dez. 2005.

KINTSCHNER F. E. *Método de Mapeamento e Reorganização de Processos*. Revista Produção Online /vol. 5/Num.1/Março, 2005.

KINTSCHNER, F. E.; FILHO E. B. *Reengenharia de Processos: Transformando as necessidades do cliente em parâmetros de um sistema*; Revista de Administração UNISAL de Julho a Dezembro de 2004.

KUME H. *Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade*, Editora Gente, Rio de Janeiro, (1993).

LE MOIGNE, J. L.; BÁRTOLI J. A. *Organisation Intelligente et Système d'Information Stratégique*, Editora Economica, Paris, 1996.

LEITE, M. S. A.; BORNIA A. C. *Modelagem: abordagem que consideram a complexidade do sistema*; XXVI ENEGEP, Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006.

LEITE F. C. L. *O conhecimento tácito na dinâmica da pesquisa*; Revista de Ciência da Informação, v.8; nº3, Junho/2007.

LIU Y. I. *Knowledge acquisition: Issues, techniques, and methodology*. In: *Conference on trends and directions in expert systems*, SIGBDP, Orlando, USA, p 212 – 236, 1990.

MASTELLA L. S. *Um modelo de conhecimento baseado em eventos para aquisição e representação de eventos temporais*, Programa de Pós-Graduação da UFRGS, (2005)

MEDEIROS D. I. *Gestão de Pessoas Diante das Crises Econômicas*, Dissertação, (Programa de Pós-Graduação em Gestão de Pessoas), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2009.

MCNAUGHT K, CHAN, A. *Bayesian networks in manufacturing*, Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 22, nº. 6, pp. 734-747, 2011

MORAES, G. D. A: *Tecnologia da informação na pequena empresa: Uma investigação sobre sua contribuição à gestão estratégica da informação em empreendimentos industriais dos Minidistritos de São José do Rio Preto SP*; Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós Graduação da escola de engenharia de São Carlos SP, 2005.

NASCIMENTO, R. L.; FERNANDES, A. M. R. *Webexpert – ferramenta para aquisição do conhecimento via web*; II Congresso Brasileiro de Computação CBCComp 2002.

NBR 14720. *Embalagem metálica para Aerossol – Requisitos e verificação da resistência à pressão interna para embalagens vazias sem válvula*. ABNT, Julho 2001.

NETO, A. I.; FONTANA R. M. *Sistema Evolutivo de Gestão Integrada para Micro e Pequenas Empresas*; XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008.

NETO, A. L., LEITE M. S. *A Abordagem Sistêmica na Pesquisa em Engenharia de Produção*: UTFPR, Paraná, 2009.

NOVAES, K. A.; SUSLICK, S. B. *Sistema Especialista de classificação de reserva de petróleo, utilizando geotecnologias*. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, INPE, p. 987 – 994, de 05 a 10 Abril de 2003.

NONAKA; TAKEUSHI. *Criação de Conhecimento na Empresa*, Elsevier, 1997

OLIVEIRA, Teylor Sydney. *Ferramentas para aprimoramento*, Editora Pioneira, São Paulo, (1995)

OLIVEIRA, V. F, CAVENAGHI, V., MÁSCULO F. S. *Abordagem sistêmica como ferramenta sustentável para modelar sistemas complexos*. In:; Tópicos Emergentes e Desafios Metodológicos em Engenharia de Produção: Casos, Experiências e Proposições; pp. 56 – 257, v 2; Rio de Janeiro: ABEPRO, 2009.

OLIVEIRA V. P.: *Uma informação tácita*; *Revista de Ciência da Informação*, v.6; nº3, Junho/2005.

OGUZ F.; SENGUN, A. E.: *Mystery of the unknown: revisiting tacit knowledge in the organizational literature*; *Journal of Knowledge Management*, Vol. 15 , nº. 3, pp. 445-461, 2011

PERRONI, M. G; *Inter-relacionamentos da Evolução dos Paradigmas da Economia Industrial com os Paradigmas da Estratégia de Manufatura*; Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná- Mestrado, Curitiba, 2005.

POLANYI, Michael. *The Tacit Dimension*, Routledge & Kegan Paul Ltd, London, 1966.

RAMOS, Alberta Wunderler. *CEP para processos contínuos e em bateladas*, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 2000.

REBELO, Raquel Andrade. *Aplicação dos Sistemas Especialistas Netica e AMZI-PROLOG para escolha de Vinhos*. II Congresso Brasileiro de Computação – CBCComp 2002.

REZENDE, Solange Oliveira. *Sistemas Inteligentes: Fundamentos e Aplicações*; Editora Manole; Barueri, SP, p, 3 – 21, (2003)

ROSÁRIO, C. R.; LIANE, M. K.; REJANE, F.; JACQUES, N. C. S. *Uso de sistema especialista para auxiliar no diagnostico de causa raiz de defeitos*, I Anais Workshop em Sistemas e Processos industriais, WSPI - Santa Cruz – RS, 2011

ROSÁRIO, C. R.; LIANE, M. K.; REJANE, F.; JACQUES, N. C. S. *Proposta de uma Metodologia para Aquisição de Conhecimento Tácito Coletivo*, Encontro Nacional de Inteligência Artificial, ENIA - Natal – RN, 2011

ROSÁRIO, C. R.; LIANE, M. K.; REJANE, F.; JACQUES, N. C. S. *Estudo comparativo entre sistema especialista probabilístico e não probabilístico*, Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP - Belo Horizonte-MG, 2011

ROSSO, M. L.; KMETEUK O. F.; AMORIM M. F.; DIAS J. S. *Sistema Especialista de Apoio a Decisão em Ventilação Mecânica*. In: I Encontro de Informática de Campo Largo. Anais do I Encontro de Informática, 2002.

