



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CASSIA PEREIRA DOS SANTOS

ESTRUTURAÇÃO DE LAYOUT PRODUTIVO UTILIZANDO VFT E FITRADEOFF

Caruaru
2023

CASSIA PEREIRA DOS SANTOS

ESTRUTURAÇÃO DE LAYOUT PRODUTIVO UTILIZANDO VFT E FITRADEOFF

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestra em Engenharia de Produção. Área de concentração: Otimização e Gestão da Produção

Orientador (a): Prof^a. Dr^a Ana Paula Henriques Gusmão de Araújo Lima

Caruaru

2023

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Nasaré Oliveira - CRB/4 - 2309

S237e Santos, Cássia Pereira dos.
Estruturação de layout produtivo utilizando VFT e Fittradeoff. / Cássia Pereira dos Santos. – 2023.
68 f.; il.: 30 cm.

Orientadora: Ana Paula Henriques Gusmão de Araújo Lima.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, 2023.
Inclui Referências.

1. Instalações industriais - Layout. 2. Processo decisório por critério múltiplo. 3. FITradeoff. 4. VFT. 5. Solução de problemas. I. Lima, Ana Paula Henriques Gusmão de Araújo (Orientadora). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.) UFPE (CAA 2023-017)

CASSIA PEREIRA DOS SANTOS

ESTRUTURAÇÃO DE LAYOUT PRODUTIVO UTILIZANDO VFT E FITRADEOFF

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestrado em Engenharia de Produção. Área de concentração: Otimização e Gestão da Produção

Aprovada em: 28/02/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Ana Paula Henriques Gusmão De Araújo Lima (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr. Jônatas Araújo De Almeida (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr. Carolina Lino Martins Pompêo De Camargo (Examinador Externo)
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS

A você, minha filha, que antes mesmo de existir já era o motivo de tudo. Tudo por você, sempre.

AGRADECIMENTOS

A Deus todo poderoso, que me deu o dom da vida e forças para concretizar este trabalho, além de todas as oportunidades que me tem concedido e vitórias alcançadas. Que me deu forças durante as adversidades que encontrei ao longo do meu Mestrado Acadêmico, enfrentando o período de pandemia, mudança profissional, depressão e ajustes pessoais. Que me deu o melhor presente também dentro dessa jornada acadêmica: ser mãe. Que me deu sabedoria para conciliar gestação, puerpério e maternidade com o estudo e elaboração da minha dissertação.

À minha família, que sempre me deu apoio, sofreu e comemorou os momentos pelos quais passei. Que me inspira a buscar o sucesso através do meu esforço e conhecimento.

À minha mãe, Quitéria Barbosa, pelo carinho de todas as horas e por me possibilitar a realização deste curso, tendo sido incentivadora constante durante a realização dele. Além de estar sendo meu grande pilar nos cuidados com minha pequena. Eu não conseguiria sem o seu apoio.

Ao meu pai, Milton Francisco, pelo carinho em todos os momentos e por nunca ter me deixado esquecer que devemos sempre concluir tudo o que nos propomos a fazer.

À minha irmã, Fernanda Santos, que sempre está comigo. Que compartilha comigo a vida acadêmica, a engenharia e todos os desafios de trilhar o sucesso pelo conhecimento.

À minha filha, Maria Luísa, por sempre me mostrar o prazer das novas descobertas e a felicidade que encontramos nas coisas mais simples do dia a dia. Por despertar em mim a minha melhor versão, por ser a minha grande inspiração para alcançar lugares incríveis.

Ao meu parceiro, João Victor, por me fazer buscar ser sempre uma pessoa melhor a cada dia, pelo apoio, companheirismo e todo amor concedido. Pela compreensão na minha ausência, pelo incentivo diário a seguir lutando por esse título, sempre reforçando o quanto sou capaz de ir além.

A minha orientadora Dra. Ana Paula Henriques Gusmão de Araújo Lima, por ter me orientado nesta caminhada com maestria, depositando confiança e tendo compreensão mesmo nos momentos de dificuldades. Por ter tido empatia em todos os momentos que precisei, por ter sido amiga e me escutado nos momentos difíceis.

Aos meus gestores que fizeram parte da minha vida profissional conciliada a esse Mestrado, por me liberarem para cursar as disciplinas, entenderem os momentos de dedicação ao estudo e acreditarem nos resultados oriundos desse trabalho.

À minha empresa, por ter me dado oportunidade de mostrar minha capacidade de fazer um mestrado sem abandonar as responsabilidades que tenho com ela. Por reforçar que somos responsáveis pelo nosso próprio desenvolvimento. Bem como, à minha equipe que sempre me apoiou nos momentos que mais precisei, por toda amizade e companheirismo, por vibrarem com minha conquista.

Aos colegas e amigos que fiz no PPGEF, em especial aos alunos da minha turma do Mestrado, pelo auxílio e companheirismo ao longo dessa jornada, sendo a primeira turma a enfrentar 100% do programa dentro da pandemia. Não tivemos o cotidiano de encontros presenciais, mas mesmo com a distância foi possível construir vínculos nessa trajetória acadêmica.

A todos os colaboradores que fazem o PPGEF, professores, corpo técnico e secretaria, por toda presteza e conhecimentos compartilhados. Pela dedicação em adequar o programa a realidade de aulas e avaliações remotas sem perder a qualidade e excelência do ensino. Bem como à CAPES prover este programa.

E a todos que colaboraram direta e indiretamente para a realização desta pesquisa. Dedico-lhes meus méritos.

"Porque dEle e por Ele, e para Ele, são todas as coisas; glória, pois, a Ele eternamente. Amém." (BÍBLIA, N. T., Romanos, 11:36).

RESUMO

A escolha e adequação de um layout podem causar pequenas alterações na localização de uma máquina ou disposição do produto, afetando o fluxo de materiais e pessoas ao longo da operação. Isso, por sua vez, pode afetar os custos e a eficiência geral da produção. Portanto, para o desenvolvimento de um novo layout em uma organização, é importante o alinhamento com o planejamento estratégico, bem como a identificação de valores e objetivos, por meio do conhecimento dos gestores sobre seus respectivos processos, para que o planejamento, a estruturação e desenvolvimento deste novo layout seja o mais eficaz possível. O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados e benefícios obtidos com a aplicação do método *Value-Focused Thinking* (VFT) para estruturação do problema de definição de layout, em uma primeira etapa, e a priorização de alternativas de ação, diante deste problema, utilizando o método multicritério *FITradeoff*, em um segundo estágio. O problema apresentado neste trabalho diz respeito ao desafio de uma organização industrial brasileira em estruturar uma nova linha de produção, para a qual não há referências devido ao seu aspecto inovador. Em termos de resultado, foi possível identificar cinco valores que serviram como base para a criação de 13 alternativas de ação para a problemática, através da aplicação do VFT. Além disso, utilizou-se os valores como critérios de decisão e as alternativas que saíram do VFT na aplicação do *FITradeoff*, elicitando de maneira flexível, coordenada e prática as preferências do decisor, aqui sendo o coordenador de produção. Assim, foi possível estruturar as alternativas de ação e priorizá-las, apoiando o decisor nas ações de estruturação de layout de um novo processo produtivo, gerindo os recursos disponíveis, cadenciando a execução das ações e garantindo a satisfação do decisor com os resultados obtidos. Por fim, acredita-se que a proposta desse estudo pode auxiliar gestores que se deparem com problemática similar.

Palavras-chave: problema de layout; estruturação de problema; VFT; multicritério; *FITradeoff*.

