

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

THAÍS TOSETTO

ERGONOMIA E PROJETO:

Contribuições da Teoria de Solução de Problemas Inventivos (TRIZ)

SÃO CARLOS

2013

THAÍS TOSETTO

ERGONOMIA E PROJETO:

Contribuições da Teoria de Solução de Problemas Inventivos (TRIZ)

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. João Alberto Camarotto

SÃO CARLOS

2013

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

T714ec Tosetto, Thaís.  
Ergonomia e projeto : Contribuições da Teoria de Solução de Problemas Inventivos (TRIZ) / Thaís Tosetto. -- São Carlos : UFSCar, 2013.  
152 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2013.

1. Ergonomia. 2. Análise ergonômica do trabalho. 3. Projeto. 4. Teoria de solução de problemas inventivos. 5. Construção social. I. Título.

CDD: 658.542 (20<sup>a</sup>)

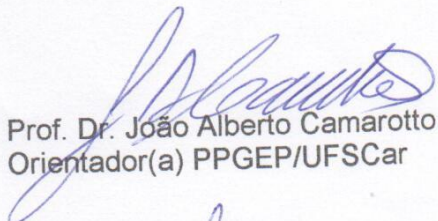


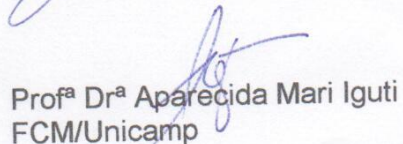
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
Rod. Washington Luís, Km. 235 - CEP. 13565-905 - São Carlos - SP - Brasil  
Fone/Fax: (016) 3351-8236 / 3351-8237 / 3351-8238 (ramal: 232)  
Email : ppgep@dep.ufscar.br

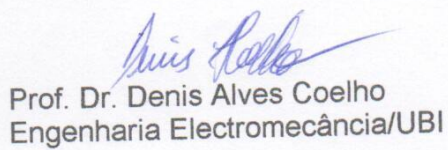
## FOLHA DE APROVAÇÃO

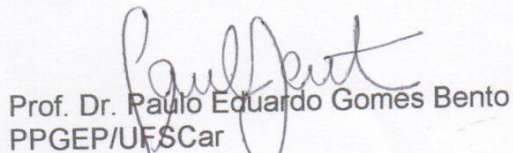
Aluno(a): Thais Tosetto

TESE DE DOUTORADO DEFENDIDA E APROVADA EM 05/09/2013 PELA  
COMISSÃO JULGADORA:

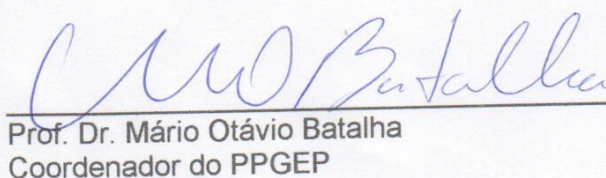
  
Prof. Dr. João Alberto Camarotto  
Orientador(a) PPGE/UFSCar

  
Prof.ª Dr.ª Aparecida Mari Iguti  
FCM/Unicamp

  
Prof. Dr. Denis Alves Coelho  
Engenharia Electromecânica/UBI

  
Prof. Dr. Paulo Eduardo Gomes Bento  
PPGEP/UFSCar

  
Prof. Dr. Alceu Gomes Alves Filho  
PPGEP/UFSCar

  
Prof. Dr. Mário Otávio Batalha  
Coordenador do PPGE/EP

*À minha mãe, à minha querida irmã e ao Manuel*

## AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento especial ao Professor João Alberto Camarotto que, com dedicação e compreensão, me concedeu a honra de orientar este trabalho de tese.

Agradeço também aos Professores Aparecida Mari Iguti, Denis Alves Coelho, Alceu Gomes Alves Filho, Paulo Eduardo Gomes Bento e Isaías Torres. Obrigada pela atenção dedicada e pelas reflexões suscitadas.

À Capes, financiadora da pesquisa.

À Claudia Muñoz que me confiou o desafio de exercer a docência na Universidad San Sebastian e à amiga Kathy, que me ajudou tão docemente nesta tarefa.

Às amigas Rosana Vieira, Tais Delaneze, Denise Ilídio e Fernanda Rillo, que renovam minhas energias a cada encontro, conversa ou mensagem.

À Daniela Lassance, que o destino permitiu encontrar e que me fortaleceu nos momentos finais deste trabalho.

À professora e amiga Yáscara, com quem sempre pude dividir as alegrias e angústias do trabalho e que muito me ensinou, através de seu exemplo.

Por fim, agradeço à minha família. Aos meus pais que sempre incentivaram meus estudos. À minha mãe, exemplo de força e superação. Ao Manuel, muito obrigada por incentivar minhas ideias e compartilhar comigo as melhores experiências e desafios! À minha irmã, Carolina, que sempre esteve presente nos momentos cotidianos e nos mais importantes. Nenhuma frase seria suficiente para expressar minha imensa gratidão a vocês.

## RESUMO

As intervenções em ergonomia demandam processos de concepção (ou reconcepção) sejam de situações, produtos, processos ou da organização do trabalho. Paradoxalmente, sua integração aos processos de projeto no cotidiano das organizações ainda é incipiente. Diversas são as razões apontadas, cujo ponto comum repousa sobre a insuficiência dos modelos e práticas em, a partir dos resultados gerados pelas análises, deflagrar processos de concepção. A partir de uma análise qualitativa, essencialmente descritiva, a pesquisa teve como objetivo a delimitação de uma abordagem integradora, através da exploração das contribuições da Teoria de Solução de Problemas Inventivos (TRIZ) e suas ferramentas ao processo de projeto em ergonomia. Sob a perspectiva da concepção, as ferramentas da TRIZ, associadas à ergonomia, podem ser aplicadas em todas as fases do processo de projeto, favorecendo e instrumentalizando a análise, a elaboração de cenários, a antecipação de conflitos e o desenvolvimento de soluções. O foco está na construção do problema, de forma a permitir a identificação e eliminação de contradições que caracterizam os determinantes do trabalho. A abordagem proposta abrange cinco pontos principais que incluem (i) a análise do sistema/problema e identificação de constrangimentos; (ii) a análise da situação em três espaços temporais (passado, presente e futuro), sob a perspectiva da idealidade; (iii) a determinação de parâmetros e contradições, através da construção de cenários; (iv) a utilização da matriz de contradições para explorar princípios inventivos relevantes; e, (v) a construção da solução, sua implementação e reavaliação. Também como resultado da pesquisa e visando instrumentalizar o processo de desenvolvimento de propostas de melhorias, é apresentada uma matriz de contradições em ergonomia, fruto da determinação de 39 parâmetros de ergonomia, que traduzem os determinantes das situações passadas e presentes, bem como os condicionantes futuros e englobam aspectos físicos cognitivos e organizacionais. Dispostos na estrutura matricial da TRIZ clássica e mantendo os princípios inventivos originais, exemplificados a partir de sua aplicação à solução de problemas em ergonomia, a matriz permite a exploração de princípios para a solução de contradições identificadas. Os resultados, materializados na abordagem e matriz propostas, constituem um ponto de partida conceitual e operativo para a integração da ergonomia aos processos de projeto.

Palavras-chave: Ergonomia, projeto, TRIZ, construção social

## ABSTRACT

The ergonomics actions demand design processes for working conditions, products, processes or working organization. However, the integration of ergonomics into the design processes of organizations is still new. Several reasons account for this, whose common point rests on the failure of the models and practices to trigger design processes from the results generated by the analysis. It is recommended that these processes are developed within a paradigm of social construction in order to facilitate the participation of social actors and stimulate cooperation and incorporation of diverse knowledge involved. From a qualitative analysis, essentially descriptive, of ergonomics and design approaches, the research aims at defining an integrated approach, from the exploration of the contributions of the Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) and its tools to design process in ergonomics. The tools of TRIZ, in the context of ergonomics, can be applied at all stages of the design process, encouraging and equipping analysis, scenario building, anticipating conflicts and developing solutions. The proposed approach covers five main points including (i) system analysis / problem and constraints identification, (ii) analysis of the situation from the perspective of ideality, comparing past, present and future. (iii) determination of parameters and contradictions by building scenarios, (iv) use of the matrix of contradictions to explore the most relevant inventive principles, and (v) thereafter, the collective construction of the solution, its implementation and reassessment. The research also proposes a matrix of contradictions along with 39 ergonomics parameters. Built on the traditional TRIZ matrix structure and keeping the original inventive principles, the matrix enables the exploration of ideas to solve the contradictions found in the course of the project. The results are a conceptual and a operative starting point for the integration of ergonomics to design processes.

Keywords: Ergonomics, design, TRIZ, social construction.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema Geral de Intervenção. Fonte: Guérin et al (2001).....	36
Figura 2. Níveis de Inovação. Adaptado de Altshuller (1999).....	42
Figura 3. O projeto como tensão entre o virtual e o real. Fonte: Béguin e Pueyo( 2001) .....	44
Figura 4. Modelo de intervenção ergonômica em projetos de transformação. Fonte: Daniellou (1992) .....	47
Figura 5. Integração entre abordagens. Garrigou et. al. (2001).....	56
Figura 6. Metodologia TRIZ. Fonte: adaptado de Marsot e Claudon (2004).....	59
Figura 7. Esquema Geral de Evolução Dirigida. Fonte: Carvalho, 2007 .....	61
Figura 8. Estrutura do diagrama multiscreen. A partir de Nelson (2011). Tradução livre.....	62
Figura 9. Passagem de uma reflexão técnica pela TRIZ para uma reflexão dos usos. Fonte: Nelson (2011). Tradução Livre. ....	63
Figura 10. Representação das nove etapas do ARIZ - 85V. Fonte: Adaptado de Carvalho (2007) .....	65
Figura 11. Ferramentas TRIZ e suas relações com EA e HF. Fonte: Autora .....	99
Figura 12. Esquema Geral de Evolução Dirigida Aplicado à Intervenção em Ergonomia. Fonte: Autora .....	100
Figura 13. Modelo de intervenção ergonômica associado à TRIZ. Fonte: Autora, a partir de Daniellou, 1992 (vide figura 4 p.47) .....	103
Figura 14. Associação da TRIZ ao modelo de integração de abordagens. Fonte: Autora, a partir de Garrigou et. al., 2001 (vide figura 5 p. 56) .....	104
Figura 15. Competência do operador e complexidade das tarefas. Fonte: Falzon e Sauvagnac (2007) .....	127
Figura 16. Representação da Matriz de Contradições em Ergonomia. Fonte: Autora .....	128
Figura 17. Representação da aba “Matriz”, com consulta à descrição de Parâmetro. Fonte: Autora .....	129
Figura 18. Representação da aba “Princípios Inventivos”. Fonte: Autora .....	129
Figura 19. Representação da aba “Parâmetros de Ergonomia”. Fonte: Autora.....	130
Figura 20. Metodologia TRIZ aplicada à Ergonomia. Fonte: Autora, a partir de Marsot e Claudon, 2004 (vide figura 6 p.59).....	135

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Princípios Inventivos. Fonte: Exemplos compilados da literatura, a partir de Altshuller (1998) e Carvalho (2007) .....	72
Tabela 2. Exemplos de Aplicação de Princípios Inventivos em Ergonomia. Fonte: Hipple et.al. (2010).....	80
Tabela 3. Relações entre Ferramentas de Projeto e Processo de Projeto. Fonte: Palmer e Morkos (2010) .....	89
Tabela 4. Estudos TRIZ e metodologias associadas. Fonte: Autora. ....	92
Tabela 5. Apresentação e Descrição dos Parâmetros de Engenharia. Fonte: Adaptado de Altshuller (1999); Mann et al (2003).....	111
Tabela 6. Abrangência dos objetivos propostos pelos instrumentos nas dimensões do trabalho. Fonte: Adaptado de Souza (2011). ....	111
Tabela 7. Estrutura e conteúdos da AET. Metodologia na solução de problemas ergonômicos. Adaptado de North (1980).....	113
Tabela 8. Esquema de Classificação para Fatores Humanos/ Ergonomia. Fonte: Karwowski (2005). Tradução livre. ....	115
Tabela 9. Exploração dos 39 parâmetros de engenharia da matriz de contradições da TRIZ, buscando conceitos de ergonomia e fatores humanos correspondentes. Fonte: Coelho (2009). Tradução livre.....	116
Tabela 10. Definição dos Parâmetros de Ergonomia em Correlação com os Parâmetros de Engenharia. Fonte: Autora.....	122
Tabela 11. Parâmetros de Ergonomia de acordo com a dimensão correspondente. Fonte: Autora .....	123

## LISTA DE ABREVIATURAS

AD (*Axiomatic Design*) - Projeto Axiomático

AET - Análise Ergonômica do Trabalho

AHP (*Analytic Hierarchy Process*) - Método Analítico Hierárquico

ARIZ - Algoritmo para Resolução de Problemas

CAD (*Computer Aided Design*) - Projeto Assistido por Computador

DfE (*Design for Environment*) - Projeto para o Meio Ambiente

EA - Ergonomia da Atividade

EBD (*Experience Based Design*) - Projeto Baseado em Experiência

ED - Evolução Dirigida

EWA - *Ergonomic Workplace Analysis*

FA (*Functional Analysis*) - Análise Funcional

FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) - Análise de Modo e Efeito de Falha

HCD (*Human Centered Design*) - Projeto Centrado no Humano

HF (*Human Factors*) - Fatores Humanos

HFE (*Human Factors and Ergonomics*) - Fatores Humanos e Ergonomia

HoQ (*House of Quality*) - Casa da Qualidade

MC - Matriz de Contradições

MPIs - Método dos Princípios Inventivos

NR17 - Norma Regulamentadora nº 17

OIT - Organização Internacional do Trabalho

PIs - Princípios Inventivos

PLM (*Product Lifecycle Management*) - Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto

QFD (*Quality Function Deployment*) - Desdobramento da Função Qualidade

TEs- Tendências Evolutivas

UCD (*User Centered Design*) - Projeto Centrado no Usuário

VE (*Value Engineering*) - Engenharia de Valor

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1 Antecedentes da Pesquisa</b> .....	<b>14</b>
<b>1.2 Problema e Objetivos da Pesquisa</b> .....	<b>22</b>
<b>1.3 Justificativa para a Pesquisa</b> .....	<b>24</b>
<b>1.4 Metodologia</b> .....	<b>25</b>
<b>1.5 Estrutura do Trabalho</b> .....	<b>26</b>
<b>1.6 Considerações</b> .....	<b>27</b>
<b>2. REVISÃO TEÓRICA</b> .....	<b>28</b>
<b>2.1 Análise Ergonômica e Processo de Projeto</b> .....	<b>28</b>
2.1.1 A Análise Ergonômica sob a Perspectiva dos Modelos de Intervenção.....	29
2.1.2 A Análise Ergonômica sob a Perspectiva de Intervenção.....	33
2.1.3 A Análise Ergonômica sob a Perspectiva de Tomada de Decisão .....	38
2.1.3.1. Referencial Comum: Concepção Coletiva e Construção Social .....	38
2.1.4 Análise Ergonômica sob a Perspectiva de Concepção .....	41
2.1.5 Incorporação da Ergonomia nos Processos de Projeto.....	48
2.1.6 Articulação de Abordagens nos Processos de Projeto.....	55
<b>2.2 Metodologia da Teoria de Solução de Problemas Inventivos – TRIZ</b> .....	<b>56</b>
2.2.1 O Princípio da Idealidade e as Tendências Evolutivas.....	60
2.2.2 Método da Separação e Análise Substância-Campo.....	63
2.2.3 ARIZ: Algoritmo para resolução de problema.....	64
2.2.4 Princípios Inventivos e Matriz de Contradições.....	65
2.2.5 Aplicações da TRIZ em Processos de Projeto .....	81
<b>2.3 Considerações</b> .....	<b>93</b>
<b>3. TRIZ E PROCESSO DE PROJETO EM ERGONOMIA: PROPOSTA DE UMA ABORDAGEM CONCEITUAL E OPERATIVA</b> .....	<b>95</b>
<b>3.1 Procedimentos de Pesquisa</b> .....	<b>96</b>
<b>3.2. Contribuições da TRIZ ao Processo de Projeto em Ergonomia</b> .....	<b>97</b>
3.2.1 Contribuições da TRIZ ao Processo de Projeto em Ergonomia, sob a Perspectiva dos Modelos de Intervenção .....	98
3.2.2 Contribuições da TRIZ ao Processo de Projeto em Ergonomia, sob a Perspectiva de Intervenção.....	99
3.2.3 Contribuições da TRIZ ao Processo de Projeto em Ergonomia, sob a perspectiva de Tomada de Decisão.....	101
3.2.4 Contribuições da TRIZ ao Processo de Projeto em Ergonomia, sob a Perspectiva de Concepção.....	101
3.2.4.1 Contribuições à Análise de Situações de Referência e à Construção de Cenários Prospectivos.....	102
<b>3.3 Abordagem Integradora</b> .....	<b>103</b>
<b>3.4 Construção da Matriz de Contradições em Ergonomia</b> .....	<b>106</b>
3.4.1 Os Parâmetros de Engenharia que compõem a TRIZ Clássica .....	107
3.4.2 Definição de Parâmetros de Ergonomia .....	111
3.4.2.1 Dimensões e Variáveis de Análise em Ergonomia .....	111
3.4.2.2 Correlação entre os Parâmetros de Engenharia e os Parâmetros de Ergonomia.....	117
<b>3.5 Matriz de Contradições Proposta</b> .....	<b>128</b>

3.5.1. Exemplo 1.....	130
3.5.2. Exemplo 2.....	131
3.5.3. Exemplo 3.....	131
<b>3.6 Considerações.....</b>	<b>132</b>
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>134</b>
<b>4.1 Introdução.....</b>	<b>134</b>
<b>4.2 Discussão Geral dos Resultados.....</b>	<b>135</b>
<b>4.3 Recorte.....</b>	<b>138</b>
4.3.1 Pressupostos escolhidos.....	138
4.3.2 Aspectos metodológicos: validade externa e generalização.....	138
<b>4.4 Perspectivas.....</b>	<b>139</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>140</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A ergonomia, cujo foco está no equacionamento de critérios de saúde e de eficácia, tem papel fundamental nos processos de projeto. Seus estudos podem suportar e fornecer informações importantes à concepção, seja de produtos, sistemas e até mesmo do projeto organizacional. Apesar de suas potencialidades e da tendência, nos processos de projeto, de mudança de orientação tradicionalmente focada nos requerimentos técnicos para a integração das necessidades e requisitos do usuário, a ergonomia é subaproveitada no cotidiano das organizações (YAMAOKA, 2011),.

Frequentemente a racionalização dos processos de concepção ocorre em detrimento da constituição de um capital de conhecimentos, da troca de “*savoir-faire*” (Bluntzer, 2011) necessários ao balanceamento dos critérios de saúde dos trabalhadores e eficácia das organizações. Esta lacuna nos apresenta a problemática da integração dos diferentes “*mundos objetos*”, descritos por Bucciarelli (1994), nos processos de projeto.

Ferramentas participativas, baseadas na análise das atividades, contribuem para que o trabalho dos projetistas vá além da operacionalidade prescritiva das tarefas (HORBERRY, et.al., 2013). Em nosso trabalho de pesquisa, nos interessamos pela instrumentalização da concepção participativa com o papel de favorecer a integração e a perenidade da ergonomia nos processos de concepção, especificamente por associar metodologias para enriquecer os conhecimentos e requisitos dos diversos atores sociais na identificação de condicionantes futuros e solução de possíveis constrangimentos.

A pesquisa refere-se à delimitação de um quadro de contribuições e aplicações da Teoria de Solução de Problemas Inventivos (TRIZ), metodologia utilizada na resolução de problemas, ao processo de projeto em ergonomia. Derivada dessas contribuições, é proposta uma matriz de contradições em ergonomia como facilitadora de sua integração aos processos de concepção. Considerando seus aportes mais específicos, tipologias de concepção e participação, nos campos da ergonomia e do projeto são abordadas neste capítulo a fim de delimitar a investigação.

## 1.1 Antecedentes da Pesquisa

Diversos estudos foram desenvolvidos com foco na participação dos usuários nos processos de projeto de sistemas de trabalho, na proposição de métodos e técnicas de análise e intervenção. No entanto, muitos estão presos às questões técnicas, como no caso das teorias de projeto ou não conseguem integrar, na prática, análise da atividade e projeto.

Um estudo de casos de intervenção em ergonomia nas empresas, realizado por Dias (2000), demonstrou que a ergonomia era pouco integrada nos processos de projeto no Brasil. Alguns estudiosos creditavam este fato à constituição das equipes, à formação baseada na segurança e na prevenção de riscos e, outros, às lacunas normativas.

Estudos recentes (Braatz, 2009; Souza, 2011; Silvério, 2011 e Rodrigues, 2012) apontam a persistência de fatores que dificultam tal integração e contribuem para uma estagnação deste quadro. Dentre eles, podemos apontar as limitações dos instrumentos de análise, das ferramentas de simulação e dificuldades na instauração de processos participativos de concepção.

Grande parte dos instrumentos de avaliação utilizados em intervenções ergonômicas, tanto por empresas de consultoria quanto por instituições de pesquisa e extensão, tem seu foco apenas na dimensão física do trabalho, desconsiderando as dimensões cognitivas e organizacionais (SOUZA, 2011). Ainda segundo a autora, a maioria das intervenções encerram-se nas etapas de análise e recomendações e poucas evoluem para o projeto.

Essa desconsideração das dimensões cognitivas e organizacionais também é destacada por Braatz (2009) como condicionante da situação futura, ao estudar a utilização da modelagem e simulação humana em projetos integrada ao processo de intervenção da Análise Ergonômica do Trabalho. De acordo com o autor, a modelagem efetuada para uma simulação jamais comportará todos os aspectos organizacionais e, principalmente, cognitivos presentes no contexto:

“um risco presente nas aplicações desenvolvidas com o uso desse tipo de ferramenta é o reducionismo da situação global, minimizando a relevância dos aspectos organizacionais e cognitivos situados no contexto e que, geralmente, não estão presentes em modelos virtuais” (BRAATZ, 2009, p. 127).

Para Silvério (2011) a limitação da participação da ergonomia nos processos de concepção deve-se ao desconhecimento dos projetistas em relação às especificidades dos trabalhadores. O autor aponta algumas condições necessárias à simulação em ergonomia, tais como a participação efetiva dos operadores, o conhecimento da atividade e seus constrangimentos e o conhecimento básico de ergonomia por todos os atores participantes.

Ao estudar a participação da ergonomia na concepção, Rodrigues (2012, p. 106) conclui que “há predominância de uma visão mais técnica na concepção de espaços e/ou situações de trabalho” e que, ao desfavorecer a construção social, não incorpora aos projetos os conhecimentos acerca do homem no trabalho.

Os estudos de Taillefer (2011) demonstram que esta não é uma realidade local. De acordo com a autora, apesar das contribuições e dos aportes positivos da ergonomia à concepção, ela é frequentemente incluída tardiamente nos processos de concepção e de maneira inapropriada.

Para Menegon (2003) a integração da ergonomia nos processos de concepção depende do desenvolvimento de instrumentos, próprios da ergonomia, que possibilitem incorporar a lógica da atividade a estes processos:

“a ergonomia não pode restringir-se a um papel de animadora do processo de projeto. Inserir-se no processo de concepção implica construir seus próprios artefatos de projeto (...) A construção técnica e a eficácia da intervenção, sob o ponto de vista da ergonomia, passa pela construção de um instrumental que lhe possibilite não só ver pelos olhos dos trabalhadores, bem como, introduzir este olhar nos processos de projeto” (MENEGON, 2003, p.200).

Além do ponto de vista da atividade, o desenvolvimento de uma abordagem de projeto que incorpore a ergonomia deve considerar o comportamento dos projetistas e as características organizacionais (Mossink, 1990) e ter funcionalidades específicas a cada etapa do projeto (NEUMANN E VILLAGE, 2012; JOHNSON e JOHNSON, 1989). A tradução dos resultados das análises em orientações para o projeto é uma questão crucial na ergonomia (DEKKER e NYCE, 2004; JOHNSON e JOHNSON, 1989 ). Ainda, sua proposta de valor, com foco em resultados de performance, deve ser destacada para os stakeholders dominantes, que têm papel decisivo nos processos de projeto, a fim de aumentar a demanda por ergonomia em projetos de alta qualidade (DUL et. al., 2012).



Encontrar formas de antecipar a evolução das situações *a priori* é outra temática presente nos processos de concepção, traduzidos nesta pesquisa pela identificação de contradições e antecipação, por parte dos atores de projeto, de conflitos futuros que podem surgir a partir das intervenções.

Estratégias de antecipação, com foco no uso, também já foram bastante estudadas. A utilização de “objetos intermediários” (Jeantet et. al., 1996; Vinck, 2009), como maquetes virtuais ou físicas e protótipos, a extrapolação de possibilidades de uso (Maline, 1994) sobre produtos existentes configuram técnicas, ou estratégias, para subsidiar tomadas de decisão no processo de concepção.

A “*análise dos usos*” designa um conjunto de métodos e instrumentos com o intuito de estudar os usos numa ótica de criação de valor pela e para concepção de produtos (Nelson, 2011, p.17). Em sua tese, o autor analisa a utilização de métodos como a teoria de solução de problemas inventivos (TRIZ), resolução criativa de problemas (CPS) e engenharia da confiabilidade em dois projetos, com o objetivo de demonstrar como podem permitir ultrapassar os limites metodológicos colocados pelo processo de concepção.

Em relação à TRIZ, objeto deste estudo, o autor conclui que, de fato, a metodologia **permite à equipe de projeto orientar a discussão** em torno do futuro do super-sistema<sup>1</sup>. No entanto, *a priori*, é excessivamente tecnocêntrica, dificultando a reflexão sobre os usos.

**A participação dos usuários nos processos de concepção apresenta diversas vantagens e é fator determinante** no sucesso da implementação de Programas de Ergonomia (Hendrick, 2001). A ideia é que, quanto mais se apoiar sobre perspectivas de atores diversos, maior será a possibilidade de compreender os usos dentro da sua complexidade (NELSON, 2011). No entanto, a integração dos diferentes “mundos objetos” apresenta algumas dificuldades, descritas na literatura de ergonomia e projeto (BUCCIARELLI, 1994; FALZON, 2007; BÉGUIN, 2007; JEANTET et al, 1996; DARSES e REUZEAU, 2007).

A concepção iterativa, expressa pelo ciclo uso - adaptação - reconcepção (Brangier e Bastien, 2006) tem no custo elevado o principal limite para sua utilização nos meios industriais (BIAS e MAYHEW, 2005).

---

<sup>1</sup> Para Altshuller todas as coisas que executam alguma função são sistemas técnicos. O sistema técnico pode ser decomposto em 3 níveis: sistema, sub-sistema e super-sistema. Ver item 2.7.1, figura 7, p.57.

Correção, concepção e prospecção são complementares no projeto em ergonomia e ocupam um mesmo *continuum* temporal: a ergonomia de correção tem como objetivo a melhora de situações existentes, a de concepção visa à otimização das escolhas durante um processo de concepção de novas situações e a de prospecção está centrada na antecipação das necessidades por produtos, sistemas, serviços e organizações compatíveis com as características humanas e sociais (BRANGIER e ROBERT 2010; 2012). A prospecção caracteriza uma análise prospectiva de situações e/ou artefatos inexistentes *a priori*, enquanto a concepção e a correção caracterizam uma análise retrospectiva de situações e/ou artefatos existentes.

É possível associar estas abordagens às etapas de um processo de concepção, no qual a fase prospectiva consiste em formular hipóteses sobre questões relevantes do projeto. Na concepção, estas hipóteses são testadas, um conceito para especificação é definido e, normalmente, um protótipo é construído e validado. Na correção, eventuais falhas são reparadas (NELSON, 2011). A prospecção em ergonomia corresponde ao nível funcional, à interpretação e tradução de requisitos. A concepção pode ser associada ao nível conceitual do projeto, onde ocorre a definição do produto e a correção, por sua vez, associa-se ao nível do produto, validação e posta em marcha.

A necessidade de se integrar a ergonomia desde as etapas iniciais dos processos de concepção é discutida por autores a partir do papel de normas e padrões de projeto (Mossink, 1990; Nael, 2011; Galley-Taylor et. al., 2011). Para os autores, projetistas e ergonomistas devem engajar-se na definição de padrões, a fim de evitar que projetistas recriem aspectos de projeto que resultaram falhos no passado. Outro ponto positivo dos padrões, destacado por Galley-Taylor (2011), está no fato de que encapsulam e transferem um conhecimento muito mais amplo do que um projetista poderia ter com base em sua experiência individual. Os autores asseveram que, ao contrário do que muitos pensam, ter que cumprir várias restrições aparentemente conflitantes pode estimular a criatividade dos projetistas.

Além do papel de normas e padrões, a integração da ergonomia aos processos de projeto é discutida a partir da associação de métodos e técnicas (North, 1980; Caplan, 1990; Karwowski, 2005) na facilitação desse processo de integração (Johnson e Johnson, 1989; Dekker et al. 2004; Zapata, 2011; Dul et. al., 2012; Neuman e Village, 2012) e na aproximação da realidade dos projetistas.

Dentre os tipos de projeto associados à ergonomia, destacam-se enquanto tendências: projeto colaborativo, projeto centrado no usuário (UCD); usabilidade; projeto universal e projeto baseado em experiência (EBD) (ACOSTA et. al., 2011). A estes projetos são associadas técnicas de modelagem e simulação humana, prototipagem rápida, ferramentas computacionais para integrar a experiência do usuário, construção de cenários e métodos como o desdobramento da função qualidade (QFD) (Acosta et al., 2011) e o projeto axiomático (AD) (KARWOWSKI, 2005).

O método TRIZ apoia-se num conjunto de instrumentos que visa estruturar a maneira de conceber um artefato, através de uma prospecção sobre suas características futuras. Esse processo desenvolve-se com base em tendências evolutivas observadas no passado e que dão origem a artefatos presentes. Estudos referentes à utilização da TRIZ em processos de projeto indicam a possibilidade de integrá-la com outras metodologias.

Houssin e Coulibaly (2011), ao analisarem a integração de normas de segurança no processo de projeto e as contradições oriundas dessa integração, propõem uma abordagem de 4 passos, onde o passo final é a resolução das contradições utilizando uma adaptação da TRIZ. Os autores pretendem apresentar um processo auxiliado por *software* em uma futura pesquisa para auxiliar os projetistas na solução das contradições.

Ghemraoui et. al.(2009) também estudaram o uso das metodologias AD e TRIZ, de forma integrada para inclusão de normas de segurança no projeto de produtos. O AD é utilizado como forma de definição dos problemas e a TRIZ é utilizada na resolução de conflitos.

Ogot (2011) busca utilizar o projeto axiomático (AD) e a TRIZ de forma complementar, potencializando os pontos fortes de cada método. O AD é utilizado de forma a diminuir o número de soluções a serem aplicadas quando uma contradição está presente.

Shirwaiker e Okudan (2011) também analisaram o uso da TRIZ e do AD, porém com foco em sua contribuição dentro de uma abordagem enxuta para projeto. O autor conclui que ambos os métodos apresentam correlação com métricas de *lean design*.

Cascini et.al. (2011) estudam a integração da TRIZ nos processos e ferramentas tradicionalmente utilizados em projetos como sistemas PLM (*Product Lifecycle Management*) e CAD (*Computer Aided Design*).

Li (2010) utiliza a TRIZ e AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para projetar sistemas de manufatura automatizados. O autor argumenta que a TRIZ é capaz de fornecer alternativas de projeto para solucionar conflitos e que o AHP oferece um sistema de suporte à decisão que permite ao projetista representar elementos quantitativos e qualitativos do processo decisório durante a seleção dos projetos.

Fitzgerald et. al. (2010) adaptaram a TRIZ para o uso na resolução de contradições entre funcionalidade do produto e impacto ambiental. Os autores indicam que a vantagem da solução baseada na TRIZ é que ela requer menos informação a respeito do projeto do produto que as soluções existentes.

Van Pelt e Hey (2011) apresentam oportunidades para integrar TRIZ e HCD (*Human Centered Design*) no desenvolvimento de produtos de consumo. Os autores apontam que uma das maiores deficiências da TRIZ é não apresentar as ferramentas para entender e apreender as necessidades dos usuários. Deficiência esta que pode ser superada pela anexação à análise ergonômica.

De Vries et al. (2011) apresentam um processo de trabalho utilizando TRIZ aplicada a grupos multidisciplinares e ao projeto de produtos eletromecânicos com estudos de caso reais. Os autores concluem que um dos principais problemas que ainda persistem é que, em grupos multidisciplinares, indivíduos trabalham em níveis de abstração diferentes e que isso pode fazer com que seja difícil chegar a um entendimento comum.

Nóbrega e Lima (2010) adaptaram a TRIZ para a inovação em gestão e negócios.

Estudos e projetos específicos demonstram a possibilidade de utilização da TRIZ na solução de problemas de ergonomia (MARSOT E CLAUDON, 2004; COELHO, 2009;2012; CARVALHO et. al., 2012).

Marsot e Claudon (2004) demonstraram como Análise Funcional, Desdobramento da Função Qualidade (QFD) e TRIZ foram aplicados no projeto de uma faca de desossa. A implementação destas ferramentas neste projeto ilustrou em que medida elas respondem às dificuldades de integração da ergonomia na concepção de produtos.

A aplicação do método de análise funcional (FA) permitiu que uma especificação funcional fosse elaborada para a confecção da ferramenta de corte. Os principais elementos de informação utilizados em sua elaboração incluíram dados técnicos e financeiros, resultados de

uma pesquisa de campo, e informações obtidas em reuniões de trabalho. Dois dos grupos funcionais identificados eram específicos para os requisitos ergonômicos. De acordo com a FA, todas as funções identificadas foram então caracterizadas e priorizadas.

A aplicação do Desdobramento da Função Qualidade (QFD) foi representada por tabelas de dupla entrada, permitindo correlações entre as entradas a serem identificadas e priorizadas. A matriz mais conhecida e utilizada é chamada de "Casa da Qualidade" (HoQ). O primeiro passo para o estabelecimento da HoQ envolve a identificação das necessidades dos usuários. A segunda etapa envolve a listagem de parâmetros de projeto, que permitirá que as necessidades previamente identificadas sejam consideradas.

O método TRIZ integrou várias famílias de ferramentas, ajudando o projetista a reformular os problemas em termos de contradições físicas ou técnicas. As principais ferramentas utilizadas na resolução dos problemas incluíram o Princípio de Separação e a Matriz de Contradições. A separação no espaço, tempo ou pela transição para um subsistema foi empregada para resolver a contradição do tipo física identificada. Além disso, a Matriz de Contradições e o Princípio da Separação foram utilizados para resolver a contradição entre o poder inicial de corte e a perda de fio (faca cega).

Os protótipos de facas com base nos conceitos propostos de lâmina intercambiável e cabo bi-material estão sendo feitos atualmente, a fim de testá-los em condições reais de trabalho e pelos utilizadores (MARSOT e CLAUDON, 2004).

Carvalho et. al.(2012) apresentam dois casos, com o objetivo de propor a TRIZ como um método colaborativo através do qual os problemas de fatores humanos podem ser resolvidos.

Em cada caso, o problema principal foi identificado primeiramente. A solução básica foi, em seguida, desenvolvida para ajudar na contenção do problema. As contradições decorrentes da solução básica foram listadas e comparadas aos princípios inventivos correspondentes da TRIZ. Os princípios foram interpretados e aplicados ao problema e, finalmente, os resultados foram testados.

Para Carvalho et. al. (2012) a aplicabilidade geral do estudo foi viável e define a base para a utilização do método TRIZ para auxiliar na resolução dos problemas de fatores humanos.

Coelho (2009; 2012) aponta a TRIZ enquanto um recurso para integração da ergonomia aos processos de projeto, especialmente em pequenas e médias empresas, as quais, por falta de recursos, muitas vezes não tem acesso ao trabalho de especialistas. O autor apresenta a aplicação bem sucedida da TRIZ na solução de problemas de iluminação e repetitividade em postos de trabalho de manufatura, utilizando a matriz de contradições e princípios inventivos apontados. Ainda, apresenta uma proposta de correspondência entre os parâmetros de engenharia da TRIZ e conceitos de fatores humanos e ergonomia. Muitos dos 39 parâmetros de engenharia da TRIZ têm repercussão nos conceitos de ergonomia, enquanto outros são de difícil correspondência (COELHO, 2009; 2012). O autor reforça que, apesar da ergonomia ser uma disciplina com seu conjunto próprio de conhecimentos, métodos e ferramentas, pode emprestar algumas ferramentas da TRIZ, uma vez que esta abordagem resolve problemas (COELHO, 2012).

Tosetto e Camarotto (2012) propõem uma correspondência inicial entre os parâmetros de engenharia da TRIZ e as 13 variáveis do *Ergonomic Workplace Analysis* (EWA). Dentre as limitações da correspondência proposta está o desbalanceamento entre muitos parâmetros e poucas variáveis, impedindo sua distribuição na matriz de contradições da TRIZ com correspondência aos princípios inventivos apontados.

A identificação e estruturação das contribuições da TRIZ ao processo de projeto em ergonomia, a partir de uma abordagem integradora e a proposta de construção de uma matriz de contradições, com base em fatores que caracterizam ou caracterizarão as situações de trabalho e que integram as dimensões física, organizacional e cognitiva da ergonomia, comumente utilizadas por ergonomistas, permite um alargamento das possibilidades de sua incorporação na concepção, resolvendo possíveis conflitos já no início dos projetos, através da utilização de princípios inventivos identificados.

Além disso, **penetra na linguagem e nas técnicas comumente utilizadas pelos projetistas. Sendo menos disruptiva, permite uma construção coletiva da situação de trabalho, aproximando os projetistas da análise de “situações de ação características”** (DANIELLOU, 2007) e da construção de cenários “*prospectivos*” de uso (BRANGIER e ROBERT, 2010; 2012).

Associar abordagens de análise e intervenção está no cerne do problema de pesquisa que é delineado a seguir.

## 1.2 Problema e Objetivos da Pesquisa

A participação da ergonomia na etapa de intervenção, nos processos de projeto de sistemas de trabalho, é caracterizada como fundamental (GUÉRIN, 2001). Apesar da existência de uma normativa a respeito do tema, a Norma Regulamentadora número 17 (NR17), cuja definição de parâmetros visa à “*adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente*” (BRASIL, 2002, p.12), a incorporação da ergonomia aos processos de projeto ainda apresenta desafios.

A incipiente integração da ergonomia aos processos de concepção é discutida tanto a partir da abordagem de fatores humanos (DEKKER e NYCE, 2004; GALLEY-TAYLOR et al, 2011; DUL et al, 2012; NEUMANN e VILLAGE, 2012) como da ergonomia da atividade (MENEGON, 2003; BRAATZ, 2009; SILVÉRIO, 2011; TAILLEFER, 2011; RODRIGUES, 2012).

Essa falta de integração, entre as dimensões consideradas no projeto e a dimensão humana em situações de trabalho, perpassa o nível organizacional chegando às situações reais de trabalho apresentando seus traços no leiaute, no dimensionamento das tarefas, dos espaços e ferramentas de trabalho.

A despeito da produção intensiva e da disponibilidade de conhecimentos acerca das mudanças operadas pelo capital, cujos reflexos são sentidos nas formas de organização do trabalho, nas técnicas e nos modelos de produção adotados, o conhecimento disponível em ergonomia, na língua portuguesa, continua escasso (FERREIRA e DONATELLI, 2011).

Essa escassez de publicações corrobora para dificultar a incorporação da ergonomia no cotidiano, tanto dos profissionais que são responsáveis por projetar o trabalho, quanto dos trabalhadores, representantes sindicais e demais interessados no tema (FERREIRA e DONATELLI, 2011). Ainda com respeito ao conhecimento disponível, as autoras apontam a discutível qualidade da produção, a falta de sintonia e coerência teórico-metodológica entre publicações e concluem que existem poucas obras de referência e de difícil acesso àqueles que se interessam pelo tema.

Inserida numa perspectiva de análise e intervenção, a pesquisa apoia-se em metodologias específicas e referenciais teóricos de Ergonomia e Projeto. Está inscrita no campo da

Ergonomia enquanto disciplina imediata e no domínio da Engenharia, mais especificamente de Concepção, na construção de uma abordagem acessível ao processo de projeto de postos e/ou situações de trabalho que integre, de fato, a ergonomia.

Nos itens precedentes e no decorrer da tese, os termos análise, processo de projeto e concepção são utilizados frequentemente. Partimos do pressuposto de que toda análise do trabalho tem por fim sua transformação positiva e, portanto, requer intervenção. A intervenção em ergonomia implica concepção, seja ela concepção inicial ou reconcepção, de postos, dispositivos, organização ou processos de trabalho. A intervenção deve ser o produto de uma construção coletiva engendrada entre o ergonomista e os demais atores do processo de concepção e requer a criação de condições suficientes que favoreçam a interação entre estes diversos atores sociais.

O processo de projeto em ergonomia refere-se ao projeto de postos, dispositivos ou sistemas de trabalho. O foco da integração dos requisitos do usuário e sua participação difere de acordo com a abordagem privilegiada. Sob a abordagem de fatores humanos o foco está nos aspectos da ergonomia física e cognitiva e a participação dos trabalhadores é fundamental na definição de padrões e parâmetros para o processo de projeto. Sob a ergonomia da atividade, o foco está na incorporação da perspectiva da atividade e o trabalhador interfere no processo de projeto.

Com relação aos diversos atores do processo de projeto, adotamos a perspectiva de Thibault (2002), a partir da qual a abordagem ergonômica tem por objetivo conceber sistemas que considerem a existência da variabilidade nas situações de trabalho que os operadores deverão gerir e, para isso, exige uma colaboração importante do pessoal envolvido no projeto. Guérin (2001) destaca a necessidade da confrontação entre os diferentes pontos de vista, dos resultados, das condições de produção e da atividade na construção da ação. Nos processos de projeto, a participação do usuário é vista como um meio para que as necessidades sejam mais bem explicitadas. Num processo de projeto em ergonomia, no qual os operadores são os destinatários, sua participação e o *status* que lhes é dado nas tomadas de decisão são condições fundamentais (DARSES e REUZEAU, 2007).

A partir dos antecedentes da pesquisa, podemos apontar que **uma abordagem de projeto que avance na incorporação da ergonomia aos processos de concepção deveria ser construída com base nas diferentes dimensões da ergonomia a serem consideradas, e sua**



**aplicação deveria envolver a participação de diversos atores sociais e fomentar a discussão da atividade futura na definição de propostas de melhoria.**

Com base no problema descrito, a **falta de integração da ergonomia nos processos de concepção**, e tudo o que isso representa em termos de consequências à construção de conhecimento compartilhado, à saúde dos trabalhadores e à produtividade das empresas, a pesquisa **tem como objetivo geral a delimitação de uma abordagem, baseada nas contribuições da TRIZ para a integração da ergonomia nas diversas fases dos processos de concepção**, e a proposta de uma matriz de contradições em ergonomia como ferramenta para a discussão de soluções, cuja viabilidade decorre da existência de um corpo de conhecimentos acumulado nas áreas de ergonomia e projeto.

A delimitação de tal abordagem depende das respostas às seguintes questões: **Quais as possíveis contribuições da TRIZ ao processo de projeto em ergonomia? Em que fases do processo de projeto suas ferramentas podem ser utilizadas? Sua aplicação é possível a partir de um paradigma específico da ergonomia da atividade ou de fatores humanos?**

Como **objetivos específicos** derivam-se: (i) discutir a concepção em ergonomia; (ii) analisar as tendências dos processos de projeto e identificar as possíveis contribuições da TRIZ às diversas etapas do processo de projeto em ergonomia; (iii) contrapor as ferramentas da TRIZ às abordagens de fatores humanos e ergonomia da atividade; (iv) analisar os componentes da matriz de contradições da TRIZ original e adequá-la à aplicação em ergonomia, e; (v) definir os parâmetros de ergonomia para compor a matriz de contradições.

### **1.3 Justificativa para a Pesquisa**

A ergonomia tem um propósito fundamental de análise e transformação positiva do trabalho, tanto em termos de saúde e conforto dos trabalhadores, como de eficácia da produção (GUÉRIN et al, 2001; IEA, 2000). Os modelos de intervenção postos em prática em ergonomia, a fim de alcançar este propósito, são insuficientes para aportar soluções diretas para problemas apresentados, devido à multiplicidade de fatores envolvidos (Aviani e Abrahão, 2007), o que justifica a **necessidade de integração com outras áreas do conhecimento**. Ao discutir a anexação de metodologias à AET, Aviani e Abrahão (2007) apontam duas perspectivas distintas, uma refere-se à complexificação dos dados a serem analisados e outra, na qual esta pesquisa é desenvolvida, reafirma a necessidade de

incorporação de outros fatores que, de fato, exercem influência nos resultados e na saúde dos trabalhadores para uma análise mais abrangente e propostas mais compatíveis com a realidade.

Em um contexto mais geral, no Brasil encontramos índices cada vez mais elevados de problemas relacionados ao campo da Saúde e Segurança no Trabalho, conforme apontam os dados de relatórios desenvolvidos pela Organização Internacional do Trabalho (OIT, 2009). Ao propor a agenda do “trabalho decente” com o intuito de promover o acesso ao emprego produtivo lastreado na igualdade de oportunidade e nos direitos ao trabalho, na proteção social e na promoção do diálogo social, os indicadores propostos pela OIT agrupam-se sob dez elementos fundamentais de trabalho decente: (i) oportunidades de emprego; (ii) salários adequados e trabalho produtivo; (iii) horas decentes de trabalho; (iv) conciliação entre o trabalho, vida familiar e vida pessoal; (v) trabalho a ser abolido; (vi) estabilidade e segurança do trabalho; (vii) igualdade de oportunidades e de tratamento no emprego; (viii) entorno de trabalho seguro; (ix) seguridade social; (x) diálogo social e representação de trabalhadores e de empregadores. Dentre os dez indicadores de trabalho decente, o que se refere ao “entorno de trabalho seguro” foi o único que não apresentou melhora dentre a série histórica (1992 a 2007) analisada pela OIT no país (OIT, 2009).