RUSSEL, J. S.; NORVIG, P. *Artificial Intelligence: A modern Approach*, Prentice Hall Serial, p. 1, 2003.

SANTOS F. C ; CARVALHO, C. L. *Aplicação da Inteligência Artificial em Sistemas de Gerenciamento de Conteúdo*; Technical Report – RT – INT – 001-08, Abril 2008.

SANTOS, Antonio Raimundo. *Metodologia Científica; a construção do conhecimento*, 3ª Edição, DP&A , Rio de Janeiro, 2000.

SCHREIBER, G.; AKKERMANS H.; ANJEWIERDEN A.; HOOG, R.; SHADBOLT N. *Knowledge engineering and management: the Commonkads methodology*, Cambridge: The MIT Press, 2000.

ALWIS, S. R.; HARTMANN, E. *The use of tacit knowledge within innovative companies: knowledge management in innovative enterprises*; Journal of Knowledge Management, vol. 12 nº. 1, 2008

SILVA, Carneiro Correia. Sistema Especialista de apoio à decisão para diagnóstico de falhas em aeronaves. Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia da Computação da Universidade de Pernambuco, 2010.

SILVA, Luis da Silva. *Gestão de Conhecimento: Uma Revisão crítica orientada pela abordagem da criação do conhecimento*. Ci. Inf., Brasília, v.33, n.2, p.143 – 151, Maio/Ago. 2004.

WAGNER, W. P.; CHUNG Q. B.; OTTO J. *Knowledge acquisition for expert systems in accounting and financial problem domains*; Elsevier Science, p. 439 – 447, (2002).

WAGNER, Najdawi. *Knowledge Acquisition*; Encyclopedia of Information Systems, volume 3, (2003).

WALTRICH, Paulo Vitor. *Protótipo de um Sistema Especialista Probabilístico para análise de risco em seguros de automóveis*; Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Faculdade de Ciência e Tecnologia, 2006.

WERMUTH, Silvia Leticia Pozzebon. *Modelagem matemática e Computacional de um Sistema de Apoio à Decisão na Indústria*; Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais – Mestrado, UNISC 2007.

WRIGHT, G.; Ayton, P. *Eliciting and modeling expert knowledge*. Elsevier, 1987

ZOTELLI, Luciane Marques. *Sistema de Apoio ao diagnóstico nutricional baseado no protocolo da associação americana dietética – (ADA)*: Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós Graduação em Tecnologia em saúde do centro de ciências biológicas da saúde da Pontifícia Universidade, SP, 2008.

ANEXO 1 - Mapeando os valores (possíveis causas) de Defeitos por vazamento na Solda da embalagem

Atributo (Defeito)	Valor (possíveis causas)
Vazamento na Solda	<p>MEDIDA Largura e comprimento do corpo com variação $\geq - 0,10$ e $\leq 0,10$ mm (Adequado) Largura e comprimento do corpo com variação $< - 0,10$ ou $> 0,10$ mm (Inadequado) Desvio de esquadro do corpo $\geq - 0,15$ e $\leq 0,15$ mm (Adequado) Desvio de esquadro do corpo $< - 0,15$ ou $> 0,15$ mm (Inadequado) Rebarba na região de corte dos corpos $\leq 15\%$ (Adequado) Rebarba na região de corte dos corpos $> 15\%$ (Inadequado) Diâmetro da pitola do fio de cobre $\geq 1,34$ e $\leq 1,42$ mm (Adequado) Diâmetro da pitola do fio de cobre $< 1,34$ ou $> 1,42$ mm (Inadequado) Largura do fio de cobre depois do perfilador da máq. de solda $\geq 1,85$ e $\leq 1,90$ mm (Adequado) Largura do fio de cobre depois do perfilador da máq. de solda $< 1,85$ ou $> 1,90$ mm (Inadequado) Transpasse do corpo calandrado ≥ 5 mm (Adequado) Transpasse do corpo calandrado < 5 mm (Inadequado) Transpasse de Solda $\geq 0,40$ e $\leq 0,50$ mm (Adequado) Transpasse de Solda $< 0,40$ ou $> 0,50$ mm (Inadequado) Paralelismo do corpo entre início e final de solda $< 0,10$ mm (Adequado) Paralelismo do corpo entre início e final de solda $> 0,10$ mm (Inadequado)</p> <p>MÃO – DE – OBRA Treinada no procedimento I.82.019 (Adequado) Não Treinada no procedimento I.82.019 (Inadequado) Auditada no procedimento I.82.019 (Adequado) Não auditada no procedimento I.82.019 (Inadequado)</p> <p>MÉTODO Regulagem da centralização do perfilador de fio de cobre $\leq 0,02$ mm (Adequado) Regulagem da centralização do perfilador de fio de cobre $> 0,02$ mm (Inadequado) Regulagem do alinhamento da roldana superior em relação ao perfilador (Adequado) Regulagem desalinhada da roldana superior em relação ao perfilador (Inadequado) Verificar se o perfilador está com marca acentuada causada pelo fio de cobre, não (Adequado) Verificar se o perfilador está com marca acentuada causada pelo fio de cobre, sim (Inadequado) Regulagem do alinhamento da roldana interna do braço de solda em relação ao disco de solda inferior (Adequado) Regulagem desalinhada da roldana interna do braço de solda em relação ao disco de solda inferior (Inadequado) Regulagem do alinhamento da roldana superior em relação ao disco de solda superior (Adequado) Regulagem desalinhada da roldana superior em relação ao disco de solda superior (Inadequado) Pressão do esticador do fio de cobre deve ficar estabilizado entre os sensores ≥ 2 e $\leq 2,5$ bar (VAA/VAK) (Adequado) Pressão do esticador do fio de cobre deve ficar estabilizado entre os sensores < 2 ou $> 2,5$ bar (VAA/VAK) (Inadequado) Pressão de mola do disco de solda (ABM 57) $\geq 103,80$ e ≤ 104 mm (Adequado) Pressão de mola do disco de solda (ABM 57) $< 103,80$ ou > 104 mm (Inadequado) Pressão de mola do disco de solda (VAK 57) $\geq 46,00$ e $\leq 46,20$ mm (Adequado) Pressão de mola do disco de solda (VAK 57) $< 46,00$ ou $> 46,20$ mm (Inadequado) Pressão de mola do disco de solda (VAA1 57) $\geq 46,80$ e ≤ 47 mm (Adequado) Pressão de mola do disco de solda (VAA1 57) $< 46,80$ ou > 47 mm (Inadequado) Pressão de mola do disco de solda (VAA2 57) $\geq 42,80$ e ≤ 43 mm (Adequado)</p>