ABSTRACT

The choice and adequacy of a layout can cause small changes in the location of a machine or product arrangement, affecting the flow of materials and people through the operation. This, in turn, can affect costs and overall production efficiency. Therefore, for the development of a new layout in an organization, it is important to align with the strategic planning, as well as the identification of values and objectives, through the knowledge of managers about their respective processes, so that the planning, structuring and development of this new layout is as effective as possible. The objective of this work is to present the results and benefits obtained from the application of the VFT method for structuring the layout definition problem, in a first step, and the prioritization of action alternatives, in view of this problem, using *FITradeoff multicriteria method*, in a second stage. The problem presented in this work concerns the challenge of a Brazilian industrial organization in structuring a new production line, for which there are no references due to its innovative aspect. In terms of results, it was possible to identify five values that served as the basis for the creation of 13 action alternatives for the problem, through the application of the VFT. In addition, the values were used as decision criteria and the alternatives, that came out of the VFT, in the application of the *FITradeoff*, eliciting in a flexible, coordinated, and practical way the preferences of the decision maker, here being the production coordinator. Thus, it was possible to structure the action alternatives and prioritize them, guiding the decision maker in the layout structuring actions of a new production process, managing the available resources, pacing the execution of actions, and ensuring the satisfaction of the decision maker with the results obtained. Finally, we truly believe that this study can serve as a strategic tool for managers with similar problems.

Keywords: layout problem; problem structuring; VFT; *FITradeoff*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Etapas para desenvolvimento do layout	21
Figura 2 –	Esquema de estruturação de layout	22
Figura 3 –	Os oito elementos de decisões inteligentes	25
Figura 4 –	Caixa de alternativas	26
Figura 5 –	Funcionamento do SAD <i>FITradeoff</i> para problemática de ordenação	29
Figura 6 –	Questionário para entrevista semiestruturada	33
Figura 7 –	Fluxograma metodológico	35
Figura 8 –	Fluxograma do Novo Processo Produtivo	37
Figura 9 –	Lista de desejos (valores)	38
Figura 10 –	Reestabelecendo valores como objetivos	39
Figura 11 –	Categorização dos objetivos	40
Figura 12 –	Hierarquia dos objetivos fundamentais	41
Figura 13 –	Criação das alternativas ligadas aos valores estabelecidos	42
Figura 14 –	Matriz de Consequências	45
Figura 15 –	Input dos dados no SAD <i>FITradeof</i>	46
Figura 16 –	Input dos dados no SAD <i>FITradeof</i>	46
Figura 17 –	Ordenação das constantes de escala dos critérios	48
Figura 18 –	Conclusão da ordenação das constantes de escala dos critérios	49
Figura 19 –	Processo de elicitación por decomposição	50
Figura 20 –	Escolha das consequências na avaliação das alternativas	51
Figura 21 –	Incremento dos níveis do <i>ranking</i>	52
Figura 22 –	Diagrama Hasse com 7 níveis	53
Figura 23 –	Avaliação holística da posição 4	54
Figura 24 –	Avaliação holística entre as alternativas A3 e A9	55
Figura 25 –	Diagrama Hasse com 9 níveis	56
Figura 26 –	Avaliação holística da posição 5	57
Figura 27 –	Avaliação holística entre as alternativas A3 e A8	58
Figura 28 –	Diagrama Hasse com 11 níveis	59

Figura 29 –	Resumo das iterações realizadas via <i>SAD FITradeoff</i>	60
Figura 30 –	Visualização tabular do <i>ranking</i> das alternativas	61
Figura 31 –	Gráfico de limites de constantes de escala	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo entre os elementos do problema em cada método	43
Tabela 2 – Codificação das alternativas	43

LISTA DE SIGLAS

FCM	Fuzzy Cognitive Maps
LPP	Problemas de Programação Linear
MAVT	Teoria do Valor Multiatributo
MCDM/A	Métodos Multicritério de Apoio à Decisão
PSM	Problem Structuring Methods
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
SCA	Strategic Choice Approach
SD	System Dynamics
SLP	Systematic Layout Planning
SODA	Decision Conferencing
SSM	Systems Methodology
VFT	Value-Focused Thinking
VSM	Viable Systems Model

LISTA DE SÍMBOLOS

$P.\alpha$	Problemática de escolha
$P.\beta$	Problemática de classificação
$P.\gamma$	problemática da ordenação
$P.\delta$	problemática de descrição
w_j	Constante de escala dos critérios
$v_j(a_i)$	Valor da alternativa a_i no critério c_j
v_j	Função valor do critério c_j

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	JUSTIFICATIVA	17
1.2	OBJETIVOS	18
1.2.1	<i>OBJETIVO GERAL</i>	18
1.2.2	<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	18
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	LAYOUT DE PROCESSO PRODUTIVO	20
2.2	ESTRUTURAÇÃO DE PROBLEMA	23
2.2.1	<i>VALUE-FOCUSED THINKING (VFT)</i>	24
2.3	TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO	27
2.3.1	<i>FITRADEOFF</i>	28
2.4	ESTADO DA ARTE	31
3	METODOLOGIA	32
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	32
3.2	ESTUDO DE CASO	32
3.3	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	32
4	APLICAÇÃO DO MODELO	36
4.1	FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO	36
4.2	ESTRUTURAÇÃO DOS OBJETIVOS	37
4.3	CRIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS	41
4.4	DEFINIÇÃO DA MATRIZ DE CONSEQUÊNCIA	43
4.5	AVALIAÇÃO INTERCRITÉRIO	46
4.6	AVALIAÇÃO HOLÍSTICA	53
4.7	DISCUSSÕES	60
5	CONCLUSÕES	63
	REFERÊNCIAS	65
	ANEXO A – REDE DE OBJETIVOS MEIO-FINS	68

1 INTRODUÇÃO

O ambiente de competitividade, ocasionado pela globalização da economia, impõe que as empresas tenham compromissos cada vez maiores com o contínuo aperfeiçoamento de seus processos. Para que estes possam evoluir da forma mais eficiente possível é essencial que as organizações apresentem uma estruturação e organização eficaz do seu arranjo físico ou layout de forma que estes processos possam fluir da forma mais direta possível. Evita-se assim gargalos e improdutividades, conforme afirma Rigon (2014), que reforça que um layout desajustado é um dos potenciais causadores de gargalos no sistema produtivo.

A escolha e adequação do arranjo físico pode ocasionar alterações na localização de uma máquina ou disposição de produtos, afetando o fluxo de materiais e pessoas por meio da operação. Isso, por sua vez, pode afetar os custos e a eficácia geral da produção (LOPES, 2011). O objetivo do planejamento do arranjo físico é definir um fluxo de trabalho mais eficiente do ponto de vista do custo de produção, o que acarreta numa melhoria em diversas outras áreas da produção (MAYER, 1990).

Sendo assim, para um desenvolvimento de um novo layout em uma organização é importante um alinhamento com o planejamento estratégico dela. Ainda, se faz necessário a extração e identificação de seus valores e objetivos, através do conhecimento dos gestores sobre seus respectivos processos, para que assim o planejamento, estruturação e desenvolvimento deste novo layout seja o mais eficaz possível, apresentando os melhores resultados possíveis. Tal aspecto é discutido por Neumann e Scalice (2021), onde o desenvolvimento de um projeto de layout competitivo necessita que, na formulação do planejamento estratégico, as empresas definam como irão competir, sendo o ponto de partida essencial para referenciar a tomada de decisão.

Com isso, um dos métodos de estruturação de problemas que tem como objetivo a extração dos valores junto ao decisor, é a metodologia proposta por Keeney (1992) que auxilia no processo do levantamento dos valores e objetivos do decisor, os quais serão a base para a definição dos critérios e alternativas. Este método é o *Value-Focused Thinking* (VFT). O VFT é um método que foca primeiro nos valores (objetivos) e depois considera as alternativas para alcançar os valores. A principal vantagem da utilização do VFT é que ele permite melhorar a

comunicação entre as partes interessadas, além de ajudar a identificar alternativas melhores e revelar objetivos e atributos não conhecidos.

Para a etapa de priorização, podemos destacar, dentre diversos métodos existentes, os métodos multicritério, precisamente os de agregação aditivos. Essa classe de métodos possui uma racionalidade compensatória e se caracteriza por realizar a agregação da avaliação das alternativas feitas para cada critério separadamente por meio de uma função valor global.