Neste sentido, a proposta de integração da TRIZ a uma abordagem de intervenção em ergonomia busca atender ao princípio de construção conjunta de um “espaço de problemas” (Daniellou, 2004), para se chegar a proposições que tomem em conta as dimensões do trabalho real, através de uma abordagem que estimule a participação dos diversos atores sociais na construção de situações futuras, na identificação e solução de contradições, favorecendo o alcance dos critérios de saúde e produtividade e contribuindo para melhora desse quadro.

#### **1.4 Metodologia**

A pesquisa aqui é classificada de acordo com as formas clássicas, do ponto de vista da natureza da pesquisa, da forma de abordagem do problema, dos seus objetivos e dos procedimentos técnicos (GIL, 1991). Quanto à natureza, a pesquisa é aplicada uma vez que objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos. Quanto à abordagem, é qualitativa, essencialmente descritiva e não requerendo uso de métodos e técnicas estatísticas.

Em relação aos objetivos, classifica-se como exploratória, pretendendo uma maior familiaridade com o problema para a proposição de um quadro conceitual com uma ferramenta adaptada, através de pesquisa bibliográfica como procedimento técnico.

A pesquisa é centrada na proposta de uma abordagem de integração, a partir de metodologias de análise e projeto, entretanto, o escopo do trabalho não inclui sua validação estatística.

### **1.5 Estrutura do Trabalho**

O documento é estruturado e apresentado em quatro capítulos. O Capítulo 1 faz uma introdução geral à pesquisa e seus subitens apresentam o problema de pesquisa, a hipótese e os objetivos e a metodologia utilizada para atingi-los. Além disso, delimita o campo de pesquisa e define os pressupostos-chave que o compõem.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão teórica de Ergonomia e Projeto. Com relação à ergonomia, apresenta nos itens iniciais a análise ergonômica sob diferentes perspectivas: modelos de intervenção, intervenção, tomada de decisão e concepção, a fim de contextualizar diferentes cenários nos quais a metodologia TRIZ pode contribuir. Além disso, descreve os fundamentos da Análise Ergonômica do Trabalho, discute o processo de construção social da intervenção e a prospecção da atividade futura. A problemática da integração da ergonomia aos processos de projeto é apresentada e discutida neste capítulo.

A metodologia TRIZ e suas principais ferramentas são apresentadas também no Capítulo 2, fechando o quadro teórico sob o qual o trabalho fora desenvolvido.

O Capítulo 3 traz a justificativa do paradigma e metodologia utilizados e detalha os procedimentos de pesquisa. Apresenta as contribuições da TRIZ de acordo com as diferentes perspectivas da análise ergonômica, apresentadas no capítulo anterior.

Como síntese de tais contribuições, é apresentada uma abordagem de integração e como decorrência de tal abordagem deflagra-se o processo de construção de uma proposta de matriz de contradições composta por parâmetros de ergonomia e que conserva a estrutura matricial e os princípios inventivos da TRIZ clássica.

No Capítulo 4 são apresentadas as conclusões, limitações e perspectivas do trabalho.

## 1.6 Considerações

Este capítulo introduz o quadro teórico no qual o trabalho de pesquisa foi desenvolvido, trazendo as principais definições e pressupostos-chave utilizados. A proposta de uma abordagem integrada, assim como o desenvolvimento da matriz de contradições, estão fundamentados nas metodologias da ergonomia e da TRIZ.

Como destacado anteriormente, ainda persistem dificuldades de integração da ergonomia no contexto industrial brasileiro e esta pesquisa propõe um ponto de partida conceitual e operativo para tal. Mais do que uma receita acabada, a ideia não é fornecer um modelo estrito, mas sim uma estrutura adaptável para: (i) incorporar a ergonomia em todo o processo de projeto, desde as etapas iniciais, (ii) delinear uma rotina para sua integração e (iii) atuar como um meio para alcançar melhores resultados.

No capítulo que segue são apresentados os métodos e modelos utilizados a fim de alcançar este objetivo. Num primeiro momento, são apresentados os fundamentos de ergonomia e as metodologias de projeto propostos pela comunidade científica internacional e delimitadas neste capítulo. Este posicionamento nos permite definir os métodos e modelos utilizados para responder nossa problemática.

## **2. REVISÃO TEÓRICA**

No caminho da delimitação de um quadro teórico de contribuições da TRIZ ao processo de intervenção, assim como na construção de uma matriz de contradições em ergonomia, este capítulo sintetiza a base de conhecimentos utilizada na condução da pesquisa, relacionando aspectos teórico-metodológicos e abordagens de Ergonomia e Projeto.

Apresenta a Análise Ergonômica sob quatro perspectivas fundamentais: modelos de intervenção, intervenção, tomada de decisão e concepção, e discute a coexistência e integração de abordagens quando o foco está no processo de projeto de melhorias.

No campo de Projeto, traz uma tipologia da concepção, métodos e ferramentas utilizadas dentro do paradigma da participação e da construção social dos processos de projeto e apresenta a metodologia TRIZ que, em conjunto com a Análise Ergonômica, delimitam os principais fundamentos desta pesquisa.

### **2.1 Análise Ergonômica e Processo de Projeto**

É sabido que a atividade de trabalho tem efeitos tanto sobre os homens (saúde, segurança, conforto e desenvolvimento de competências) quanto sobre as empresas (eficácia do trabalho, qualidade, confiabilidade, evolução dos meios de produção) (WEILL-FASSINA e RABARDEL, 2010; DANIELLOU e BÉGUIN, 2007). De acordo com a Associação Internacional de Ergonomia (IEA, 2000), a ergonomia pode ser definida como a disciplina científica que trata da compreensão das interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema, e a profissão que aplica teoria, princípios, dados e métodos a projetos que visam à otimização do bem estar humano e do desempenho global dos sistemas.

Wisner (1987) define ergonomia como sendo o conjunto de conhecimentos científicos relacionados ao homem, necessários à concepção de instrumentos, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficiência no trabalho; a arte que integra o saber tecno-científico e o saber dos trabalhadores sobre a sua própria situação de trabalho.

Segundo Falzon (2004), a maioria das definições em ergonomia contempla dois objetivos fundamentais, que são a saúde e eficácia. A eficácia dos sistemas depende da eficácia humana

e faz parte do rol do ergonômista identificar, através da análise do trabalho, as lógicas dos operadores para que se possa conceber “*sistemas adaptáveis*”.

Em suma, as análises provenientes de intervenções ergonômicas devem subsidiar processos de projeto e favorecer o alcance de critérios de saúde e eficácia. Dependendo da complexidade das situações analisadas, esses projetos irão requerer diferentes níveis de inovação, podendo ser necessária a anexação de outras metodologias aos processos de projeto.

### **2.1.1 A Análise Ergonômica sob a Perspectiva dos Modelos de Intervenção**

A ergonomia visa, a partir da compreensão, transformar positivamente o trabalho (Guérin, 2001) atendendo critérios relativos às organizações e sua performance e às pessoas (Falzon, 2004). Esta tensão entre critérios de saúde e produtividade pode ser apontada como um ponto comum entre as abordagens que são apresentadas a seguir.

Apesar de existirem diferenças nas práticas dos ergonômistas, a intervenção em ergonomia deve ser apoiada por um processo estruturado (TRAN VAN, 2010). As diferentes abordagens visam fornecer subsídios às recomendações em ergonomia e/ou aos processos de projeto. Tais subsídios podem ser oriundos de análises de observáveis da situação de trabalho ou de utilização, de normas e indicadores preestabelecidos.

Historicamente, sob um ponto de vista teórico e metodológico, desenvolveram-se duas correntes da ergonomia, ou duas principais formas de intervenção em ergonomia. Uma delas, denominada “*human factors*”, desenvolvida principalmente pelos anglo-saxões, fundada sobre o estudo, frequentemente em laboratório, das funções e capacidades dos homens para serem aplicados ao projeto de situações adaptadas, através de regras de concepção definidas. A outra, denominada “ergonomia da atividade”, desenvolvida inicialmente nos países francófonos, caracteriza-se metodologicamente pela análise de situações reais de trabalho para contribuir à transformação e concepção de situações e sistemas de trabalho. De acordo com esta corrente, o trabalho é considerado um processo de regulação que resulta de interações entre o sujeito e o meio. A partir desta análise, essencialmente qualitativa, é possível definir características fundamentais de uma nova situação de trabalho, através da compreensão dos efeitos do trabalho sobre os indivíduos e a produção (WEILL-FASSINA e RABARDEL, 2010; MONTMOLLIN, 2005).

Os autores afirmam ainda a complementaridade entre as abordagens, uma vez que a abordagem dos fatores humanos assegura uma adaptação com base nas características dos trabalhadores, independente das situações e, a ergonomia da atividade, por sua vez, assegura a adaptação às exigências das situações e do trabalho real.

Desenvolvida por Hendrick (2001), nos Estados Unidos, a macroergonomia é caracterizada por apontar à necessidade de se levar em consideração a superestrutura organizacional e seus efeitos mais ou menos diretos sobre as atividades de regulação dos trabalhadores.

Hoje em dia existe uma pluralidade de abordagens da ação ergonômica, dada à diversidade dos atores sociais e das formas de intervenção (DANIELLOU e BÉGUIN, 2007), sendo difícil determinar, na prática, os limites que definem uma abordagem e outra.

Fundamentos da abordagem da Ergonomia da Atividade, representada pela Análise Ergonômica do Trabalho são apresentados nesta pesquisa por acreditar na impossibilidade de renúncia do trabalho real, das interações entre o sujeito e o meio e de seus efeitos sobre saúde e produção. O item que segue tem o intuito de apresentar uma breve revisão destes fundamentos.

### **2.1.1.1 Fundamentos da Ergonomia da Atividade**

A proposta deste item é apresentar brevemente os conceitos fundamentais dessa abordagem da ergonomia e suas dimensões de análise do trabalho, que devem ser compreendidos e considerados durante o desenvolvimento de propostas de melhoria<sup>2</sup>.

Como apontado nos itens precedentes, para fins de análise, a situação de trabalho costuma ser observada a partir de três grandes dimensões: física, cognitiva e organizacional.

A dimensão física do trabalho tem seus fundamentos em disciplinas como anatomia, fisiologia e biomecânica e está relacionada com as exigências físicas impostas ao trabalhador pelas características das tarefas e atividades. Relaciona-se com o manuseio manual de cargas, com aspectos posturais e de dimensionamento de espaços, ferramentas e equipamentos de trabalho. Sua consideração deve garantir margens de manobra e um aumento dos espaços de regulação, permitindo a realização de ajustes por parte do operador e garantindo a eficácia energética sem ocorrência de fadiga (ABRAHÃO *et. al.*, 2009; IIDA, 2005; VIDAL, 2003).

---

<sup>2</sup> A noção de melhoria adotada é baseada em Dejours (2004).

A dimensão cognitiva relaciona-se aos processos de cognição postos em jogo nas situações de trabalho, sejam eles processos perceptivos, de memória, de resolução de problemas e de tomada de decisão. Tanto os aspectos físicos como cognitivos no trabalho, estão intimamente ligados à dimensão organizacional, ou psíquica. Esta diz respeito à esfera organizacional do trabalho, aos modelos de produção empregados, ao sistema de divisão e organização do trabalho (ABRAHÃO *et. al.*, 2009; IIDA, 2005; VIDAL, 2003).

Essas dimensões não estão isoladas no curso da ação dos trabalhadores, mas são interatuantes e tem uma capacidade de potenciação. Por exemplo, em situações de trabalho com grande demanda cognitiva, o mal dimensionamento dos espaços de trabalho pode influenciar no resultado das atividades, principalmente quando estão circunscritas a uma dimensão restrita de tempo.

Todos esses fatores interatuam na ação de trabalho e materializam-se no corpo do trabalhador, através de alterações em seu estado interno, podendo tanto ser prejudiciais à saúde física e mental, como refletir sobre os resultados do trabalho em termos de produtividade e qualidade.

Estas saídas, ou estes reflexos, são estudados em ergonomia através do conceito da função integradora da atividade de trabalho, descrito por Guérin *et. al.* (2001). De acordo com os autores, a atividade de trabalho é o elemento central que estrutura e organiza a relação entre tarefa e atividade, entre a empresa e o trabalhador e cuja relação impõe uma dupla saída com reflexos em termos de saúde e de produção.

Retoma-se aqui a importância dos espaços de regulação, também descritos por Guérin *et. al.* (2001). Para os autores a chamada carga de trabalho pode ser descrita, em ergonomia, com base nos conceitos de regulação e modo operatório. O modo operatório refere-se às distintas possibilidades de realização de uma tarefa. Para a adoção de diferentes modos operatórios, a situação de trabalho deve permitir ao operador a realização de regulações, sejam nos meios ou nos objetivos de trabalho, a fim de garantir o alcance dos resultados esperados pela empresa sem incorrer em prejuízos ao estado interno do trabalhador. Ou seja, tanto menores serão as cargas de trabalho impostas aos operadores quanto maiores forem as possibilidades, ou os espaços de regulação, existentes.

Para Wisner (1987) a noção de “carga de trabalho” se define ao nível dos constrangimentos impostos pela atividade e corresponde à intensidade do esforço físico e mental realizado pelo



trabalhador para responder às exigências da tarefa, em condições materiais determinadas que se modificam sem cessar.

A variabilidade é outra característica do trabalho muitas vezes negada ou subestimada nos processos de projeto, mas está presente nas situações produtivas (GUÉRIN *et.al.* 2001; ABRAHÃO *et.al.* 2009). Seja relativa à empresa ou aos indivíduos, a variabilidade é uma constante no trabalho e deve ser considerada com base na influência exercida sobre os espaços de regulação.

Um dos limites da abordagem ergonômica da atividade, destacado por Abrahão e Pinho (2002) refere-se ao fato de que, apesar de preconizar a consideração das dimensões físicas, cognitivas e psíquicas envolvidas nas situações reais de trabalho, a dimensão psíquica raramente é considerada nas propostas de melhorias.

Diversos instrumentos e ferramentas apresentam-se disponíveis para serem utilizados na análise dessas dimensões ou fatores (físicos, cognitivos e organizacionais), no entanto, Souza (2011) demonstra a prevalência de instrumentos que objetivam a análise da dimensão física do trabalho, tanto na teoria quanto na prática cotidiana da ergonomia no Brasil. O que realmente se faz necessário é a compreensão da atividade e a adequação dessas ferramentas e instrumentos à situação estudada.

No Brasil, os diversos aspectos a serem considerados, como o método da ergonomia da atividade, estão normatizados através da publicação da Norma Regulamentadora número 17 (NR-17). Embora controversa, seja pela sua subjetividade e ampla diversidade de interpretação (Brasil, 2002), seja pela invasão do campo da organização do trabalho (Brasil, 2002; Santos e Vidal, 2011), a publicação da norma representa a formalização da necessidade de se realizar a AET nas empresas, sob a perspectiva do trabalho real e, além disso, define parâmetros a serem adotados. A norma ainda reforça que a realização da AET tem como objetivo a modificação das situações de trabalho (Brasil, 2002), fato não constatado nos estudos de Souza (2011). De acordo com a autora, os trabalhos em ergonomia realizados pelas empresas e instituições de pesquisa no Brasil estão concentrados em análises e não em projetos.

Em suma, os fundamentos tomados em conta na análise das situações reais de trabalho devem perdurar no processo de projeto, uma vez que estarão atuantes nas atividades futuras e devem

fazer parte das escolhas de projeto. É sob essa perspectiva de intervenção e transformação do trabalho que a AET deve ser desenvolvida, assunto abordado no próximo item.

### **2.1.2 A Análise Ergonômica sob a Perspectiva de Intervenção**

A ergonomia da atividade apresenta como diferencial a análise de situações reais de trabalho. Fundada em conceitos como a diferença, ou distância- como alguns autores preferem- entre tarefa e atividade, variabilidade, regulação e modos operatórios e com uma metodologia de análise, a Análise Ergonômica do Trabalho, esta ergonomia tem demonstrado seu potencial em descrever e analisar o trabalho real, fornecendo subsídios importantes para a melhoria do trabalho, tanto em situações de concepção quanto de reconcepção.

Com base no princípio de “*conhecer o trabalho para transformá-lo*” (Guérin et al, 2001), a ergonomia aponta duas intenções fundamentais, discutidas por Dejours (2004), conhecimento e racionalidade da ação. Ou seja, desenvolver e produzir conhecimentos acerca do trabalho e transformá-lo positivamente.

É nessa lógica que, cada vez mais, a ergonomia deve inserir-se num contexto de projeto. Ou seja, a atuação do ergonomista deve deixar de estar circunscrita a uma esfera de análise e desenvolvimento de recomendações e fazer-se necessária em todas as etapas de desenvolvimento, implantação e análise da efetividade e eficácia dos projetos.

“A ação ergonômica baseia-se num conjunto de *fundamentos*, de denominadores comuns aos processos de ação ergonômica. Mas baseia-se simultaneamente na capacidade de mobilizar conhecimentos e métodos adaptados a cada situação” (DANIELLOU e BÉGUIN, 2007, p.282).

A metodologia da AET contém alguns conceitos básicos e fundamentais que devem orientar a análise das situações de trabalho, a fim de identificar os determinantes dessas situações para, a partir daí, guiar o processo de desenvolvimento de soluções.

(...) para realizar a transformação positiva das situações de trabalho (...) devemos essencialmente modelar a atividade de trabalho, (...) caracterizar de que maneira os fatores técnicos, humanos, ambientais e sociais numa situação de trabalho determinam as atividades dos operadores. (VIDAL, 2003, p.16).

Produção de conhecimento e racionalidade para a ação são intenções fundamentais da ergonomia. Prost (1994) apud Tran Van (2010) aponta uma dupla dificuldade evocada por este princípio, uma para os “homens da ciência” e outra para os “homens da ação”. Para os homens da ciência a dificuldade está na passagem da normativa para o estabelecimento de condições e definição de perspectivas para a ação, na constituição de modalidades procedimentais e instrumentais para a ação. Já para os homens da ação, a dificuldade está em construir ferramentas intelectuais capazes de validar a pertinência da orientação que adotam, de assegurar sua atualização, contextualizá-la e garantir sua eficiência.

Os ergonomistas não produzem somente conhecimento sobre o homem em situação de trabalho, mas refletem também sobre como agir para utilizar estes conhecimentos na e para a transformação e influenciar a evolução das situações de trabalho. A intervenção ergonômica é o resultado de uma construção coletiva entre os atores da intervenção e o sistema de intervenção. Intervir não é somente aportar uma metodologia externa ao sistema, mas é também interagir com os componentes do sistema (TRAN VAN, 2010).

Os ergonomistas em intervenção, assim como todos trabalhadores, são levados a analisar a situação de trabalho com as quais são confrontados para, a partir de seus conhecimentos acumulados através de “situações de ação características”, construir representações para a ação.

Sob o paradigma da ergonomia da atividade, podemos destacar uma base de conhecimentos comum utilizada na intervenção. Esses pressupostos-chave de ergonomia são entendidos como fundamentais na prática e estão bem descritos em Guérin et al (2001): a diferença entre tarefa, atividade e trabalho; a noção de variabilidade; a construção de modos operatórios; a relação entre atividade, saúde e performance; o “*savoir-faire*” dos trabalhadores e o conceito de regulação são exemplos destes pressupostos.

As etapas teóricas clássicas da intervenção em ergonomia, descritas por Guérin et al (2001) e Wisner (1987), são as seguintes:

- **Demanda**, o ponto de partida da intervenção em ergonomia. Quase sempre colocada em termos de problemas a resolver, normalmente isolados de seu contexto. Por ser advinda e representar o ponto de vista de um ou mais atores sociais, que podem ser conflitantes, deve passar por um processo de análise e reformulação a fim de melhor

definir o problema, ter em conta o conjunto dos pontos de vista, posicionar as primeiras análises e dimensionar a intervenção.

- **Proposta de Intervenção.** Após reformular a demanda são definidos os principais parceiros da intervenção e a metodologia a ser utilizada para responder à demanda.
- **Exploração do Funcionamento Geral da Empresa.** Visa aportar um conhecimento macro do funcionamento da empresa, suas características gerais, características da população trabalhadora, aspectos da produção, perspectivas de evolução, dados epidemiológicos e indicadores de produção. A partir desta análise mais macro, associada à reformulação da demanda, são construídas as primeiras hipóteses, chamadas hipóteses de nível 1, e é feita a escolha das situações a analisar.
- **Análise das tarefas e dos processos técnicos.** As tarefas são descritas a fim de compreender a racionalidade da produção, construir hipóteses para o pré-diagnóstico e direcionar as observações globais e abertas da atividade.
- **Observações globais da atividade.** Também chamada de observações abertas, correspondem às primeiras observações da situação de trabalho.
- **Pré-diagnóstico.** Visa estabelecer as relações entre as características da atividade, suas condições de execução e seus resultados. Permite formular um segundo nível de hipóteses, as hipóteses de nível 2, que guiam as fases seguintes de observações. É considerada a primeira síntese da AET e é também nesta etapa que se estabelece um plano de observação sistemática e de análises mais aprofundadas da atividade.
- **Observações sistemáticas.** São realizadas a fim de demonstrar as hipóteses, que podem ser confirmadas, refutadas e refeitas. São responsabilidades da equipe que conduz a análise, em associação com as pessoas que trabalham, recuperar o sentido da ação, seus determinantes e principais fatores restritivos.
- **Diagnóstico.** É fruto do processo de análise anteriormente conduzido e não se resume à simples interpretação dos dados da análise sistemática. Parte significativa do diagnóstico fora enunciada no pré-diagnóstico, mas não necessariamente vai confirmá-lo. A formulação do diagnóstico tem o objetivo de apreender a situação de trabalho, apresentar as estratégias utilizadas pelos operadores a fim de contribuir para mudanças nas representações. Ao final da análise da atividade, em uma ou várias situações, o

ergonomista vai propor um diagnóstico específico e outro global. O diagnóstico específico, também conhecido como local, constitui uma síntese dos principais fatores que devem ser abordados nessas situações e pode ser caracterizado como um quadro explicativo de problemas e causas e busca contribuir para uma nova representação da situação. O diagnóstico global, ou geral, por sua vez, consiste numa demonstração precisa do diagnóstico local e caracteriza uma extensão do olhar para um conjunto mais amplo de problemas na empresa. Busca uma inter-relação entre a situação-problema e a organização. O diagnóstico provê subsídios ao processo decisório, com relação ao planejamento e execução das transformações necessárias.

A figura 1 esquematiza as etapas clássicas da intervenção em ergonomia:

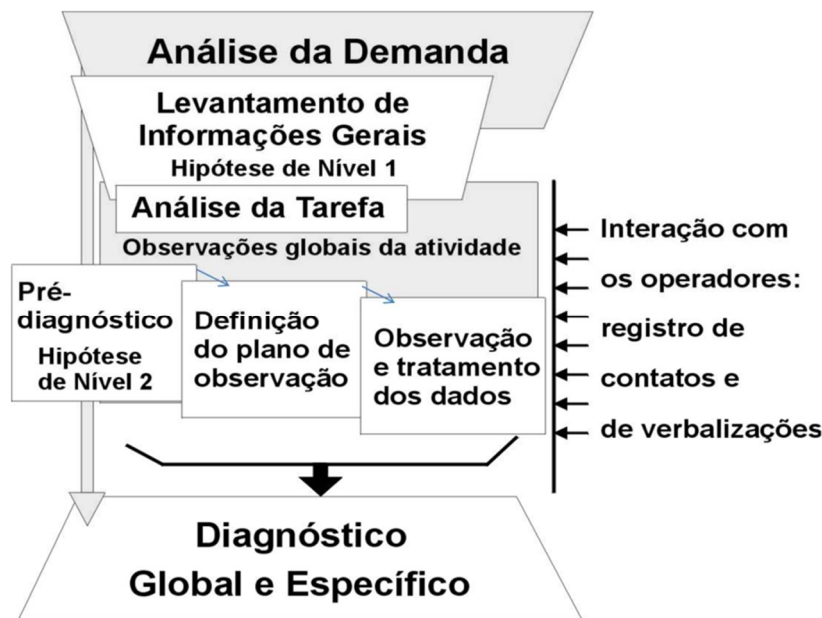


Figura 1. Esquema Geral de Intervenção. Fonte: Guérin et al (2001).

O modelo geral de intervenção em ergonomia descrito por Guérin et al (2001) permite uma formalização estrutural da intervenção e, além de essencial ao seu desenvolvimento, permite a construção de um referencial operativo comum. No entanto, está voltado à lógica de compreensão do trabalho. Daniellou (2007) propõem um alargamento deste modelo para sua adequação à lógica da transformação. O autor acrescenta ao modelo, basicamente, 4 etapas:

- **Avaliação da viabilidade da intervenção.** Uma etapa pragmática de avaliação das condições de intervenção.

- **Negociação da proposta de intervenção.** Etapa fundamental que destaca os processos de negociação desde as etapas iniciais da intervenção e confere o caráter de co-construção entre os diversos atores da empresa.
- **Validação do Diagnóstico.** Caracteriza uma etapa de construção de mecanismos de circulação do diagnóstico realizado, orientada à transformação das situações.
- **Negociação e acompanhamento das soluções propostas, seguida de realização, avaliação e adaptação.** Este alargamento posiciona os ergonomistas como atores dos processos de concepção, que devem permanecer atuantes na implementação das recomendações propostas.

A intervenção não é resultado somente do trabalho dos ergonomistas, mas produto de uma construção coletiva engendrada entre este e os demais atores do processo de concepção. No entanto, a intervenção não pode atingir seus objetivos sem a criação de condições suficientes que favoreçam a interação entre estes atores sociais, que devem ser envolvidos nos processos de concepção (MARTIN, 1998; JEANTET, 1996).

Para além das situações concretas de trabalho, as representações e os modelos de gestão também são tidos como objetos da intervenção. Inicialmente, podemos apontar a transformação da situação de trabalho como objeto da intervenção, uma vez que as situações de trabalho representam o espaço de realização da atividade dos trabalhadores. No entanto, além de agir sobre as situações de trabalho, a intervenção também deve permitir uma mudança nas representações que os diversos atores sociais têm a respeito do trabalho, a fim de favorecer a apropriação das transformações.

Os modelos de gestão também devem constituir objeto da intervenção, uma vez que vão garantir a integração de fato da ergonomia na empresa. Para Tran Van (2010), uma das vias futuras de desenvolvimento da ergonomia situa-se na ação dos ergonomistas sobre os modelos de gestão das empresas.

É desejável a continuidade do trabalho do ergonomista após diagnóstico, no acompanhamento da transformação das situações de trabalho. De acordo com Guérin et al (2001), nessa fase compromissos são efetuados e, nem sempre, um projetista consegue avaliar sozinho as consequências desses compromissos sobre a atividade dos operadores.

Ao entrarmos no terreno das transformações, tomadas de decisão devem ser feitas e a análise ergonômica também pode suportar esse processo. A construção social do projeto tem uma dupla função: de uma parte, permite a mobilização dinâmica de diversos atores e favorece a participação, de outra, favorece a confrontação dos pontos de vista.

### **2.1.3 A Análise Ergonômica sob a Perspectiva de Tomada de Decisão**

A tomada de decisão nos processos de projeto pode ser dividida em 3 categorias, de acordo com as condições em que é realizada: certeza, risco ou incerteza. Como a maioria das tomadas de decisão dá-se sob parcial incerteza, uma maneira de torná-las efetivas é basear a decisão em experiências passadas e utilizar a criatividade e inteligência para ajustá-la à situação (O'FLYNN e WALDMANN, 2011).

A análise ergonômica pode orientar a decisão do grupo de atores do processo de projeto (LANDRY, 2008). Aqui, a construção de um referencial comum torna-se fundamental para o desenvolvimento tanto das competências da equipe como do projeto em si.

#### **2.1.3.1. Referencial Comum: Concepção Coletiva e Construção Social**

Os modelos de desenvolvimento de projeto em engenharia normalmente visam otimizar produtos e processos e não integram os trabalhadores numa perspectiva de concepção coletiva.

Pahl e Beitz (1996) consideram que o projeto é uma atividade de engenheiros, que aplicam seus conhecimentos para a resolução de problemas técnicos. A atividade de projetar tem uma perspectiva descendente, na qual são considerados aspectos técnicos, fatores de custo e qualidade do produto. Ergonomia e organização do trabalho exercem pouca influência no processo de projeto.

Para Pugh (1996), projetar é um processo iterativo no qual cada estágio pode ser repetido e revertido inúmeras vezes de acordo com as mudanças que virem a ocorrer durante o processo de projeto. Para o autor, uma abordagem na qual o processo de projeto é desenvolvido por grupos têm maiores chances de sucesso, no entanto, a participação do usuário final dá-se por meio de pesquisas de mercado que buscam identificar suas necessidades para incorporá-las ao projeto, descaracterizando uma participação efetiva.

Norman (1990) também considera que o projeto deve ser centrado no usuário e emanar de suas necessidades. Para o autor, um bom projeto deve considerar a simplicidade de uso e de entendimento e ser eficiente nas suas funções.

Embora considerem a participação dos usuários, em algum estágio e em algum nível, estas abordagens não configuram um processo de concepção coletiva. As abordagens de projeto em ergonomia devem ir além da otimização de produtos e processos e considerar o desempenho humano, o custo da atividade para o operador (WISNER, 1987).

A atividade de concepção coletiva é também uma ocasião de troca, de compartilhamento e de confrontação entre diferentes pontos de vista que permite um processo dialógico de aprendizagem cruzada e que favorece a evolução das representações dos diversos atores sociais envolvidos.

Uma vez que abordamos o trabalho de concepção enquanto um processo de construção social (Bucciarelli, 1994), do qual participam diversos atores, com diversas representações sobre o trabalho, devemos esclarecer a noção de “referencial comum para a ação” inscrita nos trabalhos coletivos (BARTHE e QUÉINNEC, 1999).

O trabalho coletivo, em ergonomia, pode ser definido como todo trabalho em que atividades são realizadas, direta ou indiretamente, por vários operadores (TRAN VAN, 2010). No trabalho coletivo, os atores podem exprimir diferentes formas de cooperação, que variam de acordo com as diferentes situações e com o grau de compartilhamento dos objetivos das tarefas a serem realizadas.

Essas distintas formas de cooperação podem ser caracterizadas como: cooperação, colaboração, coordenação e negociação (DE LA GARZA, 1998; 1999).

A **cooperação** é o processo pelo qual os operadores efetuam um trabalho em comum. Implica a orientação de diversos atores para um mesmo resultado. O processo de cooperação pode ou não ser prescrito pelo sistema (DE LA GARZA, 1999; BARTHE e QUÉINNEC, 1999). Na cooperação, não é necessário o compartilhamento de meios pelos operadores, mas estes devem trabalhar sobre um mesmo objeto ou sobre um objeto próximo (MAGGI, 2005).

Maggi (2005) define a **coordenação** como a regulação da ação cooperativa. A coordenação implica um ordenamento de comportamentos, ações e decisões, compartilhados por



operadores ou equipes de trabalho de especialidades diferentes, intervindo sobre um mesmo objeto.

A **colaboração** permite identificar diferentes atitudes de cooperação entre os atores (TRAN VAN, 2010). Para De La Garza (1999) a colaboração é uma forma de estratégia, um método de coordenação que depende de confiança mútua e do conhecimento do trabalho do outro.

A **negociação** é uma condição necessária para o exercício do trabalho coletivo (DE LA GARZA, 1999). Refere-se ao tratamento dos conflitos nas interações, à gestão de compromissos. Processos de negociação e argumentação se desenvolvem em vista de definir uma solução aceitável por todos.

Essas distintas formas de cooperação requerem dos atores a noção de um “referencial comum para ação”, ou seja, a construção de representações compartilhadas para agir coletivamente (TRAN VAN, 2010).

O trabalho coletivo requer a construção de um referencial operativo comum, o compartilhamento de conhecimentos e competências necessários à ação e, também, de representações para a ação.

As representações para a ação são resultados da atividade dos trabalhadores que antecipam seu trabalho, assim como os resultados, sobre a base de representações que construiu a respeito da atividade. São processos ativos de tomada de conhecimento e de apropriação da situação e do meio. Essas representações são individuais, na medida em que dependem das competências de cada um, e dinâmicas, pois evoluem de acordo com os reflexos das interações entre o sujeito e o meio (WEILL-FASSINA et. al., 1993; TRAN VAN, 2010).

Para agir, os trabalhadores constroem representações para a ação. Nos processos de análise e projeto estão envolvidos, num trabalho coletivo, diversos trabalhadores com diferentes “mundos objetos”, que devem ter representações compartilhadas da situação e da atividade de trabalho, devem construir um “referencial operativo comum”.

A noção de referencial operativo comum foi descrita por Terssac e Chabaud (1990), com base na noção de referencial comum criada por Leplat (1988). Esse referencial é operativo na medida em que serve à preparação e realização da ação projetada (TRAN VAN, 2010).

A construção de um referencial operativo comum depende da troca de conhecimentos, competências e saber-fazer necessários à ação. Para Tran Van (2010) esse referencial deve

levar em conta todo conhecimento que cada um deve ter em relação ao trabalho do outro e do sistema sobre o qual a ação incidirá.

O trabalho coletivo é intermediado por diálogos entre os diversos atores. Alguns objetos intermediários (Jeantet et al, 1996) podem ser utilizados para facilitar o processo de comunicação e o intercâmbio necessário de informações, conhecimentos, competências e saber-fazer.

Os objetos intermediários tem o duplo objetivo de ligar os atores ao objeto de concepção, e também de ligar os atores entre si. Além disso, também desenvolvem um papel dentro dos processos de objetivação progressiva que caracterizam os processos de concepção (JEANTET et al, 1996). São companheiros do trabalho coletivo em concepção e fazem parte dos meios fundamentais do trabalho coletivo (TRAN VAN, 2010).

Para alcançar estes objetivos é necessária a criação de espaços propícios dentro dos processos de concepção. É nesse contexto que insere-se a proposta de anexação da TRIZ à ergonomia nos processos de projeto, enquanto um objeto intermediário, suporte de ações reflexivas que sustentam o processo de desenvolvimento de melhorias em ergonomia.

O trabalho coletivo em concepção faz necessária a abordagem da atividade futura de trabalho. O próximo item traz o tema do paradoxo das ações de concepção, descrito por diversos ergonomistas, com destaque para os trabalhos de Daniellou (2007) que tratam das atividades futuras de trabalho, fundamentais nos processos de concepção.

#### **2.1.4 Análise Ergonômica sob a Perspectiva de Concepção**

Problemas e disfunções encontrados nas situações de trabalho têm sua origem na concepção e são influenciados pelos modelos, pelas representações de trabalho internalizadas pelos projetista. Conceber de modo a ampliar os espaços de regulação e oferecer margens de manobra exige uma abordagem inovadora.

Antecipar o que possa constituir um risco à saúde dos trabalhadores ou às organizações é fundamental numa perspectiva de concepção. No entanto, o objeto de análise passa a ser o desconhecido, a situação futura. Estratégias de construção de cenários e simulações devem constituir e apoiar esse processo.

### 2.1.4.1 Concepção Inovadora

Ao abordar a “concepção inovadora”, Béguin e Pueyo (2011), tratam da consideração do trabalho nos projetos de concepção enquanto uma variável de escolha. Para os autores, trata-se de agir não só na concepção, mas sobre sua *démarche*, uma vez que os efeitos deletérios sobre a saúde dos trabalhadores sempre remetem aos processos de concepção.

Com relação à inovação, vale destacar a classificação em 5 níveis proposta nos estudos de Altshuller (1969; 1999). O nível 1 corresponde à resolução de problemas rotineiros, limitado à solução de problemas bem descritos e sem alteração do estado da técnica. O nível 2 também não apresenta mudanças significativas e caracteriza-se como uma pequena melhoria efetuada em um sistema já existente. O nível 3 compreende a resolução de contradições e caracteriza uma melhoria essencial em um sistema já existente. O nível 4 corresponde à criação de um novo paradigma tecnológico e o nível 5 caracteriza uma nova descoberta científica. Os níveis de inovação e sua composição no total de inovações são representados pela figura 2.

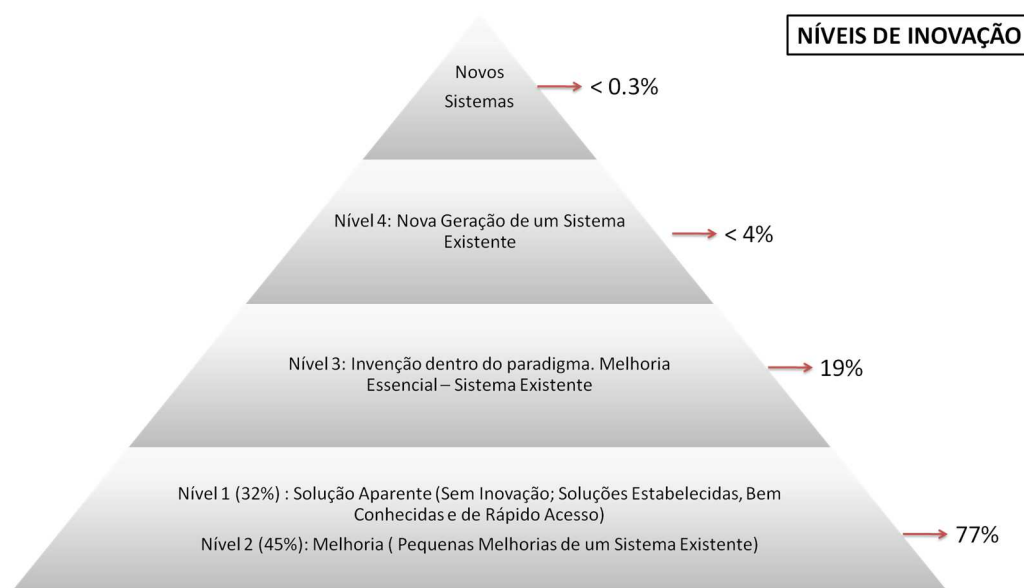


Figura 2. Níveis de Inovação. Adaptado de Altshuller (1999)

Para ter níveis mais altos de inovação em intervenções ergonômicas, é necessária a construção de um referencial comum no qual o trabalho real seja central.

A cristalização, a plasticidade e o desenvolvimento são orientações fundamentais e estão descritas abaixo, a partir de Béguin e Pueyo (2011):

A **cristalização** significa que todo artefato cristaliza uma representação, ou um modelo, do utilizador e de sua atividade. Se esta representação é falsa ou insuficiente, implica dificuldades de utilização. Essas representações não se limitam às dimensões físicas, mas também cognitivas e psíquicas.

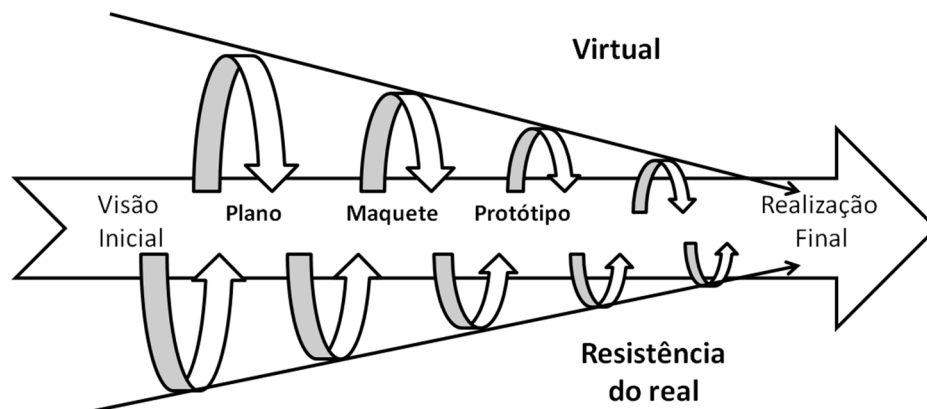
A manipulação, pelos projetistas, de representações e modelos sobre o trabalho ou o trabalhador é uma dimensão estruturante do processo de concepção e sua negligência conduz a uma série de dificuldades. Devem-se modificar as etapas de concepção, a fim de que as necessidades dos trabalhadores sejam levadas em conta.

Enquanto a cristalização diz respeito à necessidade de uma melhor modelagem da atividade, uma série de estudos empíricos demonstra que o real do trabalho sempre ultrapassa estes modelos, uma vez que o trabalho prescrito não corresponde ao trabalho real.

A **plasticidade** refere-se às margens de manobra e aos espaços de regulação, ou seja, os processos de concepção devem levar em conta, tanto do ponto de vista da eficácia produtiva quanto da saúde dos trabalhadores, conceber sistemas suficientemente plásticos, que permitam diferentes graus de liberdade para a realização da atividade, o que Daniellou (2004) denomina de “espaços de atividade futura possíveis”. Ou seja, a ideia da eficácia dos dispositivos não repousa somente sobre os artefatos, senão também sobre a atividade das pessoas.

O **desenvolvimento**, ou modelo desenvolvimentista, postula que, em função das aprendizagens do operador, o projetista deve revisar suas escolhas iniciais. Em situações de trabalho, este modelo também coloca em jogo relações de saberes e poderes. Trata-se aqui de aceitar e considerar os trabalhadores enquanto atores legítimos do processo de concepção e as produções dos projetistas enquanto proposições que devem ser validadas pelos trabalhadores.

Conduzir um projeto é garantir uma transição entre uma vontade relativa ao futuro e uma realização concreta, colocando em ressonância as esferas do virtual e do real para fazê-las convergir. Esta asserção é representada pela figura 3, adaptada de Béguin e Pueyo (2001):



**Figura 3. O projeto como tensão entre o virtual e o real. Fonte: Béguin e Pueyo( 2001)**

O processo de ação ergonômica deve favorecer a confrontação entre os diversos pontos de vista. A caracterização do estado inicial, dada pelo diagnóstico, a definição do estado-objetivo e a natureza do processo a implementar deve ser uma co-produção entre ergonomista e demais atores (DANIELLOU e BÉGUIN, 2007).

#### **2.1.4.2 Concepção: Situações de Referência, Atividade Futura e Simulação**

A abordagem da atividade futura tem o papel de superar as dificuldades associadas ao paradoxo da concepção. Através da análise de situações existentes, chamadas de situações de referência, é possível identificar variabilidades e possíveis conflitos que poderão exercer influência sobre a atividade futura e, a partir daí, definir alguns requisitos de projeto. Além disso, as informações obtidas a partir da análise das situações existentes e da prospecção das atividades futuras podem compor os cenários de simulação.

Projetos em engenharia ou ergonomia podem ser caracterizados como concepção ou reconcepção. De acordo com Bluntzer (2011), a concepção inicial consiste na invenção e na concepção de um produto material ou imaterial ou um novo processo e pode ser caracterizada como criativa ou inovadora. Já a reconcepção consiste em melhorar ou otimizar algum parâmetro já existente. Ainda de acordo com o autor, a concepção de produtos e processos industriais pode ser caracterizada como uma amálgama de concepção e reconcepção.

As escolhas de concepção determinam, em grande parte, as condições de execução às quais os trabalhadores serão submetidos. Frequentemente, decisões de investimento são tomadas sem um bom conhecimento da variabilidade que realmente existe nos locais de trabalho e das

estratégias empregadas pelos operadores para enfrentá-la (DANIELLOU, 2007). O autor destaca a importância das “*referências para a concepção*” para que seja possível comparar as escolhas de projeto a tudo o que está fora das situações normais de funcionamento. Ainda segundo o autor, essas referências podem ser descritivas, prescritivas ou de procedimento.

As referências “descritivas” assinalam as formas de variabilidade prováveis no futuro sistema e expandem a lista das situações de ação características que os operadores terão de gerir.

As referências “prescritivas” são encontradas nas áreas em que o estado dos conhecimentos encontra-se suficientemente estabilizado para ser possível prescrever um resultado, como dados antropométricos e de biomecânica.

As referências “de procedimento” são aquelas através das quais o ergonomista prepara a sequência de sua intervenção, assinalando as etapas de sua metodologia e indicando os recursos que serão necessários para essas etapas. Ele estrutura anteriormente suas interações futuras com os outros atores da concepção.

No momento da concepção, as atividades futuras não são conhecidas, o que requer métodos que favoreçam a antecipação das consequências das escolhas de projeto. Embora não seja possível prever em detalhes a atividade futura, é perfeitamente possível antecipar “o espaço das formas possíveis de atividade futura” (Daniellou, 2007), uma vez que as escolhas de projeto podem aumentar ou reduzir as margens de manobra, as possibilidades de regulação.

A análise de situações de referência visa permitir tanto a identificação de estruturas invariantes da atividade dos operadores, bem como de formas de variabilidade suscetíveis de aparecerem no futuro sistema (DANIELLOU, 2007). Essa identificação permite determinar “Situações de Ação Características” futuras prováveis, classes de situações que os operadores deverão gerir no futuro.

Estas situações de ação características podem ser construídas através de cenários de simulação que visam permitir a confrontação de conhecimentos e representações dos diversos atores, a fim de possibilitar, por sua vez, uma exploração do “campo das possibilidades” e a redução de incertezas no processo de projeto (BÉGUIN e WEILL-FASSINA, 2002).

**A análise das situações de referência possibilita aos atores a identificação de características suscetíveis de compor a situação futura e que deverão ser geridas no curso da ação, permitindo prever as margens de manobra deixadas ao operador.**

Para Duarte (2002), à medida que as hipóteses de soluções técnicas vão sendo emitidas, é possível ir introduzindo simulações que permitam prever as principais características do trabalho futuro.

Segundo o autor, para a realização das simulações é necessário que haja um recenseamento de situações características efetuado em locais de referência, que existam suportes que representem as futuras instalações (plantas, maquetes, protótipos, software de simulação, etc.) e que pessoas com competências diversas participem da simulação.