<p>Pressão de mola do disco de solda (VAA2 57) < 42,80 ou > 43 mm (Inadequado)</p> <p>Pressão de mola do disco de solda para folha T4 (VAA 65) ≥ 51 e ≤ 53 mm (Adequado)</p> <p>Pressão de mola do disco de solda para folha T4 (VAA 65) < 51 ou > 53 mm (Inadequado)</p> <p>Pressão de mola do disco de solda para folha T3 (VAA 65) ≥ 50 e ≤ 52 mm (Adequado)</p> <p>Pressão de mola do disco de solda para folha T3 (VAA 65) < 50 ou > 52 mm (Inadequado)</p> <p>Pressão de mola do disco de solda (ABM 52) ≥ 106 e ≤ 110 mm (Adequado)</p> <p>Pressão de mola do disco de solda (ABM 52) < 106 ou > 110 mm (Inadequado)</p> <p>Tensão do fio de cobre (mola) deve ficar entre as marcas + e – da escala, sim (Adequado)</p> <p>Tensão do fio de cobre (mola) deve ficar entre as marcas + e – da escala, não (Inadequado)</p> <p>Pressão das molas da calandra de corpos $\geq 17,5$ e ≤ 19 mm (Adequado)</p> <p>Pressão das molas da calandra de corpos < 17,5 ou > 19 mm (Inadequado)</p> <p>Paralelismo do aperto entre rolos da calandra de corpos com palheta $\leq 0,1$mm (Adequado)</p> <p>Paralelismo do aperto entre rolos da calandra de corpos com palheta > 0,1mm (Inadequado)</p> <p>Corrente elétrica de Soldagem (ABM 57), (amperagem) ≥ 46 e ≤ 49 A (Adequado)</p> <p>Corrente elétrica de Soldagem (ABM 57), (amperagem) < 46 ou > 49 A (Inadequado)</p> <p>Corrente elétrica de Soldagem (VAK 57), (amperagem) ≥ 19 e ≤ 21 A (Adequado)</p> <p>Corrente elétrica de Soldagem (VAK 57), (amperagem) < 19 ou > 21 A (Inadequado)</p> <p>Corrente elétrica de Soldagem (VAA1 57), (amperagem) ≥ 19 e ≤ 21 A (Adequado)</p> <p>Corrente elétrica de Soldagem (VAA1 57), (amperagem) < 19 ou > 21 A (Inadequado)</p> <p>Corrente elétrica de Soldagem (VAA2 57), (amperagem) ≥ 28 e ≤ 29 A (Adequado)</p> <p>Corrente elétrica de Soldagem (VAA2 57), (amperagem) < 28 ou > 29 A (Inadequado)</p> <p>Corrente elétrica de Soldagem para folha T4 (VAA 65), (amperagem) ≥ 23 e ≤ 24 A (Adequado)</p> <p>Corrente elétrica de Soldagem para folha T4 (VAA 65), (amperagem) < 23 ou > 24 A (Inadequado)</p> <p>Corrente elétrica de Soldagem para folha T3 (VAA 65), (amperagem) ≥ 25 e ≤ 26 A (Adequado)</p> <p>Corrente elétrica de Soldagem para folha T3 (VAA 65), (amperagem) < 25 ou > 26 A (Inadequado)</p> <p>Corrente elétrica de Soldagem (ABM 52), (amperagem) ≥ 52 e ≤ 58 A (Adequado)</p> <p>Corrente elétrica de Soldagem (ABM 52), (amperagem) < 52 ou > 58 A (Inadequado)</p> <p>Verificar parada do cachorrinho da rápida para lenta na entrada do sensor, (VAA/VAK), adequado (Adequado)</p> <p>Verificar parada do cachorrinho da rápida para lenta na entrada do sensor, (VAA/VAK), inadequado (Inadequado)</p> <p>Verificar se o acoplamento está patinando, (VAA/VAK), não (Adequado)</p> <p>Verificar se o acoplamento está patinando, (VAA/VAK), sim (Inadequado)</p> <p>Retifica do canal da roldana < 2.300.000 (Adequado)</p> <p>Retifica do canal da roldana > 2.300.000 (Inadequado)</p> <p>Vinco no corpo soldado, não (Adequado)</p> <p>Vinco no corpo soldado, sim (Inadequado)</p> <p>MEIO-AMBIENTE</p> <p>Temperatura da água de refrigeração $\leq 30^{\circ}\text{C}$ (Adequado)</p> <p>Temperatura da água de refrigeração > 30°C (Inadequado)</p> <p>Contaminação do fio de cobre com água, não (Adequado)</p> <p>Contaminação do fio de cobre com água, sim (Inadequado)</p> <p>Contaminação do fio de cobre com poeira, não (Adequado)</p>
--