Dentre os métodos que utilizam como base esse procedimento de agregação, tem-se o método *FITradeoff*, que será abordado de forma mais detalhada na seção 2.5. Esse método vem sendo trabalhado em problemáticas variadas. Como exemplo disso, o trabalho de Frej et al. (2017) sugere a utilização do *FITradeoff* como suporte à seleção de fornecedores em uma indústria alimentícia, e o trabalho de De Gusmão & Medeiros (2016) utiliza o método para auxílio de um modelo de seleção de sistemas de informação em uma indústria de embalagens de vidro.

O método *FITradeoff* realiza a comparação das preferências do decisor através de um processo interativo e flexível, onde perguntas e respostas vão gerando informações parciais em que o decisor declara sua preferência por meio da avaliação de *trade-offs* entre critérios (NASCIMENTO, 2020).

Diante do cenário exposto, o presente estudo tem como objetivo fundamental a estruturação e apoio a um problema decisório de definição de layout para um novo processo produtivo, através da realização de um estudo de caso. Para tal, houve a aplicação da metodologia de estruturação de problema VFT, para a definição dos objetivos e das alternativas de ação, e a utilização do método *FITradeoff*, para a priorização dessas alternativas, de modo a auxiliar na estruturação e desenvolvimento de um layout para um novo processo produtivo. A combinação dos métodos se mostrou de grande valia, permitindo suporte ao processo de decisão, sendo ágil e prático, e gerando a priorização das alternativas de ação.

1.1 JUSTIFICATIVA

Um processo de tomada de decisão nem sempre pode ser algo simples e direto de se realizar. O contexto, o problema decisório, as variáveis e os envolvidos podem trazer complexidade a esse processo. Adicionalmente, quando se trata de um novo contexto em que o decisor não possui experiência prévia, como o caso de

um novo processo produtivo oriundo de uma inovação empresarial, diversos podem ser os caminhos e possibilidades de decisão e se faz necessário nortear e ter a clareza do problema decisório para gerar a robustez necessária para a solução.

Estruturar um layout de um novo processo produtivo, a problemática abordada neste trabalho, é um desses casos. Dessa forma, buscou-se entender tudo que está intrínseco ao problema, e principalmente, quais são os valores e preferências do decisor para esse cenário. Para tal, alguns métodos e ferramentas foram utilizados.

Fez-se uso de entrevista semiestruturada que se mostrou útil para se obter uma visão inicial do contexto da decisão junto ao decisor. Além disso, foi criado um fluxograma para ter a clara visualização do novo processo produtivo em questão. Para a definição dos valores do decisor e as alternativas de decisão, este trabalho fez uso do método de estruturação de problema VFT, por se mostrar prático e eficiente na extração dos objetivos, valores que o decisor possui e servir como o *start* do problema decisório, trazendo a clareza necessária do que se busca alcançar e as alternativas para isto. E por fim, para priorização das alternativas do problema, optou-se pela aplicação do método *FITradeoff*.

1.2 OBJETIVOS

Para nortear a realização dessa pesquisa, foram definidos os objetivos geral e específicos que serão apresentados a seguir.

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta dissertação é estruturar e priorizar as alternativas de ação acerca da concepção de layout de um novo processo produtivo.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para o devido alcance do objetivo geral dessa dissertação, foram definidos os objetivos específicos a seguir.

- Auxiliar o decisor na identificação das suas preferências entre os critérios da problemática de novo layout de processo produtivo;

- Definir alternativas de ação por meio da metodologia de estruturação de problema;
- Priorizar as alternativas de ação encontradas;
- Auxiliar o decisor na estruturação de novo layout por meio dos resultados obtidos.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação foi estruturada da seguinte maneira: no capítulo 2 tem-se toda a revisão da literatura que embasou o estudo do caso; o capítulo 3 apresenta a metodologia usada no trabalho; no capítulo 4 é abordada a aplicação do modelo, gerando os resultados e discussões; e por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões do presente estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados os principais conceitos que serviram como base para o desenvolvimento dessa dissertação. Inicialmente será apresentada uma breve descrição dos conceitos relacionados a layout de processo produtivo. Também são abordados os conceitos sobre estruturação de problema e sobre o método *Value Focused Thinking (VFT)*. Em seguida, questões relativas à tomada de decisão multicritério e ao método *FITradeoff* são apresentadas.

2.1 LAYOUT DE PROCESSO PRODUTIVO

De acordo com Chiavenato (2005) o arranjo físico, ou ainda layout, de uma empresa ou de apenas um departamento, nada mais é do que a distribuição física de máquinas e equipamentos dentro da organização onde, através de cálculos e definições estabelecidas de acordo com o produto a ser fabricado, se organiza os mesmos para que o trabalho possa ser desenvolvido da melhor forma possível e com o menor desperdício de tempo (CHIAVENATO, 2005, p. 86). Ahmadi (2017) mostra que existem diversos estudos de problemática de estruturação de layout em várias aplicações, tais como processo produtivo, hospitais, escolas, aeroportos, sistemas logísticos e projetos de construção.

A problemática envolvida no estudo de layout é essencialmente dinâmica (BORDA, 1998). Gosende (2021) define esse processo como o arranjo físico de todos os fatores da produção que fazem parte do sistema de produção e podem ser organizados, de modo a atender eficientemente os objetivos estratégicos da organização. Em linhas gerais, o layout busca integrar material, mão de obra, equipamentos e edificações. A modificação de qualquer um destes integrantes do processo pode levar à não adequação do layout existente. Dessa forma, é importante que o setor responsável pela formulação e manutenção do layout possua um sistema de informação atualizado e adequado à realidade do espaço e que disponha com a devida antecedência das alterações que serão verificadas.

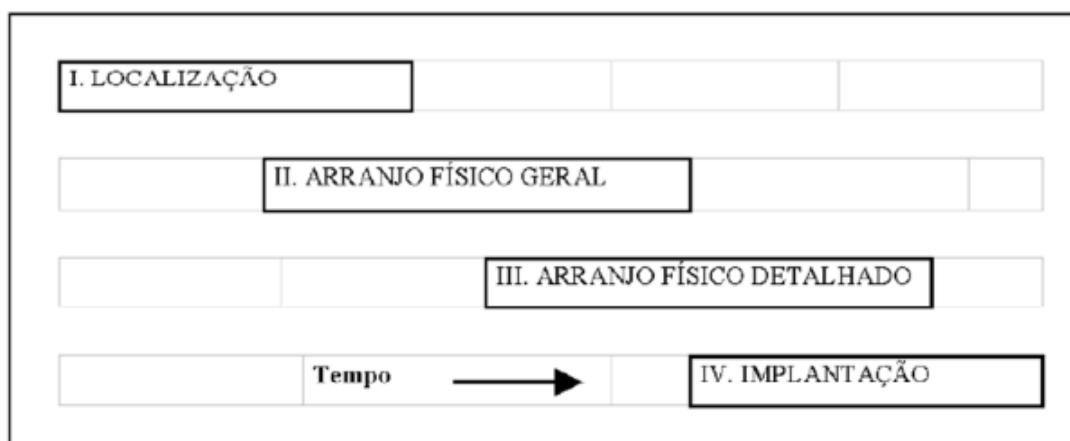
Já de acordo com Ivanqui (1997) desenvolver um novo layout em uma organização é pesquisar e solucionar problemas de posicionamento de máquinas, setores e decidir sobre qual a posição mais adequada que cada qual deve ficar. Em

todo o desenvolvimento do novo layout organizacional uma preocupação básica deve estar sempre sendo buscada: tornar mais eficiente o fluxo de trabalho quer seja ele dos colaboradores ou de materiais (IVANQUI, 1997).