As simulações devem atuar como um instrumento que possibilita a troca entre os atores envolvidos, contribuindo para uma reflexão sobre a situação a conceber. Segundo Daniellou (2007) “as simulações permitem aos operadores ‘provar a solução’, no duplo sentido de colocá-la a prova e de experimentá-la” (p.313).

Béguin e Weill- Fassina (2002) caracterizam a simulação como uma ferramenta para o projetista, que a insere em um projeto de realização de um objeto ou de concepção de uma situação potencial. As simulações permitem evidenciar não só dificuldades possíveis de serem encontradas pelos operadores quando buscam assegurar a produção ou a qualidade, como também os riscos que eles poderiam correr (DUARTE, 2002).

Através da constatação das dificuldades, as simulações permitem que ajustes sejam realizados no início do projeto. Para que a constatação das dificuldades e as alterações sejam realizadas é preciso destacar que as simulações não se resumem a perguntar aos operadores presentes sua opinião sobre as situações que lhes são apresentadas. Béguin e Weill- Fassina (2002) ressaltam a importância do *status* que se dá ao operador durante essas simulações. É necessário que a simulação remeta não ao desempenho, mas ao processo de trabalho, às suas características e às suas dificuldades.

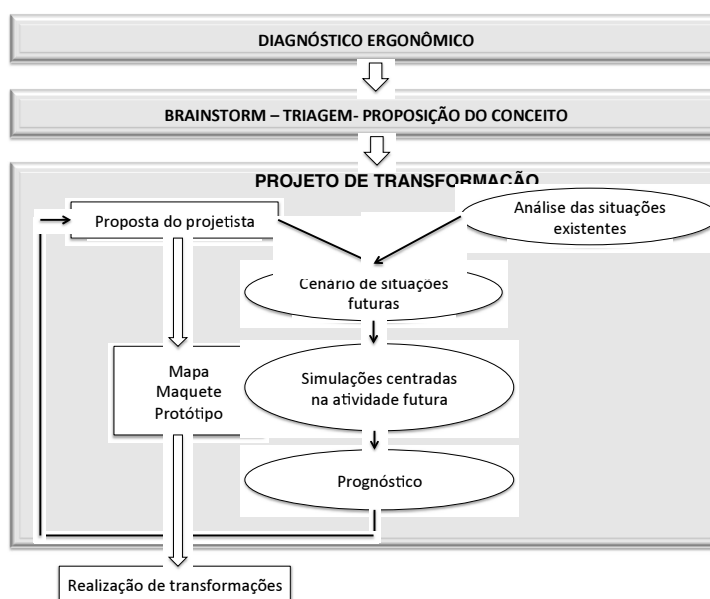
Para Folcher e Rabardel (2007) o projeto não deve encerrar nas especificações uma vez que a concepção prossegue no uso. Para elucidar essa teoria, os autores fazem uma diferenciação entre funções constituintes e funções constituídas, atribuídas aos artefatos. As funções constituintes são aquelas previamente definidas para as quais os artefatos são concebidos. As funções constituídas são elaboradas no uso:

A concepção deve visar a criação de espaço de possibilidades, no interior das quais a atividade dos usuários possa se desdobrar, por um lado, para a atividade produtiva, de acordo com a variabilidade e a singularidade das situações e, por outro lado para a atividade construtiva, permitindo e

facilitando o desenvolvimento pelo sujeito dos objetos, recursos e condições de sua atividade (FOLCHER e RABARDEL, 2007, p.220).

Um ponto teórico fundamental, colocado por Daniellou (2007), é a impossibilidade de prever a atividade futura em detalhes. O papel da simulação é aproximar a atividade futura dos utilizadores e identificar os problemas suscetíveis de surgir em termos de saúde ou de eficácia. Não se trata de prescrever uma boa forma de se realizar as tarefas, mas sim de avaliar quais são as formas possíveis da atividade futura e se elas são aceitáveis segundo os critérios da ergonomia. Há que se considerar a possibilidade dos operadores desenvolverem estratégias que não foram previstas, no entanto, dentro daquelas circunstâncias previsíveis, deve existir ao menos um modo operatório aceitável para realizar as tarefas.

A figura 4, abaixo, representa um modelo de intervenção proposto por Daniellou (1992):



**Figura 4. Modelo de intervenção ergonômica em projetos de transformação. Fonte: Daniellou (1992)**

A estruturação dos processos de concepção deve favorecer também a interação entre a definição dos objetivos da ação e a busca de soluções (DANIELLOU, 2007). O método de resolução de problemas proposto pela TRIZ também leva em consideração o projeto “ideal” e favorece o recenseamento de “situações de ação características”. **Uma abordagem que incorpore a ergonomia, associada à TRIZ, aos processos de projeto, visa: permitir a elaboração do cenário ideal, favorecer a análise de situações de referência e o delineamento das “situações de ação características” futuras prováveis; identificar e**



**solucionar contradições futuras, fontes de constrangimentos, que poderiam ser minimizadas ou desconsideradas nos processos de concepção; uma abordagem da situação futura que favorece a construção de representações, a negociação de soluções e a correção de possíveis conflitos futuros, um “suporte reflexivo”.**

A integração da ergonomia nos processos de projeto é discutida no item que segue.

### **2.1.5 Incorporação da Ergonomia nos Processos de Projeto**

Há muito pouca literatura científica sobre como integrar a ergonomia nos processos de projeto de sistemas de trabalho (NEUMANN e VILLAGE, 2012). Falhas no processo de projeto podem resultar em condições de trabalho empobrecidas e contribuir com o aumento do risco de doenças osteomusculares. Há uma interação contínua entre o projeto do sistema de trabalho, as condições físicas e psicológicas de trabalho e a performance do sistema.

A ergonomia tem papel fundamental na otimização do bem-estar e do desempenho, desde o projeto de produtos até o projeto organizacional. Apesar de seu potencial, a ergonomia ainda é subaproveitada no cotidiano das organizações. Dentre as razões deste subaproveitamento estão: (a) o desconhecimento de seu valor por parte dos envolvidos no projeto e dos tomadores de decisão que, portanto, não demandam a ergonomia; (b) em determinadas áreas, como produtos ergonômicos, saúde e defesa, apesar de valor reconhecido, a ergonomia provê soluções sub-ótimas uma vez que sua participação no processo de projeto é bastante limitada; (c) seu campo é muito pequeno quando comparado às disciplinas mais tradicionais de projeto como engenharia e psicologia. Além disso, (d) sua base multidisciplinar é apontada como uma fraqueza, há uma diversidade de temas, pontos de vista e práticas dentro da ergonomia, resultando numa comunicação não clara com o mundo externo (DUL et.al, 2012).

Para Neumann e Village (2012) é fundamental encontrar maneiras de integrar a ergonomia em cada estágio do desenvolvimento do projeto como parte das rotinas regulares da organização.

Estudos revelam uma prática da ergonomia focada, fundamentalmente, em questões a nível do posto de trabalho e não a nível do sistema, no qual as decisões críticas são tomadas. Intervenções no ambiente de trabalho devem ser multifatoriais, apropriadas por e objetivando toda a organização, além de estarem presentes nos estágios iniciais dos processos de projeto, onde seu impacto é mais significativo.

A integração da ergonomia nos processos de projeto de sistemas de trabalho tem sido amplamente solicitada pela necessidade de incrementar resultados tanto em termos de condições de trabalho como da performance dos sistemas. Embora amplamente solicitada, essa abordagem ainda é bastante incomum na prática (NEUMANN e VILLAGE, 2012).

A incorporação da ergonomia ao final do processo de projeto torna difícil a implantação de mudanças significativas, uma vez que os orçamentos já foram alocados e a maioria das decisões críticas já foram tomadas.

Ainda, a integração tardia da ergonomia também pode estar relacionada ao seu posicionamento dentro das organizações. Muitas vezes integrada aos departamentos de Saúde e Segurança Ocupacional, as questões relativas à performance são minimizadas. Para alcançar ambos os resultados, condições de trabalho e performance, sua integração deve ocorrer em todos os estágios do processo de projeto. Ferramentas e metodologias complementares são requeridas e, especialmente, as organizações precisam operar mudanças nos processos de desenvolvimento para que a ergonomia seja aplicada proativamente (NEUMANN e VILLAGE, 2012).

Neste processo de integração, é dado destaque à participação e engajamento de grande parte dos *stakeholders*, alcançados através da ligação entre os objetivos de performance e condições de trabalho. A integração da ergonomia é facilitada quando os outros atores entendem que ela pode contribuir com a sua agenda e para o alcance dos seus objetivos estratégicos.

O desenvolvimento da ergonomia dentro das organizações requer que suas contribuições sejam significativas para os atores envolvidos e que seja aplicada na prática diária, incorporada às estruturas organizacionais, mesmo que isso implique na criação de novas estruturas, se necessário. Dull et.al. (2012) reforçam que a incorporação da ergonomia ao processo de projeto depende da demanda por ergonomia pelos *stakeholders*. Para eles, quatro grupos de *stakeholders* podem ser identificados: atores, especialistas, tomadores de decisão e influenciadores.

Os atores são aqueles que fazem parte do sistema ou são direta ou indiretamente afetados pelo projeto, ou, ainda, afetam sua performance. Podem ser trabalhadores ou usuários de produtos ou serviços. Os especialistas detêm conhecimentos profissionais específicos, os tomadores de decisão interferem nas decisões de aquisição, implementação e uso do sistema. Mídia,

governos e organismos de normalização integram o grupo dos influenciadores que tem interesse público no projeto de produtos e sistemas.

Cada grupo de *stakeholders* tem suas necessidades e pontos de vista sobre as contribuições da ergonomia. Enquanto uns privilegiam o bem-estar, outros privilegiam a performance, portanto, o valor percebido também é diferente por cada grupo.

Outro fator importante no desenvolvimento da percepção do valor da ergonomia reside nos relacionamentos que as comunidades de ergonomia desenvolvem com os *stakeholders* (DUL et. al., 2012). Há notável desbalanceamento entre o relacionamento com influenciadores do sistema em termos de bem-estar e de performance. Como resultado deste desbalanceamento, a ergonomia tem uma proposta de valor menos desenvolvida em relação aos *stakeholders* dominantes (especialistas e tomadores de decisão), ao passo que há uma proposta de valor mais desenvolvida e relações mais fortes com os chamados *stakeholders* dependentes (atores). Em consequência, há uma maior demanda por ergonomia advinda dos *stakeholders* dependentes e pouca demanda dos dominantes. Como os dominantes têm papel decisivo nos processos de projeto, a ergonomia deve reforçar tanto a sua proposta de valor com foco em resultados de performance, como sua comunicação e relacionamento com estes grupos de interesse, bem como com os influenciadores do sistema, a fim de aumentar a demanda por ergonomia em projetos de alta qualidade (DUL et. al., 2012).

A ergonomia deve ser capaz de se comunicar, desenvolver parceria e educar os *stakeholders* dominantes e isso exige que os especialistas em ergonomia possam traduzir e integrar os objetivos da ergonomia nas estratégias, políticas e ações destes.

Em ergonomia, muita ênfase é colocada sobre o uso de uma abordagem sistemática de projeto, no entanto, projetistas frequentemente não trabalham, ou trabalham apenas em parte, de acordo com os procedimentos. Esta realidade da prática dos projetistas, em muitos casos, resulta na não incorporação da ergonomia nos processos de projeto. (MOSSINK, 1990). Para o autor, a incorporação da ergonomia nos processos de projeto depende, em grande parte, de um interesse pessoal do projetista e da maneira como negocia com esta.

Muitas das metodologias de projeto apresentam uma estrutura de fases, na qual os primeiros estágios consistem em uma análise dos problemas, seguidos da determinação de conceitos, refino de conceitos e projeto detalhado. Realização, implementação e utilização completam o

processo (JOHNSON e JOHNSON, 1989). No entanto, na prática, esta sequência nem sempre ocorre e os estágios podem ter diferentes prioridades.

De acordo com Mossink (1990) tal estrutura sequencial é conflitante com o comportamento dos projetistas em vários pontos. Um deles refere-se à ênfase dada à análise do problema: os projetistas exploram o problema em termos de tentativas de soluções, eles aprendem sobre o problema na medida em que tentam solucioná-lo. A definição do problema não se encerraria nos estágios iniciais, mas continuaria durante o processo de projeto.

Outro conflito está no número de alternativas geradas: os projetistas costumam gerar uma alternativa e trabalhar sobre ela, enquanto as metodologias geram várias soluções possíveis antes da escolha de uma. A experiência prévia do projetista tem grande relevância e o conceito de solução é frequentemente gerado com base em poucos aspectos de características básicas do sistema a ser projetado.

Além disso, os projetistas são relutantes em adquirir e incorporar novas informações ao projeto, especialmente quando esta informação não se encaixa nos conceitos de solução que têm em mente (MOSSINK, 1990).

Problemas referentes ao contexto organizacional também estão presentes nos processos de projeto e estão relacionados à cooperação multidisciplinar, às diferentes interpretações do problema e aos objetivos individuais ou departamentais.

É necessário o desenvolvimento de uma **abordagem de projeto que incorpore a ergonomia, o operador, considere o comportamento dos projetistas e as características organizacionais.**

Para atender à prática dos projetistas, ferramentas de análise devem ter funcionalidades específicas a cada etapa do projeto. Johnson e Johnson (1989) definiram tais funcionalidades requeridas em cada etapa, a saber:

Na etapa de definição dos requisitos deve possibilitar a identificação das necessidades dos usuários e exigências das tarefas, fornecer os requisitos de interface e a base para confrontar estes requisitos com os usuários finais de uma forma não-técnica. A fim de que as informações obtidas sejam levadas em conta na fase de especificação, estas devem ser fornecidas em uma variedade de formatos para que os projetistas possam escolher o formato mais adequado.

Na implementação e validação, a análise das tarefas deve fornecer um conjunto de tarefas de referência a ser testado. Espera-se que, tendo permeado as etapas anteriores de concepção, os problemas tenham sido previamente identificados, então uma nova análise deve ser o ponto de partida para fornecer dados a futuros projetos ou para reprojeto, além de contribuir para a análise de usabilidade.

Dentre outros fatores para a não incorporação de requisitos de ergonomia ao processo de projeto, é dada relevância a um provável prolongamento dos prazos de desenvolvimento, frequentemente estreitos, e conseqüente incremento de custo. Outro ponto de destaque refere-se à forma e disponibilidade dos conhecimentos em ergonomia, que não seriam adequados a uma aplicação sistemática na prática dos projetistas. Estes requisitos deveriam fazer parte do passo-a-passo de métodos estruturados de projeto.

**As ferramentas devem ser versáteis e flexíveis, capazes de serem integradas às diferentes abordagens e métodos estruturados e em todas as etapas do processo de projeto.**

Neumann e Village (2012) propõem uma abordagem pragmática para iniciativas de integração, a fim de estabelecer uma rotina ao longo do processo, além de estabelecerem indicadores e métricas. Oito passos são propostos: (1) mapeamento cognitivo, (2) mapeamento do processo, (3) workshops, (4) definição dos requisitos de projeto integrando a ergonomia, (5) análise do modo de falhas e seus efeitos (FMEA), (6) ferramentas virtuais de ergonomia, (7) treinamento e educação e (8) trabalho de desenvolvimento em chão de fábrica. Cada passo é descrito abaixo, a partir dos autores:

O **mapeamento cognitivo** é uma ferramenta utilizada em operações de pesquisa e gerenciamento de negócios para determinar objetivos estratégicos, facilitar a tomada de decisão e resolver problemas complexos. O resultado de sua aplicação é um mapa com 60 a 120 conceitos, gerados através de entrevistas individuais com perguntas abertas. As respostas são representadas por conceitos, relacionados entre si através de setas direcionais.

Os mapas individuais podem ser mesclados em mapas do grupo. A ideia desta ferramenta é fazer com que, através da visualização, diversos conceitos sejam relacionados. Com relação à integração da ergonomia, a utilização do mapeamento cognitivo tem um triplo resultado: fornece aos gestores uma maior compreensão do alinhamento da ergonomia com suas estratégias; permite ao ergonomista compreender como pode contribuir para alcançar os

objetivos destes gestores e, com os mapas de grupo, auxilia a negociação de um consenso e compromisso entre as partes na definição das ações.

Se o objetivo é integrar a ergonomia aos processos de projeto, o **mapeamento de processo** é fundamental para a compreensão de como o processo de projeto é organizado. Sua aplicação permite reunir informações dos diferentes atores num mapa, similar ao mapeamento cognitivo, ilustrando as diversas fases de concepção e as decisões críticas em todo o processo de projeto. Constitui um objeto intermediário que auxilia a focar a discussão da equipe nos pontos nos quais as decisões críticas são tomadas e onde a ergonomia pode ser melhor integrada. Esta abordagem pode melhorar o pensamento dos times sobre ergonomia em dois momentos: primeiro, a partir de discussões durante a criação do mapa de processo de projeto e, segundo, durante a aplicação do mapa em um workshop (NEUMANN e VILLAGE, 2012).

Os **workshops**, por sua vez, devem garantir um contexto participativo, no qual os atores estejam envolvidos no desenvolvimento e aplicação de novas ideias, propiciando uma compreensão mútua para a ação. São utilizados para promover a tomada de decisão, com base no conhecimento adquirido, podendo ter o formato de workshops, reuniões de planejamento, eventos de kaizen ou similares. Caracterizam oportunidades de aprendizado, trocas de informação, tanto para trabalhadores como para gestores e podem estimular diversos esforços para o desenvolvimento da ergonomia dentro da empresa. Estruturados para gerar planos de ação, os autores sugerem que esta abordagem de workshops é mais sustentável que a criação de comitês específicos de ergonomia, uma vez que envolve diretamente os gestores e demais interessados (NEUMANN e VILLAGE, 2012).

A **definição de requisitos de projeto, integrando a ergonomia**, parte do pressuposto que as considerações em termos de ergonomia devem fazer parte, de maneira formal, das etapas iniciais do processo de projeto, uma vez que, tendo várias restrições a cumprir, é pouco provável que os projetistas considerem espontaneamente a ergonomia em suas opções de projeto. Somente a presença de “padrões corporativos” não é suficiente para ter a ergonomia incorporada aos processos de projeto, estes padrões e requisitos precisam de uma rotina para sua aplicação .

A análise dos modos de falha e seus efeitos (**FMEA**) é uma técnica que permite identificar possíveis problemas de qualidade no projeto de produto ou processo. Existem estudos em andamento para desenvolver uma abordagem que incorpore uma HF\_FMEA em FMEAs de

qualidade, a fim de alcançar tanto melhorias no projeto de produtos e processos, como em critérios de saúde na fase de projeto (NEUMANN e VILLAGE, 2012).

A utilização de **ferramentas virtuais** podem ser úteis no processo de projeto, especialmente no caso de atividades futuras, nos quais ainda não há um sistema e humanos a observar. As novas tecnologias de simulação, incluindo a realidade virtual, são excelentes oportunidades para incorporar a ergonomia nos estágios iniciais de planejamento do sistema. Apesar de disponíveis há muitos anos, sua incorporação no meio industrial dá-se de forma lenta e muitas vezes exclui considerações de ergonomia.

**Treinamento e educação** tem sido aspectos importantes nas iniciativas de incorporação da ergonomia. Embora a formação, por si só, não promova muita mudança no trabalho dos projetistas, associada à implementação de novas rotinas, deve auxiliá-los a trazer novos conhecimentos para sua prática cotidiana.

O trabalho de **desenvolvimento em chão de fábrica** tem a função de evitar a repetição de falhas já identificadas em processos de projeto e pode assumir a forma de “lições aprendidas”, revisões de requisitos de projeto, mudanças de processos e procedimentos ou a adoção de novas técnicas de avaliação.

A necessidade de se definir indicadores e metas reside no fato de que o feedback sobre ergonomia tende a ser limitado tanto para os projetistas, quanto para os tomadores de decisão estratégicos. Indicadores como absenteísmo e doenças, além de inespecíficos, sofrem de um atraso em relação aos dados de produtividade ou indicadores de risco. Tanto o atraso como a atenuação do feedback, tendem a inibir a aprendizagem dos projetistas. Essa falta de feedback, muitas vezes isola suas consequências para o sistema e perpetua o desconhecimento dos projetistas para lidar com a ergonomia em seu trabalho, dados de outras ferramentas, como FMEA, podem ser utilizados para relacionar os critérios de ergonomia com outros indicadores num sistema de métricas já existente (NEUMANN e VILLAGE, 2012).

Embora apresente uma abordagem pragmática visando à integração da ergonomia aos processos de projeto, ela carece de ferramentas específicas a cada etapa do processo de projeto que permitam a construção do problema de maneira estruturada e o desenvolvimento de propostas de solução para o mesmo. O resultado do mapeamento cognitivo, primeiro passo da abordagem proposta, é a geração de uma ampla gama de conceitos, que pode chegar a 120, o que representa uma ruptura inicial com a atividade real dos projetistas, conforme já

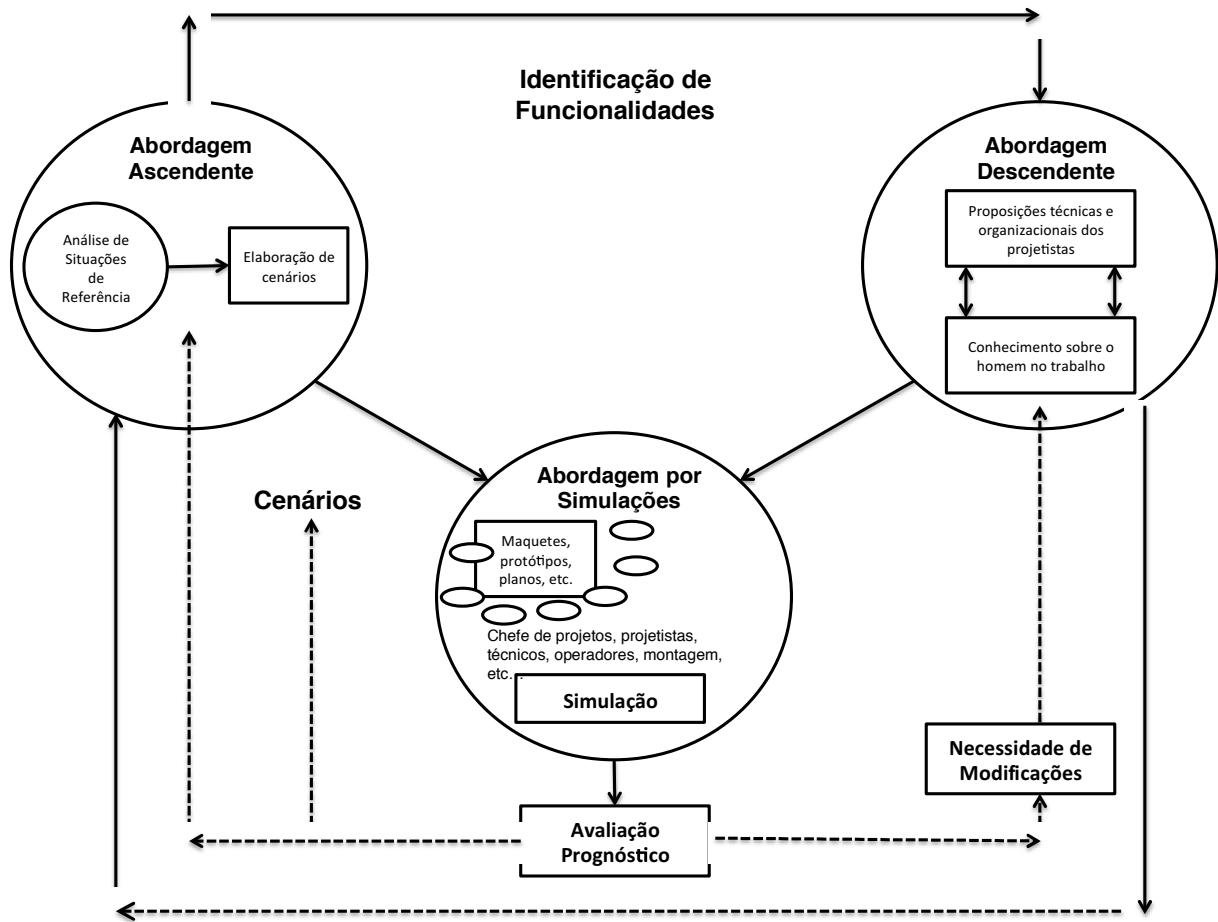
apontado por Mossink (1990). Além disso, a proposta sequencial restringe a flexibilidade e também é conflitante com o comportamento dos projetistas (Johnson e Johnson, 1989; Mossink, 1990). Apesar de indicar a possibilidade de incorporação da ergonomia em cada passo, não explicita de que maneira pode ser viabilizada.

É necessário promover alterações nos processos de projeto pelos quais os sistemas de trabalho são desenvolvidos, iniciando pela delimitação de um quadro conceitual e operativo para a integração da ergonomia à rotina dos processos de projeto, ou seja, como e onde pode-se integrá-la. Com esse propósito, a articulação de abordagens é discutida.

### **2.1.6 Articulação de Abordagens nos Processos de Projeto**

Diante da necessidade de construção coletiva e da importância da elaboração de cenários, Garrigou et.al. (2001) propõem a articulação de três tipos de abordagem ao longo do processo de projeto em ergonomia, representadas pela figura 5. Uma abordagem descendente, na qual, a partir de seus conhecimentos, o ergonomista vai interagir com os outros atores do processo de projeto a fim de enriquecer a definição dos objetivos, assim como favorecer uma reflexão sobre as escolhas tecnológicas e organizacionais. No entanto, uma abordagem baseada apenas no apelo aos experts (descendente) não é suficiente para apreender a complexidade das situações de trabalho e a diversidade de situações de uso. A fim de enriquecer tal abordagem, propõe-se a conjugação de uma outra, ascendente, que incorpora situações de referência. Aqui, interações com diversos atores permitem caracterizar diferentes situações de uso e de gestão de variabilidades. Tais descrições irão compor os chamados cenários de atividade futura, utilizados de diferentes maneiras, de acordo com as etapas do projeto. Esta abordagem, do tipo ascendente, enriquece a descendente e alimenta a abordagem por simulação, na medida em que faz emergir as necessidades dos usuários em termos de funcionalidades do futuro sistema, características de equipamentos e também em termos organizacionais e de formação. Já a abordagem por simulações tem o objetivo de produzir prognósticos com as dificuldades que os operadores poderão encontrar na atividade futura. Prognósticos desfavoráveis podem dar lugar a modificações. Esse processo leva em conta grupos de trabalho multidisciplinares a fim de favorecer a mobilização de competências.





**Figura 5. Integração entre abordagens. Garrigou et. al. (2001)**

A ideia central é contribuir com a construção social, no seio de projetos que permitam a participação de uma diversidade de lógicas. Não há uma linearidade a ser seguida, mas sim a articulação entre as abordagens ao longo e nas diversas etapas do projeto. Um dos desafios está na estruturação de processos nos quais a ergonomia também possa influenciar escolhas e tomadas de decisão, a partir de um enriquecimento da noção de eficácia.

É com base nesse desafio que é apresentada a metodologia da Teoria de Solução de Problemas Inventivos, cujas ferramentas podem auxiliar na estruturação desses processos, facilitando assim a integração da lógica da atividade pelos demais atores.

## 2.2 Metodologia da Teoria de Solução de Problemas Inventivos – TRIZ

TRIZ é o acrônimo em russo para "Teoria de Solução de Problemas Inventivos", também traduzido por Teoria da Solução Inventiva de Problemas por alguns autores. Desenvolvida por Genrich Altshuller, apresenta um conjunto de ferramentas a serem utilizadas para a resolução

de problemas de maneira estruturada. Inicialmente aplicada à problemática de engenharia, atualmente, é amplamente utilizada para inovação sistemática em uma variedade de setores.

Como apresentado brevemente na Introdução, esta metodologia já foi adaptada e empregada na resolução de problemas em diversas áreas do conhecimento, inclusive há apontamentos para sua utilização na solução de problemas em ergonomia (Marsot e Claudon, 2004; Coelho, 2009, 2012; Carvalho, 2012). A ideia central é de que conflitos entre parâmetros/requisitos podem ser identificados através de uma análise detalhada do problema e solucionados a partir da aplicação de alguns princípios identificados, chamados princípios inventivos.

As principais ferramentas que compõem a TRIZ são apresentadas neste item, a fim de explorar, posteriormente, suas **possíveis aplicações ao processo de projeto em ergonomia: em que fases do processo de projeto podem ser aplicadas? Quais as contribuições? É possível integrá-la a uma abordagem específica em ergonomia? Sua aplicação é possível a partir do paradigma da ergonomia da atividade ou de fatores humanos?**

Os métodos para ideação podem ser classificados em intuitivos, sistemáticos e heurísticos (CARVALHO, 2007). Os métodos intuitivos derivam de uma pequena estruturação do processo de ideação e são baseados em estudos psicológicos sobre a criatividade. *Brainstorming*, questionários, *checklist* e *Lateral Thinking* estão nesta categoria.

Os métodos sistemáticos, por serem mais estruturados, são caracterizados como mais adequados que os intuitivos na solução de problemas complexos. Podemos apontar como exemplos desta categoria: Análise de Valor, Método Morfológico e Análise e Síntese Funcional (CARVALHO, 2007). De maneira geral, estes métodos buscam a decomposição de problemas em subproblemas para se chegar numa solução.

Já os métodos heurísticos, nos quais a TRIZ está incluída, são baseados em regras e padrões do processo criativo. A classificação da TRIZ enquanto método heurístico está fundada na utilização de métodos estruturados para a solução de problemas com a finalidade de reduzir o papel da intuição e o número de possíveis soluções obtidas através de outros métodos como o *brainstorming*, por exemplo. As heurísticas para a solução de problemas derivam da abstração e compilação das melhores formas de resolvê-los, através do estudo de patentes em diversas áreas do conhecimento (CARVALHO, 2007; ALTSHULLER, 1999).

Um fator diferencial para a escolha da TRIZ enquanto fundamento desta pesquisa reside no fato de que, embora possa ser implementada por computadores, foi desenvolvida para utilização humana, ou seja, adéqua-se à premissa de contribuir para o compartilhamento do “*savoir-faire*” dos diversos atores sociais envolvidos no processo de projeto.

A passagem da identificação dos determinantes para o desenvolvimento de soluções adaptáveis não é um processo trivial, como já apontado. Soluções que dêem conta da complexidade do trabalho não são encontradas em referências bibliográficas, mas podem ser desenvolvidas a partir de soluções encontradas em áreas análogas do conhecimento.

A Teoria de Altshuller define os problemas inventivos como sendo aqueles onde a solução causa o aparecimento de novos problemas, fato comum no desenvolvimento de projetos em ergonomia.

O desenvolvimento da metodologia começou com a hipótese de que o processo de criação e inovação é regido por princípios universais. A pesquisa iniciou-se em 1946 e se estendeu por 50 anos. Durante este período, mais de dois milhões de patentes foram analisadas e classificadas de tal forma a identificar um conjunto de princípios inventivos e tendências evolutivas comuns a um amplo domínio de conhecimento. Atualmente, diversos estudos dão continuidade ao desenvolvimento da teoria e de suas aplicações.

Em seus estudos, Altshuller (1999) identificou leis objetivas na evolução dos sistemas técnicos. A partir da constatação de que a evolução dos sistemas técnicos não é um processo aleatório, classificou oito padrões de evolução.

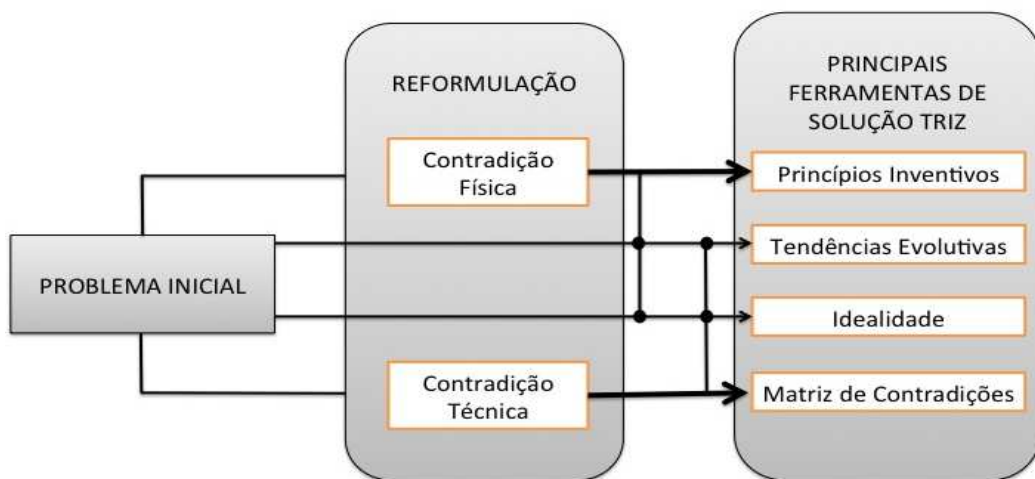
Tais padrões podem ser utilizados tanto na concepção de novos sistemas quanto na resolução de problemas. De acordo com sua teoria, a invenção se dá a partir da remoção de uma contradição técnica com a ajuda de certos princípios.

Os resultados da TRIZ podem ser aplicados para a solução de problemas tanto no campo da engenharia como de áreas não técnicas. O desenvolvimento da criatividade, a solução de problemas de inventividade de qualquer nível de dificuldade e a prospecção do desenvolvimento de sistemas, assim como a exposição de problemas e tarefas nos processos de projeto e a sistematização do conhecimento, são funções da TRIZ.

A TRIZ integra várias famílias de ferramentas que ajudam o projetista a reformular o seu problema em termos de contradições físicas ou técnicas.

Uma **contradição física** aparece quando duas características contraditórias são requeridas pelo mesmo parâmetro. Este tipo de contradição destaca o caráter de um problema insolúvel à primeira vista. Já a **contradição técnica** é gerada quando dois parâmetros do sistema se opõem um ao outro, ou seja, uma melhoria em um que conduz a uma deterioração do outro (MARSOT e CLAUDON, 2004).

Sumarizando os resultados da pesquisa de Altshuller, a TRIZ reconhece que sistemas evoluem na direção da idealidade, basicamente superando contradições através da aplicação das ferramentas propostas, de forma independente ou em combinação, com adição mínima de recursos, de acordo com a figura 6 (ALTSHULLER, 1999).



**Figura 6. Metodologia TRIZ. Fonte: adaptado de Marsot e Claudon (2004)**

Empresas como Procter & Gamble, Ford Motor Co, Boeing, Samsung e Philips são apontadas como utilizadoras da TRIZ na resolução de problemas complexos (NOBREGA e LIMA, 2010). Além disso, estudos apontam a evolução de sua utilização com sucesso em pesquisas biomédicas, em gerenciamento de empresas e no desenvolvimento de *softwares*.

Para clarificar a metodologia e as ferramentas utilizadas nesta pesquisa, seguem descritos: o princípio da idealidade e as tendências evolutivas, o método da separação e a análise substância-campo, os princípios inventivos e a matriz de contradições.

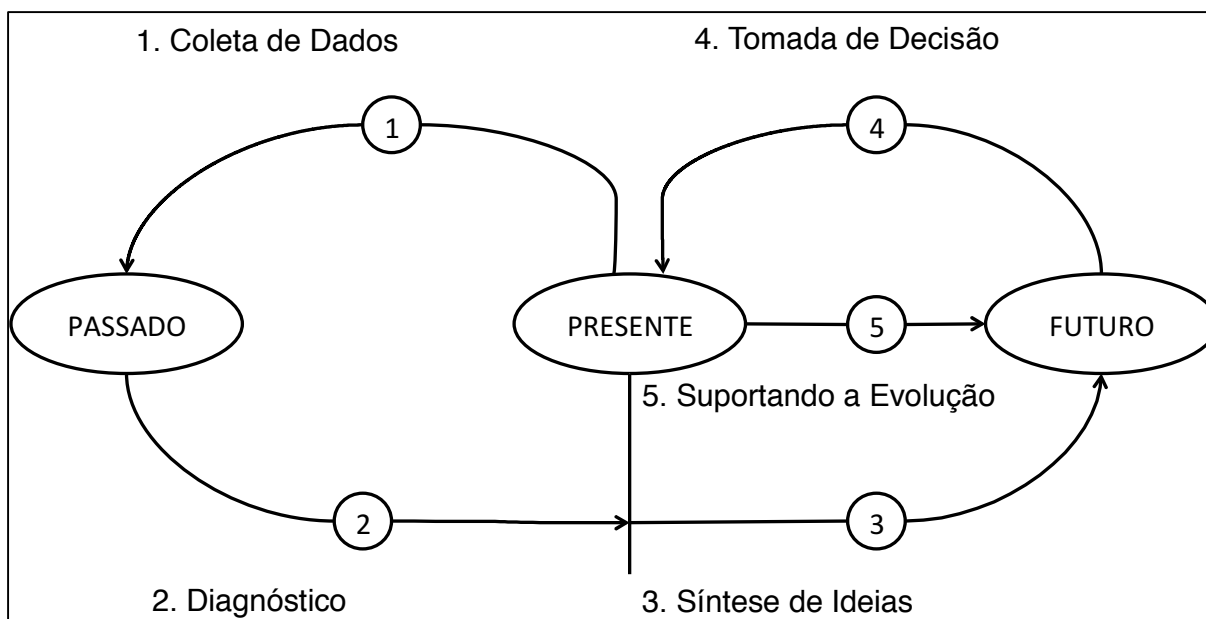
### 2.2.1 O Princípio da Idealidade e as Tendências Evolutivas

O princípio da idealidade preconiza que todo sistema técnico evolui em direção ao ideal durante seu ciclo de vida, tendendo a ficar, por exemplo, mais estável, mais confiável, ganhar eficiência, eficácia e simplicidade.

Altshuller (1969) classificou oito padrões de evolução que se repetem em múltiplas áreas do conhecimento (LOPEZ *et.al*, 2005): (i) ciclo de vida, (ii) dinamização, (iii) ciclo de multiplicação, (iv) transição do nível macro para o micro, (v) sincronização, (vi) transformações de escala para cima ou para baixo, (vii) desenvolvimento diferenciado das partes de um sistema e (viii) automação.

O ciclo de vida sugere que os sistemas tendem a alcançar a idealidade durante seu ciclo de vida. A dinamização estabelece que, durante seu processo de evolução, os sistemas tendem a tornarem-se mais flexíveis, efetuam uma transição de uma estrutura rígida para uma flexível. A multiplicação estabelece que um sistema evolua primeiro como um único sistema e depois se multiplica a si mesmo. A transição para o nível micro estabelece a tendência de redução de tamanho dos componentes do sistema. A evolução também pode ocorrer através de transformação, pelo desenvolvimento desigual das partes do sistema ou pela redução do envolvimento humano.

Carvalho (2007) fez uma síntese de estudos desenvolvidos a partir das tendências evolutivas, da qual apresentamos o processo de ideação denominado Evolução Dirigida (ED) . O processo é composto por 5 estágios, representados pela figura 7 abaixo:



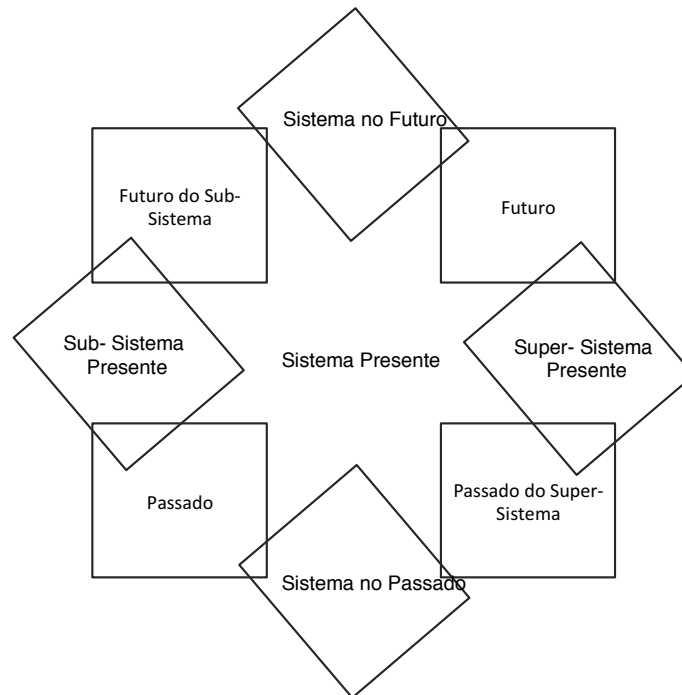
**Figura 7. Esquema Geral de Evolução Dirigida. Fonte: Carvalho, 2007**

O estágio 1 corresponde à coleta e análise de dados históricos. A análise destes dados permitirá a compreensão do funcionamento do sistema em estudo, sua evolução histórica e vai identificar pontos positivos e problemas. O segundo estágio, diagnóstico, busca, a partir das tendências evolutivas, identificar o estágio atual do sistema e prospectar sua evolução futura. No estágio 3, é realizada uma síntese de ideias geradas, que permitirão a evolução do sistema ao próximo estágio evolutivo. A tomada de decisão, estágio 4, visa preparar as informações necessárias à tomada de decisão, as ideias são agrupadas em conceitos bem definidos numa perspectiva de utilização a curto, médio e longo prazos. É sugerida a utilização do processo de seleção de Pugh para a avaliação dos conceitos. O último estágio é caracterizado pelo gerenciamento de projetos, de maneira a alcançar níveis superiores de evolução. (CARVALHO, 2007).

As Tendências Evolutivas são heurísticas que têm por objetivo estimular a criação de novos sistemas técnicos a partir de sistemas já existentes. Sua utilização visa orientar a ideação por vias mais promissoras. A análise das tendências pode ser auxiliada pela utilização do diagrama *multiscreen*.

Para Nelson (2011), a TRIZ também contribui na análise prospectiva dos usos através de seu diagrama *multiscreen*, representado pela figura 8. Este diagrama visa estruturar o raciocínio em duas direções: 3 níveis sistêmicos ( sistema, sub-sistema e super-sistema) e 3 espaços temporais (passado, presente e futuro) a fim de avaliar as tendências evolutivas.

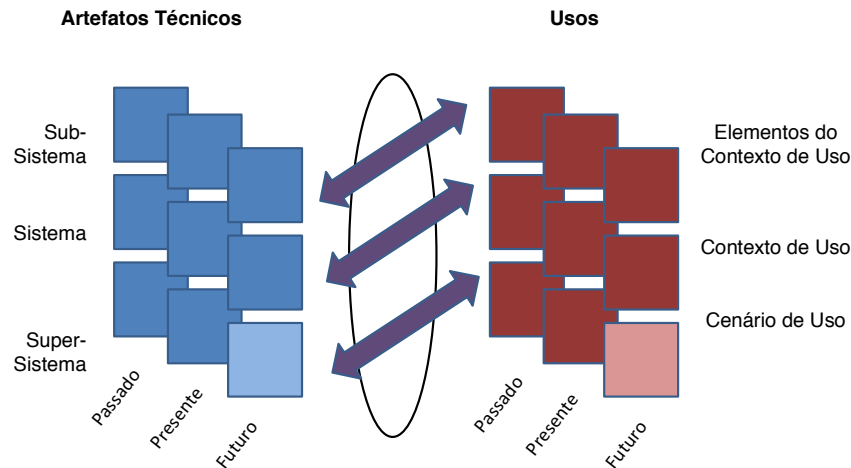
O sistema designa um artefato técnico projetado para executar uma dada função; o sub-sistema é composto pelos componentes elementares do sistema; inversamente, um sistema pode ser considerado, ele mesmo, parte de um sistema mais complexo chamado de super-sistema.



**Figura 8. Estrutura do diagrama multisscreen. A partir de Nelson (2011). Tradução livre.**

Quanto aos espaços temporais, o diagrama visa reconstituir tendências de evolução observadas no passado que originaram artefatos atuais, a fim de identificar pistas para a resolução de uma contradição técnica à qual o projetista está confrontado no projeto.

Se os atores implicados no processo de projeto forem capazes de fazer uma transição da reflexão sobre os objetos técnicos para uma reflexão sobre os usos, o uso do diagrama *multisscreen* pode ser extrapolado para a análise prospectiva dos usos, conforme a figura 9 abaixo (NELSON, 2011).



**Figura 9. Passagem de uma reflexão técnica pela TRIZ para uma reflexão dos usos. Fonte: Nelson (2011). Tradução Livre.**

Para a resolução de contradições físicas é proposta a utilização do método da separação.

### 2.2.2 Método da Separação e Análise Substância-Campo

Para Altshuller (1969), a solução de contradições físicas é dada por separação. Tal separação pode ocorrer no espaço, no tempo, no sistema ou conforme condições específicas (CARVALHO, 2007).

Já a análise substância-campo está ligada a um sistema técnico, no qual a “substância é um objeto ou sistema, com qualquer nível de complexidade. Campos atuam sobre substâncias e a interação entre substâncias ou entre substâncias e campos pode gerar outros campos” (CARVALHO, 2007, p.121). A análise inicia-se pela modelagem da situação-problema a fim de definir a função principal do sistema técnico e o resultado final desejado. A partir daí, devem ser identificados os padrões inventivos aplicáveis para se alcançar o resultado ideal e determinar as funções a serem executadas por cada componente do sistema.

Fundamentada no princípio da idealidade e tendo em conta os padrões evolutivos, a TRIZ apresenta um algoritmo desenvolvido para estruturação e resolução de problemas, descrito no item que segue.



### **2.2.3 ARIZ: Algoritmo para resolução de problema**

O ARIZ, algoritmo para solução de problemas inventivos, é uma das principais ferramentas da TRIZ e estabelece uma série de passos para a estruturação do problema, iniciando pela sua formulação e determinando qual seria a solução ideal. A identificação de contradições pode levar a uma reformulação do problema em relação ao supersistema através de um processo iterativo. Identificado o método que remove a contradição, inicia-se uma análise da solução e sua decomposição em etapas que devem ser verificadas.