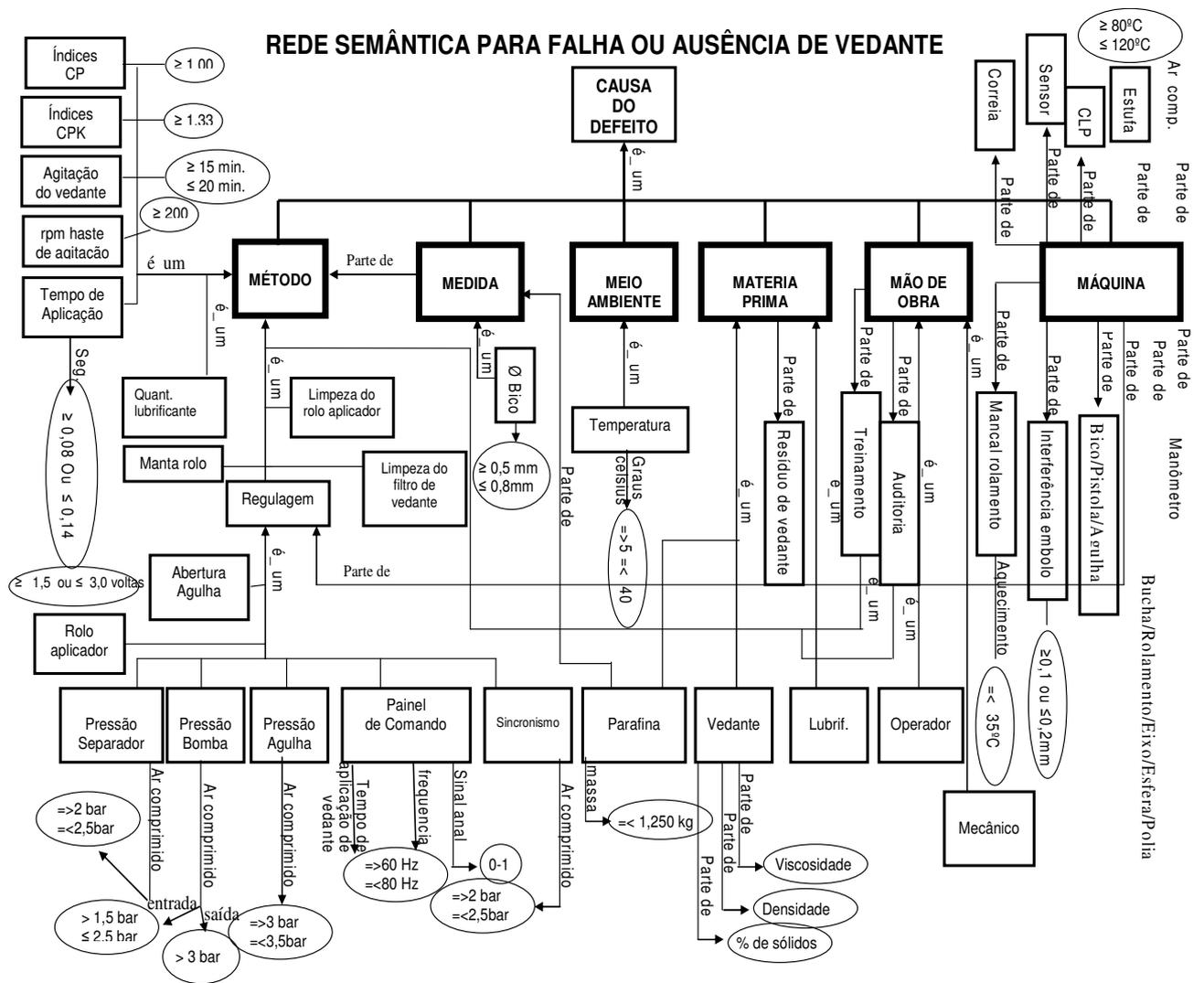
<p>Contaminação do fio de cobre com poeira, sim (Inadequado)</p> <p>Isolamento térmico, Adequado (Adequado)</p> <p>Isolamento térmico, Adequado (Inadequado)</p> <p>MATÉRIA PRIMA</p> <p>Dureza da folha ≥ 54 e ≤ 62 HR T3 normal (Adequado)</p> <p>Dureza da folha < 54 ou > 62 HR T3 normal (Inadequado)</p> <p>Dureza da folha ≥ 59 e ≤ 63 HR T4 laminação invertida (Adequado)</p> <p>Dureza da folha < 59 ou > 63 HR T4 laminação invertida (Inadequado)</p> <p>Dureza da folha ≥ 58 e ≤ 66 HR T4 normal (Adequado)</p> <p>Dureza da folha < 58 ou > 66 HR T4 normal (Inadequado)</p> <p>Espessura $\geq 0,17$ e $\leq 0,21$ mm laminação invertida (Adequado)</p> <p>Espessura $< 0,17$ ou $> 0,21$ mm laminação invertida (Inadequado)</p> <p>Estanhagem da folha $\geq 2,35$ g/m² (Adequado)</p> <p>Estanhagem da folha $< 2,35$ g/m² (Adequado)</p> <p>MÁQUINA</p> <p>Rolamento das roldanas internas do braço de solda com circulação suave, sim (Adequado)</p> <p>Rolamento das roldanas internas do braço de solda com circulação suave, não (Inadequado)</p> <p>Rolamento da roldana superior do perfilador com circulação suave, sim (Adequado)</p> <p>Rolamento da roldana superior do perfilador com circulação suave, não (Inadequado)</p> <p>Coroa de solda no gabarito, sim (Adequado)</p> <p>Coroa de solda no gabarito, não (Inadequado)</p> <p>Pendulo de solda paralelo com o disco de solda, sim (Adequado)</p> <p>Pendulo de solda paralelo com o disco de solda, não (Inadequado)</p> <p>Limpeza do canal do disco de solda superior, sim (Adequado)</p> <p>Limpeza do canal do disco de solda superior, não (Inadequado)</p> <p>Roleta da coroa de solda com circulação suave, sim (Adequado)</p> <p>Roleta da coroa de solda com circulação suave, não (Inadequado)</p> <p>Rolamento do rolete da coroa de solda com circulação suave, sim (Adequado)</p> <p>Rolamento do rolete da coroa de solda com circulação suave, não (Inadequado)</p> <p>Roletes de Guia após saída da Coroa de solda com circulação suave, sim (Adequado)</p> <p>Roletes de Guia após saída da Coroa de solda com circulação suave, não (Inadequado)</p> <p>Desgaste na régua Z, não (Adequado)</p> <p>Desgaste na régua Z, sim (Inadequado)</p> <p>Filtro para limpeza do fio de cobre, adequado (Adequado)</p> <p>Filtro para limpeza do fio de cobre, inadequado (Inadequado)</p>
--