Para Trein (2001), o primeiro passo para o estudo de um novo layout é o entendimento das atividades desenvolvidas no layout atual. Isso auxilia na identificação dos problemas e das restrições que possa haver às modificações. Diante disso, se faz necessário o conhecimento do processo produtivo, algo que nem sempre é do domínio dos envolvidos quando se trata de um novo processo inovador.

Seguindo ainda o modelo de planejamento de layout segundo o procedimento Systematic Layout Planning (SLP), ele deve passar por quatro fases distintas, as quais devem ser verificadas e aprovadas convenientemente, segundo Teofilo Filho (2010). Estas fases estão ilustradas na Figura 1, segundo Muther (1978).

Figura 1 – Etapas para desenvolvimento do layout



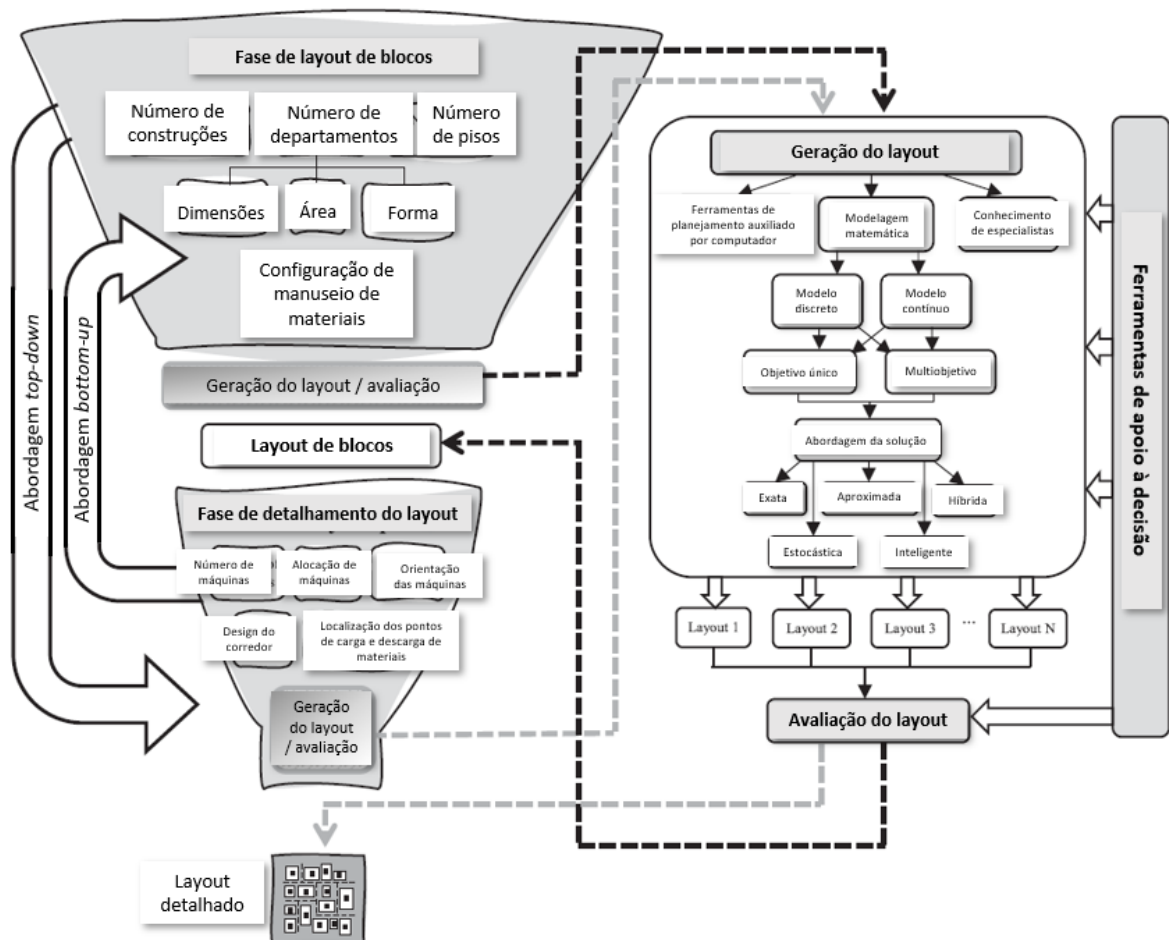
Fonte: MUTHER (1978).

A Fase 1 representa a determinação da localização da área a ser utilizada. Já na Fase 2, é importante o projetista possuir toda a informação básica, para assim efetuar a análise do fluxo de materiais e estabelecer as inter-relações de atividades que, combinadas, fornecem o diagrama de inter-relações. A seguir, determinam-se as necessidades do espaço que, balanceados em relação à disponibilidade do espaço, possibilitam a construção do diagrama de inter-relações. Neste ponto, a partir das considerações de mudança e das limitações práticas, passa-se ao ajuste do diagrama de inter-relações de espaços.

De acordo com Gosende (2021), para a estruturação de um novo layout, a gama da infraestrutura gera os detalhes físicos que devem constar no arranjo físico

produtivo. A partir disso, se pode iniciar o processo de estruturação de layout considerando os objetivos da área e tendo o apoio de abordagens, modelos matemáticos e outras ferramentas de suporte à tomada de decisão, a fim de se gerar as alternativas de layout. Por fim, cabe a avaliação das alternativas para a escolha da que melhor condiz com a estratégia da organização. Esse esquema é apresentado na Figura 2, reforçando a importância do suporte à tomada de decisão na concepção de layout.

Figura 2 – Esquema de estruturação de layout



Fonte: GOSENDE (2021).

Ainda de acordo com Gosende (2021), algumas ferramentas de apoio à decisão podem ser utilizadas nas etapas de geração e avaliação do layout, que auxiliam na geração de alternativas de layout e suas análises de acordo com a aderência aos objetivos e critérios estabelecidos para a problemática. Algumas dessas ferramentas trazidas por Gosende (2021) são:

- Modelagem matemática: Refere-se ao uso de modelos matemáticos para otimização;
- Conhecimento de especialistas: Geração das alternativas baseadas na experiência de especialistas;
- Métodos de decisão multicritério: Hierarquização de um grupo de alternativas de acordo com a avaliação de uma série de critérios.

No contexto de estruturação de novo layout produtivo, a Fase 2 apresentada por Muther (1978) na Figura 1 necessita de uma atenção especial, uma vez que nem todas as variáveis são conhecidas diante de um processo inovador, e precisam ser definidas adequadamente para que todas as demais fases sejam bem-sucedidas. Complementando isto com a contribuição de Gosende (2021) na Figura 2, as ferramentas de apoio à decisão podem auxiliar na criação de alternativas na etapa de geração do layout. Para entender ainda mais esse contexto, se faz necessário o conhecimento de estruturação de problema, conforme seção a seguir.

2.2 ESTRUTURAÇÃO DE PROBLEMA

De acordo com Ackermann (2012), os Problem Structuring Methods (PSMs) são tipos de ferramentas da denominada “Pesquisa Operacional Soft”, que teve seu surgimento em resposta a algumas limitações e restrições encontradas nos métodos quantitativos de Pesquisa Operacional convencional, a qual ficou conhecida como “Pesquisa Operacional Hard”. Os PSMs não são baseados em métodos quantitativos e não são representadas de forma matemática. Um dos principais objetivos dos PSMs é ter o entendimento dos objetivos e percepções de cada um dos decisores envolvidos no processo de tomada de decisão (CARUZZO, et al., 2015).

Na visão de Mingers e Rosenhead (2004), o que cada PSM tem objetivo de oferecer é um modelo que visa representar e esclarecer uma determinada situação para que os participantes possam convergir na tomada de decisões estratégicas para a elucidação de um problema, mesmo que de forma parcial.