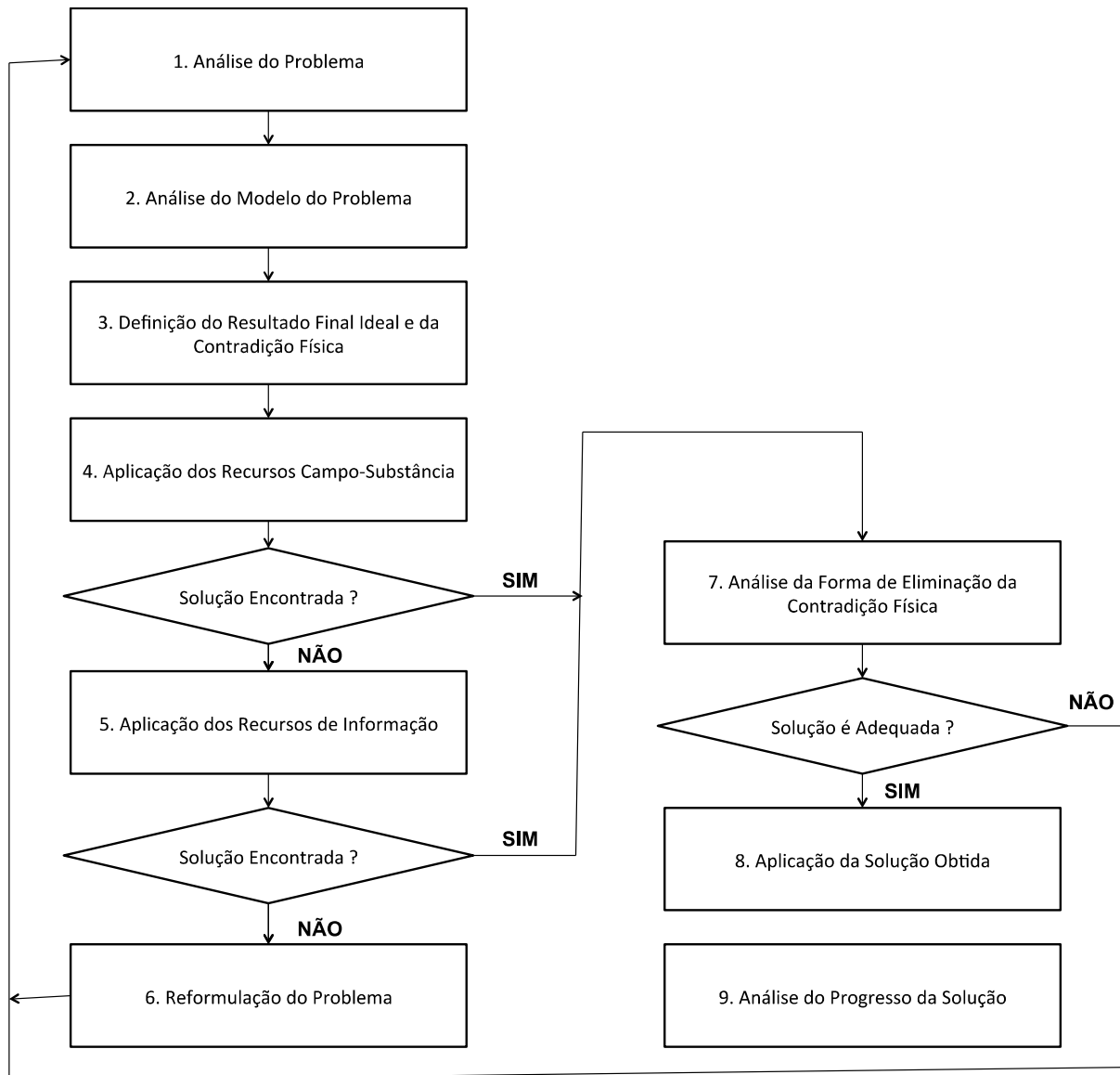
A forma de estruturação do problema, representada pela figura 10, atualmente é composta por nove etapas e visa chegar numa solução, a mais próxima possível da “ideal”.

As etapas analíticas correspondem às etapas 1, 2 e 3, nas quais é feita a formulação do problema, evoluindo de uma descrição vaga do problema inicial para um mini-problema. A seguir, identifica-se a contradição técnica e formula-se um modelo do problema. Inicia-se a busca de soluções-padrão.

A segunda etapa define onde e quando ocorre o problema identifica quais os recursos disponíveis. Na terceira etapa são identificados o resultado final ideal e a contradição física. Concluída esta etapa, o foco passa a ser a solução do problema, que deve superar a contradição física.

Através dos recursos identificados na segunda etapa, busca-se solucionar o problema. Caso não seja possível solucioná-lo com os recursos identificados, parte-se para a quinta etapa que utiliza a base de conhecimentos fornecida pela TRIZ. Se, ainda assim, a solução não puder ser encontrada, o problema inicial deve ser reformulado.

As últimas etapas constituem a verificação, a generalização e o acompanhamento da solução.



**Figura 10. Representação das nove etapas do ARIZ - 85V. Fonte: Adaptado de Carvalho (2007)**

As contradições técnicas podem ser solucionadas através da aplicação dos princípios inventivos, apresentados a seguir.

### 2.2.4 Princípios Inventivos e Matriz de Contradições

A partir de suas análises, Altshuller (1998) também identificou e listou 40 princípios inventivos comumente utilizados na resolução de contradições. Esses princípios não apontam para uma solução direta, mas proveem uma rota para a solução dos problemas.

Também foram identificados e sistematizados 39 parâmetros dos sistemas que podem entrar em contradição.

Da integração entre os 39 parâmetros e dos 40 princípios surge a ferramenta da TRIZ denominada de matriz de contradições. Dispostos numa matriz quadrada, o cruzamento dos parâmetros conflitantes aponta para os princípios inventivos relevantes, dentre 40 identificados, representados pela Tabela 1:

	Princípios Inventivos	Breve Descrição	Exemplo
1	<b>Segmentação</b>	Dividir um objeto em partes independentes; Construir um objeto fácil de desmontar; Aumentar o grau de fragmentação ou segmentação.	Substituir um computador <i>mainframe</i> por computadores pessoais; móveis modulares; encaamentos com juntas e conexões fáceis de montar e desmontar; utilizar material em pó para soldagem no lugar de barras para obter maior penetração em juntas são exemplos deste princípio.
2	<b>Remoção</b>	Separar parte interferente ou propriedade de um objeto ou manter só a parte necessária de um objeto.	Alguns exemplos de utilização deste princípio são: localizar compressores ruidosos fora do ambiente; realizar iluminação interna de refrigeradores com fibras óticas para separar a fonte quente de luz; utilizar som de latido de cachorro, sem cachorro, como alarme.
3	<b>Qualidade Local</b>	Mudar a estrutura do objeto de uniforme para não uniforme; alterar um ambiente externo ou influência externa de uniforme para não uniforme; Fazer com que cada peça do objeto funcione em condições mais apropriadas para sua operação; Fazer com que cada peça do objeto atenda a uma diferente e útil função.	Confeccionar lápis com borracha; bandejas com compartimentos para cada elemento da refeição; martelo com puxador e ferramentas multifuncionais são exemplos de qualidade localizada.
4	<b>Assimetria</b>	Alterar a forma do objeto de simétrica para assimétrica; Se o objeto já for assimétrico, aumentar seu grau de assimetria.	Podemos apontar aqui pneus com lado externo mais resistente, colocação de prego em maçaneta com eixo cilíndrico para fixar firmemente uma maçaneta; utilização de anéis de vedação com seções assimétricas.
5	<b>Mesclar</b>	Colocar perto, uns dos outros, os objetos idênticos ou similares, montar junto as peças similares ou idênticas para poder executar operações paralelas; Fazer operações contiguas ou paralelas; colocar as juntas todas de uma vez.	Computadores em rede; microprocessadores em computador de processamento paralelo; chips eletrônicos montados em ambos os lados de uma placa de circuito impresso; palhetas em sistemas de ventilação; instrumentos de diagnóstico que utilizam múltiplos parâmetros de forma simultânea; cortador de grama com recipiente para a grama cortada, são aplicações do princípio 5.
6	<b>Universalidade</b>	Fazer uma peça ou objeto executar funções múltiplas; eliminar a necessidade de outras peças.	Sofá-cama exemplifica o princípio da universalidade.
7	<b>Bonecas aninhadas (russas)</b>	Colocar objetos uns dentro dos outros; Fazer uma peça passar pela cavidade de outra.	São exemplos deste princípio as próprias bonecas russas que o nomeia; copos e colheres de medição; lentes de zoom; antenas e varas telescópicas; cadeiras empilháveis e trem de pouso de aeronaves.
8	<b>Anti-peso</b>	Para compensar o peso de um objeto, mesclar com outros objetos que fornecem sustentação; Para compensar o peso de um objeto, fazê-o interagir com o ambiente (ex. usar aerodinâmica, hidrodinâmica, fluotabilidade e outras forças).	Utilizar balões de hélio para transportar cargas; sulcos de vórtex nas asas dos aviões para melhorar sua sustentação; barco com hidrofólios, asas de aeroplanos, são exemplos.

9	<b>Anti-ação preliminar</b>	Se for necessário efetuar alguma ação com efeitos, ao mesmo tempo úteis e prejudiciais, a ação deve ser substituída por uma anti-ação para controlar os efeitos indesejados; Criar deformações de antemão em um objeto que irá suportar esforços conhecidos e indesejáveis mais adiante.	Também traduzido como compensação prévia, tem como exemplos de aplicação a utilização de equipamentos de proteção; o pré-tensionamento de discos de corte; solução tampão para prevenir prejuízos de valores extremos de pH; pré-tensionamento de barras de aço antes de colocar concreto.
10	<b>Ação preliminar</b>	Efetuar, sempre que necessário as alterações requeridas no objeto (total ou parcialmente); Pré-arranjar os objetos de forma que eles fiquem em ação no local mais conveniente e sem perda de tempo para sua distribuição.	Papel de parede auto-adesivo; mecanismos de busca na web; arranjos <i>kanban</i> ; células de manufatura flexível.
11	<b>Amortecer e proteger com antecipação</b>	Preparar meios de emergência de forma antecipada contra a baixa confiabilidade de um objeto.	Exemplos de aplicação deste princípio são sistemas redundantes de segurança; paraquedas de reserva; colocação de placas magnéticas em mercadorias de loja.
12	<b>Equipotencialidade</b>	Em um campo potencial, limitar as mudanças de posição (por exemplo, alterar as condições operacionais para eliminar a necessidade de elevar ou descer objetos em um campo gravitacional).	Contentores de peças pretensionados em linhas de montagem; comportas em canal fluvial.
13	<b>A outra forma funcional</b>	Inverter as ações usadas para resolver o problema (por exemplo, no lugar de resfriar o objeto, aquecê-lo). Fazer as partes móveis ou o ambiente externo serem fixas e as partes fixas serem móveis. Deixar o objeto ou processo “de cabeça para baixo”.	Também traduzido como inversão, são aplicações deste princípio: resfriar o eixo em vez de aquecer o cubo na montagem por interferência; rotacionar a peça no lugar da ferramenta; subir ou descer a escada com as pessoas paradas (escada rolante); esteira para caminhar ou correr no mesmo lugar; inverter uma peça para facilitar a inserção de elementos de fixação.
14	<b>Esfericidade-curvatura</b>	No lugar de usar peças, superfícies ou formas retilíneas, usar curvilíneas; alterar as superfícies planas para esféricas; fazer peças cúbicas tomarem formas elipsoidais. Usar rolos, bolas, espirais e domus. De movimentos lineares para movimentos rotacionais, usar a força da gravidade.	Apontamos como exemplos do princípio 14: utilizar arcos e domus para melhorar a resistência mecânica em arquitetura; pequenas bolas esferas e rolos nas pontas das canetas para a distribuição suave da tinta; produzir movimento linear do cursor no monitor através de mouse; utilizar rodinhas esféricas e não cilíndricas para mover móveis.
15	<b>Dinâmica</b>	Permitir (ou projetar para) que as características de um objeto, ambiente externo ou processo, possam ser alterados para alcançar o ponto de funcionamento ótimo. Dividir um objeto em partes capazes de se movimentar relativamente umas com relação às outras. Se um objeto (ou processo) for rígido ou inflexível, torná-lo móvel ou adaptável.	São exemplos de aplicação deste princípio os espelhos, bancos e volantes ajustáveis; os endoscópios e instrumental para cirurgias minimamente invasivas; a suspensão independente nas quatro rodas e boroscópios flexíveis para inspeção de motores.

16	<b>Ações parciais ou excessivas</b>	Se for difícil alcançar 100% do desejado para um objeto ou processo usando uma determinada solução, o problema pode ser consideravelmente mais fácil de resolver usando “um pouco menos” ou “um pouco mais” do mesmo método.	Um exemplo de aplicação deste princípio, combinado aos princípios 3 e 9 é a aplicação exagerada de um spray durante o processo de pintura seguida da remoção do excesso ou a utilização de um estêncil. Outros exemplos são os algoritmos para compressão de imagens, como JPEG, GIF, TIFF, etc.
17	<b>Usar outra dimensão</b>	Mover um objeto num espaço bidimensional ou tridimensional. Utilizar um arranjo de múltiplos níveis de objetos no lugar de um arranjo de um nível único. Inclinar ou reorientar um objeto apoiando-o em um dos seus lados. Utilizar o outro lado de uma dada área.	São exemplos, ferramenta de corte com cinco eixos; caminhão com betoneira; empilhamento de circuitos híbridos microeletrônicos para aumentar a densidade; bandejas para diversos CDs para aumentar o tempo e a variedade de músicas nos antigos aparelhos de som. Mouse infravermelho; sistema MVD para armazenagem de dados e placas de circuito impresso com componentes em ambos os lados também são exemplos de aplicação.
18	<b>Vibração mecânica</b>	Fazer um objeto oscilar ou vibrar. Aumentar sua frequência (mesmo até o ultrassom). Utilizar a frequência ressonante do objeto. Utilizar osciladores piezelétricos no lugar de osciladores mecânicos. Utilizar oscilações combinadas de campos ultrassônicos e eletromagnéticos.	Bateria vibratória de celular; facas elétricas com lâminas vibrantes; distribuição de pó através de vibração; ressonância ultra-sônica para destruir pedras nos rins; microondas para aquecer água e alimentos; relógios de alta exatidão com oscilação de cristais de quartzo e mistura de ligas em forno de indução são algumas aplicações do princípio 18.
19	<b>Ação periódica</b>	No lugar de ações contínuas, usar ações periódicas ou pulsantes. Se a ação já for periódica, alterar a magnitude ou a frequência. Usar as pausas entre os pulsos para executar diferentes ações	Substituição de sirene contínua por som pulsado com alterações de amplitude e frequência; irrigação por aspersão para não danificar o solo; parafusadeira de impacto e transmissões telefônicas são exemplos.
20	<b>Continuidade de uma ação útil</b>	Fazer o objeto trabalhar continuamente; fazer com que todas as partes do objeto trabalhem com carga total, todo tempo. Eliminar todas as ações ociosas ou intermitentes do objeto.	Aqui podemos citar a impressão durante o retorno do cabeçote de impressão de modo a eliminar ações ociosas ou intermitentes; a utilização de volante de inércia ou mesmo sistema hidráulico ou elétrico para armazenar energia quando o veículo freia.
21	<b>Evitar dificuldades</b>	Conduzir um processo ou certos estágios em alta velocidade (por exemplo, operações destrutivas, nocivas ou perigosas).	Este princípio também costuma ser traduzido como aceleração. A utilização na indústria odontológica de tornos de alta velocidade para evitar aquecimento de tecidos; o corte de peças plásticas numa velocidade maior que a da propagação do calor a fim de evitar sua deformação são exemplos de aplicação do princípio 21.
22	<b>Tornar limões em limonada</b>	Utilizar fatores nocivos ou prejudiciais para alcançar um efeito positivo. Eliminar a ação prejudicial primária pela adição de outra ação prejudicial para resolver o problema. Amplificar o fator prejudicial em tal grau que ele não seja mais prejudicial.	Também conhecido como transformação de prejuízo em lucro, podemos citar como exemplos a utilização do potencial calorífico do lixo para geração de energia; a utilização de material reciclado como matéria-prima; a utilização de incêndio provocado e controlado para eliminar combustível em incêndio florestal a fim de evitar propagação descontrolada; a radioterapia.
23	<b>Realimentação</b>	Introduzir realimentação para melhorar o processo ou ação. Se a realimentação já está sendo usada, alterar a sua magnitude ou influência.	Controle Estatístico de Processos (CEP); controle automático de ganho em circuitos de áudio; alteração de sensibilidade de piloto automático de aeronave ao aproximar-se de aeroporto; sistemas de freios ABS são exemplos de aplicação.

24	<b>Intermediário</b>	Usar um artigo ou processo intermediário. Mesclar um objeto com outro de forma temporária, que possa ser facilmente removido.	Também conhecido como princípio de intermediação, podemos apontar como exemplos a utilização de filtros de conversão em processadores de textos e planilhas; o transporte de materiais abrasivos em suspensões líquidas, ou mesmo a utilização de base para apoiar painéis quentes sobre a mesa.
25	<b>Autosserviço</b>	Fazer um objeto servir a si mesmo pela execução de funções úteis auxiliares. Aproveitar refugos de energia ou de substâncias que resultam de um processo.	Regeneração do filamento das lâmpadas halógenas durante o uso através de re-deposição de material evaporado; geração de eletricidade através da utilização do calor gerado por um processo; utilização de dejetos animais como fertilizante.
26	<b>Cópia</b>	No lugar de utilizar objetos indisponíveis, caros ou frágeis, usar cópias simples e baratas. Substituir um objeto ou processo com cópias ópticas do mesmo. Se já estão sendo utilizadas cópias visíveis, alternar para cópias infravermelhas ou violetas.	Alguns exemplos de aplicação do princípio 26 são: realidade virtual; utilização de computador e internet para reuniões à distância; medição de dimensões através de fotografia; imagens infra-vermelhas para detecção de fontes de calor.
27	<b>Objetos baratos de curta vida</b>	Substituir um objeto barato por um conjunto de objetos baratos, mantendo certas qualidades (tais como tempo de vida, por exemplo).	Também conhecido como objetos descartáveis, como a própria nomenclatura, os descartáveis, de maneira geral, são exemplos de aplicação deste princípio.
28	<b>Substituição mecânica</b>	Substituir os equipamentos mecânicos por meios sensoriais. Utilizar campos elétricos, magnéticos ou eletromagnéticos para interagir com um objeto. Trocar os campos estáticos por dinâmicos, trocar sistemas não estruturados por estruturados. Utilizar campos em conjunção com partículas ativadas pelo campo.	A utilização de odor desconfortável para auxiliar a detecção de vazamento de gás ao invés de sensores mecânicos. Nas comunicações, a substituição de radiodifusão omnidirecional por antenas com padrões de irradiação também é um exemplo de aplicação.
29	<b>Hidráulica e pneumática</b>	Utilizar partes líquidas e gasosas de um objeto no lugar de suas partes sólidas (por exemplo, elementos infláveis, preenchimento com líquidos, amortecedores a ar, etc).	Solas de calçados preenchidas com gel para aumentar o conforto; armazenamento de energia na desaceleração em sistema hidráulico e embalagens com bolhas de plástico são exemplos.
30	<b>Embalagens flexíveis e filmes finos</b>	Utilizar embalagens flexíveis e filmes finos no lugar de estruturas tridimensionais. Isolar o objeto do ambiente externo com mantas ou filmes finos.	Flutuar manta de material bipolar (uma extremidade hidrofílica e outra hidrofóbica) na eliminação ou redução da evaporação em um reservatório, filmes para isolamento térmico ou visual; coberturas infláveis para quadras de tênis são exemplos de aplicação.
31	<b>Materiais porosos</b>	Tornar um objeto poroso ou adicionar elementos porosos (inserção, revestimento, etc). Se um objeto já for poroso, utilizar os poros para introduzir uma função ou substância útil.	A execução de furos para redução de pesos em estruturas é exemplo deste princípio; a armazenagem de tinta em elementos porosos nos cartuchos de impressoras a jato de tinta e mancais obtidos por sinterização e impregnados com óleo representam algumas aplicações do princípio 31.

32	<b>Mudanças de cor</b>	Mudar a cor de um objeto ou do ambiente externo. Mudar a transparência de um objeto ou de seu ambiente externo.	Alguns exemplos são: a utilização de iluminação de segurança em salas escuras de revelação de fotografias; a utilização de fotolitografia para alterar material transparente em uma máscara opaca para fabricação de semicondutores; vidros verdes para automóveis; utilização de contrastes em procedimentos de diagnóstico médico.
33	<b>Homogeneidade</b>	Fazer objetos interagirem com outro feito do mesmo material (ou com propriedades idênticas).	Container de mesmo material que seu conteúdo para redução de reações químicas; ferramentas de corte de diamantes com ponta de diamante; utensílios de cozinha em plástico para painéis revestidas com PTFE são algumas aplicações do princípio 33.
34	<b>Descarte e recuperação</b>	Fazer com que as partes dos objetos que tenham concluído sua função sejam descartadas ou modificar essas partes diretamente durante a operação. Inversamente, recuperar as partes consumíveis de um objeto diretamente durante a operação.	Podemos citar como exemplos as cápsulas dissolúveis para medicamentos; lâminas auto-afiáveis em cortadores de gramas; ejeção de cartucho após tiro.
35	<b>Alteração de parâmetros</b>	Mudar um estado físico do objeto (por exemplo, para gasoso, sólido ou líquido). Mudar a concentração ou consistência. Mudar o grau de flexibilidade. Mudar a temperatura.	Este princípio também é traduzido por mudança de parâmetros e propriedades. Congelar o recheio líquido de um bombom para mergulhá-lo no chocolate quente é um exemplo de aplicação deste princípio na culinária. Transportar GLP, nitrogênio ou oxigênio na forma líquida reduz seu volume. O sabonete líquido permite melhor distribuição e aproveitamento de quantidade comparado ao de barra. A utilização de amortecedores ajustáveis para reduzir ruído e movimento de peças dentro de uma embalagem e a vulcanização da borracha para alterar sua flexibilidade e durabilidade também são exemplos.
36	<b>Transição de fases</b>	Usar os fenômenos que ocorrem durante uma transição de fases (por exemplo, mudanças de volume, perda ou absorção de calor, etc).	A expansão da água durante seu congelamento é exemplo deste princípio, também podemos citar aqui as bombas de calor e a armazenagem de ácidos fortes em estado sólido uma vez que perdem o poder corrosivo ao serem congelados.
37	<b>Expansão térmica</b>	Usar a expansão (ou contração) térmica dos materiais. Se a expansão térmica já está sendo usada, usar materiais múltiplos com diferentes coeficientes de expansão térmica.	Colocar materiais juntos para fazer uma junta forte pelo resfriamento de sua parte inferior (que contrai) e pelo aquecimento da parte exterior (que expande) é um exemplo de aplicação do princípio. O termostato bi-metálico é outro exemplo.
38	<b>Reforçar oxidantes</b>	Substituir ar comum por ar enriquecido de oxigênio. Substituir o ar por oxigênio puro. Expor o ar ou oxigênio à radiação ionizante. Utilizar oxigênio ionizado. Substituir oxigênio ionizado por ozônio.	Procedimentos de esterilização de salas cirúrgicas por radiação ultravioleta; ionização de ar para sequestrar agentes poluidores em purificadores de ar; ionizar gases para aumentar a velocidade de reações químicas; tratar fermentos em ambientes com oxigênio pressurizado são exemplos.
39	<b>Atmosfera inerte</b>	Substituir um ambiente normal por um ambiente inerte. Adicionar partes neutras ou elementos aditivos neutros a um objeto.	Podemos citar exemplos como: aumento volume de detergente em pó através da adição de ingredientes extintores de espuma. Lâmpadas incandescentes e fluorescentes utilizam este princípio ao prevenir a degradação do filamento metálico quente pelo uso de atmosfera de argônio.



40	<b>Materiais compostos</b>	Mudar de material uniforme para composto (múltiplos materiais).	São exemplos do princípio 40 os tacos de golfe feitos de resina epóxi e fibra de carbono que o tornam mais leve e flexível que os metálicos. Com esta mesma finalidade, os materiais compostos são utilizados na indústria aeronáutica, na fabricação de quadros de bicicleta de alto desempenho, na confecção de varas de pesca esportiva ou de salto em distância, entre outros.
----	----------------------------	---	--

---

**Tabela 1. Princípios Inventivos. Fonte: Exemplos compilados da literatura, a partir de Altshuller (1998) e Carvalho (2007)**

Para Carvalho e Back (2001), a decisão de aplicação direta dos princípios inventivos ou através da matriz de contradições é dada pela etapa de análise do sistema técnico, que consiste em: (i) identificar o sistema técnico (ii) identificar a função ou funções principais do sistema; (iii) identificar os principais elementos do sistema e suas funções; (iv) descrever o funcionamento do sistema; (v) levantar os recursos; (vi) identificar a característica desejada a ser melhorada ou a indesejada a ser eliminada/neutralizada no sistema e, por fim, (vii) formular o resultado final ideal.

Tais princípios indicam possíveis soluções para um determinado problema (Altshuller, 1999; Mann *et al*, 2003; Akay, 2008), obtidas a partir da generalização e agrupamento de soluções repetidamente utilizadas na criação, desenvolvimento e melhoria de sistemas técnicos de diferentes áreas (Akabane, 2008).

Os 40 princípios inventivos foram exemplificados a partir de sua utilização na área de ergonomia, nos estudos de Hipple *et.al.* (2010), e estão reproduzidos na tabela 2, abaixo:

Princípios Inventivos		Exemplos de aplicação na área de ergonomia	
1	<b>Segmentação</b>	Dividir um objeto em partes independentes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• dividir o processo de trabalho em passos independentes;</li> <li>• segregar controles primários de secundários;</li> <li>• agrupamento de opções de menu;</li> <li>• objetos fáceis de desmontar;</li> <li>• mobiliário modular para evitar lesões no transporte.</li> </ul> Aumentar o grau de fragmentação ou segmentação: <ul style="list-style-type: none"> <li>• números de telefone agrupados em pedaços de percepção;</li> <li>• camadas de telas de informação baseadas no que for necessário;</li> <li>• otimização de processos de trabalho por meio de análise de tarefas individuais.</li> </ul>	
2	<b>Remoção</b>	Separar parte interferente ou propriedade de um objeto ou manter só a parte necessária de um objeto: <ul style="list-style-type: none"> <li>• sistemas de navegação utilizando “turn by turn” vs. mapas complexos</li> <li>• remoção de operações perigosas para um local isolado;</li> <li>• botões embutidos para evitar acionamentos acidentais;</li> <li>• divulgação progressiva de informações</li> </ul>	
3	<b>Qualidade Local</b>	Mudar a estrutura do objeto de uniforme para não uniforme; alterar um ambiente externo ou influência externa de uniforme para não uniforme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• botões de emergência superdimensionados;</li> <li>• simplificação de painéis de telefonia celular para pessoas com problemas motores.</li> </ul>	

		<p>Fazer com que cada peça do objeto funcione em condições mais apropriadas para sua operação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• configuração especializada em web sites e softwares;</li> <li>• prover diferentes maneiras de um software exercer a mesma função.</li> </ul> <p>Fazer com que cada peça do objeto atenda a uma diferente e útil função:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• projeto de escritórios personalizados para atender às diferentes necessidades ergonômicas;</li> <li>• displays individuais em aviões</li> <li>• mouse com ambas funções: rolagem e pontual.</li> </ul>
4	<b>Assimetria</b>	<p>Alterar a forma do objeto de simétrica para assimétrica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• produtos projetados para mão esquerda e direita.</li> </ul> <p>Se o objeto já for assimétrico, aumentar seu grau de assimetria.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• diferentes formas para evitar inserção indevida de peças.</li> </ul>
5	<b>Mesclar</b>	<p>Colocar perto, uns dos outros, os objetos idênticos ou similares, montar junto as peças similares ou idênticas para poder executar operações paralelas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• combinar diferentes funções em um único equipamento de escritório;</li> <li>• controles que mudam direção e velocidade;</li> <li>• chips eletrônicos montados em ambos os lados de um circuito;</li> <li>• telas sensíveis a toque para controle de temperatura e áudio ao mesmo tempo.</li> </ul> <p>Fazer operações contíguas ou paralelas; colocar as juntas todas de uma vez:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• multitarefas;</li> <li>• agrupar controles similares associados a uma dada função.</li> </ul>
6	<b>Universalidade</b>	<p>Fazer uma peça ou objeto executar funções múltiplas; eliminar a necessidade de outras peças:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• projeto universal</li> <li>• sistemas operacionais comuns de computadores;</li> <li>• normas e procedimentos comuns;</li> <li>• vários métodos de back-up;</li> <li>• padrões para ícones e etiquetas;</li> <li>• padrões para links em web sites.</li> </ul>
7	<b>Bonecas aninhadas (russas)</b>	<p>Colocar objetos uns dentro dos outros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• hierarquia de menus.</li> </ul> <p>zer uma peça passar pela cavidade de outra:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interface gráfica do usuário. O usuário faz sua seleção num site e ela aparece na página principal.</li> </ul>
8	<b>Anti-peso</b>	<p>Para compensar o peso de um objeto, mesclar com outros objetos que fornecem sustentação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• contrapeso/ balancins em linhas de montagem</li> </ul> <p>Para compensar o peso de um objeto, fazê-o interagir com o ambiente (ex. usar aerodinâmica, hidrodinâmica, flutuabilidade e outras forças):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• levantamento e transporte com centro de gravidade próximo ao plano sagital do corpo.</li> </ul>

9	<b>Anti-ação preliminar</b>	<p>Se for necessário efetuar alguma ação com efeitos, ao mesmo tempo úteis e prejudiciais, a ação deve ser substituída por uma anti-ação para controlar os efeitos indesejados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pré-flash para eliminar olhos vermelhos em fotografia;</li> <li>• Dispositivos de segurança para impedir acesso a locais perigosos.</li> </ul> <p>Criar deformações de antemão em um objeto que irá suportar esforços conhecidos e indesejáveis mais adiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estresse induzido por treinamentos como preparação para situações reais;</li> <li>• Fechar os olhos antes de entrar em sala escura;</li> </ul>	
10	<b>Ação preliminar</b>	<p>Efetuar, sempre que necessário as alterações requeridas no objeto (total ou parcialmente):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pré-arranjar componentes de modo a tornar uma montagem mais fácil;</li> <li>• Formatar um relatório antes dos dados estarem disponíveis.</li> </ul> <p>Pré-arranjar os objetos de forma que eles fiquem em ação no local mais conveniente e sem perda de tempo para sua distribuição:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Treinamento para operações perigosas;</li> <li>• Planejamento do trabalho para evitar acidentes.</li> </ul>	
11	<b>Amortecer e proteger com antecipação</b>	<p>Preparar meios de emergência de forma antecipada contra a baixa confiabilidade de um objeto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amortecedores em sapatos;</li> <li>• Caixa de diálogo de confirmação da ação;</li> <li>• Botão desfazer</li> </ul>	
12	<b>Equipotencialidade</b>	<p>Em um campo potencial, limitar as mudanças de posição (por exemplo, alterar as condições operacionais para eliminar a necessidade de elevar ou descer objetos em um campo gravitacional):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos de auto-nivelamento;</li> <li>• Projeto do local de trabalho para deslizar materiais.</li> </ul>	
13	<b>A outra forma funcional</b>	<p>Inverter as ações usadas para resolver o problema (por exemplo, no lugar de resfriar o objeto, aquecê-lo). Fazer as partes móveis ou o ambiente externo serem fixas e as partes fixas serem móveis. Deixar o objeto ou processo “de cabeça para baixo”.</p>	
14	<b>Esfericidade-curvatura</b>	<p>No lugar de usar peças, superfícies ou formas retilíneas, usar curvilíneas; alterar as superfícies planas para esféricas; fazer peças cúbicas tomarem formas elipsoidais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suavizar superfícies de trabalho de modo a evitar contato mecânico;</li> <li>• Suavizar ângulos de fluxos de trabalho para evitar rotações;</li> <li>• Projeto de estações de trabalho considerando as recomendações ergonômicas.</li> </ul> <p>Usar rolos, bolas, espirais e domus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotação em medidores.</li> </ul> <p>De movimentos lineares para movimentos rotacionais, usar a força da gravidade:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituir a torção de roupas por centrifugação em máquinas;</li> </ul>	

- Utilizar esferas ao invés de cilindros para mover móveis;

15	<b>Dinâmica</b>	<p>Permitir (ou projetar para) que as características de um objeto, ambiente externo ou processo, possam ser alterados para alcançar o ponto de funcionamento ótimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volantes e assentos ajustáveis.</li> </ul> <p>Dividir um objeto em partes capazes de se movimentar relativamente umas com relação às outras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teclado borboleta ou dobrável.</li> </ul> <p>Se um objeto (ou processo) for rígido ou inflexível, torná-lo móvel ou adaptável:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilize cabos, tubos e mangueiras flexíveis para permitir o posicionamento.</li> </ul>	
16	<b>Ações parciais ou excessivas</b>	<p>Se for difícil alcançar 100% do desejado para um objeto ou processo usando uma determinada solução, o problema pode ser consideravelmente mais fácil de resolver usando “um pouco menos” ou “um pouco mais” do mesmo método:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar um fator de segurança ao projeto;</li> <li>• Projeto de processos nos quais operações perigosas são feitas em etapas;</li> <li>• Aumentar taxa de amostragem de inspeção;</li> <li>• Introduzir estímulos relevantes em tarefas de vigilância.</li> </ul>	
17	<b>Usar outra dimensão</b>	<p>Mover um objeto num espaço bidimensional ou tridimensional:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Braile para cegos.</li> </ul> <p>Utilizar um arranjo de múltiplos níveis de objetos no lugar de um arranjo de um nível único:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adicionar feedback auditivo ou tátil ao visual;</li> <li>• Prateleiras acima de uma superfície de trabalho.</li> </ul> <p>Inclinar ou reorientar um objeto apoiando-o em um dos seus lados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotar carro para trabalhar na parte inferior.</li> </ul> <p>Utilizar o outro lado de uma dada área:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Imagens 3D em tarefas de projeto;</li> <li>• Prateleiras suspensas sob superfície de trabalho.</li> </ul>	
18	<b>Vibração mecânica</b>	<p>Fazer um objeto oscilar ou vibrar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar vibração ao invés de força mecânica para desalojar um objeto;</li> <li>• Feedback tátil.</li> </ul> <p>Aumentar sua frequência (mesmo até o ultrassom):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribuir pó com vibração.</li> </ul> <p>Utilizar a frequência ressonante do objeto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acostamento áspero para alertar motorista.</li> </ul> <p>Utilizar osciladores piezelétricos no lugar de osciladores mecânicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oscilação de cristais de quartzo em relógios de alta precisão.</li> </ul> <p>Utilizar oscilações combinadas de campos ultrassônicos e eletromagnéticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar vibração e som para alertar chamada de celular.</li> </ul>	

19	<b>Ação periódica</b>	<p>No lugar de ações contínuas, usar ações periódicas ou pulsantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazer tarefas perigosas aos poucos;</li> <li>• Substituir sirenes contínuas por som pulsado.</li> </ul> <p>Se a ação já for periódica, alterar a magnitude ou a frequência.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alertas auditivos;</li> <li>• Substituir sirene contínua por som que varia amplitude e frequência.</li> </ul> <p>Usar as pausas entre os pulsos para executar diferentes ações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pressionar e segurar botões.</li> </ul>	
20	<b>Continuidade de uma ação útil</b>	<p>Fazer o objeto trabalhar continuamente; fazer com que todas as partes do objeto trabalhem com carga total, todo tempo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar startups longos de máquinas;</li> <li>• Empregar backups de emergência.</li> </ul> <p>Eliminar todas as ações ociosas ou intermitentes do objeto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimentos repetitivos.</li> </ul>	
21	<b>Evitar dificuldades</b>	<p>Conduzir um processo ou certos estágios em alta velocidade (por exemplo, operações destrutivas, nocivas ou perigosas):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar a duração da consequência dos erros;</li> <li>• Redesenhar processos para evitar situações perigosas.</li> </ul>	
22	<b>Tornar limões em limonada</b>	<p>Utilizar fatores nocivos ou prejudiciais para alcançar um efeito positivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parar o progresso do sistema para prevenir mais erros;</li> <li>• Normativas exigem modificações em produtos; os novos produtos dão vantagens competitivas.</li> </ul> <p>Eliminar a ação prejudicial primária pela adição de outra ação prejudicial para resolver o problema.</p> <p>Amplificar o fator prejudicial em tal grau que ele não seja mais prejudicial.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Barulho (rádio) e fadiga são prejudiciais para motoristas, no entanto, combinados podem cancelar alguns efeitos negativos para o motorista sonolento;</li> <li>• Componentes frágeis para desencorajar abusos.</li> </ul>	
23	<b>Realimentação</b>	<p>Introduzir realimentação para melhorar o processo ou ação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fornecer informações instantâneas e relevantes para operadores para prover uma operação segura.</li> </ul> <p>Se a realimentação já está sendo usada, alterar a sua magnitude ou influência:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flash de luz se o aviso de estado da operação não for confirmado em “x” segundos;</li> <li>• Flash sonoro se o estado da operação não for reconhecido num determinado período de tempo;</li> <li>• Alterar o efeito visual da cor.</li> </ul>	
24	<b>Intermediário</b>	<p>Usar um artigo ou processo intermediário:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amortecimento;</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caixas para transporte de peças entre operações;</li> <li>• Janelas pop-up e caixas de diálogo.</li> </ul> <p>Mesclar um objeto com outro de forma temporária, que possa ser facilmente removido:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parcelar sequência de números;</li> <li>• Acompanhar/rastrear alterações na criação de documentos.</li> </ul>	
25	<b>Autosserviço</b>	<p>Fazer um objeto servir a si mesmo pela execução de funções úteis auxiliares:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ilusões ópticas;</li> </ul> <p>Aproveitar refugos de energia ou de substâncias que resultam de um processo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprender com as falhas e erros;</li> <li>• Excesso de calor do processo utilizado para o aquecimento de ambientes de escritórios.</li> </ul>	
26	<b>Cópia</b>	<p>No lugar de utilizar objetos indisponíveis, caros ou frágeis, usar cópias simples e baratas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realidade virtual.</li> </ul> <p>Substituir um objeto ou processo com cópias ópticas do mesmo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Treinamento virtual para situações perigosas. Se já estão sendo utilizadas cópias visíveis, alternar para cópias infravermelhas ou violetas;</li> <li>• Modelos mentais de sistemas.</li> </ul>	
27	<b>Objetos baratos de curta vida</b>	<p>Substituir um objeto barato por um conjunto de objetos baratos, mantendo certas qualidades (tais como tempo de vida, por exemplo):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pouco peso para peças temporárias e peso maior para as permanentes;</li> <li>• Bloqueios temporários para restringir a operação de um equipamento.</li> </ul>	
28	<b>Substituição mecânica</b>	<p>Substituir os equipamentos mecânicos por meios sensoriais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituição de qualquer força humana por força mecânica;</li> <li>• Utilizar composto de cheiro ruim para alertar vazamentos de gás, ao invés de sensor elétrico ou mecânico;</li> <li>• Utilizar luz piscando ao invés de sino tocando para uma chamada telefônica.</li> </ul> <p>Utilizar campos elétricos, magnéticos ou eletromagnéticos para interagir com um objeto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inteligência artificial;</li> <li>• Controle remoto.</li> </ul> <p>Trocar os campos estáticos por dinâmicos, trocar sistemas não estruturados por estruturados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rede 3G para comunicação sem fio;</li> <li>• A comunicação sem fio melhora a flexibilidade do trabalho.</li> </ul> <p>Utilizar campos em conjunção com partículas ativadas pelo campo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquecer uma substância contendo material ferromagnético utilizando campo magnético variável. Quando a temperatura excede o ponto de Curie, o material torna-se paramagnético, e já não absorve calor.</li> </ul>	
29	<b>Hidráulica e pneumática</b>	<p>Utilizar partes líquidas e gasosas de um objeto no lugar de suas partes sólidas ( por exemplo, elementos infláveis, preenchimento com líquidos,</p>	

		<p>amortecedores a ar, etc):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Palmilhas de gel;</li> <li>• Utilização de dispositivos pneumáticos e hidráulicos para evitar força humana no manuseio de cargas;</li> </ul>
30	<b>Embalagens flexíveis e filmes finos</b>	<p>Utilizar embalagens flexíveis e filmes finos no lugar de estruturas tridimensionais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiais pré- embalados para evitar contato humano;</li> <li>• Isolar recursos desnecessários de um produto.</li> </ul> <p>Isolar o objeto do ambiente externo com mantas ou filmes finos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Barreiras para isolar trabalhadores de operações perigosas;</li> <li>• Filtros de spam ou de informação;</li> <li>• Personalizar informações eletrônicas.</li> </ul>
31	<b>Materiais porosos</b>	<p>Tornar um objeto poroso ou adicionar elementos porosos (inserção, revestimento, etc):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Porosidade de uma estrutura para reduzir peso.</li> </ul> <p>Se um objeto já for poroso, utilizar os poros para introduzir uma função ou substância útil:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluxo e orientação da informação.</li> </ul>
32	<b>Mudanças de cor</b>	<p>Mudar a cor de um objeto ou do ambiente externo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar cor para indicar perigo;</li> <li>• Codificação de cores.</li> </ul> <p>Mudar a transparência de um objeto ou de seu ambiente externo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caixas de armazenamento claras.</li> </ul>
33	<b>Homogeneidade</b>	<p>Fazer objetos interagirem com outro feito do mesmo material (ou com propriedades idênticas):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapeamento de afinidades;</li> <li>• Camadas de consistência em mapas ou displays;</li> <li>• Treinar operadores em tarefas semelhantes para minimizar acidentes em diferentes tarefas.</li> </ul>
34	<b>Descarte e recuperação</b>	<p>Fazer com que as partes dos objetos que tenham concluído sua função sejam descartadas ou modificar essas partes diretamente durante a operação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exclusão automática de arquivos;</li> </ul> <p>Inversamente, recuperar as partes consumíveis de um objeto diretamente durante a operação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peças menos duráveis mais leves a fim de evitar estresse físico;</li> <li>• Reconstrução de imagens perdidas;</li> <li>• Interpolação de pixel.</li> </ul>
35	<b>Alteração de parâmetros</b>	<p>Mudar um estado físico do objeto (por exemplo, para gasoso, sólido ou líquido):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Variações na densidade de dados;</li> <li>• Explosão de gás para implantar assento.</li> </ul> <p>Mudar a concentração ou consistência:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteração de fontes em documentos</li> </ul> <p>Mudar o grau de flexibilidade:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Travamento de cinto de segurança em acidente.</li> <li>• Mudanças de tempos de reação para informações diferentes.</li> </ul> <p>Mudar a temperatura:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar a temperatura acima do ponto de Curie para alterar uma substância ferromagnética com uma substância paramagnética.</li> <li>• Elevar a temperatura de alimentos para cozinhar.</li> </ul>



		<p>(Alterações do paladar, aroma, textura, propriedades químicas, etc)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Baixar a temperatura espécimes médicos para assegurar a sua conservação, para análise posterior.</li> <li>Esfriar um componente flexível para torná-lo duro para montagem.</li> </ul>
36	<b>Transição de fases</b>	<p>Usar os fenômenos que ocorrem durante uma transição de fases (por exemplo, mudanças de volume, perda ou absorção de calor, etc):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analógico vs. digital;</li> <li>Conversão de filme para CCD.</li> </ul>
37	<b>Expansão térmica</b>	<p>Usar a expansão (ou contração) térmica dos materiais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>uso de aquecimento e arrefecimento para minimizar força requerida para soltar articulações</li> <li>diferentes estímulos</li> </ul> <p>Se a expansão térmica já está sendo usada, usar materiais múltiplos com diferentes coeficientes de expansão térmica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Expandir granularidade</li> <li>Substitua sim / não por uma escala de resposta</li> </ul> <p>Substituir ar comum por ar enriquecido de oxigênio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Substitua o ar comum por ar rico em oxigênio;</li> <li>Limpadores oxidantes para reduzir o esforço humano necessário;</li> <li>Utilize alguém externo com criatividade em uma sessão de ideação.</li> </ul> <p>Substituir o ar por oxigênio puro:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Enriquecer o ambiente de aprendizagem com estimulação visual e auditiva de vários tipos</li> <li>Estética ou forma melhorada</li> </ul> <p>Expor o ar ou oxigênio à radiação ionizante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Radiação, processo localizado ou ionização para evitar uma ampla exposição ou para fornecer melhores propriedades locais</li> </ul> <p>Utilizar oxigênio ionizado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>auditorias focadas em ergonomia.</li> </ul> <p>Substituir oxigênio ionizado por ozônio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>enriquecer ambientes hospitalares.</li> </ul>
38	<b>Reforçar oxidantes</b>	
39	<b>Atmosfera inerte</b>	<p>Substituir um ambiente normal por um ambiente inerte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Use o preenchimento de gás para minimizar os impactos;</li> <li>Zonas tranquilas no ambiente de trabalho.</li> </ul> <p>Adicionar partes neutras ou elementos aditivos neutros a um objeto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>"Saídas" durante as negociações.</li> </ul>
40	<b>Materiais compostos</b>	<p>Mudar de material uniforme para composto (múltiplos materiais):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Compósitos leves para reduzir o peso e minimizar o esforço;</li> <li>grupos focais heterogêneos;</li> <li>Estruturas de trabalho não tradicionais;</li> <li>Fluxo ótimo de trabalho com desafios.</li> </ul>

**Tabela 2. Exemplos de Aplicação de Princípios Inventivos em Ergonomia. Fonte: Hipple et.al. (2010)**

O método dos princípios inventivos (Altshuler, 1998) foi desenvolvido para a geração de ideias através dos princípios inventivos identificados. São heurísticas baseadas em soluções genéricas utilizadas com sucesso para resolver problemas estudados e que podem ser replicadas na solução de problemas em áreas distintas. Sua melhor utilização envolve primeiramente a identificação das contradições e a consulta à matriz de contradições, na qual o cruzamento dos parâmetros conflitantes aponta para alguns princípios ordenados de acordo com a probabilidade em solucionar os conflitos identificados.