ANEXO 2 - Mapeando os valores (possíveis causas) de Defeitos por falha e ausência de vedante nos componentes Domo e Fundo da embalagem

Atributo (Defeito)	Valor (possíveis causas)
FALHA OU AUSÊNCIA DE VEDANTE	<p>MEDIDA Quantidade de parafina no lubrificante $\leq 1,250$ kg a cada 200 litros de hexano (Adequado) Quantidade de parafina no lubrificante $> 1,250$ kg a cada 200 litros de hexano (Inadequado) Índice de Capabilidade CP $\geq 1,00$ (Adequado) Índice de Capabilidade CP $< 1,00$ (Inadequado) Índice de Capabilidade CPK $\geq 1,00$ (Adequado) Índice de Capabilidade CPK $< 1,00$ (Inadequado) Diâmetro interno do bico da aplicadora de vedante $\geq 0,5$ mm e $\leq 0,8$ mm (Adequado) Diâmetro interno do bico da aplicadora de vedante $< 0,5$ mm ou $> 0,8$ mm (Inadequado)</p> <p>MÃO – DE – OBRA Treinada no procedimento I.82.029 (Adequado) Não Treinada no procedimento I.82.029 (Inadequado) Auditada no procedimento I.82.029 (Adequado) Não auditada no procedimento I.82.029 (Inadequado) Conflito de informação durante o rodízio, não (Adequado) Conflito de informação durante o rodízio, sim (Inadequado)</p> <p>MÉTODO Tempo de agitação do vedante ≥ 15 min. e < 20 min. (Adequado) Tempo de agitação do vedante < 15 min. ou > 20 min. (Inadequado) Rotação da haste de agitação de vedante = 200 rpm. (Adequado) Rotação da haste de agitação de vedante < 200 rpm ou > 200 rpm (Inadequado) Limpeza do Filtro de vedante antes do início do turno, sim (Adequado) Limpeza do Filtro de vedante antes do início do turno, não (Inadequado) Limpeza do rolo aplicador de hexano, sim (Adequado) Limpeza do rolo aplicador de hexano, não (Inadequado) Regulagem do rolo aplicador de parafina, está aplicando uniformemente, sim (adequado) Regulagem do rolo aplicador de parafina, está aplicando uniformemente, não (Inadequado) Regulagem do sensor de presença de componentes, acusa componentes, sim (adequado) Regulagem do sensor de presença de componentes, acusa componentes, não (Inadequado) Regulagem de pressão do ar comprimido entrada da bomba de vedante $\geq 1,5$ bar e $\leq 2,5$ bar (Adequado) Regulagem de pressão do ar comprimido entrada da bomba de vedante $< 1,5$ bar ou $> 2,5$ bar (Inadequado) Pressão de saída da bomba do vedante $> 3,0$ bar (Adequado) Pressão de saída da bomba do vedante $< 3,0$ bar (Inadequado) Regulagem de pressão do ar comprimido agulha ≥ 3 e $\leq 3,5$ (Adequado) Regulagem de pressão do ar comprimido agulha < 3 ou $> 3,5$ bar (Inadequado) Regulagem de pressão do ar comprimido separador ≥ 2 bar e $\leq 2,5$ bar (Adequado) Regulagem de pressão do ar comprimido separador < 2 bar ou $> 2,5$ bar (Inadequado)</p>