Mingers e Rosenhead (2004) afirmam que para os PSMs serem eficazes é necessário: permitir que as perspectivas diferentes sobre o problema possam ser consideradas; ser cognitivamente acessível aos atores, mesmo que eles não tenham formação especializada, de modo que todos os atores do processo possam

participar efetivamente da estruturação do problema; operar de forma interativa, de modo que a representação do problema possa se ajustar para refletir o estado e a fase de discussão entre os atores e vice-versa; permitir identificar e se comprometer com melhorias parciais ou locais, no lugar de exigir uma solução global, o que pode ter como consequência uma fusão dos vários interesses.

Os autores também fizeram um levantamento sobre os vários tipos de PSMs e cada um possuindo características e particularidades adequadas para situações e problemáticas distintas, dentre esses tipos de PSMs os autores destacaram: o Soft Systems Methodology (SSM), o Strategic Choice Approach (SCA), o Drama Theory, o Viable Systems Model (VSM), o Decision Conferencing, o System Dynamics (SD), o Decision Conferencing, o SODA, o método Fuzzy Cognitive Maps (FCM) e o VFT.

Segundo Belton & Stewart (2002) ao resolver qualquer problema de decisão é de suma importância que haja um procedimento de estruturação, independente do seu grau de complexidade. Dessa forma, a estruturação de um problema constitui um processo de aprendizado interativo que procura construir uma representação formal, na qual integra os componentes objetivos do problema e os aspectos subjetivos dos atores, de forma que o sistema de valores seja explicitado (EDEN, 1988 apud DE ALMEIDA et al. 2012). Com isso cabe a análise correta e mais assertiva possível da problemática, para assim ocorrer a aplicação do tipo de PMSs que mais se identifica com as características da problemática, para que os resultados sejam o mais eficaz possível.

Dentre os métodos que auxiliam na estruturação de problemas, temos o *Value-Focused Thinking (VFT)*, que para o presente estudo mostrou-se como metodologia ideal para a elucidação dos objetivos e alternativas de ação a servirem de base na estruturação do layout. Seu conceito será melhor abordado a seguir.

2.2.1 VALUE-FOCUSED THINKING (VFT)

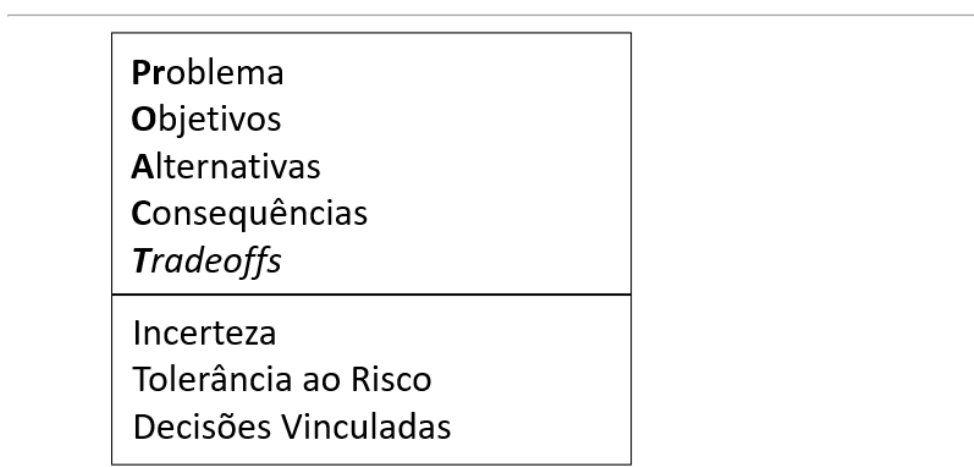
Segundo Keeney (1992), a metodologia VFT consiste essencialmente em duas atividades: decidir o que você deseja e então descobrir como alcançá-lo. Baseia-se na ideia de que a razão de interesse em qualquer situação de decisão é alcançar os objetivos dos indivíduos envolvidos no processo.

Hammond (1999) mostra que até a mais complexa decisão pode ser analisada e solucionada considerando oito elementos, conforme a Figura 3. Os cinco

primeiros elementos formam o acrônimo PrOACT (Problema, Objetivos, Alternativas, Consequências e *Tradeoffs*) e servem como referência de que situações de decisões pedem abordagens proativas, sem esperar que se resolva sozinha. Os outros três elementos (Incerteza, Tolerância ao Risco, e Decisões Vinculadas) ajudam na tomada de decisão em ambientes voláteis, como se dá a maioria das decisões importantes.

Figura 3 – Os oito elementos de decisões inteligentes

Os Oito Elementos de Escolhas Inteligentes



Fonte: Adaptado de HAMMOND (1999).

De acordo com a metodologia VFT, a estruturação de uma situação de decisão complexa deve-se iniciar na etapa de identificação do contexto de decisão que se deseja tratar e do objetivo estratégico que se deseja alcançar. A etapa seguinte é a identificação dos objetivos dos indivíduos, o que na VFT é feito com o auxílio das ferramentas para captação destes objetivos.

Utilizar a VFT como metodologia de estruturação de problema, a fim de obter uma melhor compreensão dela, com um ou mais decisor, pode ser encontrado em diversos trabalhos na literatura sobre tomada de decisões. Morais, et al. (2013), aponta que nos últimos vinte anos, a VFT foi aplicada em uma gama de contexto a fim de identificar os objetivos dos tomadores de decisão, incluindo o setor militar, ou em áreas como a de bacias hidrográficas (JÚNIOR et al, 2018), a área de sustentabilidade (PAIVA E DAHER, 2016).

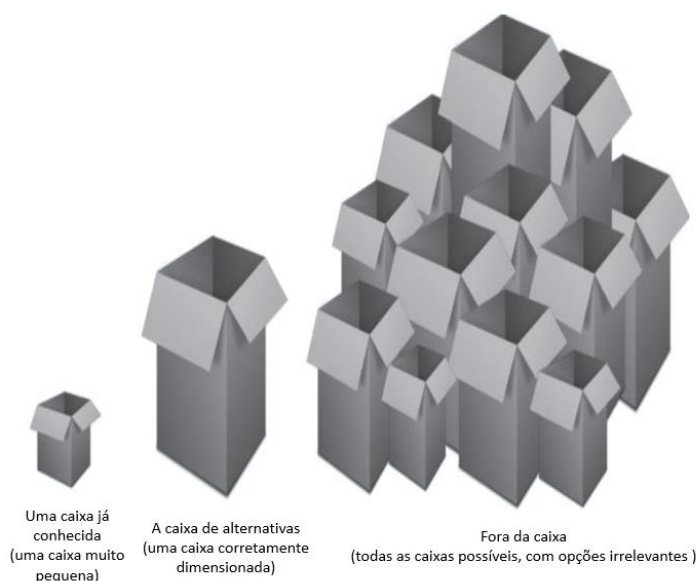
Para Keeney (1992), a abordagem VFT consiste em um caminho para identificar situações desejáveis de decisão e então coletar os benefícios destas

situações para resolvê-las, ou seja, essencialmente consiste em duas atividades: decidir o que se deseja e então descobrir como alcançá-la. Fornece uma forma estruturada de pensar sobre as decisões, desenvolver e apoiar julgamentos subjetivos que são fundamentais para decisões eficientes. Assim, a proposta VFT sugere tratar a situação que se pretende analisar como oportunidade de decisão, na qual inicialmente são focadas as necessidades e aspirações do decisor e em seguida é iniciado um processo criativo de elaboração de alternativas (DE ALMEIDA, 2012).

Dentro desse pensamento, são visualizados os seguintes passos para implantação da abordagem VFT em problemas de decisão: (1) Reconhecer o problema de decisão; (2) Especificar valores; (3) Criar alternativas; (4) Avaliar alternativas; e (5) Selecionar uma alternativa. (KEENEY, 1992). Os grandes benefícios do VFT são: ser capaz de gerar melhores alternativas para qualquer problema de decisão e ser capaz de identificar situações de decisão que são mais atraentes do que confrontá-las com os problemas de decisão (KEENEY, 1992).