A possibilidade de correlação entre os parâmetros da TRIZ Clássica e o domínio da Ergonomia, indicada por Coelho (2009) deve fornecer uma base de negociação para o desenvolvimento de soluções a partir da identificação de condicionantes da situação futura e dos princípios inventivos relevantes.

### **2.2.5 Aplicações da TRIZ em Processos de Projeto**

Algumas aplicações da TRIZ em processos de projeto são apresentadas a fim de estabelecer uma síntese de suas principais contribuições e relações com outros métodos e técnicas.

Empregar modelos e métodos que visam encontrar uma solução para a contradição entre a produtividade e a integração de segurança durante o processo de projeto foi o principal objetivo dos estudos de Houssin e Coulibaly (2011). Para os autores, a contradição aumenta na medida que a integração da segurança ao desenvolvimento de produtos resulta em queda da produtividade. Essa contradição geralmente resulta na omissão ou neutralização das medidas de segurança, o que expõe os trabalhadores a riscos potenciais.

Muitos autores projetaram modelos especiais para integrar medidas de segurança aos processos de projeto de produto. No entanto, a contradição entre a produtividade e a integração da segurança não foi formalmente abordada. Nesse estudo, três métodos foram apontados como meios de resolver essa contradição. Esses métodos principais incluíram o uso do Modelo de Situação de Trabalho (*Working Situation Model*) para integrar a segurança do usuário em todas as fases de projeto, a identificação de contradições por meio do uso de modelos e conceitos-padrão e, finalmente, a resolução das contradições por meio do método TRIZ. O Modelo de Situação do Trabalho foi usado para integrar sistematicamente a segurança durante o processo de projeto, enquanto o modelo e conceitos-padrão foi usado

para identificar contradições. Subsequentemente, o método TRIZ também foi utilizado para identificar e solucionar três níveis de contradição.

A aplicação prática deste processo foi demonstrada através de um procedimento para limpeza de rolamentos. O problema básico envolveu a eliminação do risco de acidente associado ao órgão de limpeza de rolamentos. Usando o método TRIZ, o problema foi reformulado e o princípio da separação no espaço foi utilizado para minimizar o contato do usuário com o rolamento. Após esta intervenção, os 40 princípios inventivos do TRIZ foram usados para criar uma barreira protetora entre o usuário e o rolamento. O princípio da "boneca aninhada" foi utilizado neste caso particular. A abordagem global utilizada neste estudo abre o caminho para a criação de um *software* voltado para resolver contradições que envolvem a integração de critérios de segurança e produtividade aos processos de projeto.

Ogot (2011) buscou demonstrar o valor da incorporação do projeto axiomático (AD) em um quadro conceitual da TRIZ, a fim de explorar os benefícios de resolver problemas mais complexos. Para a autora, a revisão da literatura dos estudos realizados por uma série de autores só incide sobre a situação oposta, ou seja, a incorporação do método TRIZ no quadro do AD.

Tanto o projeto axiomático (AD) como o método TRIZ podem ser utilizados para a identificação de problemas. No entanto, o projeto axiomático visa especificamente os passos de formulação, enquanto o método TRIZ favorece a geração do conceito de solução. Este artigo direciona toda a atenção para a relação entre estes dois métodos nos domínios físico e de função do processo de projeto. O domínio função é definido pelos requisitos funcionais enquanto que o domínio físico é caracterizado por parâmetros de projeto.

Ao contrário do método TRIZ, o projeto axiomático não fornece um guia detalhado sobre projetos conceituais. Por outro lado, o projeto axiomático pode ser utilizado para priorizar os numerosos conceitos de projeto que são gerados pelo método TRIZ, daí a justificativa para sua associação. A maior parte dos problemas de projeto consiste numa matriz complexa de contradições técnicas e físicas. As contradições técnicas são gerenciadas pelo método TRIZ, enquanto as contradições físicas podem ser solucionadas usando o projeto axiomático (OGOT, 2011). Um algoritmo para a combinação de ambos os métodos foi proposto, com etapas claramente definidas para resolver problemas complexos no processo de projeto. Um

disco rígido de computador foi utilizado como exemplo para ilustrar o contexto da eficácia do algoritmo.

Shirwaiker e Okudan (2011) aportam as contribuições da TRIZ e do AD como uma ferramenta de *Lean Design*. Para os autores, a aplicação desta metodologia, numa base regular, iria assegurar que os recursos adequados e mínimos fossem explorados para obter um resultado mais ideal. Os principais tipos de resíduos e as ineficiências a serem eliminados incluem defeitos, superprodução, espera, transporte, processamento sem valor agregado, excesso de estoque, excesso de movimento, subutilização de recursos e complexidade. Um pequeno estudo de caso é utilizado neste trabalho para demonstrar a eficácia desta ferramenta de *Lean Design*.

Segundo os autores, ao combinar o método TRIZ com o AD, muitos problemas associados ao processo de projeto podem ser resolvidos com complexidade mínima. O projeto axiomático visa eliminar ineficiências associadas à complexidade e tempo, decompondo problemas complexos em subconjuntos e analisando-os no contexto de requisitos funcionais e parâmetros de projeto. O uso de conceitos TRIZ elimina o desperdício de tempo associado a métodos como *brainstorming*. Juntos, esses métodos definem os problemas com precisão, analisam estes problemas e encontram soluções de forma mais detalhada, rápida e correta, e eliminam o desperdício associado a tempo, complexidade, materiais e utilização de recursos.

Um exemplo de aplicação da abordagem sinérgica é demonstrado na área da tecnologia de construção. Este exemplo mostra como a utilização dos métodos TRIZ e AD podem contribuir para remodelar pneus para a sua utilização como material de construção. O problema é analisado primeiro e depois definido em termos de seus requisitos funcionais. Os parâmetros complementares de projeto são estabelecidos e as contradições resultantes são resolvidas com base na matriz de contradições. O resultado é uma melhor concepção estética com menos complexidade (SHIRWAIKER e OKUDAN, 2011).

De Vries et al (2011) criaram uma estrutura para facilitar o uso do método TRIZ na análise e solução de problemas de projeto mono e co-disciplinares durante o projeto de produtos eletromecânicos. A criação e produção de produtos eletrônicos complexos geralmente requerem uma abordagem multidisciplinar de diversas áreas da engenharia. Isso cria uma necessidade de desenvolvimento e utilização de uma estrutura baseada no método TRIZ, que pode resolver os problemas diretamente de uma forma multidisciplinar. Este artigo define e

propõe claramente uma metodologia voltada para resolver os problemas associados a essas questões de projeto.

O projeto co-disciplinar refere-se a uma combinação de todos os estilos de cooperação disciplinar no desenvolvimento do produto. Por outro lado, a criação mono disciplinar foca nos produtos que podem ser desenvolvidos com sucesso, baseados no conhecimento de apenas uma disciplina. Um quadro foi proposto no qual um especialista em TRIZ trabalhou junto com uma ou mais disciplinas técnicas para superar problemas de projeto co-disciplinar. O quadro foi projetado de tal forma que facilitasse o uso por parte dos engenheiros. No entanto, nos estudos de caso que foram realizados, os resultados mostraram que a sequência de eventos ainda não estava tão clara para os engenheiros, como previsto.

Os últimos estudos de casos mostraram falhas na aplicação do quadro conceitual, indicando a necessidade de mais pesquisas objetivando superar esses problemas. A questão mais importante é que os engenheiros de diferentes disciplinas não só abordam assuntos diferentes, mas também trabalham em outro nível de detalhe e abstração. Isto implica que, além da abstração, pode haver grandes dificuldades em chegar a um entendimento comum de um problema abstrato.

Cascini et al (2011) analisaram as contradições técnicas da TRIZ por meio de ferramentas de otimização de projetos, com o objetivo de traduzi-las em contradições físicas. Neste trabalho, os autores propuseram uma série de passos pelos quais ferramentas de otimização de projeto podem ser utilizadas de forma eficiente para projetar novos componentes, bem como para reprojetar partes de um componente já desenvolvido. Antes de iniciar o processo, um conjunto de metas e restrições de projeto específicas deve ser claramente estabelecido e um conjunto de problemas de otimização deve ser definido. Os resultados obtidos a partir de atividades de otimização podem ser suficientes para o projeto. Por outro lado, se os resultados são contraditórios, eles devem ser convertidos em contradições físicas. As contradições físicas podem ser posteriormente analisadas e convertidas em um problema de otimização de projeto. Durante a fase de transição das contradições físicas para uma nova tarefa de projeto, pode surgir um conflito entre requerimentos externos e parâmetros de projeto. As ferramentas TRIZ podem ser usadas para resolver o conflito que surgir. O uso do princípio de separação e também dos princípios inventivos são componentes-chaves para resolver este problema.

Um exemplo clássico da aplicação da metodologia proposta foi destacado pelos autores, o projeto para um par de tesouras manuais de jardim. Os objetivos do projeto incluíram a força mínima solicitada para o usuário e o comprimento máximo de corte em cada operação. As restrições de projeto, por outro lado, compreendem a necessidade de ser leve, a dimensão global limitada de acordo com as solicitações biomecânicas e a fim de reduzir a deformação da folhagem. Os problemas iniciais de otimização foram definidos e duas situações opostas geradas. A contradição física foi analisada e o princípio de separação utilizado para resolvê-la. Duas soluções conceituais foram finalmente propostas, levando em conta as diretrizes e princípios utilizados no estudo de caso.

Van Pelt e Hey (2011) demonstraram a aplicabilidade e os benefícios da TRIZ e do projeto centrado no humano (HCD) no desenvolvimento de produtos de consumo. Para os autores, o desenvolvimento bem sucedido de produtos de consumo requer a compreensão sutil, abaixo dos fatores de superfície, tais como os valores humanos, os significados dos produtos, e as necessidades não verbalizadas. Sem a apreciação destas necessidades, as vendas do produto podem encontrar um sério golpe. O conhecimento das verdadeiras necessidades e comportamentos dos usuários é essencial para o sucesso do projeto.

Existem diferenças significativas entre o método TRIZ e o HCD. A TRIZ coloca ênfase na funcionalidade e em questões técnicas, enquanto o HCD se concentra nas necessidades humanas. A TRIZ enfatiza a abstração e tem uma abordagem muito estruturada, ao contrário do método HCD. No entanto, a fim de contribuir com a produtividade no desenvolvimento de produtos de consumo, é necessário integrar os métodos TRIZ e HCD numa estrutura que permita que eles sejam usados corretamente e de forma eficiente (VAN PELT e HEY, 2011).

Para os autores, esta estrutura deve se concentrar em três áreas principais: uso, usabilidade e significado. Determinado produto pode ter mais significado para alguns consumidores do que para outros. Como resultado disso, os projetistas devem saber em qual área devem melhorar ou focar sua atenção, de modo a tornar os produtos mais atraentes para os consumidores. Produtos em que o uso é o foco principal, normalmente, são caracterizados por problemas técnicos. A utilização da TRIZ para resolver estes problemas técnicos seria a abordagem mais adequada. Por outro lado, os problemas decorrentes de produtos nos quais o foco está na usabilidade e no significado devem ser resolvidos com uma abordagem centrada no usuário e, assim, o método HCD iria desempenhar um papel mais central. A TRIZ, embora em menor

grau, também pode ser utilizada no âmbito do significado e usabilidade, no entanto, mais estudos são necessários para demonstrar sua eficiência nessas áreas.

Fitzgerald et. al. (2010) desenvolveram uma ferramenta de projeto conceitual para a resolução de conflitos entre a funcionalidade do produto e seu impacto ambiental. Seu objetivo foi gerar conhecimento relevante e organizá-lo em uma ferramenta acessível de projeto para o meio ambiente (DfE), a fim de resolver os conflitos entre a funcionalidade do produto e impacto ambiental. O artigo também analisa produtos de sucesso e projetos que utilizam esta ferramenta. O DfE pode ser mais bem definido como a consideração sistemática do desempenho do projeto com relação ao meio ambiente, saúde e objetivos de segurança ao longo do ciclo de vida completo do produto. Os programas de DfE devem ser implementados na concepção e reformulação de produtos. Isso deve ser feito para garantir que normas ambientais sejam respeitadas e que os produtos sejam ecologicamente corretos. No entanto, as orientações gerais que existem não permitem a geração de conceitos para soluções específicas. Como resultado, as ferramentas devem ser desenvolvidas para solucionar os problemas de uma forma única. A funcionalidade do produto nem sempre pode ser melhorada apenas com uma melhor concepção ecológica.

Para os autores, uma ferramenta especial deve ser projetada para neutralizar os conflitos potenciais que possam surgir. A ferramenta de projeto conceitual proposta utiliza uma estratégia semelhante ao mapeamento de conhecimento, para desenvolver projetos mais sustentáveis e com melhor funcionalidade. A metodologia utilizada para desenvolver esta ferramenta de projeto conceitual consistiu em três etapas principais: (i) em primeiro lugar foi selecionado um amplo conjunto de parâmetros de funcionalidade e ambientais que são úteis para os projetistas durante o desenvolvimento do projeto conceitual, (ii) em seguida, foi realizada uma comparação entre diferentes gerações de produtos, a fim de encontrar aqueles que melhoram a funcionalidade e reduzem o impacto ambiental e, (iii) finalmente, esta informação foi organizada em uma tabela de inovação e melhoria. A matriz de contradições da TRIZ foi utilizada na primeira etapa do método e serviu como um ponto de partida natural para selecionar os parâmetros de funcionalidade devido à ligação entre essa metodologia e a TRIZ.

Li (2010) apresenta do uso da TRIZ para propor as alternativas de projeto, sob a consideração de projeto inovador, e o Processo Analítico Hierárquico, (AHP) para avaliar e selecionar a melhor alternativa viável sob vários critérios. Este estudo aplicou a matriz de contradições

TRIZ, os 40 princípios inventivos, e os 39 parâmetros de engenharia para estabelecer um equilíbrio entre as contradições de projeto e os parâmetros de engenharia. Um estudo de caso de projeto de linha de montagem automática para conectores é utilizado para demonstrar a aplicação da abordagem proposta. Neste trabalho, uma abordagem de projeto inovador, TRIZ e AHP, são empregados como uma metodologia integrada para a seleção de um sistema de produção. A TRIZ é aplicada para dividir o problema complexo de projeto em uma matriz de contradições, bem como para indicar os princípios inventivos. Além disso, o AHP é utilizado para decompor a estrutura do processo de decisão numa sequência hierárquica, de modo a determinar a importância relativa de cada sistema alternativo de fabricação por meio de comparações par a par. Para validar a aplicabilidade da abordagem proposta, um fabricante de conectores eletrônicos localizado em Taiwan foi contatado. O gerente da fábrica, o gerente de loja, e o responsável pela produção são considerados os grandes tomadores de decisão para este projeto.

A análise do sistema de fabricação existente revelou problemas e foram estabelecidos quatro principais objetivos. Os atributos para redesenhar o sistema de produção foram identificados e três grandes contradições foram descobertas. A matriz de contradições foi construída e os princípios inventivos relacionados foram propostos. Posteriormente, o AHP foi construído com o objetivo de decompor os problemas e avaliar os critérios de comparações pareadas.

Zhang et al (2011) desenharam uma estrutura de projeto de melhoria de produto, com base na TRIZ e na Engenharia de Valor (VE). Engenharia de Valor é uma metodologia altamente estruturada, que procura analisar a função e custo do produto, como o ponto de penetração para encontrar os caminhos para uma maior qualidade do produto a um custo menor. O Resultado Final Ideal é o núcleo da TRIZ e caracteriza-se pela melhora no desempenho funcional de um produto com redução simultânea de custos. Para o autor, juntos, VE e TRIZ auxiliam na análise e quantificação da função e do custo dos produtos.

O quadro conceitual de projeto de melhoria de produto proposto pelos autores, baseado nas metodologias TRIZ e VE, consiste em quatro etapas principais. Estas etapas são: (i) análise da função, (ii) cálculo do valor de componentes e avaliação de valor, (iii) identificação da necessidade de aperfeiçoamento do produto e (iv) projeto de melhoria do produto. A fase de análise da função compreende os componentes do sistema, super sistema e sub-sistema. O cálculo do valor dos componentes baseia-se no conceito de idealidade TRIZ. O método de análise de valor tradicional tem o valor 1 como alvo. A avaliação de valor é feita a partir da



utilização de um gráfico desenvolvido. A identificação da necessidade de melhorias no produto também requer a utilização de um quadro gráfico e o processo de identificação consiste em quatro etapas. O projeto de melhoria do produto pode ser avaliado com base na localização dos componentes na tabela de avaliação de valor.

O modelo proposto foi validado através de um estudo de caso. Este estudo de caso envolveu a melhoria do processo de projeto da vedação da haste de um pistão, desenvolvido com base nas metodologias TRIZ e VE. A análise envolveu a identificação de seis funções eficazes e úteis, duas funções nocivas, uma função inadequada, bem como os componentes do sistema e super-sistema. Os valores calculados dos componentes foram representados em um formato tabular e o gráfico de avaliação de valores foi produzido. De acordo com a análise global, e com base nas regras de projeto de reforço eficiente da vedação, foi proposto um projeto hidráulico para melhoria do sistema de vedação.

Palmer e Morkos (2010) investigaram possíveis meios de gerenciar a complexidade no processo de projeto, através da utilização de ferramentas de projeto. Este artigo explora como a complexidade é gerenciada dentro do processo de projeto, através das fontes geradoras de complexidade, as abordagens para gerenciá-la e ferramentas de projeto utilizadas no processo de gestão. A fim de satisfazer os objetivos propostos, foram desenvolvidos mapeamentos entre as abordagens e ferramentas no que diz respeito às fases do projeto. Estas fases incluem: planejamento e esclarecimento das tarefas, desenvolvimento conceitual, incorporação e detalhamento.

Muitos autores investigaram a complexidade e a sua existência em diferentes fases do processo de projeto. Embora seja necessária a administração da complexidade dentro do processo de projeto, tais ferramentas não estão prontamente disponíveis ou foram desenvolvidas especificamente para fazer isso. A fim de gerenciar a complexidade no processo de projeto, as fontes existentes devem ser identificadas. Há nove fontes de complexidades encontradas. Estas fontes são interdisciplinares e originárias de diferentes problemas de projeto, além de terem uma aplicabilidade diferente dentro do processo de projeto.

As abordagens de gerenciamento de complexidade são cursos de ação que foram incorporados pelos projetistas para auxiliá-los através de sua progressão no processo de projeto. Essas abordagens incluem hierarquia organizacional, divisão de fases, modularização, abordagem

holística, exigência de rastreabilidade, abordagem “*top-down*” (abordagem que começa pelos aspectos gerais, para só depois considerar os detalhes), abordagem integrada, projeto axiomático (AD) e abordagem orientada. Formatos tabulares foram desenvolvidos para estabelecer relações entre as bases que podem ser utilizadas em conjunto para gerenciar a complexidade.

Finalmente, as ferramentas de projeto são usadas para implementar tarefas deliberadas em marcos definidos para avançar no fluxo do processo de projeto. Essas ferramentas incluem matriz de decisão, análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA), gráficos morfológicos, comparação par a par, matriz de Pugh, desdobramento da função qualidade, TRIZ, árvore de objetivos e diagrama espinha de peixe. Os resultados, representados na tabela 3, mostraram que as ferramentas de projeto afetam mais os estágios conceituais e de definição de requisitos.

	Planejamento e esclarecimento das Tarefas	Estágio Conceitual	Estágio de Incorporação*	Estágio de Detalhamento
Matriz de Decisão	0	1	0	0
FMEA	0	0	1	1
Gráficos Morfológicos ( <i>Morph Charts</i> )	0	1	0	0
Comparação par a par ( <i>Pairwise</i> )	0	1	0	0
Matriz de Pugh	0	1	0	0
QFD	1	1	0	0
TRIZ	1	0	0	0
Objetivos	1	1	0	0
Espinha de Peixe ( <i>Fishbone</i> )	1	1	0	0

**Tabela 3. Relações entre Ferramentas de Projeto e Processo de Projeto. Fonte: Palmer e Morkos (2010)**

\*O estágio de incorporação (embodiment design) é definido como “a parte do processo de projeto na qual, a partir da estrutura de trabalho ou do conceito de um problema técnico, o projeto é desenvolvido, de acordo com critérios técnicos e econômicos e à luz de novas informações, até o ponto subsequente de projeto detalhado, que pode levar diretamente à produção. (PAHL e BEITZ, 1996).

Carvalho et. al. (2012) apresentam dois casos em que foram utilizados elementos da TRIZ e Inovação Sistemática (SI) para a compreensão e resolução de problemas, em fases distintas dos processos de desenvolvimento de produtos. Em ambos os casos, foi utilizado o Método dos Princípios Inventivos (MPI) e o Método de Separação.

No primeiro estudo de caso, a TRIZ/SI foi usada para buscar soluções alternativas para a distribuição de amaciante de roupas em máquinas de lavar. Neste caso, numa primeira fase, o sistema moderno foi analisado e foi desenvolvida uma alternativa, na qual o amaciante não deixa de ser aplicado, não é distribuído numa quantidade prejudicial ou no momento errado. Durante a análise do sistema, todas as informações sobre o possível problema e tópicos associados foram pesquisados. Com o problema claramente definido, o MPI foi utilizado para gerar ideias que poderiam superar as contradições centrais que foram encontradas. Uma matriz morfológica foi utilizada para organizar e amplificar a geração de soluções.

No segundo caso, a TRIZ/SI foi aplicada para resolver problemas no processo de soldagem de tubos industriais, especificamente na área de petroquímicos. Uma preparação cuidadosa foi realizada para que não houvesse falha no processo de soldagem de dutos. Na formulação do problema, o método chamado árvore de análise de falhas foi utilizado. Subsequentemente, o Método dos Princípios Inventivos foi a primeira ferramenta de escolha. O último método utilizado foi o de separação. Das sete ideias geradas, duas foram consideradas com maior potencial para a aplicação prática.

A tabela 4 sintetiza os estudos , indicando as metodologias associadas à TRIZ, vantagens e desvantagens de sua aplicação conforme os autores e seus estudos:

AUTORES	ANO	METODOLOGIAS ASSOCIADAS	VANTAGENS TRIZ	DESVANTAGENS TRIZ
<b>Marsot,, J. ; Claudon, L.</b>	2004	Análise Funcional, Desdobramento da Função de Qualidade (QFD)	As crescentes contradições em torno do cabo e da lâmina da faca foram resolvidas com os princípios inventivos e matriz de contradições.	Os diferentes parâmetros de projeto da TRIZ são genéricos e algumas vezes dificultam a formulação de um problema específico.
<b>Cascini et. al.</b>	2006	Ferramentas de Otimização de Projeto, ARIZ	As ferramentas TRIZ podem ser usadas para gerar soluções conceituais.	x
<b>Shirwaiker, R.A.; Okudan, G.E.</b>	2006	Projeto Axiomático (AD)	Definição do problema exato; Geração rápida e precisa de soluções; Eliminação de contradições.	x
<b>de Vries, et.al.</b>	2008	x	x	Os engenheiros devem entender os princípios e elementos do método TRIZ.
<b>Akay et.al.</b>	2008		Uma abordagem estruturada que pode ser utilizada para resolver os problemas de fatores humanos.	Utilizada como ferramenta colaborativa, mas não deve substituir outros modelos usados para solucionar problemas de fatores humanos.
<b>Li,T.</b>	2009	Processo Analítico Hierárquico (AHP)	A utilização da TRIZ foi fundamental para encontrar os problemas certos e identificar as contradições.	O principal problema na utilização da TRIZ reside no fato de alguns parâmetros da matriz não apontarem princípios inventivos.
<b>Palmer e Morkos</b>	2010	Matriz de decisão, FMEA, gráficos morfológicos, comparação pareada, matriz de Pugh, QFD, árvore de objetivos e diagrama espinha de peixe.	Também pode ser usada nas fases conceituais, de definição de requisitos e de realização do processo de concepção.	x

<b>Fitzgerald et.al.</b>	2010	DfE	Os parâmetros TRIZ foram utilizados para criar os parâmetros de funcionalidade nesse estudo.	Nem todos os parâmetros TRIZ puderam ser utilizados. Pequenas modificações foram necessárias.
<b>Houssin, R.; Coulibaly, A.</b>	2011	Modelo de Situação de Trabalho	A contradição entre a produtividade e a integração da segurança foi resolvida.	A TRIZ não fornece a solução direta, mas cria uma via através da qual a solução pode ser obtida.
<b>ZHANG et. al.</b>	2011	Engenharia de Valor	O conceito de idealidade TRIZ é uma ferramenta eficaz.	x
<b>Van Pelt, A.; He, J.</b>	2011	Projeto Centrado no Humano (HCD)	para cada uma das três dimensões de Usabilidade e Significado, o Triz é eficaz no fornecimento de estruturas para justificar relações e metas finais.	Embora possa ser utilizada no âmbito do significado e da usabilidade, na compreensão das necessidades humanas, necessita de mais estudos.
<b>Ogot, M.</b>	2011	Projeto Axiomático (AD)	Fornece um guia detalhado de projetos conceituais.	Pode resultar em uma matriz complexa de contradições e requerer outros métodos para solucioná-las.
<b>Carvalho et.al.</b>	2012	Inovação Sistemática (SI), Análise de Três Defeitos	x	x

**Tabela 4. Estudos TRIZ e metodologias associadas. Fonte: Autora.**

## 2.3 Considerações

A fundamentação teórica apresentada neste capítulo nos aponta a falta de integração da ergonomia aos processos de concepção. Nossa contribuição metodológica apoia-se especialmente na definição de uma abordagem integradora, a partir de metodologias de análise e projeto.

Retomamos aqui, sob a perspectiva dos modelos de intervenção, que as abordagens mais tradicionais em ergonomia, fatores humanos e ergonomia da atividade, encontram-se interatuantes em processos de intervenção, não havendo uma distinção clara de seus limites e núcleos de atuação, são portanto complementares. Sob a perspectiva de intervenção de fato, os resultados esperados devem atender a um duplo critério, relacionado à saúde e produtividade. As ações em ergonomia devem suportar o processo de tomada de decisão. Para isso, a noção de referencial comum é fundamental para a construção social da intervenção que envolve atores de diferentes áreas. Por fim, sob a perspectiva da concepção, o objeto de ação constitui-se de atividades e usos futuros. O recenseamento de situações de referência e abordagens que permitam a simulação da atividade futura são determinantes.

Enfim, as análises provenientes de processos de intervenção em ergonomia e seus resultados devem ser convertidos em orientações para o projeto de melhorias. Para atingir os objetivos esperados, o processo de intervenção em ergonomia pode exigir diferentes níveis de inovação e a anexação de outras metodologias é necessária.

Com relação à TRIZ, sua metodologia, focada na resolução de problemas, apresenta diversas ferramentas para o processo de projeto. Aqui, destacamos: (i) o princípio da idealidade e as tendências evolutivas enquanto ferramentas auxiliares em análises prospectivas, cujo objetivo é guiar o processo de projeto por vias mais promissoras e estimular a criação de sistemas mais evoluídos a partir dos já existentes; (ii) os parâmetros de engenharia podem ser considerados tanto nas fases de análise dos sistemas existentes quanto dos futuros; (iii) os princípios inventivos auxiliam a geração de ideias e podem ser aplicados diretamente, após uma análise do sistema, ou, através da (iv) matriz de contradições, cuja identificação de parâmetros conflitantes apontará os princípios inventivos mais relevantes a serem considerados na solução do conflito.

Como síntese geral podemos apontar que:

- Existe a necessidade de se antecipar as atividades e usos futuros nos processos de concepção;
- Os projetistas se apoiam sobre uma base limitada de conhecimentos e ferramentas para projeto em ergonomia;
- As necessidades/expectativas dos atores em relação ao novo produto/situação devem ser organizadas de modo a orientar o processo de concepção;
- A identificação de contradições numa fase inicial do processo de concepção deve contribuir para melhoras de eficiência e eficácia;
- Há correlação entre diversos fatores considerados numa intervenção em ergonomia e os parâmetros de engenharia apresentados pela TRIZ.
- A base de conhecimentos disponível permite uma contraposição entre as ferramentas da TRIZ e as abordagens em ergonomia.

### 3. TRIZ E PROCESSO DE PROJETO EM ERGONOMIA: PROPOSTA DE UMA ABORDAGEM CONCEITUAL E OPERATIVA

Uma introdução geral à metodologia foi feita no item 1.4, o objetivo deste capítulo é detalhar a metodologia e os procedimentos utilizados na estruturação de uma abordagem que integra TRIZ e ergonomia e no desenvolvimento da matriz de contradições em ergonomia aqui proposta.

Além dos procedimentos de pesquisa, o capítulo discute as contribuições da TRIZ à intervenção em ergonomia, de acordo com as perspectivas descritas anteriormente.

O enunciado do problema de pesquisa remete à incipiente integração da ergonomia nos processos de projeto no contexto industrial brasileiro. De acordo com a fundamentação teórica apresentada no Capítulo 2, alguns fatores podem ser apontados enquanto corroboradores para esta dificuldade de integração e vão desde a falta de acesso a conhecimento relevante no idioma, passando pelas dificuldades de se integrar diversos atores nos processos de concepção, pelas ferramentas tecnocentradas, chegando à desconsideração das atividades futuras.

A partir destas dificuldades, a hipótese subjacente é de que **uma abordagem que avance na incorporação da ergonomia aos processos de concepção deveria penetrar na linguagem e nas técnicas comumente utilizadas pelos projetistas, pois, sendo menos disruptiva, favoreceria a construção coletiva da situação de trabalho, aproximando os projetistas da análise das situações de ação características e da construção de cenários prospectivos. Além disso, deve ser construída com base nas diferentes dimensões da ergonomia a serem consideradas, envolver a participação de diversos atores sociais e fornecer ferramentas para fomentar a discussão da atividade futura na definição de propostas de melhoria.**

O corpo de conhecimentos disponível tanto em Ergonomia quanto em Projeto, ou concepção, nos permite, através de uma análise qualitativa, estabelecer uma correlação entre metodologias destas duas disciplinas a fim de alcançar os objetivos da pesquisa.



### 3.1 Procedimentos de Pesquisa

A pesquisa desenvolveu-se em quatro etapas, sendo que a primeira delas representa a pesquisa bibliográfica para a delimitação do estado da arte. Esta etapa foi seguida de uma análise qualitativa das metodologias de projeto e de intervenção em ergonomia. A partir desta análise qualitativa as contribuições da TRIZ ao processo de projeto em ergonomia foram exploradas e integradas a um esquema geral de abordagem de intervenção. Em seguida, foi realizada a proposta de construção de uma matriz de contradições em ergonomia, com base na TRIZ. Já discutidas no Capítulo 2, essas metodologias tem na sua aplicação a possibilidade de troca e integração de conhecimentos dos diversos atores sociais sob o paradigma da construção social.

A terceira etapa consistiu de correlação entre as metodologias para a definição dos parâmetros de ergonomia que compõem a matriz proposta. Esta correlação também consiste de uma análise qualitativa que permitiu a definição dos principais fatores de ergonomia a serem considerados tanto no processo de análise quanto de concepção. Para isso, foram descritos os parâmetros de engenharia e realizada uma analogia entre os fatores de ergonomia que abrangem as dimensões física, cognitiva e organizacional do trabalho. Esta categorização visou uma análise global da situação. A identificação dos parâmetros que podem estar em contradição na situação futura indica quais princípios relevantes podem ser utilizados na solução desta contradição.

Estes dados foram posteriormente dispostos na estrutura matricial da TRIZ clássica, numa planilha em Excel, que, preservando os princípios inventivos originais, constitui a matriz de contradições em ergonomia.

Os procedimentos metodológicos foram adotados a fim de elucidar o problema de pesquisa e permitir alcançar o objetivo proposto. Inscrita numa perspectiva de intervenção, com o intuito de facilitar a integração e a perenidade da ergonomia nos processos de projeto, o detalhamento da proposição da abordagem é apresentado nos itens que seguem.

### 3.2. Contribuições da TRIZ ao Processo de Projeto em Ergonomia

Nos capítulos precedentes estabelecemos a fundamentação teórico-metodológica utilizada na abordagem do problema de pesquisa. Aqui exploramos as contribuições da TRIZ ao processo de projeto em ergonomia, de acordo com as perspectivas descritas anteriormente. Sob a perspectiva dos modelos de intervenção, a discussão se dá em torno da seguinte pergunta: **Sua aplicação é possível a partir do paradigma da ergonomia da atividade ou de fatores humanos?**

Sob a perspectiva de intervenção, discute a **contribuição ao alcance de critérios de saúde e produtividade e suas possíveis aplicações ao processo de projeto. Sua metodologia favorece a construção social**, sob uma perspectiva de subsidiar a tomada de decisão? Sob a perspectiva de concepção a questão a ser respondida refere-se às **contribuições à prospecção de situações futuras.**

Como síntese destas reflexões, é discutida a **possibilidade de integrá-la a uma abordagem específica em ergonomia.**

Tendo como propósito principal a identificação e solução de problemas, a construção de uma matriz de contradições, com parâmetros de ergonomia, visa auxiliar sua aplicação. A construção da matriz é proposta a partir da apresentação, num primeiro momento, dos parâmetros de engenharia da TRIZ original e, num segundo momento, da analogia entre estes e os parâmetros de ergonomia definidos. Como resultado desse processo, apresentamos a matriz, cuja identificação de contradições leva aos princípios inventivos que podem guiar o processo de concepção.

Em situações de inovação o paradoxo da concepção em ergonomia torna-se mais exacerbado, uma vez que “não se trata somente de extrapolar os usos futuros a partir de uma situação existente que será modificada, mas de definir os usos a partir de um conceito de produto ainda não materializado” (NELSON, 2011, p.83, tradução livre).

A proposta de uma abordagem que associa TRIZ e ergonomia se dá dentro do paradigma da integração da ergonomia nos processos de concepção. Parte da premissa de que, para ser efetiva, deve ter como objeto de intervenção não só as situações de trabalho em si, mas também a representação dos atores sociais e os modelos de gestão. A integração de

ferramentas específicas, típicas de projeto, a um esquema geral de abordagem ergonômica aproxima os diferentes mundos objetos e favorece a construção social.

A matriz de contradições, enquanto objeto intermediário, além de fornecer um caminho para o projeto, também deve propiciar um contexto de que favoreça o compartilhamento de saber-fazer, a cooperação e a co-construção.

A discussão inicial é estruturada em subitens que são integrados, posteriormente, na proposta de um esquema geral de abordagem que associa a TRIZ à abordagem proposta por Garrigou et. al. (2001), com o objetivo de especificar ferramentas úteis a cada etapa do processo de intervenção.

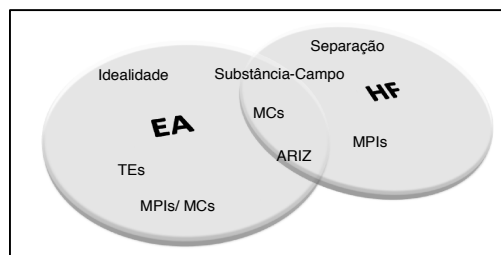
### **3.2.1 Contribuições da TRIZ ao Processo de Projeto em Ergonomia, sob a Perspectiva dos Modelos de Intervenção**

A questão principal aqui é a possibilidade de anexação da TRIZ à ergonomia segundo as principais abordagens históricas, fatores humanos (HF) e ergonomia da atividade (EA). Por seu caráter aplicado e pragmático para a resolução de problemas, seria a TRIZ aplicável somente segundo um paradigma de HF?

Se focarmos a discussão em torno das ferramentas apresentadas podemos realizar sua aproximação às duas abordagens.

A utilização dos princípios inventivos pode dar-se de forma direta ou através da matriz de contradições. A aplicação direta dos princípios inventivos é possível após uma análise do sistema e isso aproximaria a TRIZ de uma abordagem mais característica de HF. No entanto, sua utilização a partir da matriz pressupõe a análise da situação, de referência ou futura, e aproxima-o de uma abordagem da atividade.

Se nos voltamos para o princípio da idealidade e tendências evolutivas, temos claramente a oportunidade de extrapolação para a construção de cenários. A análise e identificação de contradições remete às situações de referência, fases típicas de uma abordagem situada, característica da EA. As principais ferramentas da TRIZ são apresentadas na figura 11 abaixo, de acordo com a sua aproximação às abordagens de EA e HF:



**Figura 11. Ferramentas TRIZ e suas relações com EA e HF. Fonte: Autora**

Podemos concluir que, na medida em que favorece a construção social de cenários e da solução de problemas, ao mesmo tempo em que permite a aplicação direta a algumas situações, a contribuição da TRIZ ao processo de projeto em ergonomia é válida independentemente da abordagem escolhida. Além disso, vimos que, na prática, as abordagens em ergonomia são complementares.

As situações e contextos de uso definem as ferramentas da TRIZ a serem empregadas e suas contribuições.

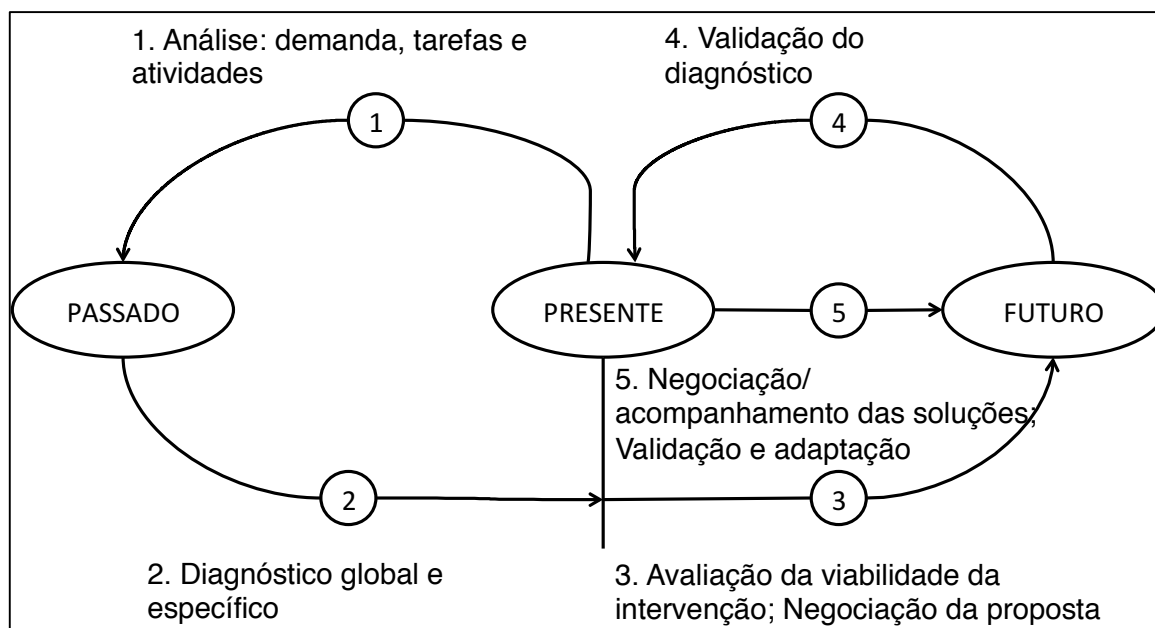
Com base nessa asserção, as contribuições da TRIZ são apresentadas e discutidas de acordo com a intenção da análise ergonômica.

### **3.2.2 Contribuições da TRIZ ao Processo de Projeto em Ergonomia, sob a Perspectiva de Intervenção**

Conforme descrito no capítulo 2, a ergonomia tem duas intenções fundamentais, a de produzir conhecimento e transformar a situação de trabalho. A transformação deve atender ao duplo critério de saúde dos trabalhadores e eficácia das organizações.

Quando retomamos o princípio da idealidade e as tendências evolutivas, vemos que os sistemas têm a tendência de tornarem-se mais estáveis, confiáveis, ganharem eficiência, eficácia e simplicidade. As tendências evolutivas têm o objetivo de estimular a criação de sistemas melhores, a partir dos já existentes.

As etapas da evolução dirigida, apresentadas por Carvalho (2007), também encontram um paralelo no processo de análise-síntese da intervenção ergonômica. A figura 12, abaixo, representa o esquema de evolução dirigida aplicado à intervenção em ergonomia.



**Figura 12. Esquema Geral de Evolução Dirigida Aplicado à Intervenção em Ergonomia. Fonte: Autora**

O modelo geral de intervenção em ergonomia descrito por Guérin (2001), corresponde aos estágios 1 e 2 do esquema de evolução dirigida. Já os estágios 3, 4 e 5 correspondem às etapas do alargamento proposto por Daniellou (2007), onde o estágio 3 pode ser associado às etapas de avaliação da viabilidade da intervenção e negociação da proposta, o estágio 4 à validação do diagnóstico, enquanto o estágio 5 corresponde à negociação e acompanhamento das soluções propostas, seguida de avaliação e adaptação.

Ao extrapolar estas tendências para o trabalho, objeto de intervenção da ergonomia, podemos, a partir da confrontação entre a situação atual, situações de referência, e da prospecção da situação futura ideal, fazer com que as situações de trabalho evoluam no sentido da idealidade, tanto em termos de critérios de saúde como de eficácia. As contradições identificadas podem ter um conceito de solução a partir da elucidação de parâmetros conflitantes (MC) e da utilização de princípios inventivos relevantes.

### **3.2.3 Contribuições da TRIZ ao Processo de Projeto em Ergonomia, sob a perspectiva de Tomada de Decisão**

Os resultados de uma análise ergonômica também devem prover subsídios aos processos de tomada de decisão. Por tratar-se de uma abordagem multidisciplinar, a participação dos diferentes grupos de atores tem papel decisivo nas escolhas de projeto. A utilização de objetos intermediários (Jeantet et. al. 1996; Tran Van, 2010) têm o papel de facilitar o processo de comunicação entre estes atores.

A orientação destes grupos de atores no sentido da construção de um referencial comum para a ação é fundamental (Barthe e Quéinnec, 1999; Landry, 2008; Tran Van, 2010).

Dentre os fatores apontados como contribuintes à fraca integração da ergonomia em processos de concepção encontramos as dificuldades provenientes dessa multidisciplinaridade, que se refletem numa resistência dos projetistas em incorporar novas informações ao projeto.

A anexação de ferramentas da TRIZ em etapas específicas do processo de projeto, tem o intuito de, ao aproximar os diferentes mundos objetos a partir de uma metodologia clássica de engenharia, corroborar para a interpretação coletiva do problema (Mossink, 1990). A análise das situações de referência, sua prospecção de acordo com o princípio da idealidade e tendências evolutivas permite a troca de conhecimentos entre os diversos atores, levando à construção de um referencial comum para a ação. A possibilidade de identificar conflitos já nas etapas iniciais do processo de projeto e deflagrar um processo de negociação de conceitos de solução também é apontada

### **3.2.4 Contribuições da TRIZ ao Processo de Projeto em Ergonomia, sob a Perspectiva de Concepção**

O foco aqui está na antecipação das situações futuras. A construção de cenários é fundamental para suportar a evolução, de maneira positiva, das situações projetadas. As simulações são ferramentas importantes utilizadas na construção destes cenários prospectivos.

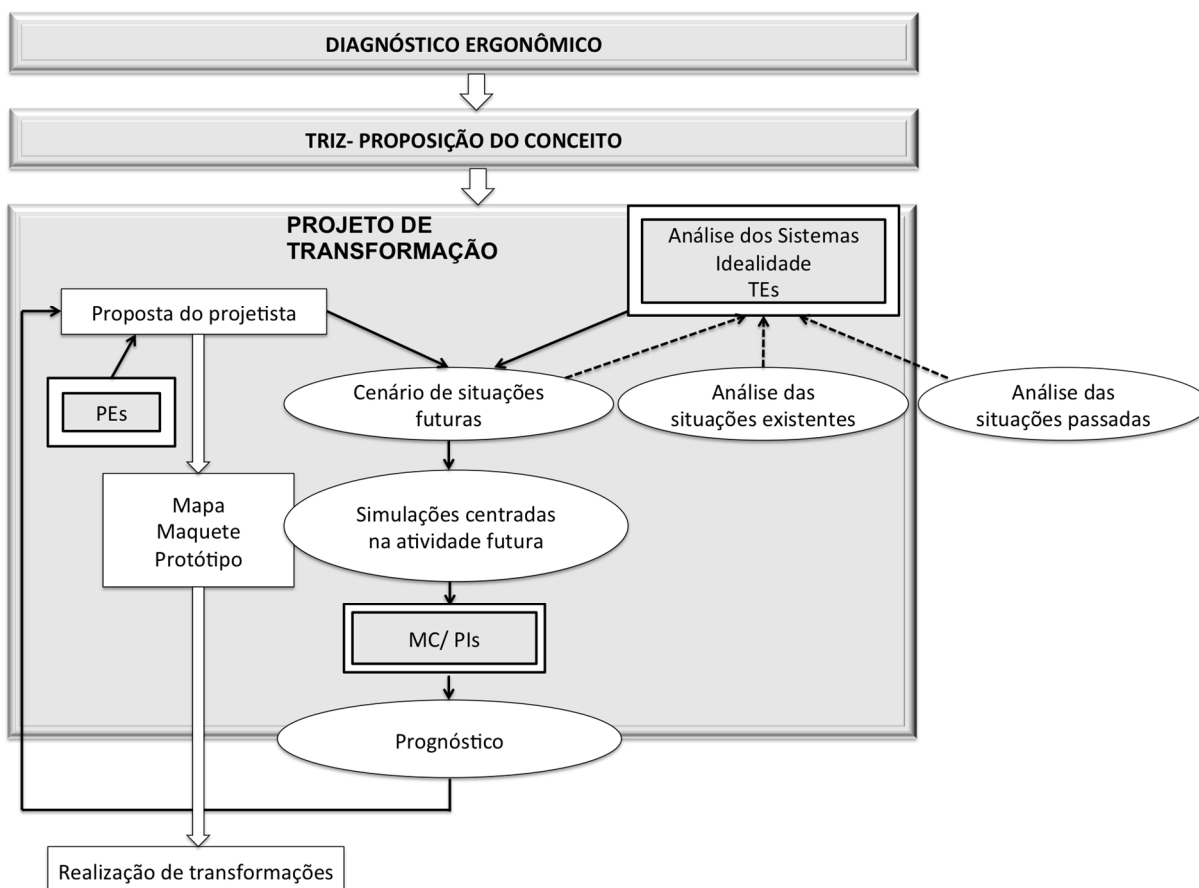
Além disso, a análise de situações de referência torna possível a identificação de aspectos invariantes e das variabilidades prováveis. Aspectos estes que deverão ser geridos pelos trabalhadores no curso da ação. As referências para a concepção adquirem relevância nesta

fase de avaliação e prospecção. Conforme apresentado, estas referências podem ser tanto descritivas, no sentido de assinalarem variabilidades, quanto prescritivas, fornecendo alguns parâmetros ao processo de projeto.