	<p>Regulagem do sensor da pistola , acusa componentes ou metal, sim (Adequado)</p> <p>Regulagem do sensor da pistola , acusa componentes ou metal, não (Inadequado)</p> <p>Rotação do prato (aceleração centrípeta) ≥ 60 Hz e ≤ 80 Hz (Adequado)</p> <p>Rotação do prato (aceleração centrípeta) < 60 Hz ou > 80 Hz (Inadequado)</p> <p>Excesso de lubrificante SD na esteira, não (Adequado)</p> <p>Excesso de lubrificante SD na esteira, não (Inadequado)</p> <p>Tempo de aplicação de vedante $\geq 0,08$ e $\leq 0,14$ segundos (Adequado)</p> <p>Tempo de aplicação de vedante $\geq 0,08$ ou $\leq 0,14$ segundos (Inadequado)</p> <p>Temperatura de set pont do estufa $\geq 80^{\circ}\text{C}$ e $\leq 120^{\circ}\text{C}$ (Adequado)</p> <p>Temperatura de set pont do estufa $< 80^{\circ}\text{C}$ ou $> 120^{\circ}\text{C}$ (Inadequado)</p> <p>Interferência entre o oring do embolo e o cilindro (camisa) da pistola $\geq 0,10$ e $\leq 0,20$ mm (Adequado)</p> <p>Interferência entre o oring do embolo e o cilindro (camisa) da pistola $< 0,10$ ou $> 0,20$ mm (Inadequado)</p> <p>MEIO-AMBIENTE</p> <p>Temperatura ambiente estoque $\geq 5^{\circ}\text{C}$ e $\leq 40^{\circ}\text{C}$ (Adequado)</p> <p>Temperatura ambiente estoque $< 5^{\circ}\text{C}$ ou $> 40^{\circ}\text{C}$ (Inadequado)</p> <p>Varição de ar comprimido no sistema de $< 1,0$ bar (Adequado)</p> <p>Varição de ar comprimido no sistema de $> 1,0$ bar (Inadequado)</p> <p>MATÉRIA PRIMA</p> <p>Viscosidade do vedante ≥ 2150 cP e ≤ 2850 cP (Adequado)</p> <p>Viscosidade do vedante < 2150 cP ou > 2850 cP (Inadequado)</p> <p>Densidade do vedante = $1,20$ g/ml (Adequado)</p> <p>Densidade do vedante $< 1,20$ g/ml ou $> 1,2$g/ml (Inadequado)</p> <p>Teor de sólidos do vedante $\geq 50\%$ e $\leq 54\%$ (Adequado)</p> <p>Teor de sólidos do vedante $< 50\%$ ou $> 54\%$ (Inadequado)</p> <p>Resíduo de vedante acumulado no interior da bomba, não (Adequado)</p> <p>Resíduo de vedante acumulado no interior da bomba, sim (Inadequado)</p> <p>Resíduo de vedante acumulado no regulador do fluxo do vedante, não (Adequado)</p> <p>Resíduo de vedante acumulado no regulador do fluxo do vedante, não (Inadequado)</p> <p>MÁQUINA</p> <p>Desgaste no bico da agulha, não (Adequado)</p> <p>Desgaste no bico da agulha, sim (Inadequado)</p> <p>Desgaste na bico da pistola, não (Adequado)</p> <p>Desgaste na bico da pistola, sim (Inadequado)</p> <p>Sistema de bucha e rolamento estão obstruído por resíduo de vedante, não (Adequado)</p> <p>Sistema de bucha e rolamento estão obstruído por resíduo de vedante, sim (Inadequado)</p> <p>Excesso de tripidação do eixo do prato, não (Adequado)</p> <p>Excesso de tripidação do eixo do prato, sim (Inadequado)</p> <p>Última manutenção mecânica $\leq 35.000.000$ peças produzidas (peças 57) (Adequado)</p> <p>Última manutenção mecânica $> 35.000.000$ peças produzidas (peças 57) (Inadequado)</p> <p>Desgaste na esfera do regulador de fluxo de vedante, não (Adequado)</p> <p>Desgaste na esfera do regulador de fluxo de vedante, sim (Inadequado)</p> <p>Oscilação apresentado no manômetro ≤ 3 PSI (Adequado)</p> <p>Oscilação apresentado no manômetro > 3 PSI (Inadequado)</p> <p>Desgaste no alojamento da esfera do regulador de fluxo de vedante, não (Adequado)</p> <p>Desgaste no alojamento da esfera do regulador de fluxo de vedante, sim (Inadequado)</p> <p>Polia do motor com desgaste, não (Adequado)</p> <p>Polia do motor com desgaste, sim (Inadequado)</p>
--	--

ANEXO 4 – REDE SEMÂNTICA PARA FALHA OU AUSÊNCIA DE VEDANTE



ANEXO 5 – REGRAS DE PRODUÇÃO PARA A OPERAÇÃO DE SOLDAGEM DA EMBALAGEM (ALGUMAS DO TOTAL DE 84)

Regra 1

SE Dureza da folha = Entre 59 e 63 HR T4 Laminação invertida

E Corrente elétrica de soldagem > 21

E Estanhagem da Folha = Maior que 2,35 g/m²

E Espessura da Folha = Entre 0,17 e 0,21 mm

E Transpasse de Solda = Entre 0,40 e 0,50 mm

E Pressão de Mola <= 46.2

ENTÃO CAUSA(S) DO(S) DEFEITO(S) = Corrente elétrica alta CNF 90%

Regra 7

SE Largura do corpo com variação = Entre - 0,10mm e +0,10mm

E Transpasse de Solda = Menor que 0,40 mm

E Vinco no corpo soldado = sim

ENTÃO CAUSA(S) DO(S) DEFEITO(S) = Coroa de Solda fora do gabarito CNF 80%

Regra 8

SE Largura do corpo com variação = Entre - 0,10mm e +0,10mm

E Vinco no corpo soldado = sim

ENTÃO CAUSA(S) DO(S) DEFEITO(S) = Coroa de Solda fora do gabarito CNF 80%

Regra 9

SE Largura do corpo com variação = Menor que - 0,10mm

E Transpasse de Solda = Entre 0,40 e 0,50 mm

E Vinco no corpo soldado = sim

ENTÃO CAUSA(S) DO(S) DEFEITO(S) = Coroa de Solda fora do gabarito CNF 80%

Regra 17

SE Diâmetro da pitola do fio de cobre = Maior que 1,42 mm

ENTÃO CAUSA(S) DO(S) DEFEITO(S) = Dimensional do fio de cobre CNF 100%

Regra 39

SE Contaminação do fio de cobre com água = sim

E Isolamento térmico = Inadequado

E Controlador de temperatura = Igual a 30°C

ENTÃO CAUSA(S) DO(S) DEFEITO(S) = Isolamento térmico do sistema de resfriamento da solda CNF 60%

Regra 40

SE Contaminação do fio de cobre com água = não

E Isolamento térmico = Inadequado

E Controlador de temperatura = Igual a 30°C

ENTÃO CAUSA(S) DO(S) DEFEITO(S) = Isolamento térmico do sistema de resfriamento da solda CNF 60%