De acordo com KEENEY (2020), uma alternativa é uma possível ação que você tem a autoridade de escolher e se você não identificar ao menos duas alternativas, então não há o que ser decidido. Ele traz que as alternativas devem ser realísticas e para criá-las devemos expandir nossa mente a não pensar simplesmente fora da caixa, mas sim a pensar dentro da caixa certa, que seria a caixa de alternativas especificadas pelos objetivos da decisão, conforme a Figura 4:

Figura 4 – Caixa de alternativas



Fonte: Adaptado de KEENEY (2020).

Porém, ao ser gerado as alternativas de um problema, pode-se ter a necessidade de priorizar as alternativas de acordo com as preferências do decisor. Nesses casos, a problemática pode se tornar um problema de decisão multicritério, que será explanado na próxima seção.

2.3 TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

No contexto organizacional, os gestores lidam diariamente com a necessidade de tomar decisões sobre diversas situações. Muitas dessas decisões buscam atingir objetivos que são conflitantes entre si e apresentam um conjunto de alternativas de solução, caracterizando-se assim como problemas de decisão multicritério. A preocupação geral está associada com as consequências de tais decisões. Preocupa-se com a forma como estas impactam o futuro da organização. Assim, uma das preocupações naturais envolve a construção de modelos de decisão e a escolha de métodos que embasam tais decisões (DE ALMEIDA et al., 2015).

Entende-se como um processo de tomada de decisão multicritério o processo de resolução entre duas ou mais alternativas de ação por meio de critérios e preferências, que em sua maioria são conflitantes (DE ALMEIDA, 2013). Assim, o uso estruturado de Métodos Multicritério de Apoio à Decisão (MCDM/A) gera a uma maior robustez e qualidade no processo de tomada de decisão (THOKALA et al., 2016). A proposta destes métodos é encontrar a decisão mais favorável para os indivíduos, tendo racionalidade durante o processo decisório. Esses indivíduos, responsáveis por tomar a decisão, são chamados de decisores e são elemento-chave da aplicação de MCDM/A. Toda a aplicação dos métodos é realizada com base nas preferências dos decisores sobre o problema decisório. Assim, tem-se que os modelos de decisão são específicos para cada problema. (DE ALMEIDA et al., 2015). Keeney & Raiffa (1993) trazem que esses métodos ajudam na avaliação das alternativas, por meio das análises realizadas individualmente para cada critério, através da avaliação subjetiva do decisor. Logo a decisão é gerada com a combinação dos diversos critérios subjetivamente (DE ALMEIDA, 2013).

Nos problemas de decisão, segundo Roy (1996), existem quatro tipos de problemáticas: a) problemática de escolha ($P.\alpha$), em que se objetiva comumente escolher uma alternativa; b) problemática de classificação ($P.\beta$), que tem como objetivo designar as alternativas em categorias definidas previamente; c) problemática da ordenação ($P.\gamma$), onde se coloca em uma ordem as ações; e d) problemática de descrição ($P.\delta$), que apoia a decisão através da descrição das ações.

Um dos métodos que se encontra na literatura de forma mais recente é o método *FiTradeoff*, que será explanado a seguir.

2.3.1 FITRADEOFF

O método *FiTradeoff* (DE ALMEIDA et al., 2016) foi desenvolvido para simplificar o processo de elicitación das constantes de escala, tendo como base o procedimento de elicitación tradicional *Tradeoff* desenvolvido por Keeney & Raiffa (1976). Esse método traz como melhoria ao método tradicional a elicitación flexível, e possui dois benefícios principais: redução da informação necessária ao decisor e não precisar realizar ajustes para a indiferença entre duas consequências, sendo mais fácil do decisor realizar as comparações de consequências baseadas na preferência estrita.

O método vem sendo aplicado em diversas áreas, tais como gestão de projetos (BATISTA e COSTA, 2020), segurança pública (MARTINS et al., 2020), energias renováveis (FOSSILE et al., 2020) e saúde (DELL'OVO et al., 2017).

O *FiTradeoff* possui etapas principais para elicitación das constantes de escala e sugerir a solução do problema. Para sua devida aplicação, tem-se as etapas iniciais como sendo as de resolução de problemas de decisão MCDM/A, sendo estas a construção da matriz de consequências e a avaliação intracritério. Em seguida, aplica-se o *FiTradeoff* por meio da ordenação das constantes de escala, etapa comum também para o *Tradeoff*. A segunda etapa é a elicitación das constantes de escala, onde comparações são feitas apresentando valores de consequências associadas a cada critério de acordo com a ordem dos critérios obtida anteriormente. Assim, o decisor indica a sua preferência sobre as consequências, podendo também indicar indiferença ou pular para a próxima comparação.

Segundo Kirkwood & Sarin (1985), os métodos que necessitam de informações completas dos decisores sobre suas preferências, assim como o

Tradeoff, acabam sendo tediosos e cansativos, levando a uma falta de interesse do decisor. Quando comparado, o método *FITradeoff* não faz essa exigência, pois encontra-se um espaço de valores para cada uma das constantes de escala, exigindo um menor esforço cognitivo por parte do decisor.

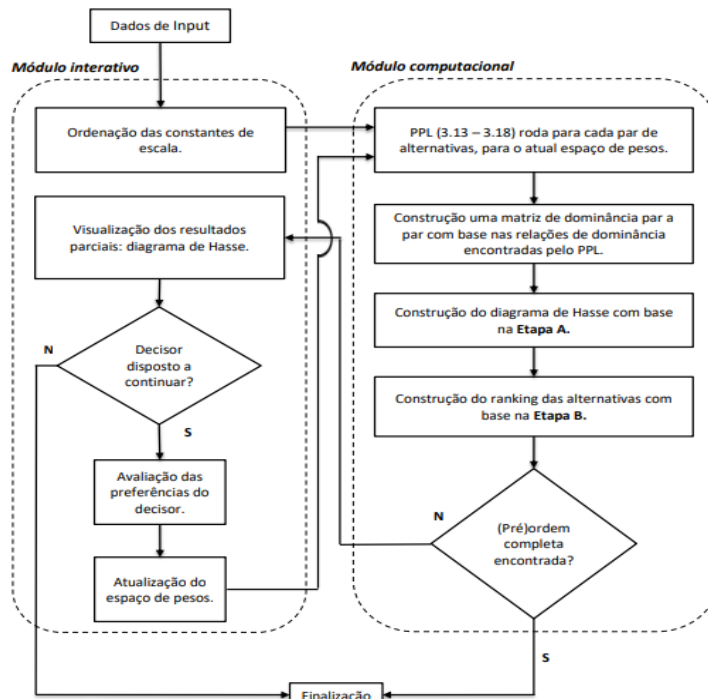
O método *FITradeoff* pode ser aplicado à quatro problemáticas: problemática de escolha, de ordenação (*ranking*), de classificação, e de portfólio. Segue abaixo a distinção entre problemática de escolha e de ordenação:

- Problemática de Escolha: Realização, por meio de problemas de programação linear (LPP), da verificação da potencial otimalidade das alternativas, orientando o decisor na melhor alternativa a ser escolhida com base em suas preferências (DE ALMEIDA ET AL., 2016).
- Problemática de Ordenação (*ranking*): Realização da verificação das relações de dominância por meio de comparações par a par entre as alternativas. A cada interação com o decisor, encontra-se uma ordem das alternativas de acordo com suas preferências (FREJ ET AL., 2019).

O método *FITradeoff* é interativo. Através de um Sistema de Apoio à Decisão (SAD), o método *FITradeoff* avalia as alternativas por meio de problemas de programação linear (LPP). Assim, o processo se encerra quando uma solução única é encontrada ou quando o decisor decide não seguir com informações adicionais (DELL'OVO et al., 2017).

O funcionamento do SAD *FITradeoff* para problemática de ordenação, que será abordada nessa dissertação, é apresentado na Figura 5:

Figura 5 – Funcionamento do SAD *FITradeoff* para problemática de ordenação



Fonte: FREJ (2019).