Tais referências podem ser derivadas da aplicação da TRIZ nas várias etapas do processo de concepção, sendo que as referências descritivas aproximam-se da fase inicial de análise da situação e construção do problema visando a idealidade e as prescritivas da definição de parâmetros e requisitos. Aqui, a formalização de fatores de ergonomia a serem considerados adquire relevância e podem estar associados aos parâmetros de engenharia da TRIZ. A identificação de conceitos de solução para esses conflitos seria possível a partir da sua disposição numa matriz de contradições.

#### **3.2.4.1 Contribuições à Análise de Situações de Referência e à Construção de Cenários Prospectivos**

A partir da análise dos sistemas proposto pela TRIZ é possível identificar as tendências evolutivas das situações de trabalho, envolvendo a análise de situações passadas e presentes e fazer a prospecção futura, no sentido da idealidade. Esse processo de análise permite evidenciar contradições que deverão ser eliminadas ou minimizadas nos sistemas futuros. Como metodologia de solução de problemas, as diversas ferramentas a TRIZ podem ser utilizadas nesse processo, com destaque para a matriz de contradições (MC) e princípios inventivos (PIs). Na proposta dos projetistas, os parâmetros de engenharia e de ergonomia devem ser considerados. A simulação permitirá evidenciar contradições que ainda persistem e a utilização da MC e PIs visará solucioná-las. Comparativamente ao brainstorm, os métodos associados à TRIZ tendem a produzir ideias mais criativas e em número relativamente pequeno (CARVALHO, 2007). Esta tendência verifica-se especialmente quando o foco está na resolução de problemas, daí a substituição do brainstorm pela TRIZ no processo de proposição do conceito. Tais relações são apresentadas na figura 13 que associa as ferramentas da TRIZ ao modelo proposto por Daniellou (1992).



**Figura 13. Modelo de intervenção ergonômica associado à TRIZ. Fonte: Autora, a partir de Daniellou, 1992 (vide figura 4 p.47)**

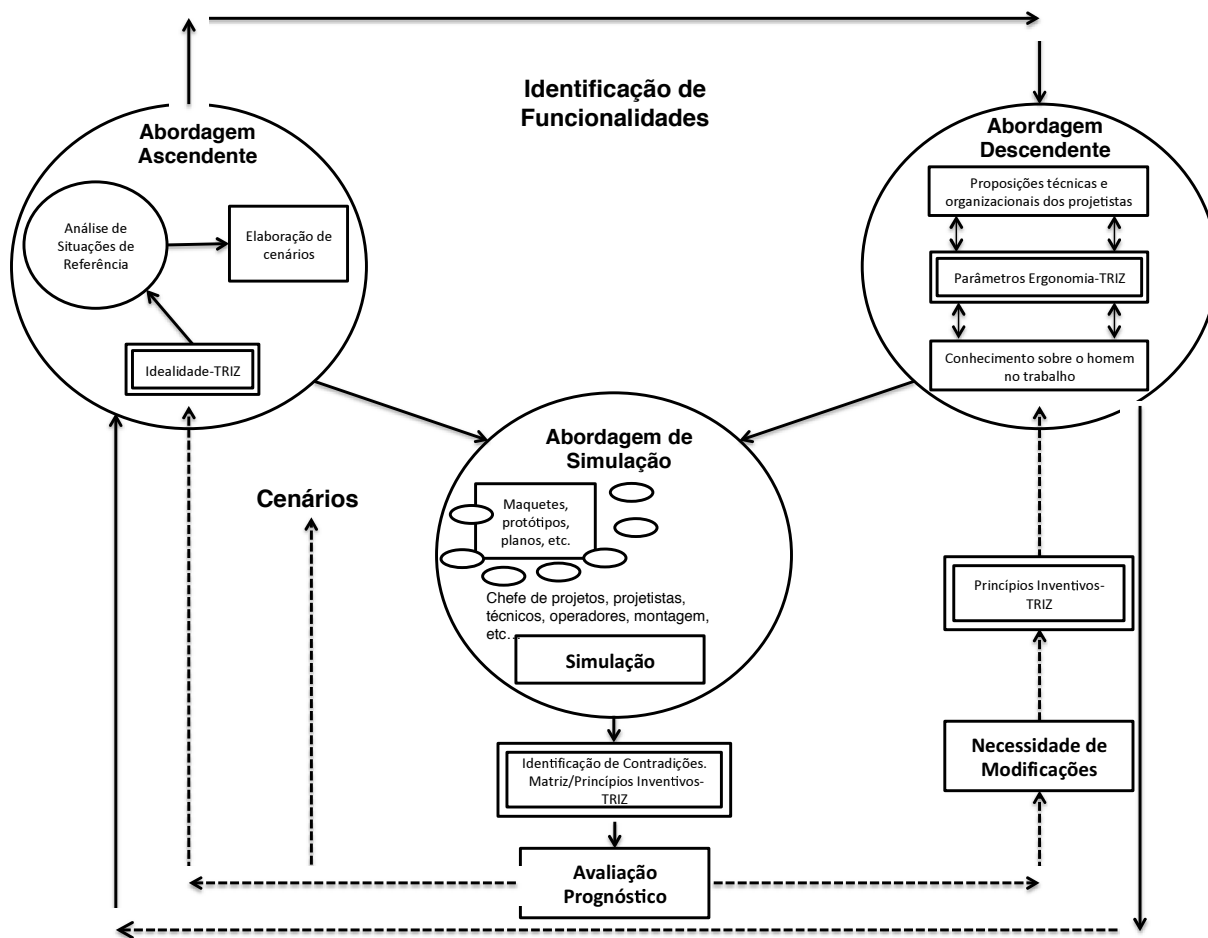
A partir das reflexões apresentadas nos itens anteriores, referentes à identificação das contribuições da TRIZ, de acordo com as distintas perspectivas de utilização da análise ergonômica, a seguir apresentamos uma síntese que constitui na sua associação a uma abordagem de integração.

### 3.3 Abordagem Integradora

A partir do quadro teórico apresentado nos capítulos precedentes, chegamos à proposição de associação da TRIZ ao modelo de integração de abordagens proposto por Garrigou et. al. (2001).

Sua aplicação visa instrumentalizar as diversas abordagens nos processos de concepção, cuja representação encontra-se na figura 14.





**Figura 14.** Associação da TRIZ ao modelo de integração de abordagens. Fonte: Autora, a partir de Garrigou et. al., 2001 (vide figura 5 p. 56)

A associação entre ferramentas da TRIZ às abordagens visa permitir uma melhor compreensão das situações de trabalho, das estratégias e atividades individuais e coletivas desenvolvidas pelos trabalhadores, para melhor alimentar o processo de concepção. Em muitos projetos há uma definição lacunar dos objetivos durante a concepção e uma subestimação do impacto das dimensões sociotécnicas do projeto (GARRIGOU et. al., 2001).

A TRIZ, enquanto abordagem voltada à definição e solução de problemas, apresenta contribuições e pode ser integrada às diversas abordagens, permitindo: (i) a análise do sistema/problema e identificação de constrangimentos; (ii) a análise da situação sob a perspectiva da idealidade, a partir da comparação entre situações passadas, de referência e prospecção da situação futura; (iii) a determinação de parâmetros e contradições através da construção de cenários; (iv) a inserção de parâmetros na matriz de contradições para que a TRIZ direcione aos os princípios inventivos mais relevantes; e, (v) a construção coletiva da solução, sua implementação e reavaliação.

Na abordagem descendente, o ergonomista mobiliza seus conhecimentos e referências sobre o homem no trabalho a fim de enriquecer a definição dos objetivos do projeto e a reflexão sobre as escolhas tecnológicas e organizacionais. Esse processo também é dado pela interação entre o ergonomista e os outros atores do projeto. Essa aproximação, fundamental entre os diferentes atores da concepção, pode ser facilitada pela colocação em evidência de parâmetros de ergonomia a serem considerados. A correlação entre os parâmetros de engenharia da TRIZ e parâmetros de ergonomia é uma ferramenta útil para que nenhum aspecto da ergonomia seja negligenciado na definição de requisitos. A inserção de uma lógica da ergonomia, de maneira estruturada, nos processos de projeto também permite sua integração aos mundos objetos dos atores não ergonomistas.

A proposta de uma abordagem ascendente parte da necessidade de enriquecer a descendente e os requisitos determinados pelos especialistas. Este enriquecimento ocorre a partir da análise de situações reais e da evidência de necessidades dos trabalhadores/usuários. A estruturação de cenários futuros permite essa evidenciação e devem ser construídos a partir de situações de referência nas quais problemas de saúde e eficácia foram identificados e leva em conta a diversidade dos modos de funcionamento das instalações (GARRIGOU et. al., 2001).

A TRIZ, com suas ferramentas de análise de sistemas e idealidade, permite a prospecção de situações futuras de modo a maximizar os resultados, em termos tanto de saúde como de eficácia. Considerando que os sistemas técnicos evoluem no sentido da idealidade, estas ferramentas podem ser aplicadas aos sistemas sociotécnicos. A avaliação dos sistemas passado, presente e sua prospecção futura deve considerar as tendências evolutivas. Isso guiará as tomadas de decisão a partir de um caminho mais promissor.

Para Garrigou et.al. (2001) o objetivo das simulações é produzir prognósticos que contemplem as dificuldades que poderão ser vivenciadas pelos operadores nas situações futuras e, a partir deles, antecipar melhorias. Essas dificuldades muitas vezes derivam de situações conflitantes e parâmetros contraditórios tanto de ergonomia como de engenharia. A matriz de contradições pode ter papel decisivo na antecipação de melhorias através da indicação de princípios inventivos relevantes à solução da contradição.

A interação entre os diversos atores na análise, construção e propostas de solução para o problema, a partir de ferramentas e abordagens estruturadas, é de fundamental importância na construção do referencial comum e o que poderá levar, de fato, à integração da ergonomia nas diversas fases dos processos de concepção.

A estruturação de parâmetros de ergonomia em correlação com os parâmetros de engenharia da TRIZ seria aplicável tanto à abordagem descendente, na definição dos objetivos e requisitos do projeto, quanto às simulações, na identificação de situações conflitantes, além de ser necessária à construção da matriz de contradições. Portanto, esse processo é proposto e apresentado nos itens que seguem.

### **3.4 Construção da Matriz de Contradições em Ergonomia**

A ergonomia é uma disciplina orientada ao projeto e um dos problemas fundamentais de concepção está relacionado com a existência de múltiplos requisitos de compatibilidade sistema-humano que devem ser satisfeitos ao mesmo tempo (KARWOWSKI, 2005). Em virtude disso, são requeridos métodos estruturados de projeto.

As interações humano-sistema frequentemente são um fenômeno complexo e, portanto, apresentam requisitos de compatibilidade dinâmicos. Essa configuração pode ser instável e caótica e sua modelagem requer abordagens especializadas. Citando Norman (1988), Karwowski (2005) assevera que ao adicionar funcionalidade a um artefato há um *trade-off* em termos de incremento de complexidade, uma vez que os feedbacks ficam menos evidentes ao usuário. Para a TRIZ, estes *trade-offs* podem ser eliminados ou minimizados no projeto, através da utilização da matriz de contradições.

A proposta de uma matriz de contradições em ergonomia é realizada a partir de uma perspectiva operativa, para facilitar a integração da abordagem proposta aos processos de projeto. Sua construção prevê a estruturação de parâmetros de ergonomia que não podem ser negligenciados, mas que, ao mesmo tempo, podem estar em contradição e impor restrições ao processo de projeto. A antecipação de melhorias pode ser feita a partir da utilização de princípios inventivos relevantes, de forma independente ou, preferencialmente, pela indicação dada a partir da matriz.

Dada a amplitude dos estudos desenvolvidos para a construção da matriz de contradições da TRIZ original, a proposta de uma matriz de contradições a ser utilizada em intervenções em ergonomia parte da manutenção da mesma estrutura matricial e dos princípios inventivos da TRIZ original. Tal escolha implica a determinação de 39 parâmetros de ergonomia para compor a matriz e, ainda, que se estabeleça uma correlação entre estes e os parâmetros de engenharia, de modo que os princípios inventivos apontados pelo cruzamento de parâmetros conflitantes sejam relevantes.

Para isso, os parâmetros de engenharia são apresentados, em seguida são definidos os parâmetros de ergonomia a serem considerados e uma proposta de correlação entre eles é apresentada. Posteriormente, tais parâmetros são dispostos em uma matriz quadrada que representa a proposta inicial de uma matriz de contradições em ergonomia.

### 3.4.1 Os Parâmetros de Engenharia que compõem a TRIZ Clássica

Duas definições são importantes antes de descrever os parâmetros de engenharia que compõem a TRIZ: objeto em movimento e objeto parado.

Objeto em movimento são objetos que podem facilmente mudar sua posição no espaço, tanto sozinhos ou por resultado de forças externas. Veículos e objetos desenhados para serem portáteis são partes desta categoria.

Objeto parado são objetos que não mudam sua posição no espaço, tanto sozinhos ou por resultado de forças externas. Para tal classificação, deve-se considerar as condições nas quais o objeto está sendo usado.

Como descrito no Capítulo 2, a TRIZ apresenta trinta e nove parâmetros de engenharia que podem estar em contradição no processo de concepção. A contradição surge quando, ao melhorar uma característica ou parâmetro do sistema, outra característica ou parâmetro é prejudicado. Soluções mais efetivas são aquelas que conseguem remover tais contradições.

A tabela 5 lista os parâmetros de engenharia e associa-os a uma breve descrição.

Parâmetros de Engenharia	Descrição
1. <b>Peso do objeto em movimento</b>	Massa do objeto em um campo gravitacional. A força que o corpo exerce no seu suporte.
2. <b>Peso do objeto parado</b>	Massa do objeto em um campo gravitacional. A força que o corpo exerce no seu suporte.
3. <b>Comprimento do objeto em movimento</b>	Qualquer dimensão linear, não necessariamente a mais longa.
4. <b>Comprimento do objeto parado</b>	Qualquer dimensão linear, não necessariamente a mais longa.

<b>5. Área do objeto em movimento</b>	Uma característica geométrica descrita pela parte de um plano delimitado por uma linha. A parte de uma superfície ocupada por um objeto, ou a área da superfície, tanto interna quanto externa de um objeto.
<b>6. Área do objeto parado</b>	Uma característica geométrica descrita pela parte de um plano delimitado por uma linha. A parte de uma superfície ocupada por um objeto, ou a área da superfície, tanto interna quanto externa de um objeto.
<b>7. Volume do objeto em movimento</b>	Medida cúbica do espaço ocupado pelo objeto. Comprimento x Largura x Altura para um objeto retangular. Altura x Área para um cilindro, etc.
<b>8. Volume do objeto parado</b>	Medida cúbica do espaço ocupado pelo objeto. Comprimento x Largura x Altura para um objeto retangular. Altura x Área para um cilindro, etc.
<b>9. Velocidade</b>	A velocidade de um objeto; a taxa de um processo ou ação no tempo.
<b>10. Força</b>	Força mede a interação entre sistemas. Na física newtoniana, $F = m \times a$ . Na TRIZ, força é qualquer interação que tem o propósito de mudar a condição de um objeto.
<b>11. Tensão ou Pressão</b>	Força por unidade de área. Também tensão.
<b>12. Forma</b>	O contorno externo, aparência de um sistema.
<b>13. Estabilidade da composição do objeto</b>	A totalidade ou integridade do sistema; a relação dos elementos que constituem o sistema. Desgaste, decomposição química e desmontagem reduzem estabilidade. Aumentando-se a entropia, diminui-se a estabilidade.
<b>14. Resistência</b>	O limite no qual um objeto pode suportar mudanças em resposta a forças. Resistência à quebra.
<b>15. Duração da ação do objeto em movimento</b>	O tempo que o objeto pode executar a ação. Vida útil. MTB (Tempo médio entre falhas) é a medida de duração da ação. Também durabilidade.
<b>16. Duração da ação do objeto parado</b>	O tempo que o objeto pode executar a ação. Vida útil. MTB (Tempo médio entre falhas) é a medida de duração da ação. Também durabilidade.
<b>17. Temperatura</b>	Condição térmica do objeto ou sistema. Inclui outros parâmetros térmicos, tais como capacidade de aquecimento, que afetam a taxa de mudança da temperatura.
<b>18. Brilho</b>	Fluxo de luz por unidade de área, também outras

	características de iluminação do sistema, tais como qualidade de luz, etc.
<b>19. Uso de energia pelo objeto em movimento</b>	A medida da capacidade do objeto de executar trabalho. Em mecânica clássica, energia é o produto de força e distância. Isso inclui o uso de energia fornecida pelo super-sistema (tal como energia elétrica ou calor). Energia necessária para um trabalho em particular.
<b>20. Uso de energia pelo objeto parado</b>	A medida da capacidade do objeto de executar trabalho. Em mecânica clássica, energia é o produto de força e distância. Isso inclui o uso de energia fornecida pelo super-sistema (tal como energia elétrica ou calor). Energia necessária para um trabalho em particular.
<b>21. Potência</b>	A taxa temporal na qual o trabalho é executado. A taxa de uso da energia.
<b>22. Perda de energia</b>	Uso de energia que não contribui para o trabalho ser executado. Ver parâmetro 19. Reduzir a perda de energia requer diferentes técnicas, esta é a razão pela qual é uma categoria separada.
<b>23. Perda de substância</b>	Parcial ou completa, permanente ou temporária. Perda de material do sistema, substância, peças ou sub-sistemas.
<b>24. Perda de informação</b>	Parcial ou completa, permanente ou temporária. Perda de dados ou acesso a dados por um sistema. Frequentemente inclui informação sensorial como aroma, textura, etc.
<b>25. Perda de tempo</b>	Tempo é a duração de uma atividade. Melhorar a perda de tempo significa reduzir o tempo necessário para a atividade. Redução de tempo de ciclo é um termo comum.
<b>26. Quantidade de substância</b>	O número ou a quantidade de material de um sistema, substância, peças ou sub-sistemas que podem ser alterados completa ou parcialmente, permanente ou temporariamente.
<b>27. Confiabilidade</b>	Habilidade do sistema para performar de forma previsível.
<b>28. Acurácia de medição</b>	Proximidade entre valor medido e valor real. Reduzir erros em medição aumenta sua acurácia.
<b>29. Precisão de fabricação</b>	Conformidade das características reais dos sistemas com as especificações.
<b>30. Fatores externos indesejados atuando no objeto</b>	Susceptibilidade do sistema a efeitos externos.
<b>31. Fatores indesejados causados pelo objeto</b>	Um fator indesejado reduz a eficiência ou qualidade do funcionamento do objeto ou sistema. Esses fatores

		indesejados são gerados pelo objeto ou sistema como parte de sua operação.
<b>32. Manufaturabilidade</b>		Grau de facilidade ou conforto na manufatura ou fabricação do objeto ou sistema.
<b>33. Usabilidade</b>		O processo não é fácil se ele requer grande número de pessoas, vários passos na operação, ferramentas especiais, etc. Processos difíceis tem baixa produtividade e processos fáceis tem alta produtividade; São fáceis de serem executados de forma adequada.
<b>34. Manutenibilidade</b>		Características de qualidade tais como: conveniência, conforto, simplicidade e tempo para reparar falhas, erros ou defeitos num sistema.
<b>35. Adaptabilidade</b> <b>Versatilidade</b>	<b>ou</b>	O grau em que um sistema ou objeto responde positivamente a mudanças externas. Também, um sistema que pode ser utilizado de múltiplas formas em várias circunstâncias.
<b>36. Complexidade do objeto</b>		O número e diversidade de elementos e relações entre elementos dentro de um sistema. A dificuldade de aprender um sistema é uma medida de sua complexidade.
<b>37. Complexidade de controle</b>		Sistemas de monitoramento ou medição que são complexos, caros, requerem muito tempo e mão de obra para serem montados e utilizados ou que possuem relações complexas entre componentes ou componentes que interferem uns com os outros, demonstram a complexidade de controle.
<b>38. Nível de automação</b>		O grau em que um sistema ou objeto performa suas funções sem intervenção humana. O nível mais baixo de automação é o uso de ferramentas manuais. Para níveis intermediários, humanos programam a ferramenta, observam sua operação, e interrompem ou reprogramam conforme necessário. Para o nível mais alto, a máquina percebe a operação necessária, se autoprograma e monitora suas operações.
<b>39. Capacidade ou produtividade</b>		O número de funções ou operações executadas por um sistema por unidade de tempo. Tempo por unidade de operação, função. Custo por unidade de tempo, ou o custo por unidade produzida.

**Tabela 5. Apresentação e Descrição dos Parâmetros de Engenharia. Fonte: Adaptado de Altshuller (1999); Mann et al (2003).**

Após a descrição e compreensão dos parâmetros de engenharia que compõem a matriz de contradições da TRIZ clássica, seguimos para a definição dos parâmetros de ergonomia e a correlação entre eles.

### 3.4.2 Definição de Parâmetros de Ergonomia

Para a definição dos 39 “Parâmetros de Ergonomia” que compõem a ferramenta proposta, foram utilizados os principais fatores comumente utilizados em uma análise ergonômica. Os pressupostos que embasam o processo de análise já foram discutidos no Capítulo 2 e o objetivo deste item é detalhar a constituição desses parâmetros que abarcam as três grandes dimensões de análise: física, cognitiva e organizacional.

#### 3.4.2.1 Dimensões e Variáveis de Análise em Ergonomia

Aqui encontram-se as dimensões e variáveis a serem consideradas no processo de intervenção em ergonomia, a fim de subsidiar a delimitação dos parâmetros de ergonomia que deverão compor a matriz. A necessária consideração das dimensões - física, cognitiva e organizacional do trabalho- visa superar uma limitação dos instrumentos e ferramentas de análise disponíveis, apontada pelos estudos de Souza (2011). A tabela 6 reproduz, a partir da autora, a comparação entre os principais instrumentos citados na literatura e utilizados na prática, indicando a abrangência de seus objetivos no que tange às dimensões, evidenciando a prevalência da dimensão física em detrimento das demais. Vale ressaltar que o levantamento da literatura foi feito nos idiomas português, francês, espanhol e inglês.

Instrumentos Dimensões	Niosh	Snook	Rula	Owas	LMM	S.I	Reba	Osha	PED	3D SSPP	QEC	Ocra	Plibel	EWA	Sue Rodgers	EJA
Física	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cognitiva														X		
Organizacional													X	X		

**Tabela 6. Abrangência dos objetivos propostos pelos instrumentos nas dimensões do trabalho. Fonte: Adaptado de Souza (2011).**



Paradoxalmente a tal prevalência, identificada nos instrumentos e ferramentas utilizados, diversos estudos apresentam as variáveis, ou os fatores, a serem analisados num processo de intervenção ergonômica.

North (1980) propôs diretrizes para a escolha de métodos e procedimentos adequados de acordo com a finalidade da intervenção ergonômica. Para isso, define teoria, método, procedimento e técnica da seguinte maneira:

“A teoria proporciona a base para um método, o qual é implementado por um procedimento, utilizando técnicas específicas” (NORTH, 1980, p. 782).

A tabela 7 ilustra as variáveis de análise apresentadas pelo autor em três grandes categorias: (i) sistema de trabalho, (ii) análise das tarefas e, (iii) análise das demandas de trabalho:

A. Sistema de Trabalho	1. Objetos de Trabalho	1.1 Objetos materiais de trabalho (condições físicas, propriedades materiais, qualidade das superfícies, facilidade de manuseio, tamanho, peso e perigo)	
		1.2 Energia como objeto de trabalho	
		1.3 Informação como objeto de trabalho	
		1.4 Recursos Humanos como objeto de trabalho	
	2. Equipamentos	2.1 Equipamentos de Trabalho	2.1.1 Ferramentas, equipamentos, maquinaria
			2.1.2 Meios de transporte
			2.1.3 Controles
		2.2 Outros equipamentos	2.2.1 Displays, instrumentos de medição
			2.2.2 Ajudas técnicas para apoiar os órgãos de sentido humanos
			2.2.3 Cadeiras, mesas e sala
	3. Ambiente de Trabalho	3.1 Ambiente Físico	3.1.1 Influências ambientais
			3.1.2 Perigo do trabalho e risco de doenças ocupacionais
		3.2 Ambiente organizacional e social	3.2.1 Organização temporal do trabalho
			3.2.2 Posição na organização da sequência do trabalho
			3.2.3 Posição hierárquica na organização
3.2.4 Posição no sistema de comunicação			
3.3 Princípios e métodos de remuneração		3.3.1 Princípios de remuneração	
		3.3.2 Métodos de remuneração	

B. Análise das Tarefas	1. Tarefas referentes a objetos materiais de trabalho		
	2. Tarefas referentes a objetos imateriais de trabalho		
	3. Tarefas relacionadas ao homem		
	4. Número e repetitividade de tarefas		
C. Análise das Demandas de Trabalho	1. Demandas de Percepção	1.1 Modo de percepção	1.1.1 Visual
			1.1.2 Auditiva
			1.1.3 Tátil
			1.1.4 Olfativa
			1.1.5 Proprioceptiva
	1.1 Avaliação absoluta/relativa da informação percebida		
	1.2 Acurácia da Percepção		
	2. Demandas de Decisão	2.1 Complexidade da decisão	
		2.2 Pressão temporal na decisão	
		2.3 Conhecimentos requeridos	
	3. Demanda de resposta/ atividade	3.1 Posturas corporais	
		3.2 Trabalho estático	
		3.3 Trabalho muscular pesado	
		3.4 Trabalho muscular leve	
		3.5 Forças e frequência de movimentos	

**Tabela 7. Estrutura e conteúdos da AET. Metodologia na solução de problemas ergonômicos. Adaptado de North (1980).**

Karwowski (2005) apresenta uma tabela contendo um esquema de classificação com 64 variáveis dispostas em 10 categorias:

<b>Esquema de Classificação</b>	
	1. Geral
<b>Características Humanas</b>	2. Aspectos psicológicos
	3. Aspectos fisiológicos e anatômicos
	4. Fatores de grupo
	5. Diferenças individuais
	6. Variáveis do estado psicofisiológico
	7. Fatores relacionados à tarefa
	<b>Apresentação e Comunicação da Informação</b>
9. Comunicação auditiva e outras modalidades de comunicação	
10. Escolha de meios de comunicação	
11. Modo de diálogo homem-máquina	
12. Feedback do sistema	
13. Prevenção e recuperação de erros	
14. Projeto de documentos e procedimentos	
15. Recursos de controle do usuário	
16. Projeto de linguagem	
17. Organização de banco de dados e recuperação de dados	
18. Programação, depuração, edição e programação de ajudas	
19. Desempenho e avaliação de software	
<b>Projeto de Controles e Displays</b>	20. Design de software, manutenção e confiabilidade
	21. Dispositivos de entrada e controle
	22. Display visual
	23. Display auditivo
	24. Outras modalidades de display
	25. Display e características de controle
<b>Projeto de Espaço de Trabalho e Equipamentos</b>	26. Projeto de espaço de trabalho em geral e de construções
	27. Projeto de postos de trabalho
	28. Projeto de equipamentos
<b>Ambiente</b>	29. Iluminação
	30. Ruído
	31. Vibração
	32. Movimento do corpo todo
	33. Clima
	34. Altitude, profundidade e espaço
	35. Outros fatores ambientais
<b>Características do Sistema</b>	36. Características/funcionalidades gerais do sistema
<b>Projeto e Organização do Trabalho</b>	37. Avaliação e projeto do sistema total
	38. Horas de trabalho
	39. Atitudes e satisfação no trabalho
	40. Projeto de tarefas
	41. Sistemas de pagamento
	42. Triagem e seleção
	43. Treinamento
	44. Supervisão
	45. Uso de suporte
	46. Mudança tecnológica e ergonômica
<b>Saúde e Segurança</b>	47. Saúde e segurança em geral
	48. Etiologia
	49. Lesões e doenças

<b>Impacto Econômico e Social do Sistema</b>	50. Prevenção
	51. Associações comerciais
	52. Emprego
	53. Produtividade
	54. Mulheres e trabalho
	55. Projeto organizacional
	56. Educação
	57. Leis
	58. Privacidade
	59. Família e vida fora do trabalho
	60. Qualidade de vida no trabalho
<b>Métodos e Técnicas</b>	61. Considerações éticas e políticas
	62. Abordagens e métodos
	63. Técnicas
	64. Medidas

**Tabela 8. Esquema de Classificação para Fatores Humanos/ Ergonomia. Fonte: Karwowski (2005). Tradução livre.**

As categorias e variáveis de análise propostas por North (1980) e Karwowski (2005) abarcam as dimensões física, cognitiva e organizacional do trabalho e contribuem, como base teórico-prática, para a formulação dos parâmetros que irão compor a matriz proposta.

Outra contribuição é dada a partir de Coelho (2009), que faz uma proposta de correlação entre os parâmetros de engenharia da TRIZ e conceitos de ergonomia:

<b>Parâmetros de Engenharia (a partir da Matriz de Contradições - TRIZ)</b>	<b>Conceitos de fatores humanos e ergonomia correspondentes</b>
<b>1. Peso do objeto em movimento</b>	Peso que uma pessoa suporta ao executar a atividade
<b>2. Peso do objeto parado</b>	
<b>3. Comprimento do objeto em movimento</b>	Dimensões de objetos correlacionadas às restrições antropométricas como alcance, espaço livre.
<b>4. Comprimento do objeto parado</b>	
<b>5. Área do objeto em movimento</b>	
<b>6. Área do objeto parado</b>	
<b>7. Volume do objeto em movimento</b>	
<b>8. Volume do objeto parado</b>	
<b>9. Velocidade</b>	Velocidade de movimento da pessoa.
<b>10. Força</b>	Força aplicada pela pessoa.
<b>11. Tensão ou Pressão</b>	Conceitos de estresse e pressão aplicados ao contato da pessoa com interfaces físicas.
<b>12. Forma</b>	Contornos anatômicos em relação à pessoa.
<b>13. Estabilidade da composição do objeto</b>	Rigidez do leiaute e ferramentas utilizadas pela pessoa.

<b>14. Resistência</b>	Força necessária para realizar tarefas (relacionado à fadiga).
<b>15. Duração da ação do objeto em movimento</b>	Tempo de duração e frequência da ação da pessoa na interação com objetos.
<b>16. Duração da ação do objeto parado</b>	
<b>17. Temperatura</b>	Fatores do ambiente térmico.
<b>18. Brilho</b>	Fatores que determinam a acomodação visual.
<b>19. Uso de energia pelo objeto em movimento</b>	Consumo de energia pela pessoa na realização de tarefas de trabalho.
<b>20. Uso de energia pelo objeto parado</b>	-
<b>21. Potência</b>	Taxa de consumo de energia necessária à realização da atividade.
<b>22. Perda de energia</b>	Perda e ganho de calor da pessoa em ação, fadiga
<b>23. Perda de substância</b>	-
<b>24. Perda de informação</b>	Questões cognitivas podem dar lugar a uma sobrecarga de informação.
<b>25. Perda de tempo</b>	Pausas e períodos de descanso (recuperação de esforço).
<b>26. Quantidade de substância</b>	-
<b>27. Confiabilidade</b>	Capacidade da pessoa para realizar uma tarefa mantendo os padrões definidos.
<b>28. Acurácia de medição</b>	-
<b>29. Precisão de fabricação</b>	Tempo de duração e frequência de ação na interação da pessoa com objetos.
<b>30. Fatores externos indesejados atuando no objeto</b>	Fatores relacionados com a interação com o meio ambiente, ferramentas e objetos prejudiciais às pessoas.
<b>31. Fatores indesejados causados pelo objeto</b>	
<b>32. Manufaturabilidade</b>	Facilidade de uso, ou usabilidade do objeto ou sistema técnico. O conceito de conforto também pode estar implícito.
<b>33. Usabilidade</b>	
<b>34. Manutenibilidade</b>	
<b>35. Adaptabilidade ou Versatilidade</b>	Necessidades humanas de adaptabilidade
<b>36. Complexidade do objeto</b>	Complexidade em termos cognitivos
<b>37. Complexidade de controle</b>	-
<b>38. Nível de automação</b>	Natureza das tarefas desempenhadas pela pessoa (supervisão, execução, manual ou outra)
<b>39. Capacidade ou produtividade</b>	Eficiência do sistema homem-tecnologia-trabalho.

**Tabela 9. Exploração dos 39 parâmetros de engenharia da matriz de contradições da TRIZ, buscando conceitos de ergonomia e fatores humanos correspondentes. Fonte: Coelho (2009). Tradução livre.**

O autor apresenta 24 conceitos de ergonomia relacionados aos 39 parâmetros de engenharia. Assim como discutido por Tosetto e Camarotto (2012), na proposta de correlação entre os parâmetros de engenharia e as variáveis do EWA, a insuficiência de parâmetros de ergonomia compromete sua aplicação à estrutura matricial da TRIZ clássica e seus princípios inventivos.

#### **3.4.2.2 Correlação entre os Parâmetros de Engenharia e os Parâmetros de Ergonomia**

A partir da literatura e atendendo à estrutura matricial original, foram estabelecidos 39 parâmetros de ergonomia em correlação com os parâmetros de engenharia, apresentados na tabela 10.

**No processo de parametrização, a noção de objeto parado da TRIZ, ao ser transposta para ergonomia, é aplicada aos aspectos predominantemente organizacionais e ao trabalho estático. Já a noção de objeto em movimento é aplicada aos aspectos predominantemente físicos e ao trabalho dinâmico.**

<b>Parâmetro de Engenharia (TRIZ Original)</b>	<b>Parâmetro de Ergonomia</b>	<b>Definição do Parâmetro de Ergonomia</b>
<b>1. Peso do objeto em movimento</b>	Transporte manual de cargas: Levantamento e Carregamento	Caracterizado como o transporte de carga realizado por um trabalhador. Atividades de transporte e levantamento de cargas podem ser problemáticas. O peso da carga deve ser considerado.
<b>2. Peso do objeto parado</b>	Condições de levantamento. Posição e distância da carga em relação ao corpo, características de peso e pega	As condições de levantamento influenciam as forças de compressão sobre os discos intervertebrais. Tais condições são circunstanciadas pelo posicionamento da carga (altura e distância horizontal da carga em relação ao corpo; exigência de rotação de tronco), pela frequência de levantamento e características de pega. Fatores ambientais como tipo de piso, espaço para movimentação e iluminação também influenciam.
<b>3. Comprimento do objeto em movimento</b>	Distância percorrida para Transporte/ Carregamento	Distância compreendida entre o local de retirada da carga e o local de descarga.
<b>4. Comprimento do objeto parado</b>	Distâncias entre setores, trabalhadores e/ou atividades com demandas correlacionadas	Relacionada com as formas de interações entre as atividades. Verificar se a estrutura de relacionamento entre os setores, trabalhadores e/ou atividades corresponde com a natureza das atividades. Verificar se as atividades envolvem cooperação e/ou coordenação.
<b>5. Área do objeto em movimento</b>	Dimensionamento das Superfícies Móveis de Trabalho	As superfícies de trabalho devem, preferencialmente, serem ajustáveis às variabilidades dos trabalhadores e das exigências das tarefas (zonas de alcance, demanda visual, precisão, força). Dispositivos de ajustes e regulagem são indicados.
<b>6. Área do objeto parado</b>	Dimensionamento de Superfícies Estacionárias de Trabalho	As superfícies de trabalho devem, preferencialmente, serem ajustáveis às variabilidades dos trabalhadores e das exigências das tarefas (zonas de alcance, demanda visual, precisão, força). Dispositivos de ajustes e regulagem são

		indicados.
<b>7. Volume do objeto em movimento</b>	Dimensionamento do Ambiente e Espaços de Trabalho em confrontação com dados antropométricos e natureza das atividades	Os espaços de trabalho devem primar pela possibilidade de alternância postural. Existe uma série de recomendações para o dimensionamento dos espaços de trabalho. Essas recomendações devem ser confrontadas com dados antropométricos e com a natureza das atividades.
<b>8. Volume do objeto parado</b>	Dimensionamento do Ambiente Geral de Trabalho	O dimensionamento do ambiente geral de trabalho deve possibilitar uma boa disposição dos equipamentos, ferramentas e instrumentos de trabalho. Também deve permitir aos trabalhadores a realização de alternâncias posturais.
<b>9. Velocidade</b>	Ritmo de Trabalho	O ritmo está relacionado à organização dos tempos de trabalho. Os ciclos devem permitir alternância adequada entre ação e repouso.
<b>10. Força</b>	Aplicação de força.	Exigência de aplicação de força por parte do operador para executar a atividade.
<b>11. Tensão ou Pressão</b>	Contato mecânico com ferramentas, espaços de trabalho ou equipamentos.	Contato mecânico entre os elementos do sistema e o corpo do trabalhador. O desenho dos espaços, ferramentas e equipamentos de trabalho devem ser realizados de maneira a eliminar ou reduzir o contato mecânico destes com o corpo do trabalhador.
<b>12. Forma</b>	Adequação das características de pega de ferramentas e equipamentos e/ou dispositivos de estabilização postural	Características de pega de ferramentas e equipamentos e de dispositivos de estabilização postural (por exemplo, uma cadeira) condicionam o conforto postural na execução das atividades. As características de pega devem possibilitar a adoção de uma postura neutra de punho. Os estabilizadores posturais devem permitir a adoção de uma postura adequada às exigências da tarefa.
<b>13. Estabilidade da composição do objeto</b>	Desenho de fluxos, tarefas e processos	O bom desenho de fluxos, tarefas e processos evita o caos em situações de trabalho.
<b>14. Resistência</b>	Fadiga	A fadiga pode ser caracterizada pela hipersolicitação até um ponto em que a tarefa não pode mais ser realizada. Fatores críticos podem ser posturas extremas, trabalho estático por longo período, grande exigência de força muscular, grande exigência de atenção por períodos prolongados.



<b>15. Duração da ação do objeto em movimento</b>	Dados Epidemiológicos: afastamentos, absenteísmo, acidentes, etc.	Índice de afastamentos, absenteísmo, acidentes e doenças relacionadas com o trabalho. Índices elevados indicam más condições de trabalho.
<b>16. Duração da ação do objeto parado</b>	Paradas de Produção	Interrupções no processo de produção.
<b>17. Temperatura</b>	Ambiente térmico. Temperatura, velocidade e umidade do ar	Refere-se ao conforto térmico. Deve-se considerar a temperatura, velocidade e umidade do ar. Conforto térmico pode resultar em maior rendimento no trabalho, menor índice de acidentes e doenças. Menor conforto térmico pode implicar num aumento de absenteísmo, rotatividade e defeitos.
<b>18. Brilho</b>	Iluminação. Seja do ambiente, seja dos equipamentos de trabalho	Iluminação dos postos de trabalho. A iluminação deve ser compatível com as exigências das tarefas e com a acuidade visual. Deve-se evitar tanto a falta quanto o excesso de iluminação, ambos podem levar à fadiga visual. Além da iluminância (nível de iluminamento), deve-se considerar a luminância (quantidade de luz emitida ou refletida por uma superfície).
<b>19. Uso de energia pelo objeto em movimento</b>	Atividade Física Geral: Trabalho dinâmico	Tanto o trabalho estático quanto o dinâmico podem caracterizar sobrecargas ao sistema musculoesquelético. Deve-se considerar a frequência e a duração da ação.
<b>20. Uso de energia pelo objeto parado</b>	Atividade Física Geral: Trabalho estático	Tanto o trabalho estático quanto o dinâmico podem caracterizar sobrecargas ao sistema musculoesquelético. Deve-se considerar a postura adotada, a frequência e a duração da ação.
<b>21. Potência</b>	Repetitividade do Trabalho	Repetitividade. Relacionada com ciclos curtos de trabalho.
<b>22. Perda de energia</b>	Desperdício ou Subutilização de Recursos (material, equipamentos, pessoas)	Correspondência entre o dimensionamento de recursos (material, equipamentos, pessoas) com as exigências do trabalho e produtividade.
<b>23. Perda de substância</b>	Risco de Acidentes	Probabilidade de ocorrência de acidentes com danos à saúde dos trabalhadores e/ou à produção.
<b>24. Perda de informação</b>	Tomada de decisão. Quantidade e	Quantidade e qualidade de informações disponibilizadas ao operador para subsidiar

	qualidade de informações disponibilizadas ao operador para subsidiar sua tomada de decisão.	sua tomada de decisão.
<b>25. Perda de tempo</b>	Tempos porosos (desde que não caracterizem espaços de regulação)	Existência de tempos porosos ou ociosos nas situações de trabalho. Esses tempos devem ser analisados criteriosamente, uma vez que podem se caracterizar como espaços de regulação (única ou reduzidas possibilidades de regulação).
<b>26. Quantidade de substância</b>	Quantidade de trabalhadores e/ou recursos materiais	Adequação do numero de trabalhadores e/ou recursos materiais às exigências das atividades.
<b>27. Confiabilidade</b>	Confiabilidade	Bom funcionamento e segurança dos sistemas. A confiabilidade humana em sistemas complexos é dependente tanto da competência dos trabalhadores quanto das características do sistema.
<b>28. Acurácia de medição</b>	Distância entre tarefa e atividade. Trabalho prescrito e trabalho real	Distância entre o trabalho prescrito; condições predeterminadas; resultados esperados; e o trabalho real; condições reais e resultados efetivos do trabalho. Muitos problemas e conflitos encontrados nas situações de trabalho tem sua origem nessa distancia.
<b>29. Precisão de fabricação</b>	Qualidade	Conformidade da produção às características desejáveis.
<b>30. Fatores externos indesejados atuando no objeto</b>	Fatores Externos (Mercado, Regulações, Normas)	Fatores externos podem afetar os sistemas. Podem advir de mudanças normativas ou alterações no mercado, por exemplo.
<b>31. Fatores indesejados causados pelo objeto</b>	Leiaute e/ou organização do trabalho	Arranjo Físico e/ou Organizacional. Inadequações de leiaute, a maneira como a produção é organizada, podem reduzir a eficiência ou qualidade do funcionamento do sistema. Assim como o leiaute, a organização do trabalho enquanto divisão de tarefas, hierarquia, tempos de trabalho e sistemas de controle também interfere na eficiência e qualidade.
<b>32. Manufaturabilidade</b>	Posturas de trabalho e/ou exigências cognitivas	Posturas de trabalho e exigências cognitivas adequadas à natureza das atividades, de tal forma a permitir conforto na execução das tarefas.
<b>33. Usabilidade</b>	Usabilidade	Usabilidade de ferramentas, dispositivos e equipamentos de trabalho. Facilidade de

		execução do trabalho de forma adequada.
<b>34. Manutenibilidade</b>	Comunicação entre trabalhadores e contatos pessoais	Comunicação entre trabalhadores para articulação do trabalho, discussão e resolução dos problemas. Evolução das representações e competências.
<b>35. Adaptabilidade Versatilidade</b>	<b>ou</b> Espaços de Regulação e Modos Operatórios	A existência de espaços de regulação permite a adoção de distintos modos operatórios, os trabalhadores podem executar modificações nos meios ou objetivos de trabalho, de tal forma a alcançar os resultados esperados sem prejuízos a seu estado interno. Quanto maiores os espaços de regulação, menor é a carga de trabalho. Quanto mais restritos estes espaços, maior a carga de trabalho.
<b>36. Complexidade do objeto</b>	Complexidade	Complexidade do trabalho. As tarefas tendem a ser mais complexas quando: sua natureza é dinâmica e incerta; o número de elementos a serem considerados é elevado; exige abstração acentuada; requer antecipação de procedimentos e disfuncionamentos. Também se relaciona com a competência dos trabalhadores.
<b>37. Complexidade de controle</b>	Demanda de Atenção	Nível de atenção requerido pelo trabalho e sua relação com o tempo de ciclo. Vigilância, sondagem, atenção seletiva e dividida são alguns tipos de atenção requeridos no trabalho.
<b>38. Nível de automação</b>	Divisão do Trabalho. Conteúdo do Trabalho	Conteúdo das tarefas. Número e qualidade das tarefas individuais. A maior ou menor riqueza do conteúdo das tarefas passa também pela avaliação do trabalhador. Relacionado com fatores psicossociais ou organizacionais. Deve ser analisado tanto em termos de subcarga como de sobrecarga.
<b>39. Capacidade ou produtividade</b>	Produtividade	Produtividade. Relação entre output e input. Eficiência e eficácia dos sistemas produtivos.