Regra 66

SE Dureza da folha = Entre 59 e 63 HR T4 Laminação invertida

E Corrente elétrica de soldagem < 19

E Estanhagem da Folha = Maior que 2,35 g/m²

E Espessura da Folha = Entre 0,17 e 0,21 mm

E Transpasse de Solda = Entre 0,40 e 0,50 mm

E Pressão de Mola >= 46

ENTÃO CAUSA(S) DO(S) DEFEITO(S) = Corrente elétrica baixa CNF 90%

Regra 71

SE Diâmetro da pitola do fio de cobre = Entre 1,34 e 1,42 mm

E Regulagem da centralização do perfilador de fio de cobre = Maior que 0,02 mm

E Largura do fio de cobre depois do perfilador = Maior que 1,90 mm

E Perfilador esta com marca acentuada causada pelo fio de cobre = Sim

E Rolamento das roldanas internas do braço de solda com circulação suave = sim

E Rolamento da roldana superior do perfilador com circulação suave = sim

ENTÃO CAUSA(S) DO(S) DEFEITO(S) = Regulagem do perfilador CNF 60%

Regra 72

SE Diâmetro da pitola do fio de cobre = Entre 1,34 e 1,42 mm

E Regulagem da centralização do perfilador de fio de cobre = Maior que 0,02 mm

E Largura do fio de cobre depois do perfilador = Menor que 1,85 mm

E Perfilador esta com marca acentuada causada pelo fio de cobre = Sim

E Rolamento das roldanas internas do braço de solda com circulação suave = sim

E Rolamento da roldana superior do perfilador com circulação suave = sim

ENTÃO CAUSA(S) DO(S) DEFEITO(S) = Regulagem do perfilador CNF 60%

Regra 81

SE Paralelismo do corpo entre início e final de solda = maior que 0,10 mm

ENTÃO CAUSA(S) DO(S) DEFEITO(S) = transpasse de solda CNF 50%

Regra 84

SE Paralelismo do aperto entre rolos da calandra de corpos = Maior que 0,1mm

ENTÃO CAUSA(S) DO(S) DEFEITO(S) = Pressão das molas da calandra de corpos CNF 100%

ANEXO 6 – REGRAS DE PRODUÇÃO PARA PROCESSO DE APLICAÇÃO DE VEDANTE (ALGUMAS DO TOTAL DE 65)

Regra 1

- SE Índice de Capabilidade CP = Menor que 1,00
- E Última manutenção mecânica = acima de 35 milhões de peças produzidas
- E Excesso de tripidação do eixo do prato = sim
- ENTÃO CAUSA RAIZ DE DEFEITO = falta de manutenção na Borracheira CNF 90%

Regra 7

- SE Sistema de bucha e rolamento estão obstruído por resíduo de vedante = não
- E temperatura da bucha da polia do eixo do prato = Igual ou abaixo de 45°C
- E Correia do motor danificada = não
- E Polia do motor com desgaste = não
- E Rotação do prato (aceleração centrípeta) = Menor que 60 Hz
- ENTÃO CAUSA RAIZ DE DEFEITO = regulagem da frequência no painel de comando CNF 90%

Regra 8

- SE Sistema de bucha e rolamento estão obstruído por resíduo de vedante = não
- E temperatura da bucha da polia do eixo do prato = Igual ou abaixo de 45°C
- E Correia do motor danificada = não
- E Polia do motor com desgaste = não
- E Rotação do prato (aceleração centrípeta) = Maior que 80 Hz
- ENTÃO CAUSA RAIZ DE DEFEITO = regulagem da frequência no painel de comando CNF 90%

Regra 13

- SE Pressão do ar comprimido separador = Menor que 2,0 bar
- E Sensor da pistola, acusa componentes ou metal = não
- E Viscosidade do vedante = Entre 2150 e 2850 cP
- E Sensor de presença de componentes, acusa componentes = não
- E Regulagem da abertura da agulha = Menor que 1,5 voltas
- E Tempo de aplicação de vedante = Menor que 0,08 seg.
- E Rotação do prato (aceleração centrípeta) = Menor que 60 Hz
- ENTÃO CAUSA RAIZ DE DEFEITO = falta de sincronismo geral do sistema CNF 100%

Regra 36

- SE Tempo de agitação do vedante = Menor que 15 mn.
- E Rotação da haste de agitação de vedante = Menor que 187 RPM
- ENTÃO CAUSA RAIZ DE DEFEITO = homogeneização do vedante CNF 90%

Regra 37

SE Limpeza do rolo aplicador de hexano, = não

E Quantidade de parafina no lubrificante = Igual a 1,250 kg a cada 200 litros de hexano

E Excesso de lubrificante SD na esteira = sim

E Manta do rolo aplicador de hexano com parafina = Maior que 3 meses

ENTÃO CAUSA RAIZ DE DEFEITO = aplicadora de parafina CNF 60%

Regra 52

SE Limpeza do Filtro de vedante antes do início do turno, = não

ENTÃO CAUSA RAIZ DE DEFEITO = não cumprimento do procedimento de início de turno CNF 60%

Regra 53

SE Diâmetro interno do bico da aplicadora de vedante = Maior que 0,8 mm

ENTÃO CAUSA RAIZ DE DEFEITO = diâmetro interno do bico CNF 100%

Regra 59

SE Quantidade de parafina no lubrificante = Maior que 1,250 kg a cada 200 litros de hexano

E Excesso de lubrificante SD na esteira = sim

E Limpeza do rolo aplicador de hexano, = não

E O rolo aplicador de parafina, está aplicando uniformemente = não

E Rotação do prato (aceleração centrípeta) = Maior que 80 Hz

ENTÃO CAUSA RAIZ DE DEFEITO = repelência do vedante CNF 50%

Regra 65

SE Variação de ar comprimido no sistema = Acima de 1,0 bar

ENTÃO CAUSA RAIZ DE DEFEITO = variação de ar comprimido no sistema CNF 100%

ANEXO 7- QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DO SISTEMA ESPECIALISTA NO PROCESSO AEROSSOL



Cargo: _____ DATA: _____

1. O programa poderá ajudá-lo (a) na investigação das causas de defeito?

SIM NÃO ACREDITO QUE SIM ACREDITO QUE NÃO

2. Você encontrou alguma dificuldade na utilização do Programa?

SIM NÃO POUCA DIFICULDADE MUITA DIFICULDADE

3. O programa abordou todas as possíveis causas de defeitos que possam ocorrer no

SIM NÃO ACREDITO QUE SIM ACREDITO QUE NÃO
processo?