O módulo interativo representa as interações que são realizadas com o decisor, enquanto o módulo computacional representa as etapas realizadas pelo SAD *FITradeoff*.

O *FITradeoff* utiliza um modelo de agregação aditiva, onde as alternativas têm seu valor global mensurado conforme Equação 1 (KEENEY E RAIFFA, 1976), associado a Teoria do Valor Multiatributo (MAVT).

$$v(A_i) = \sum_{j=1}^m w_j v_j(a_i) \quad (1)$$

Onde:

- w_j : Constante de escala dos critérios;
- $v_j(a_i)$: Valor da alternativa (a_i) no critério c_j ;
- v_j : Função valor do critério c_j (cuja escala normalizada tem seu intervalo $[0,1]$, sendo 0 a pior consequência e 1 a melhor consequência).

A cada interação, o LPP 2 (FREJ, DE ALMEIDA E COSTA, 2019) para problemática de ordenação é executado, atualizando o valor de cada alternativa após a comparação par a par:

$$\text{Max } D(a_i, a_k) = \sum_{j=1}^m w_j v_j(a_i) - \sum_{j=1}^m w_j v_j(a_k) \quad (2)$$

Sujeito a:

$$w_1 > w_2 > \dots > w_m$$

$$w_j v_j(x'_j) > w_{j+1}, j = 1, \dots, m$$

$$w_j v_j(x''_j) < w_{j+1}, j = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1$$

$$w_j \geq 0, j = 1, \dots, m$$

O LPP 2 traz a função objetivo de maximizar a diferença existente entre o valor global do par de alternativas a_i e a_k que estão sendo comparadas na devida interação, tendo como variáveis de decisão as constantes de escala w_j . Ainda, a modelagem do LPP tem como restrições:

- A primeira restrição corresponde a ordenação das constantes de escala;
- A segunda e a terceira restrição representam as declarações de preferências estritas do decisor;
- A quarta restrição corresponde a normalização dos pesos;
- A quinta restrição representa a condição de não-negatividade.

Além do que já foi citado, outro ponto positivo do SAD *FITradeoff* é a disponibilidade de visualizações gráficas que facilitam o processo de tomada de decisão, possibilitando que o decisor avalie as alternativas finais e tome a decisão de forma mais ágil. O SAD *FITradeoff* encontra-se disponível em (<http://www.fitradeoff.org>).

2.4 ESTADO DA ARTE

Conforme exposto, a revisão bibliográfica foi realizada para cada um dos métodos desse estudo, se mostrando extremamente relevantes para aprimorar a problemática de estruturação de layout produtivo, gerando valor às organizações.

Ainda, não foi encontrado nenhum estudo que combinasse a VFT com o *Fitradeoff* para estruturar layout produtivo com foco na criação e priorização das suas alternativas de ação, mostrando que essa lacuna tem grande potencial para ser explorada, tal qual se objetiva com esse estudo.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresentará a caracterização deste estudo e sua problemática, estudo de caso com empresa case, e o procedimento metodológico utilizado nesta pesquisa.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

A metodologia proposta por este trabalho trata-se de um estudo de caso único com aplicação da metodologia VFT para a definição dos objetivos e das alternativas de ação do problema de decisão de estruturação de layout de um novo processo produtivo, junto a aplicação do método de agregação aditivo *FI*Tradeoff para a priorização das alternativas de ação de acordo com as preferências do decisor. Para isto, seguiu-se com a coleta de dados através de entrevista semiestruturada com o decisor da empresa estudada, a fim de conhecer o novo processo produtivo a ser implementado e identificar os valores e objetivos no que tange a estruturação de layout e que serviram como base para o problema decisório. Como resultado principal, este estudo qualitativo possibilitou a identificação dos valores, objetivos e alternativas de ação para o problema decisório, bem como a priorização dessas alternativas, permitindo que o decisor possa elencar seus recursos da melhor forma.

3.2 ESTUDO DE CASO

A empresa estudada nesta dissertação é uma multinacional brasileira, de grande porte, fabricante de produto denominado, neste trabalho, por módulo, cujo processo produtivo é considerado novo, o que dificulta a sua estruturação.

Definiu-se como decisor deste problema de decisão o coordenador industrial da empresa, responsável por este desafio e que se mostrou disponível a contribuir com o estudo. Como facilitadores, tem-se os próprios autores deste estudo.

3.3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A entrevista semiestruturada foi conduzida pelos facilitadores, aqui sendo os próprios autores deste trabalho, através do questionário apresentado na Figura 6:

Figura 6 – Questionário para entrevista semiestruturada

1. Com relação ao processo produtivo:	2. Com relação aos valores:
1.1 Quais as etapas macro necessárias para o processo de produção?	2.1 O que pode ser considerado como crítico na definição de um layout para esse processo?
1.2 Qual o sequenciamento dessas etapas?	2.2 Quais as principais necessidades que precisam ser atendidas com o layout produtivo?
1.3 Quais os recursos físicos necessários para a estruturação do processo produtivo (por exemplo: equipamentos, ferramentas, área, etc.)?	2.3 O que você gostaria de otimizar no seu processo que possa estar ligado a definição do layout?
	2.4 Quais os principais critérios a serem considerados nesta definição (por exemplo: distância, segurança, etc.)?

Fonte: A autora (2023).

A primeira parte do questionário visou o entendimento do processo produtivo, seu fluxo, suas características principais e suas necessidades com relação à estrutura de suporte ao processo. A segunda parte focou na aplicação da VFT, ou seja, se apoiou em questões que pudessem levar o decisor a enxergar quais os valores por trás da estruturação do layout produtivo desejado. Além das perguntas estruturadas, os facilitadores auxiliaram na extração dos objetivos conforme as respostas oferecidas pelo coordenador, de forma que pudessem agregar o máximo de dados possíveis e factíveis com o problema decisório.

Seguindo a metodologia de VFT e *Fittradeoff*, este estudo passou por diversas etapas para gerar a estruturação do problema decisório fidedigna aos valores do decisor. Ainda, as preferências do decisor, com relação às alternativas identificadas, foram avaliadas através do SAD *Fittradeoff*, que permitiu uma análise com menor esforço cognitivo por parte do decisor, reduzindo as possíveis inconsistências e o tempo despendido quando comparado a outros métodos.

Assim, seguiu-se os passos apresentados a seguir:

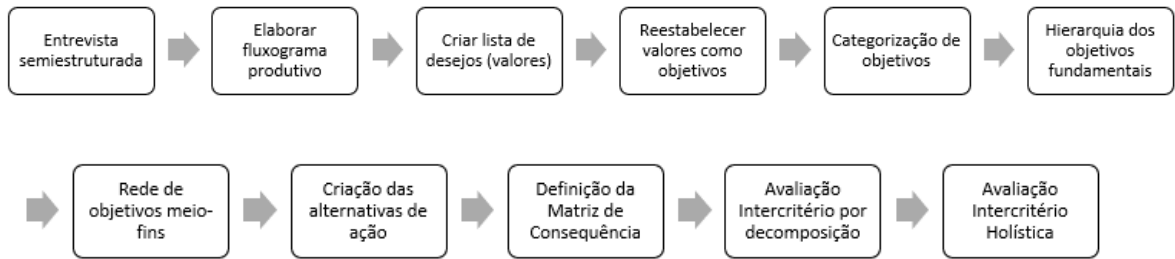
- Criar lista de desejos (valores): através da aplicação da segunda parte do questionário, será extraído os valores que o decisor objetiva atender, construindo assim uma lista de desejos;
- Reestabelecer valores como objetivos: através dos valores listados na etapa anterior, haverá a transformação dos valores estabelecidos por meio do agrupamento de cada valor em categorias comuns. A partir daí, cada valor destacado na lista de desejos será transformado em

objetivos, com estrutura iniciando com verbo no infinitivo conforme o padrão do VFT.