**Tabela 10. Definição dos Parâmetros de Ergonomia em Correlação com os Parâmetros de Engenharia. Fonte: Autora**

Classificados nas dimensões, temos 16 parâmetros físicos, 8 cognitivos e 15 organizacionais. A tabela 11, abaixo, sintetiza a parametrização:

<b>Físicos</b>	<b>Cognitivos</b>	<b>Organizacionais</b>
Transporte Manual de Cargas: Levantamento e Carregamento	Tomada de Decisão	Distâncias entre setores, trabalhadores e/ou atividades com demandas correlacionadas
Condições de Levantamento		Ritmo de Trabalho
Distância percorrida com a carga	Confiabilidade	Desenho de fluxos, tarefas e processos
Dimensionamento das Superfícies Móveis de Trabalho		Paradas de Produção
Dimensionamento das Superfícies Estacionárias de Trabalho	Distância entre tarefa e atividade	Repetitividade
Dimensionamento do Ambiente e Espaços de Trabalho em confrontação com os dados antropométricos e a natureza das atividades		Desperdício ou subutilização de Recursos
Dimensionamento do Ambiente Geral de Trabalho	Exigências Cognitivas	Risco de Acidentes
Aplicação de Força		Tempos Porosos
Contato Mecânico com ferramentas, espaços de trabalho ou equipamentos	Usabilidade	Quantidade de trabalhadores e/ou recursos materiais
Adequação das características de pega de ferramentas e equipamentos e/ou dispositivos de estabilização postural		Qualidade
Fadiga	Espaços de Regulação e Modos Operatórios	Fatores Externos (mercado, regulação, normas)
Dados Epidemiológicos		Leiaute e/ou organização do trabalho
Temperatura	Complexidade	Comunicação entre trabalhadores e contatos pessoais
Iluminação		Divisão/ Conteúdo do Trabalho
Trabalho Dinâmico	Demanda de Atenção	Produtividade
Trabalho Estático		

**Tabela 11. Parâmetros de Ergonomia de acordo com a dimensão correspondente. Fonte: Autora**

Os parâmetros de ergonomia foram definidos a partir:

- da correlação com os parâmetros de ergonomia da TRIZ original;
- do referencial teórico apresentado no capítulo 2;
- das dimensões e variáveis propostas para intervenções em ergonomia (North, 1990; Karwowski, 2005 e Coelho, 2009)
- do ponto de vista do trabalho executado pelo trabalhador.

A parametrização em ergonomia consiste nos possíveis determinantes da situação atual e condicionantes da situação futura e, por isso, de fundamental consideração nos processos de concepção.

A parametrização contrapõe-se à predominância dos aspectos físicos nos instrumentos utilizados em intervenções ergonômicas, constatados por Souza (2011) tanto na teoria quanto na prática.

Em relação à dimensão física, estão contempladas as ambiências físicas, os espaços de trabalho e o trabalho físico em geral.

Toda tarefa se desenvolve num contexto de exposição às ambiências físicas do posto de trabalho (MILLANVOYE, 2007). Os parâmetros ruído, vibração, temperatura e iluminação são denominados ambiências físicas, bem descritas na literatura, embora com variação na definição dos limites considerados de segurança.

Normalmente as ambiências físicas são destacadas em seu aspecto negativo, na medida em que o excesso pode caracterizar entraves ao bom desenvolvimento da atividade. Millanvoye (2007) aborda as ambiências físicas com foco para a sua dualidade. Ao mesmo tempo em que fornecem informações para o trabalhador, tem em si uma nocividade potencial. A proteção dos trabalhadores em relação à nocividade das ambiências físicas deve ser levada em consideração nos processos de concepção. Para uma boa consideração, devem estar contextualizadas em relação às atividades de trabalho.

A exposição ao ruído, ou ambiência sonora, pode gerar três tipos de efeitos ao sistema auditivo, de acordo com a intensidade e tempo de exposição. Pode ocorrer uma alta temporária do limiar auditivo, que desaparece após a supressão periódica do ruído. Quanto mais elevado o nível sonoro e maior o período de exposição, a fadiga auditiva será mais significativa e prolongada. Outra consequência da exposição seria uma alta irreversível do limiar auditivo, caracterizada por surdez progressiva. Essa surdez pode ocorrer tanto em resposta a uma exposição breve a um nível sonoro muito elevado, como a uma exposição repetida e prolongada a um ruído superior a 80dB (A). Um terceiro efeito é a perturbação da audição pós-exposição a ruídos excessivos, expressa pelos chamados acufênicos, que são sons como zumbidos e estalidos, gerados pelo próprio sistema auditivo (MILLANVOYE, 2007).

A análise das ambiências sonoras deve ser feita em relação às demandas cognitivas da tarefa, dada sua influência na capacidade de concentração com consequências ao risco de erro e à fadiga.

As vibrações são caracterizadas por frequência e intensidade. A transmissão de vibrações por ferramentas manuais podem levar ao desenvolvimento de distúrbios ósteoarticulares e angio-

neuroológicos nos membros superiores. Já os distúrbios vertebrais e digestivos são ocasionados por vibrações transmitidas ao conjunto do corpo. Além dos distúrbios, a presença de vibrações altera a realização da atividade e tem efeitos sobre a capacidade de trabalho em termos de diminuição de desempenho visual, diminuição de controle motor e aumento no tempo de reação. Esses efeitos podem acarretar uma redução de possibilidade e qualidade das ações, erros, incidentes e acidentes (MILLANVOYE, 2007).

A ambiência térmica refere-se ao microclima do ambiente de trabalho. As dificuldades de mensuração residem nas variações externas que influenciam este microclima e nas diferenças de percepção de conforto entre os trabalhadores. A temperatura ambiente altera as possibilidades de trabalho físico e está correlacionada com a necessidade de termorregulação. Os efeitos patológicos em longo prazo afetam o sistema cardiovascular, já os imediatos variam para trabalhos em calor e no frio.

A ativação excessiva da termorregulação, no calor, pode resultar em síncope, desidratação e afecções cutâneas. No frio, há redução da propiocepção e da agilidade manual com possibilidade de congelamento das extremidades.

Em geral, os efeitos sobre o trabalho estão relacionados à diminuição da vigilância, aumento do tempo de decisão e redução da coordenação sensório-motora (MILLANVOYE, 2007).

Ambiência luminosa é a quantidade de luz natural e/ou artificial do ambiente de trabalho. Apesar de não desencadear, a priori, nenhuma enfermidade profissional, inadequações de iluminação acarretam fadiga e desconforto (MILLANVOYE, 2007). O conforto visual depende de iluminação, luminância e contraste.

Os espaços de trabalho são tratados, de maneira geral, com relação à influência exercida nas posturas corporais e nas possibilidades de regulação. O dimensionamento dos espaços de trabalho deve ser adequado tanto à antropometria da população trabalhadora, quanto à natureza e à exigência das atividades. Estudos já foram desenvolvidos e há uma extensa literatura nesse campo, incluindo uma diversidade de manuais atualizados como Kroemer e Grandjean (2005); Iida (2005); Couto (2007); Panero e Zelnik (2011) que fornecem subsídios a um bom dimensionamento de postos.

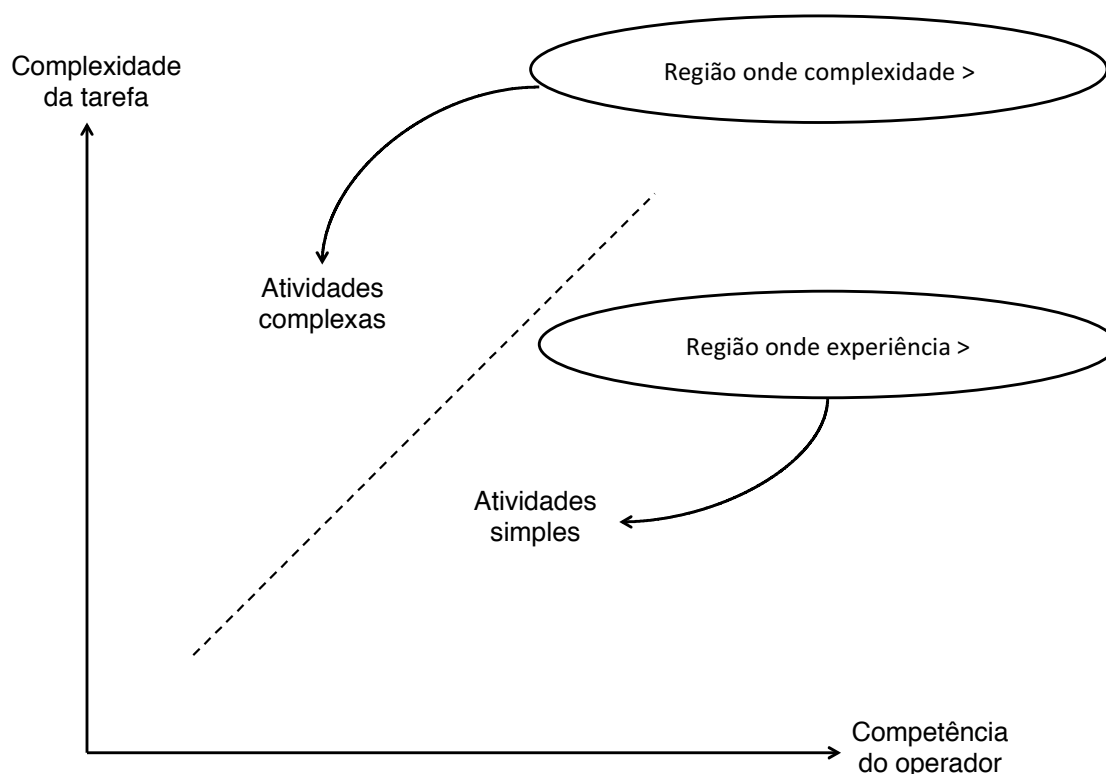
Um espaço de trabalho adequado às características dos trabalhadores favorece o conforto e o bem-estar e é fundamental para a segurança e a produção. “A compreensão da relação dos

trabalhadores com o espaço é fundamental para a (re) concepção dos postos, do local e do ambiente” (ABRAHÃO et al 2009, p.105).

Todo trabalho exige um trabalho físico, ou seja, solicita um trabalho muscular seja estático ou dinâmico. Os aspectos fisiológicos e biomecânicos do sistema musculoesquelético devem ser considerados no processo de análise e concepção, uma vez que estão diretamente relacionados à fadiga e às enfermidades osteo-mio-articulares.

Diversos parâmetros regulamentam o transporte manual de cargas, no entanto, para além do peso e distância de pega e percorrida, há que se considerar a variabilidade dos trabalhadores e o contexto organizacional e ambiental nos quais a tarefa se desenvolve para um bom dimensionamento, uma vez que “nenhum limite é adequado para todos” (KROEMER e GRANDJEAN, 2005).

Na dimensão cognitiva, foram contempladas as exigências e solicitações mentais. Diversos processos cognitivos são mobilizados para a execução de um trabalho. “Toda atividade humana, independente de sua repetitividade ou de sua natureza, resulta de um processo cognitivo” (ABRAHÃO et al, 2009, p.175). Estes processos estão relacionados não só com a natureza e contexto das atividades, mas também com o desenvolvimento de competências por parte dos trabalhadores. Uma vez que a complexidade das tarefas está ligada à competência, pode-se dizer que não há complexidade objetiva, mas sim subjetiva (LEPLAT, 2004; FALZON e SAUVAGNAC, 2007). Essa relação encontra-se expressa na figura 15, onde a zona de atividades simples é considerada aquela na qual o nível de competências supera o nível de complexidade. Quando o nível de competências é inferior ao nível de complexidade, caracterizam-se atividades complexas.



**Figura 15. Competência do operador e complexidade das tarefas. Fonte: Falzon e Sauvagnac (2007)**

O reconhecimento das competências profissionais é necessário para conceber boas condições para sua aplicação, instrumentalizar sua formação e construção (WEILL-FASSINA e PASTRÉ, 2007).

O aumento das exigências mentais no trabalho é expresso por um aumento da importância do trabalho de representação mental do objeto e da atividade de trabalho, atividades de antecipação e simulação mental e solicitações mnésicas (FALZON e SAUVAGNAC, 2007).

Mais complexo e submetido a um contexto de pressões econômicas cada vez mais intensas, o trabalho desenvolve-se no interior de coletivos e gera uma intensificação das comunicações (KARSENTY e LACOSTE, 2007). Os fatores temporais também são objeto de intensificação, mudanças organizacionais como redução dos tempos mortos, aceleração de cadências, aumento de ritmo e encurtamento de prazos são exemplos do agravamento dos constrangimentos temporais aos quais os trabalhadores encontram-se submetidos e estão contemplados na dimensão organizacional, junto com fatores relacionados à divisão e conteúdo do trabalho.



“Quando realizamos uma ação ergonômica não é proposto que se esgote ou que se analise em profundidade a organização do trabalho” (Abrahão *et. al.*, 2009, p.75), mas é fundamental conhecer os aspectos que determinam a atividade de trabalho.

### 3.5 Matriz de Contradições Proposta

Os 39 parâmetros de ergonomia definidos foram dispostos na estrutura matricial da TRIZ original, constituindo a proposta da Matriz de Contradições em Ergonomia, representada pela figura 16, na qual o cruzamento dos parâmetros conflitantes aponta possíveis rotas de solução, a partir da indicação dos princípios inventivos propostos por Altshuller (1998; 1999).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2													
3		1											
4			2										
5				3									
6					4								
7						5							
8							6						
9								7					
10									8				
11										9			

Figura 16. Representação da Matriz de Contradições em Ergonomia. Fonte: Autora

Tais princípios inventivos foram exemplificados por Hipple *et. al.* (2010), a partir da sua utilização na área de ergonomia e apresentados na tabela 12, Capítulo 2.

Devido às restrições dimensionais, a planilha em Excel com a matriz completa pode ser acessada pelo CD anexo e seu download pode ser feito a partir do link abaixo:

[http// www.ergotriz.weebly.com](http://www.ergotriz.weebly.com)

Na planilha Excel existem 3 abas. A primeira, denominada “Matriz”, contém a matriz proposta. A descrição de cada parâmetro pode ser visualizada nesta aba, conforme representado na figura 17:

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Transporte Manual de Cargas Levantamento e Carregamento											
2	Condições de Levantamento											
3	Distância permitida para Transporte/Carregamento											
4	Distâncias entre setores, trabalhadores e/ou atividades com demandas correlacionadas											
5	Dimensionamento das Superfícies Múveis de Trabalho											
6	Dimensionamento de Superfícies Estacionárias de Trabalho											
7	Dimensionamento do Ambiente e Espaço de Trabalho em conformação com dados antropométricos e natureza das atividades											
8	Dimensionamento do Ambiente Geral de Trabalho											
9	Ritmo de Trabalho											
10												
11												

Figura 17. Representação da aba “Matriz”, com consulta à descrição de Parâmetro. Fonte: Autora

A segunda aba, “Princípios Inventivos”, representada na figura 18, lista os 40 princípios inventivos associados a uma breve descrição e aos exemplos aportados por Hippel et. al. (2010).

Princípio	Breve Descrição	Exemplos de Aplicação em Ergonomia (Hippel et al., 2010)
1	Dividir um objeto em partes independentes; Faça um objeto fácil de desmontar; Aumento do grau de fragmentação ou segmentação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dividir um processo de trabalho em passos independentes;</li> <li>Integrar controles primários de instrumentos;</li> <li>agrupamento de opções de menu;</li> <li>objetos físicos desmontar;</li> <li>mobilidade modular para evitar lesões no transporte;</li> <li>Aumentar o grau de fragmentação ou segmentação;</li> <li>números de telefone agrupados em pacotes de percepção;</li> <li>camadas de telas de informação baseadas no que for necessário;</li> <li>segmentação de processos de trabalho por meio de análise de tarefas individuais.</li> </ul>
2	Separar parte interferente ou propriedade de um objeto ou manter só a parte necessária de um objeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>separar parte interferente ou propriedade de um objeto ou manter só a parte necessária de um objeto;</li> <li>seletores de navegação utilizando "turn by turn" vs. mapas complexos</li> <li>remocção de operações perigosas para um local isolado;</li> <li>botões embutidos para evitar acionamentos acidentais;</li> <li>avaliação progressiva da utilidade.</li> </ul>
3	Mudar a estrutura do objeto de uniforme para não uniforme; alterar um ambiente externo ou influência externa de uniforme para não uniforme; Faça que cada peça do objeto funcione em condições mais apropriadas para sua operação; Faça com que cada peça do objeto atenda a uma diferente e útil função.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mudar a estrutura do objeto de uniforme para não uniforme; alterar um ambiente externo ou influência externa de uniforme para não uniforme;</li> <li>botões de emergência superdimensionados;</li> <li>simplicidade de painéis de telefonia celular para pessoas com problemas motores;</li> <li>Fazer com que cada peça do objeto funcione em condições mais apropriadas para sua operação</li> <li>configuração especializada em web sites e softwares;</li> <li>prever diferentes maneiras de um software executar a mesma função;</li> <li>Fazer com que cada peça do objeto atenda a uma diferente e útil função;</li> <li>projeto de escritórios personalizados para atender às diferentes necessidades ergonômicas;</li> <li>displays individuais em aviões</li> <li>mouse com várias funções; clique e puxar.</li> </ul>
4	Alterar a forma do objeto de simétrica para assimétrica; Se o objeto já for assimétrico, aumentar seu grau de assimetria	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alterar a forma do objeto de simétrica para assimétrica;</li> <li>produtos projetados para mão esquerda e direita;</li> <li>Se o objeto já for assimétrico, aumentar seu grau de assimetria;</li> <li>diferentes formas para evitar inserções individuais de peças;</li> <li>Alterar a forma do objeto de simétrica para assimétrica;</li> <li>produtos projetados para mão esquerda e direita;</li> <li>Se o objeto já for assimétrico, aumentar seu grau de assimetria;</li> <li>diferentes formas para evitar inserções individuais de peças;</li> <li>Alterar a forma do objeto de simétrica para assimétrica;</li> <li>produtos projetados para mão esquerda e direita;</li> <li>Se o objeto já for assimétrico, aumentar seu grau de assimetria;</li> <li>diferentes formas para evitar inserções individuais de peças.</li> </ul>
5	Colocar perto, uns dos outros, os objetos idênticos ou similares, montar junto as peças similares ou idênticas para poder executar operações paralelas; Faça operações contíguas ou paralelas; Coloque as juntas todas de uma vez	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocar perto, uns dos outros, os objetos idênticos ou similares, montar junto as peças similares ou idênticas para poder executar operações paralelas;</li> <li>combinar diferentes funções em um único equipamento de escritório;</li> <li>controles que mudam direção e velocidade;</li> <li>chips eletrônicos montados em ambos os lados de um circuito;</li> <li>teclas sensíveis ao toque para controle de temperatura e áudio ao mesmo tempo;</li> <li>Fazer operações contíguas ou paralelas; colocar as juntas todas de uma vez;</li> <li>multitarefa;</li> <li>agrupar controles similares associados a uma dada função.</li> </ul>

Figura 18. Representação da aba “Princípios Inventivos”. Fonte: Autora

A terceira aba, “Parâmetros de Ergonomia”, representada pela figura 19, apresenta uma nova forma de consulta à descrição de cada parâmetro da matriz.

Parâmetro de Ergonomia	Descrição
1. Transporte Manual de Cargas: Levantamento e Carregamento	Caracterizado como o transporte de carga realizado por um trabalhador. Atividades de transporte e levantamento de cargas podem ser problemáticas. O peso da carga deve ser considerado. As condições de levantamento influenciam as forças de compressão sobre os discos intervertebrais. Tais condições são influenciadas pelo posicionamento da carga (altura e distância horizontal da carga em relação ao corpo); exigência de rotação de tronco; pela frequência de levantamento e características de carga. Fatores ambientais como tipo de piso, espaço para movimentação e iluminação também influenciam.
2. Condições de Levantamento	
3. Distância percorrida para Transporte/ Carregamento	Distância compreendida entre o local de retirada da carga e o local de descarga.
4. Distâncias entre setores, trabalhadores e/ou atividades com demandas correlacionadas	Relacionada com as formas de interações entre as atividades. Verificar se a estrutura de relacionamento entre os setores, trabalhadores e/ou atividades corresponde com a natureza das atividades. Verificar se as atividades envolvem cooperação e/ou coordenação.
5. Dimensionamento das Superfícies Móveis de Trabalho	As superfícies de trabalho devem, preferencialmente, serem ajustáveis às variabilidades dos trabalhadores e das exigências das tarefas (zonas de alcance, demanda visual, precisão, força). Dispositivos de ajustes e regulagem são indicados.
6. Dimensionamento do Ambiente e Espaços de Trabalho em confrontação com dados antropométricos e natureza das atividades	Os espaços de trabalho devem primar pela possibilidade de alternância postural. Existe uma série de recomendações para o dimensionamento dos espaços de trabalho. Essas recomendações devem ser confrontadas com dados antropométricos e com a natureza das atividades.
7. Dimensionamento do Ambiente Geral de Trabalho	O dimensionamento do ambiente geral de trabalho deve possibilitar uma boa disposição dos equipamentos, ferramentas e instrumentos de trabalho. Também deve permitir aos trabalhadores a realização de alternâncias posturais.
8. Ritmo de Trabalho	O ritmo está relacionado à organização dos tempos de trabalho. Os ciclos devem permitir alternância adequada entre ação e repouso.
9. Aplicação de Força	Exigência de aplicação de força por parte do operador para executar a atividade.
10. Contato mecânico com ferramentas, espaços de trabalho ou equipamentos	Contato mecânico entre os elementos do sistema e o corpo do trabalhador. O design dos espaços, ferramentas e equipamentos de trabalho devem ser realizados de maneira a eliminar ou reduzir o contato mecânico indesejado com o corpo do trabalhador.
11. Aquisição das características de pega de ferramentas e equipamentos e/ou dispositivos de estabilização postural	Características de pega de ferramentas e equipamentos e de dispositivos de estabilização postural (por exemplo, uma cadeira) condicionam o conforto postural na execução das atividades. As características de pega devem possibilitar a adoção de uma postura neutra de punho. Os estabilizadores posturais devem permitir a adoção de uma postura adequada às exigências da tarefa.
12. Desenho de fluxos, tarefas e processos	O bom desenho de fluxos, tarefas e processos evita o cansaço em situações de trabalho.
13. Fadiga	A fadiga pode ser caracterizada pela hipocratização até um ponto em que a tarefa não pode mais ser realizada. Fatores críticos podem ser posturas extremas, trabalho estático por longo período, grande exigência de força muscular, grande exigência de atenção por períodos prolongados.
14. Dados Epidemiológicos (afastamentos, absenteísmos, acidentes, etc.)	Índice de afastamentos, absenteísmos, acidentes e doenças relacionadas com o trabalho. Índices elevados indicam más condições de trabalho.
15. Paradas de Produção	Interrompções no processo de produção.
16. Ambiente térmico	Refere-se ao conforto térmico. Deve-se considerar a temperatura, velocidade e umidade do ar. Conforto térmico pode resultar em maior rendimento no trabalho, menor índice de acidentes e doenças. Menor conforto térmico pode implicar num aumento de absenteísmo, rotatividade e defeitos.
17. Iluminação	Iluminação dos pontos de trabalho. A iluminação deve ser compatível com as exigências das tarefas e com a acuidade visual. Deve-se evitar tanto a falta quanto o excesso de iluminação, ambos podem levar à fadiga visual. Além da luminância (nível de iluminamento), deve-se considerar a luminância (quantidade de luz emitida ou refletida por uma superfície).
18. Atividades Físicas Gerais: Trabalho dinâmico	Tanto o trabalho estático quanto o dinâmico podem caracterizar sobrecargas ao sistema musculoesquelético. Deve-se considerar a frequência e a duração da ação.
19. Atividades Físicas Gerais: Trabalho estático	Tanto o trabalho estático quanto o dinâmico podem caracterizar sobrecargas ao sistema musculoesquelético. Deve-se considerar a postura adotada, a frequência e a duração da ação.
20. Repetitividade do Trabalho	Repetitividade relacionada com ciclos curtos de trabalho.
21. Disponibilidade ou Substituição de Recursos	Correspondência entre o dimensionamento de recursos (material, equipamentos, pessoal) com as exigências do trabalho e produtividade.
22. Risco de Acidentes	Probabilidade de ocorrência de acidentes com danos à saúde dos trabalhadores e/ou à produção.
23. Tomada de decisão	Quantidade e qualidade de informações disponibilizadas ao operador para subsidiar sua tomada de decisão.
24. Tempos parados (desde que não caracterizem espaços de regulação)	Disponibilidade de tempos parados ou ociosos nas situações de trabalho. Esses tempos devem ser analisados criteriosamente, uma vez que podem ser caracterizados como espaços de regulação (linha ou reduções possibilidades de regulação).
25. Quantidade de trabalhadores e/ou recursos materiais	Adequação do número de trabalhadores e/ou recursos materiais às exigências das atividades.
26. Confiabilidade	Bom funcionamento e segurança dos sistemas. A confiabilidade humana em sistemas complexos é dependente tanto da competência dos trabalhadores quanto das características do sistema.
27. Distância entre tarefa e atividade: Trabalho prescrito e trabalho real	Distância entre o trabalho prescrito; condições predefinidas; resultados esperados; e o trabalho real; condições reais e resultados efetivos do trabalho. Muitos problemas e conflitos encontrados nas situações de trabalho tem sua origem nessa distância.
28. Qualidade	Conformidade da produção às características desejadas.
29. Fatores Externos	Fatores externos podem afetar os sistemas. Podem advir de mudanças normativas ou alterações no mercado, por exemplo.
30. Layout e/ou organização do trabalho	Arranjo físico e/ou organizacional. Inadequações de layout, a maneira como a produção é organizada, podem reduzir a eficiência ou qualidade do funcionamento do sistema. Assim como o layout, a organização do trabalho enquanto divisão de tarefas, hierarquia, tempos de trabalho e sistemas de controle também interferem na eficiência e qualidade.
31. Posturas de trabalho e/ou exigências cognitivas	Posturas de trabalho e exigências cognitivas adequadas à natureza das atividades, de tal forma a permitir conforto na execução das tarefas.
32. Usabilidade	Usabilidade de ferramentas, dispositivos e equipamentos de trabalho. Facilidade de execução do trabalho de forma adequada.

Figura 19. Representação da aba “Parâmetros de Ergonomia”. Fonte: Autora

Algumas possíveis contradições são apresentadas, no intuito de exemplificar a utilização da matriz proposta.

### 3.5.1. Exemplo 1

1. Em uma tarefa de movimentação manual de materiais, ao reduzir o peso da carga manipulada, através de redistribuição, pode-se ter um aumento da repetitividade.

Temos então uma contradição entre os parâmetros 1 “Transporte Manual de Cargas: Levantamento e Carregamento” e 21 “Repetitividade do Trabalho”.

Lembramos aqui que os princípios inventivos são heurísticas e estão categorizados de acordo com o grau de utilização e probabilidade de remoção da contradição identificada.

Ao identificar na matriz estes parâmetros em contradição, encontramos os princípios inventivos sugeridos para serem utilizados na remoção desta contradição. No caso exemplificado, temos os princípios 12, 36, 18 e 31.

O princípio 12 “Equipotencialidade”, primeiro na categorização, aponta: “Em um campo potencial, limitar as mudanças de posição (por exemplo, alterar as condições operacionais para eliminar a necessidade de elevar ou descer objetos em um campo gravitacional)”. Adequado à busca de soluções para a contradição identificada, o princípio indicado pode ser aplicado.

Temos como exemplos, os dispositivos de auto-nivelamento e o projeto do local de trabalho para deslizar materiais (HIPPLE et.al., 2010).

### **3.5.2. Exemplo 2**

Um outro exemplo, de caráter organizacional e cognitivo, pode ser dado pelos parâmetros 38 “Divisão/ Conteúdo do Trabalho” e 37 “Demanda de Atenção”. Uma proposta de enriquecimento das tarefas pela diversificação de conteúdo pode implicar num aumento da demanda de atenção. Para solucionar esta contradição, são apontados os princípios inventivos 34 e 21.

O princípio 34 “Descarte e recuperação” indica a necessidade de se instaurar mecanismos que eliminem características que implicam complexidade ou permitam a recuperação em caso de perdas. A exclusão automática de arquivos e a reconstrução de imagens perdidas são exemplos de aplicação. Outro caminho aberto pelo princípio é a utilização de dispositivos de tecnologia assistiva.

Já o princípio 21 “Evitar dificuldades” tem como exemplos de aplicação a minimização da duração e consequência dos erros, assim como o redesenho de processos a fim de evitar situações perigosas.

### **3.5.3. Exemplo 3**

É comum em situações de trabalho a interrelação entre ciclos curtos e repetitivos de trabalho e a parcelarização, com consequente pobreza de conteúdo.

Ao analisarmos esta contradição entre os parâmetros 38 “Divisão/Conteúdo do Trabalho” e 21 “Repetitividade”, temos como caminho possível para solução do conflito a aplicação dos princípios 28, 2 e 27.

Por ordem de relevância, o princípio 28 “substituição mecânica”, refere-se à substituição de qualquer força humana por força mecânica. O princípio 2 “remoção” indica a separação de partes interferentes e manutenção apenas de partes necessárias. O princípio 27 “objetos baratos de curta vida” pressupõe a utilização de conjuntos de baixo custo, tal princípio, menos relevante, remete a situações temporárias.

Tanto o princípio 28, quanto o 2 apontam à necessidade de automação ou redesenho dos processos a fim de separar atividades críticas na solução de tal contradição, a utilização de inteligência artificial e controle remoto são exemplos.

Nas conclusões deste capítulo é apresentada uma síntese geral da abordagem e ferramenta apresentadas, sob a luz da integração da ergonomia aos processos de projeto.

### **3.6 Considerações**

As formas de interação entre os atores sociais são oriundas de escolhas e ferramentas intermediárias e podem ser favoráveis ao processo de construção social na medida em que se aproximam da prática. Sua aderência depende em grande parte desta adequação, embora não exista um modelo único de construção social, dada à diversidade das situações e dos atores e que as interações entre os atores sociais sejam difíceis de modelizar.

As contribuições da TRIZ ao processo de projeto em ergonomia são dadas pelo seu foco na resolução de problemas, inclusive daqueles complexos, que costumam caracterizar as intervenções ergonômicas e dada a diversidade dos atores sociais envolvidos. Sua forma de analisar sistemas e suas ferramentas permitem uma aplicação indistintamente da abordagem metodológica eleita, seja ela característica de uma abordagem mais pragmática de fatores humanos, sob uma perspectiva sociotécnica da ergonomia da atividade, ou que leve em consideração a superestrutura organizacional, como a macroergonomia.

Sua anexação às metodologias já existentes em ergonomia visa instrumentalizar o processo de projeto, tornando os resultados das análises em orientações para o projeto de maneira que enriqueça seu sentido tanto para os projetistas quanto para os demais atores.

No nível micro, das situações de trabalho, os parâmetros da TRIZ clássica, definidos com foco na otimização de processos e produtos encontram, a partir da parametrização efetuada em ergonomia, as variáveis condicionantes das situações futuras, representadas pela contradição entre parâmetros. Agir sobre esses condicionantes nos processos de concepção

implica a possibilidade de eliminar constrangimentos. A utilização da matriz de contradições em processos de concepção constitui uma ferramenta também de mapeamento cognitivo para os atores do projeto, na medida em que, ao fazerem uma prospecção da situação de trabalho, identificam seus condicionantes futuros e, a partir dos princípios inventivos, podem desenvolver estratégias conjuntas com a finalidade de agir sobre os mesmos.

Num nível mais macro, o esquema geral apresentado para associação da TRIZ às diferentes abordagens de projeto, com base na proposta de Garrigou et al.(2001) destaca as contribuições à análise de situações de referência e, especialmente, à prospecção da situação futura. A utilização das ferramentas da TRIZ tem o propósito primeiro de auxiliar na solução de problemas identificados, mas também de aproximar os diferentes atores sociais na construção de um referencial comum que deve ser aplicado não somente à solução dos problemas discutidos, mas incorporado à prática cotidiana destes atores.

## **4. CONCLUSÃO**

Nesta última parte, apresentamos uma síntese de nosso trabalho de pesquisa, numa discussão de caráter mais geral, destacando inicialmente os aportes principais. Em seguida são apresentados os limites do trabalho e as perspectivas por ele abertas, sob o ponto de vista da ergonomia e de outras disciplinas.

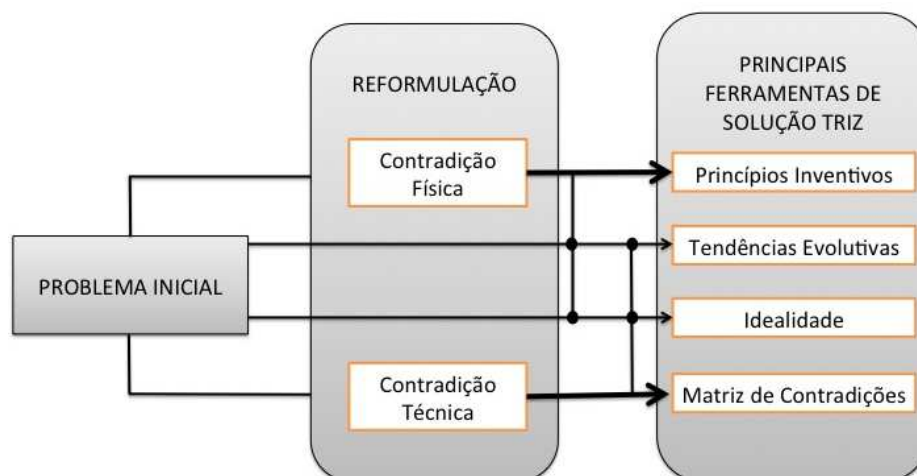
### **4.1 Introdução**

A revisão teórica apresentada nos capítulos 1 e 2 coloca em evidência a incipiente integração da ergonomia aos processos de concepção. Diversos são os fatores que contribuem para esse quadro e convergem para a necessidade de anexação de uma metodologia que permita que esta integração ocorra em todas as etapas do processo de concepção.

A TRIZ, enquanto uma metodologia orientada para a solução de problemas e com um conjunto de ferramentas diversificado, pode ser associada à ergonomia nos processos de intervenção.

A abordagem proposta para tal associação abrange cinco pontos principais. Esses pontos incluem (i) a análise do sistema/problema e identificação de constrangimentos; (ii) a análise da situação sob a perspectiva da idealidade, a partir da comparação entre situações passadas, de referência e prospecção da situação futura; (iii) a determinação de parâmetros e contradições através da construção de cenários; (iv) a inserção de parâmetros na matriz de contradições para que a TRIZ direcione aos os princípios inventivos mais relevantes; e, (v) subsequentemente, a construção coletiva da solução, sua implementação e reavaliação.

O ponto principal desta abordagem é identificar contradições que podem levar a constrangimentos e implicar em perdas tanto em termos de saúde como de produção, e aplicar os princípios e ferramentas da TRIZ para solucioná-los:



**Figura 20. Metodologia TRIZ aplicada à Ergonomia. Fonte: Autora, a partir de Marsot e Claudon, 2004 (vide figura 6 p.59)**

A construção do problema dá-se a partir da identificação dos determinantes das situações passadas ou presentes e a prospecção dos condicionantes futuros, através da análise ergonômica e do recurso à construção de cenários e simulação. Tais determinantes/condicionantes identificados, podem ser traduzidos em termos do que optamos denominar “contradição de representações”.

#### 4.2 Discussão Geral dos Resultados

Uma síntese dos aportes da pesquisa ao processo de projeto em ergonomia é apresentada. Retomamos aqui os principais elementos desta pesquisa do ponto de vista metodológico e das contribuições da TRIZ.

A pesquisa, essencialmente descritiva, seguiu um percurso metodológico que partiu da identificação da aplicabilidade da TRIZ a problemas de ergonomia, seguindo para a exploração de suas contribuições segundo diferentes perspectivas. A partir da definição das contribuições, foi feita a escolha de uma abordagem de ergonomia e projeto à qual pudesse ser anexada. Também apresentou-se a relevância de se estabelecer uma proposta inicial de uma matriz de contradições composta por parâmetros de ergonomia.

Sob a perspectiva dos modelos de intervenção, associa as diversas ferramentas da metodologia TRIZ às características das ergonomias de fatores humanos e da atividade, delineando a possibilidade de aplicação independentemente da escolha de uma ou outra



abordagem. A análise sob o ponto de vista dos parâmetros a serem considerados e dos princípios inventivos, ambos podem ter uma aplicação direta e de forma generalizada na solução de problemas. Sua utilização também pode dar-se de forma situada, a partir da análise de situações reais e específicas de trabalho, utilizando o princípio da idealidade e das tendências evolutivas, a partir da prospecção da situação futura e da construção de cenários, associados às etapas de análise e diagnóstico da análise ergonômica do trabalho, seguindo para o desenvolvimento e implantação de propostas de melhorias que podem ser favorecidos pela utilização destes mesmos parâmetros e princípios e, também, através da matriz de contradições.

Sob a perspectiva da tomada de decisão, esse processo favorece a construção social da intervenção, uma vez que prevê a participação dos diversos atores sociais na construção do problema, tanto na análise, como na elaboração de cenários e propostas de solução. A aproximação dos atores através da associação de abordagens, sendo que a TRIZ é uma abordagem clássica de projeto, permite a construção de um referencial comum para a ação, a ser utilizada não só nas situações específicas de desenvolvimento do projeto, mas cujo uso pode ser extrapolado para as situações cotidianas de tomadas de decisão e escolhas de projeto, favorecendo a integração da ergonomia de forma perene nesses processos.

Sob a perspectiva da concepção, as ferramentas TRIZ, associadas à ergonomia, podem ser aplicadas em todas as fases do processo de concepção, favorecendo e instrumentalizando a análise, a construção de cenários, a antecipação de conflitos e o desenvolvimento de soluções.

A proposta da matriz de contradições, a partir da definição de parâmetros de ergonomia, tem um caráter mais operacional do ponto de vista de guiar o processo de desenvolvimento de conceitos de solução.

A síntese das contribuições foi feita pela anexação das ferramentas da TRIZ ao modelo de integração de abordagens de Garrigou et.al. (2001), constituindo um ponto de partida conceitual e operativo para a integração da ergonomia aos processos de projeto.

A integração de diferentes metodologias permite o enriquecimento do processo de projeto, desde as etapas iniciais de análise da demanda e reconstrução do problema até a definição de requisitos necessários à implementação de melhorias. A anexação da TRIZ às diferentes abordagens de ergonomia e projeto apresenta uma contribuição fundamental à análise,

prospecção e construção de situações futuras. Sua aplicação, facilitada pelo seu ferramental, contribui para a convergência entre o virtual e o real.

### **4.3 Recorte**

Nos propomos um olhar crítico sobre a pesquisa a fim de enunciar os limites do trabalho do ponto de vista metodológico e dos pressupostos escolhidos.

#### **4.3.1 Pressupostos escolhidos**

Os aportes teóricos utilizados para desenvolver a abordagem proposta apoiam-se, principalmente, sobre teorias de intervenção em ergonomia e projeto. Poderia ser pertinente a utilização de reflexões produzidas por outras disciplinas, como a psicologia, e seus aportes ao processo de integração de diferentes racionalidades ao processo de projeto, especialmente no que se refere aos aspectos subjetivos. Essa discussão pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias para a criação de um ambiente que favoreça a construção coletiva, assim como de ferramentas possíveis de serem utilizadas em reuniões de projeto.

Embora as contribuições da TRIZ não privilegiem um paradigma da ergonomia, há uma tendência expressa por uma abordagem situada. Sua aplicação direta, sem uma análise situada, é possível, porém fora pouco explorada.

#### **4.3.2 Aspectos metodológicos: validade externa e generalização**

Como assinalado anteriormente, a abordagem proposta constitui um ponto de partida conceitual e operativo para a integração da ergonomia aos processos de concepção e não um modelo estrito para sua utilização.

Os resultados devem ser aplicados a diversos contextos e situações de trabalho de modo a torná-los generalizáveis. Assim como a proposta de uma matriz de contradições, baseada numa análise essencialmente qualitativa, necessita de testes e validações estatísticas.

#### 4.4 Perspectivas

Neste último item, concluímos o trabalho pela definição de novas perspectivas abertas pela pesquisa, seja do ponto de vista da ergonomia como de outras disciplinas e profissões relacionadas a ela.

No campo da ergonomia, estudos aplicados da abordagem e, também, de validação da matriz proposta são possíveis vias de continuidade desta pesquisa.

Sob um ponto de vista da ação ergonômica, a pesquisa aporta um novo suporte para a prática. A utilização da TRIZ, como objeto intermediário na ação, facilita a integração entre as diferentes abordagens de projeto e seus atores e destaca a necessidade de adaptação de metodologias a serem anexadas à ergonomia.

No campo do projeto, o estudo e definição destas outras metodologias que possam contribuir para a integração do ponto de vista da ergonomia nas diferentes etapas do processo de concepção, permitiriam complementar a abordagem proposta, uma vez que as contribuições da TRIZ e suas ferramentas são úteis ao processo de análise, construção de cenários e definição de requisitos de projeto. Abordagens e ferramentas específicas para a instrumentalização e o acompanhamento da implantação de projetos ainda são requeridas.

O desenvolvimento de *softwares* para a validação estatística da matriz, assim como para sua aplicação, também pode ser apontado como possível desdobramento.

Sob um ponto de vista da pesquisa, especialmente da problemática da integração da ergonomia ao cotidiano das empresas e seus processos de concepção, novas perspectivas são abertas, tanto em ergonomia como de outras disciplinas, no sentido da construção de abordagens e adaptação de metodologias que suportem tal integração.

## REFERÊNCIAS

- ABRAHAO, J.I.; PINHO, D.L.M. As transformações do trabalho e desafios teórico-metodológicos da ergonomia: **Estudos de Psicologia** 7, 2002
- ABRAHAO, J.I.; SNELWAR, L.I.; SILVINO, A.; SARMET, M.; PINHO, D.L.M. **Introdução à ergonomia: da prática à teoria**. São Paulo: Blucher, 2009.
- ACOSTA, G.G.; MORALES, K.L.; LAGOS, D.E.P.; ORTIZ, M.R.R. Addressing Human Factors and Ergonomics in Design Process, Product Life Cycle, and Innovation: Trends in Consumer Product Design. In: KARWOWSKI, W.; SOARES, M.M.; STANTON, N.A. **Human Factors and Ergonomics in Product Consumer Design: methods and techniques**. Florida: Taylor and Francis, 2011.
- AKABANE, G.; FARIAS, O. O.; NETO, M. S. N. Supply chain improvement for a forklift distributor. **Triz Journal**, 2008.
- AKAY, D.; Demiray, A.; KURT, M. Collaborative tool for solving human factors problems in the manufacturing environment: the Theory of Inventive Problem Solving Technique (TRIZ) method. **International Journal of Production Research**, v. 46, n.11, pp. 2913-2925. Taylor and Francis, 2008.
- AKITA, M. Design and ergonomics. **Ergonomics**. v.34, n.6, pp 815-824. Londres: Taylor & Francis, 1991.
- ALTSHULLER, G. **The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation, and technical creativity**. Worcester, Massachusetts: Technical Innovation Center, 1999. (1. ed. russa, 1969).
- ALTSHULLER, G. **Forty Principles: TRIZ, systematic innovation, and technical creativity**. Worcester, Massachusetts: Technical Innovation Center, 1998. (1. ed. russa, 1974).
- AVIANI, F.L.; ABRAHAO, J.I. A integração das diferentes dimensões do trabalho no projeto de centro de saúde: **Ação Ergonômica** 3(1): 13, 2007
- BARTHE, B.; QUÉINNEC, Y. Terminologies et perspectives d'analyse du travail collectif en ergonomie. In: **L'année psychologique**. 1999, 99, p.663-686
- BÉGUIN, P, PUEYO, V. Quelle place au travail des agriculteurs dans la fabrication d'une agriculture durable. **Pistes** 13 (1): 22, 2011
- BÉGUIN, P. **O ergonomista, ator da concepção**. In: FALZON, P. Ergonomia. São Paulo: Edgard Blucher, 2007. Cap. 22.
- BÉGUIN, P. & CERF, M. Formes et enjeux de l'analyse de l'activité pour la conception des systèmes de travail. **Activités**, v. 1, n.1, p. 54-71, 2004. Disponível em: <http://www.activites.org/v1n1/beguin.pdf>. Acesso em 01 de agosto de 2012.
- BÉGUIN, P; WEILL- FASSINA, A. **Da simulação das situações de trabalho à situação de simulação**. In: DUARTE, F. Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo. Rio de Janeiro: COPPE: Lucerna, 2002.

BIAS, R. G., & MAYHEW, D. J. (Eds.). **Cost-justifying usability: an update for the internet age** (2ème ed.). Boston, MA: Academic Press, 2005.

BLUNTZER, J.B. **Intégration des savoir-faire métier produit-process pour une amélioration de la productivité en développement de produits de style**. Tese de doutorado em Sciences Pour L'ingénieur et Microtechniques. Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, Belfort: Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, 2009.

BRAATZ, D. **Análise da aplicação de ferramenta computacional de modelagem e simulação humana no projeto de situações produtivas**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 2009.

BRANGIER, E.; BASTIEN, J. M. C. **L'analyse de l'activité est-elle suffisante et/ou pertinente pour innover dans le domaine des nouvelles technologies?** In G. Valléry & R. Amalberti (Eds.), *L'analyse du travail en perspectives: influences et évolutions* (pp.143-156). Toulouse: Octarès, 2006

BRANGIER, E.; ROBERT, J. M. Manifeste pour l'ergonomie prospective: anticiper de futures activités humaines en vue de concevoir de nouveaux artefacts. In **Actes de la conférence 22ème conférence francophone sur l'interaction homme-machine**, Luxembourg: 20-23 septembre, 2010

BRANGIER, E.; ROBERT, J. M. Prospective ergonomics: origin, goal, and prospects. **Journal Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation**, v.41: IOS Press, 2012.

**BRASIL**. Manual de Aplicação da Norma Regulamentadora n 17. Brasília : MTE, SIT, 2002.

BUCCIARELLI, L.L. **Designing engineers**. London: MIT Press, 1994.