4. O programa é de fácil manuseio?

SIM NÃO ACREDITO QUE SIM ACREDITO QUE NÃO

5. Você confia na informação final (conclusão da causa do defeito) dada pelo programa?

SIM NÃO ACREDITO QUE SIM ACREDITO QUE NÃO

6. Com o programa, você poderá atuar no processo com mais rapidez?

SIM NÃO ACREDITO QUE SIM ACREDITO QUE NÃO

7. O programa dará um suporte técnico para você tomar decisão quando estiver em dúvida?

SIM NÃO ACREDITO QUE SIM ACREDITO QUE NÃO

8. Você acha o programa confiável?

SIM NÃO ACREDITO QUE SIM ACREDITO QUE NÃO

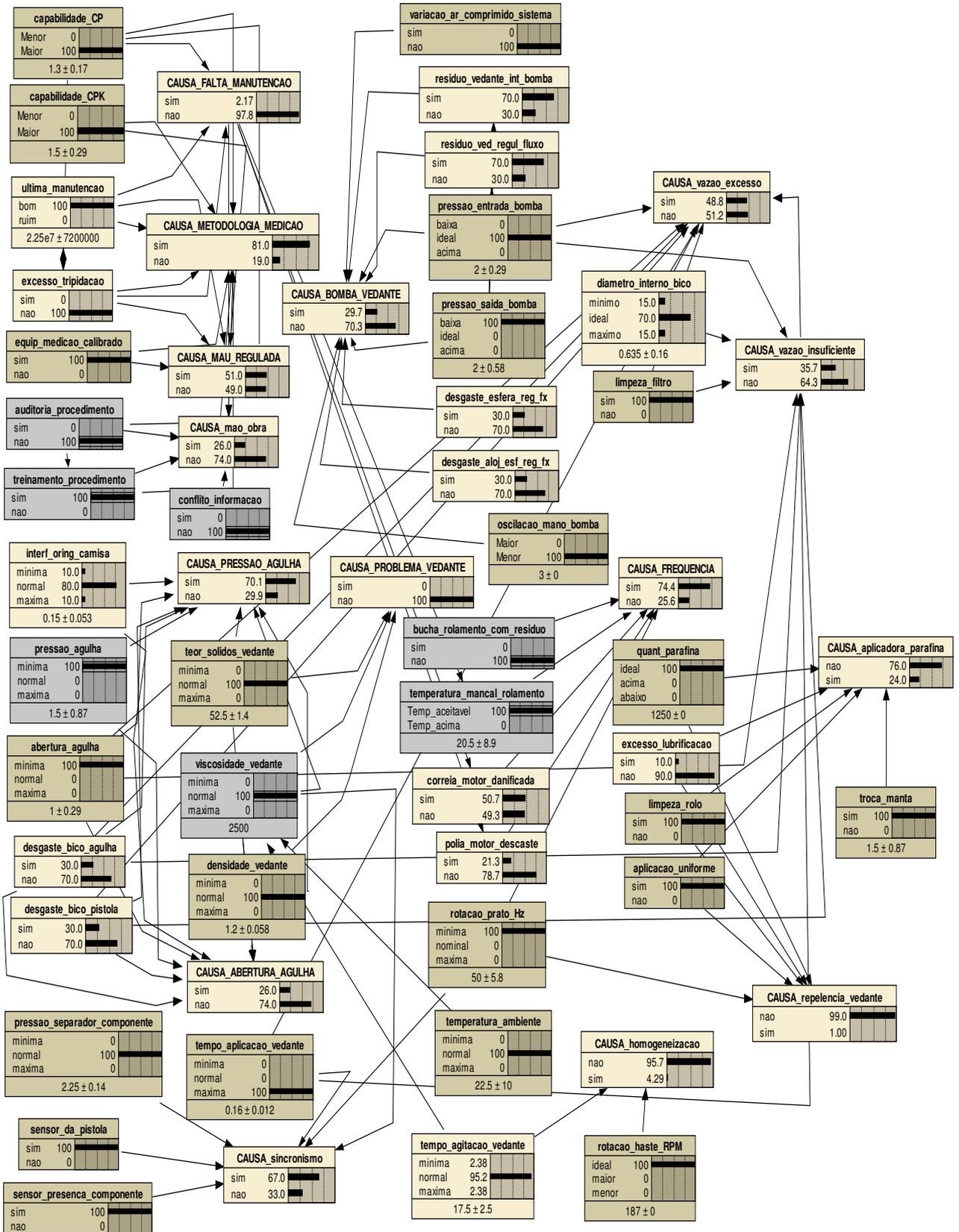
9. O programa contribui com informações novas?

SIM NÃO ACREDITO QUE SIM ACREDITO QUE NÃO

10. Você recomendaria o uso do programa para outra situação no processo?

SIM NÃO ACREDITO QUE SIM ACREDITO QUE NÃO

ANEXO 8 – RESULTADOS APRESENTADOS PELO NETICA PARA ANÁLISE DO PROCESSO DE APLICAÇÃO DE VEDANTE



ANEXO 9 - RESULTADOS APRESENTADOS PELO NETICA PARA ANÁLISE DO PROCESSO DE SOLDAGEM