CAPLAN, S. Using focus group methodology for ergonomic design. **Ergonomics**. v. 33, n.5, pp 527-533. Londres: Taylor & Francis, 1990.

CARVALHO, M.A.; BUZINARO, C.G.; BRANDALIZE, G.G.; MEDEIROS, L.G. Creativity in design and process problems with triz (theory of inventive problem solving)/systematic innovation. **Product: Management & Development**, v.10, pp.87-94, 2012.

CARVALHO, M.A. **Metodologia Ideatriz para ideação de novos produtos**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

CARVALHO, M.A.; BACK, N. Uso dos conceitos fundamentais da TRIZ e do método dos princípios inventivos no desenvolvimento de produtos. **Anais...3 Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento do Produto**. Florianópolis, 2001.

CASCINI, G.; RISSONE, P.; ROTINI, F.; RUSSO, D. Systematic design through the integration of TRIZ and optimization tools. **Engineering Procedia**, v.9, pp. 674-679. Elsevier, 2011.

COELHO, D.A. Applying TRIZ to Human Factors Problems in Manufacturing, **Proceedings of the 1st International Conference on Manufacturing Engineering, Quality And Production Systems**. Brasov, 2009.

COELHO, D.A. TRIZ and Human Factors and Ergonomics. **The European TRIZ Association**. Lisboa, 2012. Disponível em: [http://prezi.com/dmzhrglndmm7/dac-25out2012/?auth\\_key=12ac1b00333a86089edfda09b21de79e8ac0547c](http://prezi.com/dmzhrglndmm7/dac-25out2012/?auth_key=12ac1b00333a86089edfda09b21de79e8ac0547c). Acesso em 19 de Março de 2013.

COUTO, H.A. **Ergonomia aplicada ao trabalho**: guia prático. Belo Horizonte: Ergo Editora, 2007.

DANIELLOU, F. Le statut de la pratique et des connaissances dans l'intervention ergonomique de conception. Tese de Doutorado (Thèse d'habilitation en Ergonomie). Université Toulouse. Toulouse: Université Toulouse, 1992.

DANIELLOU, F. **A Ergonomia em Busca de seus Princípios**: debates epistemológicos. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

DANIELLOU, F. **A ergonomia na condução de processos de concepção de sistemas de trabalho**. In: Falzon, P. Ergonomia. São Paulo: Blucher, 2007.

DANIELLOU, F.; BEGUIN. **Metodologia da ação ergonomica**: abordagens do trabalho real. In: FALZON, P. Ergonomia. São Paulo: Edgard Blucher, 2007. Cap. 20.

DARSES, F; DETIENNE, F.; VISSER, W. **As atividades de concepção e sua assistência**. In: FALZON, P. Ergonomia. São Paulo: Edgard Blucher, 2007. Cap. 33.

DARSES, F; REUZEAU, F. **Participação dos usuários na concepção dos sistemas e dispositivos de trabalho**. In: FALZON, P. Ergonomia. São Paulo: Edgard Blucher, 2007. Cap. 24.

DE LA GARZA, C. Le travail collectif en tant qu'activités de régulation, In **Performances Humaines & Techniques**, n°96, (p20-29), septembre-octobre 1998.

DE LA GARZA, C. Fiabilité individuelles et organisation dans l'émergence de processus incidentels au cours d'opérations de maintenance. In **Le travail Humain**, Tome 62, n°1/1999, p93-97

DEJOURS, C. **Epistemologia Concreta e Ergonomia**. In: DANIELLOU, F. (org). A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

DÉTIENE, F.; BARCELLINI, F.; BURKHARDT, J.M. Participation à la conception et qualité du produit dans les communautés en ligne épistémiques : nouvelles directions de recherche en ergonomie des activités de conception. **Activités**, v.9, n.1, 2012

de VRIES, R.W.; VANEKER, T.H.J.; SOUCHKOV, V. Development of a framework for using TRIZ in a co-disciplinary design environment. **Engineering Procedia**, v.9, pp. 379-390. Elsevier, 2011.

DEKKER, S.; NYCE, J. How can ergonomics influence design? Moving from research findings to future systems. **Ergonomics**, v.47, n.15, pp. 1624-1639. Londres: Taylor & Francis, 2004.

DIAS, R. **A implantação da ergonomia através de comitês**: o caso da refinaria de petróleo. Dissertação (mestrado em engenharia de produção) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: COPPE, 2000.

DUARTE, F. **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: COPPE: Lucerna, 2002.

DUL, J.; BRUDER, R.; BUCKLE, P.; CARAYON, P.; FALZON, P.; MARRAS, W. S.; WILSON, J.R.; Van der DOELEN, B.: A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession. **Ergonomics**, v. 55, n. 4, pp. 377-395. Londres: Taylor & Francis, 2012.

FALZON, P. **Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

FALZON, P. **Os objetivos da ergonomia**. In: DANIELLOU, F. (org). A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

FALZON, P.; SAUVAGNAC, C. **Carga de trabalho e estresse**. In: FALZON, P. Ergonomia. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

FERREIRA, L.L.; DONATELLI. Ergonomia: o que há para se ler em português: **Ação Ergonômica** 1(2): 10, 2011.

FITZGERALD, D. P.; HERRMAN, J.W.; SCHIMIDT, L.C. A Conceptual Design Tool for Resolving Conflicts Between Product Functionality and Environmental Impact. **Journal of Mechanical Design**, v.32, 2010.

FOLCHER, V; RABARDEL, P. **Homens, artefatos, atividades**: perspectiva instrumental. In: FALZON, P. Ergonomia. São Paulo: Edgard Blucher, 2007. Cap. 15.

GALLEY-TAYLOR, M.; FERGUSON, A.; HAYWARD, G. Role of Standards in Design. In: KARWOWSKI, W.; SOARES, M.M.; STANTON, N.A. **Human Factors and Ergonomics in Product Consumer Design**: methods and techniques. Florida: Taylor and Francis, 2011.

GARRIGOU, A.; THIBAUT, J.F.; JACKSON, M.; MASCIA, F.L. Contributions et démarche de l'ergonomie dans les processus de conception. **Pistes**, v.3., n.2, 2001.

GHEMRAOUI, R.; MATHIEU, L.; TRICOT, N. Design method for systematic safety integration. **CIRP Annals... Manufacturing Technology**, v.5, pp. 161-164. Elsevier, 2009

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GUÉRIN, F.; et al. **Compreender o trabalho para transformá-lo**: a prática da ergonomia. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

GYI, D.; SANG, K.; HASLAM, C. Participatory ergonomics: co-developing interventions to reduce the risk of musculoskeletal symptoms in business drivers. **Ergonomics**, v. 56, n.1, pp. 45-58. Taylor & Francis, 2013.

HENDRICK, H. **Macroergonomics**: an introduction to work system design. Santa Mônica: Human Factors and Ergonomics Society, 2001.

HIPPLE, J.; CAPLAN, S.; TISCHART, M. 40 Inventive Principles with Examples: human factors and ergonomics. **TRIZ Journal**, 2010. Disponível em: <http://www.triz-journal.com/archives/2010/02/03/> Acesso em 15 de Novembro de 2012.



HORBERRY, T.; BURGESS-LIMERICK, R.; FULLER, R. The contributions of human factors and ergonomics to a sustainable minerals industry. **Ergonomics**, v. 56, n. 3, pp. 556-564. Londres: Taylor & Francis, 2013.

HOUSSIN, R.; COULIBALY, A. An approach to solve contradiction problems for the safety integration in innovative design process. **Computers in Industry**, v.62, pp. 398-406. Elsevier, 2011.

IEA (International Ergonomics Association). Definition of Ergonomics. Council of the IEA, 2000. Disponível em: [http://www.iea.cc/01\\_what/What%20is%20Ergonomics.html](http://www.iea.cc/01_what/What%20is%20Ergonomics.html). Acesso em 01 de julho de 2012.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Blucher, 2005.

JEANTET et al. **La coordination par les objets dans les équipes intégrées de conception de produit**. In G. de Terssac et E. Friedberg, *Coopération et conception*, Editions Octarès, Collection Travail, Toulouse, 1996.

JOHNSON, H.; JOHNSON, P. Integrating task analysis into system design: surveying designers' needs. **Ergonomics**, v. 32, n.11, pp. 1451-1467. Londres: Taylor & Francis, 1989.

KARSENTY, L.; LACOSTE, M. **Comunicação e trabalho**. In: FALZON, P. *Ergonomia*. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

KARWOWSKI, W. Ergonomics and human factors: the paradigms for science, engineering, design, technology and management of human-compatible systems. **Ergonomics**, v.48, n.5, pp. 436-463. Londres: Taylor & Francis, 2005.

KROEMER, K.H.E.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LANDRY, A. **L'évaluation de l'intervention ergonomique: de la recherche évaluative à la proposition d'outils pour la pratique**. Tese de Doutorado. Université Bordeaux 2, 2008.

LEPLAT, J. L'analyse de l'erreur dans les nouvelles technologies : voies de recherche, **Revue de Psychologie appliquée**, 38, 2, 1988.

LEPLAT, J. **Aspectos da Complexidade em Ergonomia**. In: DANIELLOU, F. (org). *A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos*. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

LI, T. Applying TRIZ and AHP to develop innovative design for automated assembly systems. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 46, pp. 301-313. London: Springer, 2010.

LOCKTON, D.; HARRISON, D.; STANTON, A. The Design with Intent Method: A design tool for influencing user behavior. **Applied Ergonomics**, v.41, pp.382-392. Elsevier, 2010.

LOPEZ, J.; ALMEIDA, R.L.; ARAUJO-MOREIRA, F.M. TRIZ: criatividade como uma ciência exata? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 2, p. 205 - 209, 2005.

MAGGI, B. **Do agir organizacional**. São Paulo: Blucher, 2005

MALINE, J. **Simuler le travail: une aide à la conduite de projet**. Mountrouge, Lyon: Anact, 1994.

- MANN, D; DEWULF,S.; ZLOTIN, B.; ZUSMAN, A. **Matrix 2003**. Ieper: Creax Press, 2003.
- MARSOT, J.; CLAUDON, L. Design and Ergonomics: Methods for Integrating Ergonomics at Hand Tool Design Stage. International Journal of Occupational Safety and **Ergonomics**, v.10, n.1, pp. 13-23, 2004.
- MARTIN, C. La conception architecturale entre volonté politique et faisabilité technique, le positionnement de l'intervention ergonomique. Tese de Doutorado (Université Bordeaux). Bordeaux: Université Bordeaux, 1998.
- MENEGON, N.L. **Projeto de processos de trabalho: o caso da atividade do carteiro**. 2003. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.
- MILLANVOYE, M. **As ambiências físicas no posto de trabalho**. In: Falzon, P. Ergonomia. São Paulo: Blucher, 2007.
- MONTMOLLIN, M. **Ergonomias**. In: CASTILLO, J.J; VILLENA, J. Ergonomia: conceitos e métodos. Portugal: Dinalivro, 2005.
- MOSSINK, J. C. M. Evaluation of design practice and the implementation of ergonomics. **Ergonomics**, v. 33, n.5, pp. 613-619. Londres: Taylor & Francis, 1990.
- NAEL, M. IEA EQUID Template for Cooperation between Product Designers and Ergonomists. In: KARWOWSKI, W.; SOARES, M.M.; STANTON, N.A. **Human Factors and Ergonomics in Product Consumer Design: methods and techniques**. Florida: Taylor and Francis, 2011.
- NELSON, J. **Contribution à l'analyse prospective des usages dans les projets d'innovation**. Tese (Doutorado em Sciences des Métiers de l'Ingénieur). Paris Tech, Paris: ParisTech, 2011.
- NEUMANN, W. P.; VILLAGE, J. Ergonomics action research II: a framework for integrating HF into work system design. **Ergonomics**, v. 55, n.8, pp. 781-795. Taylor & Francis, 2012.
- NOBREGA, C.; LIMA, A.R. **Innovatrix**. São Paulo: Negócios, 2010.
- NORMAN, D. **The design of everyday things**. First Doubleday/Currency Edition, 1990.
- NORTH, K. Ergonomics methodology: an obstacle or promoter for the implementation of ergonomics in industrial practice? **Ergonomics**, v. 23, n.10, pp. 1140-1156. Taylor & Francis, 1980.
- O'FLYNN, R.K.; WALDMANN, T. Intelligence, Creativity, and Decisions in Product Design. In: KARWOWSKI, W.; SOARES, M.M.; STANTON, N.A. **Human Factors and Ergonomics in Product Consumer Design: methods and techniques**. Florida: Taylor and Francis, 2011.
- OGOT, M. Conceptual design using axiomatic design in a TRIZ framework. **Engineering Procedia**, v.9, pp. 736-744. Elsevier, 2011.
- OIT. Oficina de Consulta Tripartite sobre Indicadores de Trabalho Decente para o Brasil. Brasília, 2009.

PAHL, F; BEITZ, W. **Engineering design**: a systematic approach. 2ed. Springer, London, 1996.

PALMER II, G.; MORKOS, B. Investigation of design tools as complexity management techniques. In: **Proceedings** of the ASME 2010 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference. Montreal, 2010.

PANERO, J. ZELNIK, M. **Dimensionamento humano para espaços interiores**: um livro de referência e consulta para projetos. Barcelona: Gustavo Gili, 2011.

PUGH, S. **The integrative enveloping culture, not a third culture**. In: PUGH, S. Creating innovative product using Total Design 1996.

RODRIGUES, D.S. **Interação entre ergonomia e projeto**: o trabalho do operador de descoqueamento em uma refinaria de petróleo. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 2012.

SANTOS, M.S. ; VIDAL, M.C.R. Ferramentas de facilitação em ergonomia de concepção : a aplicação de mapas conceituais e padrões na ação projetual: **Ação Ergonômica** 6(2): 11, 2011.

SHIRWAIKER, R.A.; OKUDANB, G.E. Contributions of TRIZ and axiomatic design to leanness in design: an investigation. **Engineering Procedia**, v.9, pp. 730-735. Elsevier, 2011.

SILVERIO, M. **O uso da simulação em ergonomia de concepção**: uma reflexão a partir do projeto de uma cabine de ponte rolante em uma refinaria de petróleo. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 2011.

SOUZA, V.C. **Uso de instrumentos de avaliação de riscos ergonômicos**: teoria e prática. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 2011.

TAILLEFER, G. **Développement d'une méthodologie de conception de produits intégrant des principes d'ergonomie et de conception en vue de l'assemblage**. Dissertação de mestrado. École Polytechnique de Montréal, 2011.

TERSAC, G; CHABAUD, C. Référentiel opératif commun et fiabilité. In: LEPLAT, J.; TERSAC, G. Les facteurs humains de la fiabilité dans les systems complexes. Toulouse: Editions Octarès, 1990.

THIBAUT, J.F. Quand le processus de prescription reflète la performance de l'intervention ergonomique. In: XXXVII ème Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française, 2002, Aix-en-Provence. Les évolutions de la prescription : actes du XXXVII ème Congrès. Aix-en-Provence : GREACT - SELF, 2002. p. 371-376.

TOSETTO, T.; CAMAROTTO, J.A. Ergonomics and Design in the Brazilian Agricultural Sector: A Proposal to Build Matrix of Contradictions. **Journal Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation**, v.41: IOS Press, 2012.

TRAN VAN, A. **Pratique collective de l'intervention ergonomique** : comment les ergonomes font-ils pour travailler ensemble? Tese de doutorado. Université Bordeaux 2, 2010.

Van PELT, A.; HEY, J. Using TRIZ and human-centered design for consumer product development. **Engineering Procedia**, v.9, pp.688-693. Elsevier, 2011.

VIDAL, M. C. R. **Guia para análise ergonômica (AET) na empresa**. Rio de Janeiro: Virtual Científica, 2003.

VINCK, D. De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière : vers la prise en compte du travail d'équipement. **Revue d'anthropologie des connaissances**, (1), 51-72, 2009.

WEILL-FASSINA, A.; PASTRÉ, P. **As competências profissionais e seu desenvolvimento**. In: Falzon, P. Ergonomia. São Paulo: Blucher, 2007.

WEILL-FASSINA, A.; RABARDEL, P. Point de vue ergonomique sur les facteurs psychosociaux de risques pour la santé. **Rapport Du Collège d'expertise sur le suivi des risques psychosociaux au travail faisant suite à la demande du Ministre du Travail, de l'Emploi et de la Santé**, 2010.

WEILL-FASSINA, A.; RABARDEL, P.; DUBOIS, D. **Représentations pour l'action**. Toulouse: Editions Octarès, 1993

WISNER, A. **Por dentro do trabalho**. Ergonomia: método e técnica. São Paulo: FTD-Oboré, 1987.

YAMAOKA, T. Manufacturing Attractive Products Logically by Using Human Design Technology: A Case of Japanese Methodology. In: KARWOWSKI, W.; SOARES, M.M.; STANTON, N.A. **Human Factors and Ergonomics in Product Consumer Design: methods and techniques**. Florida: Taylor and Francis, 2011.

ZAPATA, L.M.S. Integration of Ergonomics in the Design Process: Conceptual, Methodological, and Practical Foundations. In: KARWOWSKI, W.; SOARES, M.M.; STANTON, N.A. **Human Factors and Ergonomics in Product Consumer Design: methods and techniques**. Florida: Taylor and Francis, 2011.

ZHANG, F.; ZHANG, H.; ZHENG, H.; CHEN, G. PRODUCT IMPROVING DESIGN BASED ON TRIZ/VE. **IEEE**, 2011.

## ANEXO: MATRIZ DE CONTRADIÇÕES EM ERGONOMIA

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Transporte Manual de Cargas: Levantamento e Carregamento	-	-	15,8,29,34	-	29,17,38,34	-	29,2,40,28	-	2,8,15,38	8,10,18,37
2	Condições de Levantamento	-	+	-	10,1,29,35	-	35,30,13,2	-	5,35,14,2	-	8,10,19,35
3	Distância percorrida para Transporte/Carregamento	8,15,29,34	-	+	-	15,17,4	-	7,17,4,35	-	13,4,8	17,10,4
4	Distâncias entre setores, trabalhadores e/ou atividades com demandas correlacionadas	-	35,28,40,29	-	+	-	17,7,10,40	-	35,8,2,44	-	28,10
5	Dimensionamento das Superfícies Móveis de Trabalho	2,17,29,4	-	4,15,8,4	-	+	-	7,14,17,4	-	29,30,4,34	19,30,35,2
6	Dimensionamento de Superfícies Estacionárias de Trabalho	-	30,2,14,18	-	26,7,9,39	-	+	-	-	-	1,18,35,36
7	Dimensionamento do Ambiente e Espaços de Trabalho em confrontação com dados antropométricos e natureza das atividades	2,26,29,40	-	1,7,4,35	-	1,7,4,17	-	+	-	29,4,38,34	15,35,36,37
8	Dimensionamento do Ambiente Geral de Trabalho	-	35,10,19,14	19,14	35,8,2,14	-	-	-	+	-	2,18,37
9	Ritmo de Trabalho	2,28,13,38	-	13,14,8	-	29,30,34	-	7,29,34	-	+	13,28,15,19
10	Aplicação de força	8,1,37,18	18,13,1,28	17,19,9,36	28,10	19,10,15	1,18,36,37	15,9,12,37	2,36,18,37	13,28,15,12	-
11	Contato mecânico com ferramentas, espaços de trabalho ou equipamentos	10,36,37,40	13,29,10,18	35,10,36	35,1,14,16	10,15,36,28	10,15,36,37	6,35,10	35,24	6,35,36	36,35,21
12	Adequação das características de pega de ferramentas e equipamentos e/ou dispositivos de estabilização postural	8,10,29,40	15,10,26,3	29,34,5,4	13,14,10,7	5,34,4,10	-	14,4,15,22	7,2,35	35,15,34,18	35,10,37,40
13	Desenho de fluxos, tarefas e processos	21,35,2,39	26,39,1,40	13,15,1,28	37	2,11,13	39	28,10,19,39	34,28,35,40	33,15,28,18	10,35,21,16
14	Fadiga	1,8,40,15	40,26,27,1	1,15,8,35	15,14,28,26	3,34,40,29	9,40,28	10,15,14,7	9,14,17,15	8,13,26,14	10,18,3,14
15	Dados Epidemiológicos (afastamentos, absenteísmo, acidentes, etc.)	19,5,34,31	-	2,19,9	-	3,17,19	-	10,2,19,30	-	3,35,5	19,2,16
16	Paradas de Produção	-	6,27,19,16	-	1,40,35	-	-	-	35,34,38	-	-
17	Ambiente térmico	36,22,6,38	22,35,32	15,19,9	15,19,9	3,35,39,18	35,38	34,39,40,18	35,6,4	2,28,36,30	35,10,3,21
18	Iluminação	19,1,32	2,35,32	19,32,16	-	19,32,26	-	2,13,10	-	10,13,19	26,19,6
19	Atividade Física Geral: Trabalho dinâmico	12,18,28,31	-	12,28	-	15,19,25	-	35,13,18	-	8,35,35	16,26,21,2
20	Atividade Física Geral: Trabalho estático	-	19,9,6,27	-	-	-	-	-	-	-	36,37
21	Repetitividade do Trabalho	8,36,38,31	19,26,17,27	1,10,35,37	-	19,38	17,32,13,38	35,6,38	30,6,25	15,35,2	26,2,36,35
22	Desperdício ou Subutilização de Recursos	15,6,19,28	19,6,18,9	7,2,6,13	6,38,7	15,26,17,30	17,7,30,18	7,18,23	7	16,35,38	36,38
23	Risco de Acidentes	35,6,23,40	35,6,22,32	14,29,10,39	10,28,24	35,2,10,31	10,18,39,31	1,29,30,36	3,39,18,31	10,13,28,38	14,15,18,40
24	Tomada de decisão	10,24,35	10,35,5	1,26	26	30,26	30,16	-	2,22	26,32	-
25	Tempos porosos (desde que não caracterizem espaços de regulação)	10,20,37,35	10,20,26,5	15,2,29	30,24,14,5	26,4,5,16	10,35,17,4	2,5,34,10	35,16,32,18	-	10,37,36,5
26	Quantidade de trabalhadores e/ou recursos materiais	35,6,18,31	27,26,18,35	29,14,35,18	-	15,14,29	2,18,40,4	15,20,29	-	35,29,34,28	35,14,3
27	Confiabilidade	3,8,10,40	3,10,8,28	15,9,14,4	15,29,28,11	17,10,14,16	32,35,40,4	3,10,14,24	2,35,24	21,35,11,28	8,28,10,13
28	Distância entre tarefa e atividade. Trabalho prescrito e trabalho real	32,35,26,28	28,35,25,26	28,26,5,16	32,28,3,16	26,28,32,3	26,28,32,3	32,13,6	-	28,13,32,24	32,2
29	Qualidade	28,32,13,18	28,35,27,9	10,28,29,37	2,32,10	28,33,29,32	2,29,18,36	32,23,2	25,10,35	10,28,32	28,19,34,36
30	Fatores Externos	22,21,27,39	2,22,13,24	17,1,39,4	1,18	22,1,33,28	27,2,39,35	22,23,37,35	34,39,19,27	21,22,35,28	13,35,39,18
31	Leitura e/ou organização do trabalho	19,22,15,39	35,22,1,39	17,15,16,22	-	17,2,18,39	22,1,40	17,2,40	30,18,35,4	35,28,3,23	35,28,1,40
32	Posturas de trabalho e/ou exigências cognitivas	28,29,15,16	1,27,36,13	1,29,13,17	15,17,27	13,1,26,12	16,40	13,29,1,40	35	35,13,8,1	35,12
33	Usabilidade	25,2,13,15	6,13,1,25	1,17,13,12	-	1,17,13,16	18,16,15,39	1,16,35,15	4,18,39,31	18,13,34	28,13,35
34	Comunicação entre trabalhadores e contatos pessoais	2,27,35,11	2,27,35,11	1,28,10,25	3,18,31	15,13,32	16,25	25,2,35,11	1	34,9	1,11,10
35	Espaços de Regulação e Modos Operatórios	1,6,15,8	19,15,29,16	35,1,29,2	1,35,16	35,30,29,7	15,16	15,35,29	-	35,10,14	15,17,20
36	Complexidade	26,30,34,36	2,26,35,39	1,19,26,24	26	14,1,13,16	6,36	34,26,6	1,16	34,10,28	26,16

		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Transporte Manual de Cargas: Levantamento e Carregamento	0,36,37,40	0,14,35,40	1,35,09,39	28,27,08,40	5,34,31,35	-	6,29,4,38	09,1,32	35,12,34,31	-
2	Condições de Levantamento	13,29,0,8	13,10,29,14	26,39,1,40	28,2,0,27	-	2,27,09,6	28,09,32,22	09,32,35	-	08,09,28,1
3	Distância percorrida para Transporte/Carregamento	1,8,35	1,8,10,29	1,8,15,34	8,35,29,34	09	-	0,15,09	32	8,35,24	-
4	Distâncias entre setores, trabalhadores e/ou atividades com demandas correlacionadas	1,14,35	13,14,15,7	39,37,35	15,14,28,26	-	1,10,35	3,35,38,08	3,25	-	-
5	Dimensionamento das Superfícies Móveis de Trabalho	0,15,36,28	5,34,29,4	11,2,13,39	3,15,40,14	6,3	-	2,15,16	15,32,09,13	09,32	-
6	Dimensionamento de Superfícies Estacionárias de Trabalho	0,15,36,37		2,38	40	-	2,10,09,30	35,39,38		-	-
7	Dimensionamento do Ambiente e Espaços de Trabalho em confrontação com dados antropométricos e natureza das atividades	6,35,36,37	1,15,29,4	28,10,1,39	9,14,15,7	6,35,4	-	34,39,0,8	2,13,10	35	-
8	Dimensionamento do Ambiente Geral de Trabalho	24,35	7,2,35	34,28,35,40	9,14,17,15	-	35,34,38	35,6,4		-	-
9	Ritmo de Trabalho	6,18,38,40	35,15,18,34	28,33,1,18	8,3,26,14	3,09,35,5	-	28,30,36,2	0,13,09	8,15,35,38	-
10	Aplicação de força	08,21,11	0,35,40,34	35,10,21	35,10,14,27	09,2		35,10,21	-	09,17,10	1,16,36,37
11	Contato mecânico com ferramentas, espaços de trabalho ou equipamentos		35,4,15,10	35,33,2,40	9,18,3,40	09,3,27		35,39,09,2	-	14,24,10,37	
12	Adequação das características de pega de ferramentas e equipamentos e/ou dispositivos de estabilização postural	34,15,10,11		33,1,18,4	30,14,10,40	14,26,9,25		22,14,09,32	13,15,32	2,6,34,14	
13	Desenho de fluxos, tarefas e processos	2,35,40	22,1,18,4		17,9,15	13,27,10,35	39,3,35,23	35,1,32	32,3,27,16	13,19	27,4,29,8
14	Fadiga	0,3,18,40	0,30,35,40	13,17,35		27,3,26		30,10,40	35,09	09,35,10	35
15	Dados Epidemiológicos (afastamentos, absenteísmo, acidentes, etc.)	09,3,27	14,26,28,25	13,3,35	27,3,10		-	09,35,39	2,09,4,35	28,6,35,18	
16	Paradas de Produção			39,3,35,23		-		09,18,36,40		-	
17	Ambiente térmico	35,39,09,2	14,22,09,32	1,35,32	10,30,22,40	09,13,39	09,18,36,40		32,30,21,16	09,15,3,17	
18	Iluminação		32,30	32,3,27	35,09	2,09,6		32,35,09		32,1,09	32,35,1,15
19	Atividade Física Geral: Trabalho dinâmico	23,14,25	12,2,29	09,13,17,24	5,10,9,35	28,35,6,18	-	09,24,3,14	2,15,10		-
20	Atividade Física Geral: Trabalho estático			27,4,29,8	35				09,2,35,32		
21	Repetitividade do Trabalho	22,10,35	29,14,2,40	35,32,15,31	26,10,28	09,35,10,38	16	2,14,17,25	16,6,19	16,6,09,37	
22	Desperdício ou Subutilização de Recursos			14,2,39,6	26			09,38,7	1,13,32,15		
23	Risco de Acidentes	3,36,37,10	29,35,3,5	2,14,30,40	35,28,31,40	28,27,3,18	27,16,18,38	21,36,39,31	1,6,13	35,18,24,5	28,27,12,31
24	Tomada de decisão					10	10		09		
25	Tempos mortos (desde que não caracterizem espaços de regulação)	37,36,4	4,10,34,17	35,3,22,5	29,3,28,18	20,10,28,18	28,20,10,16	35,29,21,18	1,09,26,17	35,38,19,18	1
26	Quantidade de trabalhadores e/ou recursos materiais	0,16,14,3	35,14	15,2,17,40	14,35,34,10	3,35,10,40	3,35,31	3,17,39		34,29,16,18	3,35,31
27	Confiabilidade	0,24,35,09	35,1,16,11		11,28	2,35,3,25	34,27,6,40	3,35,10	11,32,13	21,11,27,09	36,23
28	Distância entre tarefa e atividade, Trabalho prescrito e trabalho real	6,28,32	6,28,32	32,35,15	28,6,32	28,6,32	10,26,24	6,19,28,24	6,1,32	3,6,32	
29	Qualidade	3,35	32,30,40	30,18	3,27	3,27,40		09,26	3,32	32,2	
30	Fatores Externos	22,2,37	22,1,3,35	35,24,30,18	18,35,37,1	22,15,33,28	17,14,10,33	22,33,35,2	1,09,32,13	1,24,6,27	10,2,22,37
31	Leitante e/ou organização do trabalho	2,33,27,18	35,1	35,40,27,39	15,35,22,2	15,22,33,31	21,39,16,22	22,35,2,24	09,24,39,32	2,35,6	09,22,18
32	Posturas de trabalho e/ou exigências cognitivas	35,09,1,37	1,28,13,27	11,13,1	1,3,10,32	27,1,14	35,16	27,26,18	28,24,27,1	28,26,27,1	1,4
33	Usabilidade	2,32,12	15,34,29,28	32,35,30	32,40,3,28	29,3,8,25	1,16,25	26,27,13	13,17,1,24	1,13,24	
34	Comunicação entre trabalhadores e contatos pessoais	13	1,13,2,4	2,35	11,12,9	11,29,28,27	1	4,10	15,1,13	15,1,28,16	
35	Espaços de Regulação e Modos Operatórios	35,16	15,37,1,8	35,30,14	35,3,32,6	13,1,35	2,16	27,2,3,35	6,22,26,1	09,35,29,13	
36	Complexidade	09,1,35	29,13,28,15	2,22,17,09	2,13,28	10,4,28,15		2,17,13	24,17,13	27,2,29,28	
37	Demanda de Atenção	35,36,37,32	27,13,1,39	11,22,39,30	27,3,18,28	09,29,39,25	25,34,6,35	3,27,35,16	2,24,26	35,38	09,35,16
38	Divisão do Trabalho, Conteúdo do Trabalho	13,35	15,32,1,13	18,1	25,13	6,9		26,2,09	8,32,09	2,32,13	
39	Produtividade	10,37,14	14,10,34,40	35,3,22,39	29,28,10,18	35,10,2,18	20,10,16,38	35,21,28,10	26,17,09,1	35,10,38,09	1

		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Transporte Manual de Cargas: Levantamento e Carregamento	D, 36, 38, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	D, 24, 35	D, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31	1, 3, 11, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27
2	Condições de Levantamento	15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	D, 15, 35	D, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26	D, 28, 8, 3	18, 26, 28	D, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37
3	Distância percorrida para Transporte/ Carregamento	1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24	15, 2, 29	29, 35	D, 14, 29, 40	28, 32, 4	D, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24
4	Distâncias entre setores, trabalhadores e/ou atividades com demandas correlacionadas	12, 8	6, 28	D, 28, 24, 35	24, 26,	30, 29, 14		15, 29, 28	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18
5	Dimensionamento das Superfícies Móveis de Trabalho	D, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	D, 35, 2, 39	30, 26	26, 4	29, 30, 6, 13	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1
6	Dimensionamento de Superfícies Estacionárias de Trabalho	17, 32	17, 7, 30	D, 14, 18, 39	30, 16	D, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	27, 2, 39, 35
7	Dimensionamento do Ambiente e Espaços de Trabalho em confrontação com dados antropométricos e natureza das atividades	35, 6, 13, 18	7, 15, 16, 16	36, 39, 34, 10	2, 22	2, 6, 34, 10	29, 30, 7	14, 140, 11	25, 26, 28	25, 28, 2, 16	22, 21, 27, 35
8	Dimensionamento do Ambiente Geral de Trabalho	30, 6		D, 39, 35, 34		35, 16, 32, 18	35, 3	2, 35, 16		35, 10, 25	34, 39, 19, 27
9	Ritmo de Trabalho	19, 35, 38, 2	14, 20, 19, 35	D, 13, 28, 38	13, 26		D, 19, 29, 38	11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	D, 28, 32, 25	1, 28, 33, 23
10	Aplicação de força	19, 35, 18, 37	14, 15	8, 35, 40, 5		D, 37, 36	14, 29, 18, 36	3, 35, 1, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18
11	Contato mecânico com ferramentas, espaços de trabalho ou equipamentos	D, 10, 35, 14	2, 36, 25	D, 36, 3, 37		37, 36, 4	D, 14, 36	D, 13, 19, 35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37
12	Adequação das características de pega de ferramentas e equipamentos e/ou dispositivos de estabilização postural	4, 6, 2	14	35, 29, 3, 5		14, 10, 34, 17	36, 22	D, 40, 16	28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35
13	Desenho de fluxos, tarefas e processos	32, 35, 27, 31	14, 2, 39, 6	2, 14, 30, 40		35, 27	15, 32, 35		13	18	35, 24, 30, 18
14	Fadiga	D, 10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40		29, 3, 28, 10	29, 10, 27	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1
15	Dados Epidemiológicos (afastamentos, absenteísmo, acidentes, etc.)	D, 10, 35, 38		28, 27, 3, 18	D	20, 10, 28, 18	3, 35, 10, 40	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28
16	Paradas de Produção	16		27, 16, 18, 38	D	28, 20, 10, 16	3, 35, 31	34, 27, 6, 40	D, 10, 26, 24		17, 1, 40, 33
17	Ambiente térmico	2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31		35, 28, 21, 18	3, 17, 30, 39	D, 19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2
18	Iluminação	32	13, 16, 1, 6	13, 1	1, 6	D, 1, 26, 17	1, 19		11, 15, 32	3, 32	15, 19
19	Atividade Física Geral: Trabalho dinâmico	6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 5		35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18	D, 19, 21, 11, 27	3, 1, 32		1, 35, 6, 27
20	Atividade Física Geral: Trabalho estático			28, 27, 18, 31			3, 35, 31	D, 10, 36, 23			D, 2, 22, 37
21	Repetitividade do Trabalho		D, 10, 35, 38	28, 27, 18, 38	D, 19	35, 20, 10, 6	4, 34, 19	D, 24, 26, 31	32, 15, 2	32, 2	D, 22, 31, 2
22	Desperdício ou Subutilização de Recursos	3, 38		35, 27, 2, 37	D, 19	D, 10, 18, 32, 7	7, 18, 25	11, 10, 35	32		21, 22, 35, 2
23	Risco de Acidentes	28, 27, 18, 38	35, 27, 2, 31			15, 18, 35, 10	6, 3, 10, 24	D, 29, 39, 35	16, 34, 31, 28	35, 10, 24, 31	33, 22, 30, 40
24	Tomada de decisão	D, 10, 19	D, 10			24, 26, 28, 32	24, 28, 35	D, 28, 23			22, 10, 1
25	Tempos porosos (desde que não caracterizem espaços de regulação)	35, 20, 10, 6	D, 10, 5, 18, 32	35, 18, 10, 39	24, 26, 28, 32		35, 38, 18, 16	D, 10, 34	24, 34, 28, 32	24, 26, 28, 18	35, 18, 34
26	Quantidade de trabalhadores e/ou recursos materiais	35	7, 18, 25	6, 3, 10, 24	24, 28, 35	35, 38, 18, 16		18, 3, 28, 40	13, 2, 28	33, 30	35, 33, 29, 31
27	Confiabilidade	21, 11, 26, 31	D, 10, 11, 35	D, 10, 35, 29, 39	D, 10, 28	D, 10, 30, 4	21, 28, 40, 3		32, 3, 11, 23	11, 32, 1	27, 35, 2, 40
28	Distância entre tarefa e atividade, Trabalho prescrito e trabalho real	3, 6, 32	26, 32, 27	D, 10, 16, 31, 28		24, 34, 28, 32	2, 6, 32	5, 11, 1, 23			28, 24, 22, 26
29	Qualidade	32, 2	13, 32, 2	35, 31, 10, 24		32, 26, 28, 18	32, 30	11, 32, 1			26, 28, 10, 36
30	Fatores Externos	D, 10, 22, 31, 2	11, 22, 35, 2	33, 22, 19, 40	22, 10, 2	35, 18, 34	35, 33, 29, 31	27, 24, 2, 40	28, 33, 23, 26	26, 28, 10, 18	
31	Leitura e/ou organização do trabalho	2, 35, 18	21, 35, 2, 22	D, 10, 1, 34	D, 10, 21, 29	1, 22	3, 24, 39, 1	24, 2, 40, 39	3, 33, 26	4, 17, 34, 26	
32	Posturas de trabalho e/ou exigências cognitivas	27, 1, 12, 24	D, 10, 35	15, 34, 33	32, 24, 18, 16	35, 28, 34, 4	35, 23, 1, 24		1, 35, 12, 18		24, 2
33	Usabilidade	35, 34, 2, 10	2, 19, 13	28, 32, 2, 24	4, 10, 27, 22	4, 28, 10, 34	12, 35	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	1, 32, 35, 23	2, 25, 28, 39
34	Comunicação entre trabalhadores e contatos pessoais	15, 10, 32, 2	15, 1, 32, 19	2, 35, 34, 27		32, 1, 10, 25	2, 28, 10, 25	11, 10, 1, 16	D, 10, 2, 13	25, 10	35, 10, 2, 16
35	Espaços de Regulação e Modos Operatórios	19, 1, 29	18, 15, 1	15, 10, 2, 13		35, 28	3, 35, 15	35, 1, 8, 24	35, 5, 1, 10		35, 11, 32, 31
36	Complexidade	20, 19, 30, 34	D, 10, 35, 13, 2	35, 10, 28, 29		6, 29	13, 3, 27, 10	13, 35, 1	2, 26, 10, 34	26, 24, 32	22, 19, 29, 40
37	Demanda de Atenção	18, 1, 16, 10	35, 3, 15, 19	1, 18, 10, 24	35, 33, 27, 22	18, 28, 32, 9	3, 27, 29, 18	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28		22, 19, 29, 28
38	Divisão do Trabalho, Conteúdo do Trabalho	28, 2, 27	23, 28	35, 10, 18, 5	35, 33	24, 28, 35, 30	35, 13	11, 27, 32	28, 26, 10, 34	28, 26, 18, 23	2, 33
39	Produtividade	35, 20, 10	28, 10, 29, 35	28, 10, 35, 23	13, 15, 23		35, 38	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	18, 10, 32, 1	22, 35, 13, 24



		31	32	33	34	35	36	37	38	39
1	Transporte Manual de Cargas: Levantamento e Carregamento	22,35,31,39	27,28,1,36	35,3,2,24	2,27,28,11	29,5,15,8	26,30,36,34	28,29,26,32	26,35,18,19	35,3,24,37
2	Condições de Levantamento	35,22,1,39	28,1,9	6,13,1,32	2,27,28,11	19,15,29	1,10,26,39	25,28,17,15	2,26,35	1,28,15,35
3	Distância percorrida para Transporte/ Carregamento	17,15	1,29,17	15,29,35,4	1,28,10	14,15,1,16	1,19,26,24	35,1,26,24	17,24,26,16	14,4,28,29
4	Distâncias entre setores, trabalhadores e/ou atividades com demandas correlacionadas		15,17,27	2,25	3	1,35	1,26	26		30,14,7,26
5	Dimensionamento das Superfícies Móveis de Trabalho	17,2,18,39	13,1,26,24	15,17,1,16	15,13,10,1	15,30	14,1,13	2,36,26,18	14,30,28,23	10,26,34,2
6	Dimensionamento de Superfícies Estacionárias de Trabalho	22,1,40	40,16	16,4	16	15,16	1,18,36	2,35,30,18	23	10,15,17,7
7	Dimensionamento do Ambiente e Espaços de Trabalho em confrontação com dados antropométricos e natureza das atividades	17,2,40,1	29,1,40	15,13,30,12	10	15,29	26,1	29,26,4	35,34,16,24	10,6,2,34
8	Dimensionamento do Ambiente Geral de Trabalho	30,18,35,4	35		1		1,31	2,17,26		35,37,10,2
9	Ritmo de Trabalho	2,24,35,21	35,13,8,1	32,28,13,12	34,2,28,27	15,10,26	10,28,4,34	3,34,27,16	10,18	
10	Aplicação de força	13,3,36,24	15,37,18,1	1,28,3,25	15,1,11	15,17,18,20	26,35,10,18	36,37,10,19	2,35	3,28,35,37
11	Contato mecânico com ferramentas, espaços de trabalho ou equipamentos	2,33,27,8	1,35,16	11	2	35	19,1,35	2,36,37	35,24	10,14,35,37
12	Adequação das características de pega de ferramentas e equipamentos e/ou dispositivos de estabilização postural	35,1	1,32,17,28	32,15,26	2,13,1	1,15,29	16,29,1,28	15,13,39	15,1,32	17,26,34,10
13	Desenho de fluxos, tarefas e processos	35,40,27,39	35,19	32,35,30	2,35,10,16	35,30,34,2	2,35,22,26	35,22,39,23	1,18,35	23,35,40,3
14	Fadiga	15,35,22,2	11,3,10,32	32,40,25,2	27,11,3	15,3,32	2,13,25,28	27,3,15,40	15	29,35,10,14
15	Dados Epidemiológicos (afastamentos, absenteísmo, acidentes, etc.)	21,39,16,22	27,1,4	12,27	29,10,27	1,35,13	10,4,29,15	19,29,39,35	6,10	35,17,14,19
16	Paradas de Produção	22	35,10	1	1	2		25,34,6,35	1	20,10,16,38
17	Ambiente térmico	22,35,2,24	26,27	26,27	4,10,16	2,18,27	2,17,16	3,27,35,31	26,2,19,16	15,28,35
18	Iluminação	35,19,32,39	19,35,28,26	28,26,19	15,17,1,16	15,1,19	6,32,13	32,15	2,26,10	2,25,16
19	Atividade Física Geral: Trabalho dinâmico	2,35,6	28,26,30	19,35	1,15,17,28	15,17,13,16	2,29,27,28	35,38	32,2	12,28,35
20	Atividade Física Geral: Trabalho estático	19,22,18	1,4					19,35,16,25		1,6
21	Repetitividade do Trabalho	2,35,18	26,10,34	26,35,10	35,2,10,34	19,17,34	20,19,30,34	19,35,16	28,2,17	28,35,34
22	Desperdício ou Subutilização de Recursos	21,35,2,22		35,32,1	2,19		7,23	35,3,15,23	2	28,10,29,35
23	Risco de Acidentes	10,1,34,29	15,34,33	32,28,2,24	2,35,34,27	15,10,2	35,10,28,24	35,18,10,13	35,10,18	28,35,10,23
24	Tomada de decisão	10,21,22	32	27,22				35,33	35	13,23,15
25	Tempos porosos (desde que não caracterizem espaços de regulação)	35,22,18,39	35,28,34,4	4,28,10,34	32,1,10	35,28	6,29	18,28,32,10	24,28,35,30	
26	Quantidade de trabalhadores e/ou recursos materiais	3,35,40,39	29,1,35,27	35,29,25,10	2,32,10,25	15,3,29	3,13,27,10	3,27,29,18	8,35	13,29,3,27
27	Confiabilidade	35,2,40,26		27,17,40	1,11	13,35,8,24	13,35,1	27,40,28	11,13,27	1,35,29,38
28	Distância entre tarefa e atividade. Trabalho prescrito e trabalho real	3,33,39,10	6,35,25,18	1,13,17,34	1,32,1,11	13,35,2	27,35,10,34	26,24,32,28	28,2,10,34	10,34,28,32
29	Qualidade	4,17,34,26		1,32,35,23	25,10		26,2,18		26,28,18,23	10,18,32,39
30	Fatores Externos		24,35,2	2,25,28,39	35,10,2	35,11,22,31	22,19,29,40	22,19,29,40	33,3,34	22,35,13,24
31	Leitura e/ou organização do trabalho						19,1,31	2,21,27,1	2	22,35,18,39
32	Posturas de trabalho e/ou exigências cognitivas			2,5,13,16	35,1,11,9	2,13,15	27,26,1	6,28,11,1	8,28,1	35,1,10,28
33	Usabilidade		2,5,12		12,26,1,32	15,34,1,16	32,26,12,17		1,34,12,3	15,1,28
34	Comunicação entre trabalhadores e contatos pessoais		1,35,11,10	1,12,26,15		7,1,4,16	35,1,13,11		34,35,7,13	1,32,10
35	Espaços de Regulação e Modos Operatórios		1,13,31	15,34,1,16	1,16,7,4		15,29,37,28	1	27,34,35	35,28,6,37
36	Complexidade	19,1	27,26,1,13	27,9,26,24	1,13	29,15,28,37		15,10,37,28	15,1,24	12,17,28
37	Demanda de Atenção	2,21	5,28,11,29	2,5	12,26	1,15	15,10,37,28		34,21	35,18
38	Divisão do Trabalho. Conteúdo do Trabalho	2	1,26,13	1,12,34,3	1,35,13	27,4,1,35	15,24,10	34,27,25		5,12,35,26
39	Produtividade	35,22,18,39	35,28,2,24	1,28,7,10	1,32,10,25	1,35,28,37	12,17,28,24	35,18,27,2	5,12,35,26	