- Categorização de objetivos: haverá então a categorização dos objetivos em objetivos fundamentais e em subobjetivos fundamentais, que derivam dos fundamentais, bem como o objetivo estratégico do problema decisório.
- Hierarquia dos objetivos fundamentais: etapa onde cada subobjetivo será relacionado ao seu objetivo fundamental de origem.
- Rede de objetivos meio-fins: etapa de criação da relação dos objetivos-meio aos seus objetivos fundamentais por meio de árvore de relação, a fim de atingir o objetivo estratégico.
- Criação de alternativas: etapa final do VFT, onde há a análise da rede de objetivos meio-fins para a devida criação de alternativas que venham a atender cada um dos objetivos listados.
- Definição da Matriz de Consequência: Construção da Matriz de Consequência considerando como critérios os valores obtidos no VFT e como alternativas as próprias alternativas de ação geradas na etapa anterior da metodologia. Assim, a Matriz apresenta as consequências que cada alternativa tem em relação a cada critério.
- Avaliação Intercritério por decomposição: Etapa de elicitação de constantes de escala de critérios, e ordenação parcial ou completa das alternativas em avaliação por meio das relações de dominância entre pares de alternativas.
- Avaliação Intercritério Holística: Etapa de comparação de alternativas no mesmo nível, verificando o desempenho de ambas em cada um dos critérios. Dessa forma, o decisor pode validar se há alguma distinção de preferência entre elas, refinando a avaliação.

Em resumo, segue o fluxograma metodológico conforme Figura 7:

Figura 7 – Fluxograma metodológico



Fonte: A autora (2023).

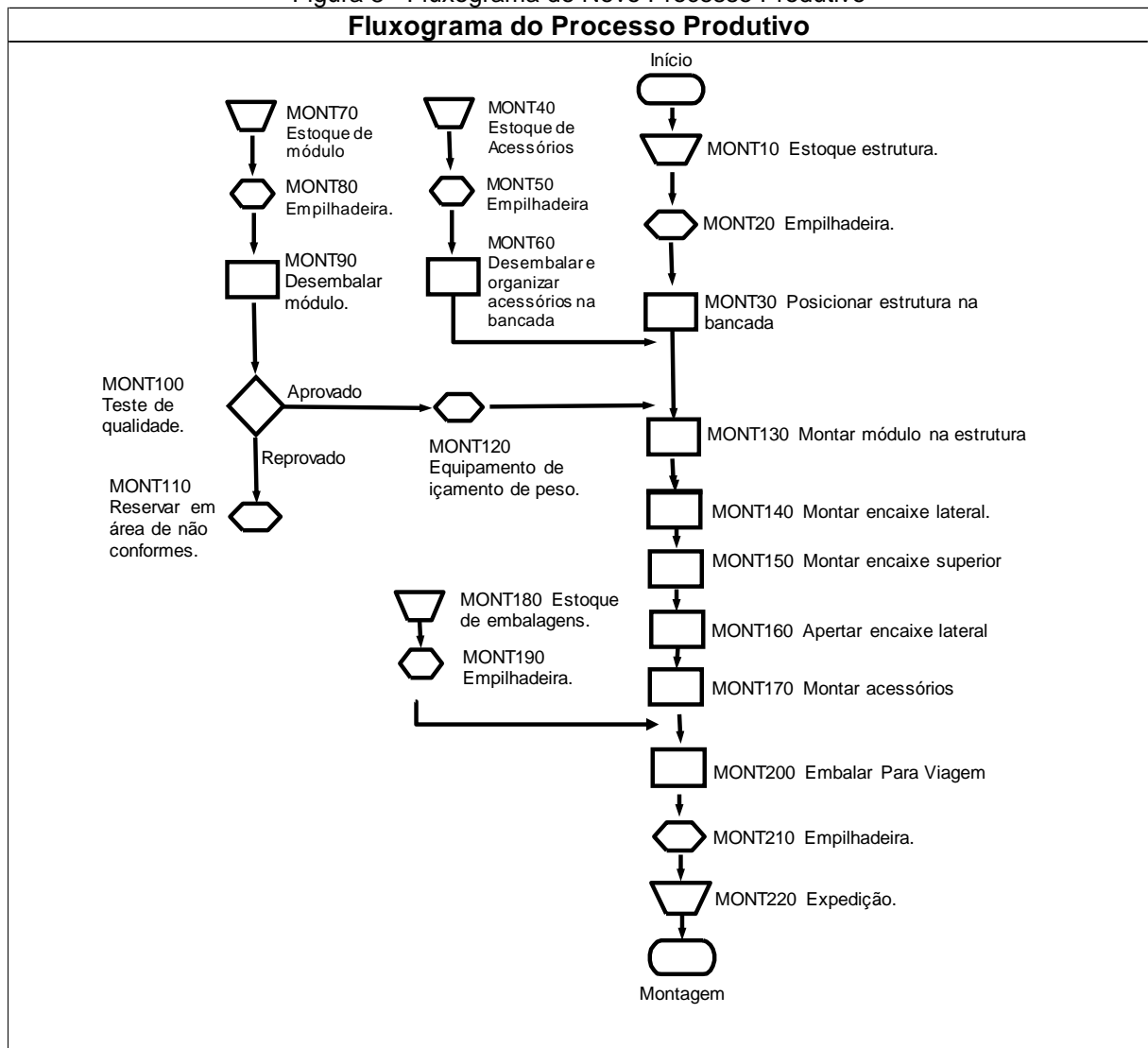
4 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é apresentado estudo de caso proposto com base no procedimento metodológico exposto na seção 3.3 desta dissertação. São apresentados e discutidos os resultados obtidos em cada etapa da metodologia proposta.

4.1 FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO

Para se estruturar um layout produtivo se faz necessário, inicialmente, o entendimento do fluxo do processo de produção que será executado dentro do layout, podendo assim elencar todos os materiais que deverão suportar a produção e quais são os objetivos a serem alcançados. Desta forma, durante a primeira parte da entrevista, o coordenador explicou de maneira macro o processo produtivo do produto módulo e suas necessidades, possibilitando a criação do fluxograma apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Fluxograma do Novo Processo Produtivo



Fonte: A autora (2022).

O novo processo produtivo se dá da seguinte forma: há a movimentação da estrutura do estoque até a bancada, enquanto em paralelo também ocorre a movimentação dos acessórios para bancada e a inspeção de qualidade dos módulos. Os módulos caso sejam reprovados devem seguir para a área de não conformes, mas se forem aprovados, entram no processo produtivo para serem montados na estrutura. Após isso há a montagem e aperto dos encaixes lateral e superior, seguido da montagem dos acessórios. Em paralelo, há a movimentação da embalagem do estoque para o layout produtivo, sendo possível seguir para a etapa de embalar para viagem, onde haverá ao seu fim a movimentação do produto para a expedição, encerrando o processo produtivo em questão.

4.2 ESTRUTURAÇÃO DOS OBJETIVOS

Com os dados obtidos durante a segunda parte da entrevista, os facilitadores puderam entender os valores dos quais o coordenador de produção precisaria atender por meio do layout produtivo, sendo possível construir a lista de desejos do decisor nesta etapa da VFT, conforme Figura 9:

Figura 9 – Lista de desejos (valores)

VFT Etapa 1 – Lista de desejos – Decisor: Coordenador de Produção
Menos movimentações durante a montagem
Processo ágil
Operadores trabalhando com segurança
Os itens devem estar organizados
Itens entrando e saindo da área facilmente
Menor tempo de montagem
Operadores trabalhando com ergonomia
Todos os itens necessários para a montagem devem estar na área
A área precisa ser abastecida adequadamente
O fluxo do processo deve ser seguido
É necessário que a área de montagem fique bem alocada
Bom espaço para a o teste de qualidade do módulo
Processo com qualidade
Os documentos de processo precisam estar visíveis na área
Integridade dos itens
Fácil movimentação dos itens pesados

Fonte: A autora (2022).

Seguindo para a etapa de reestabelecer os valores como objetivos, os autores sugeriram o agrupamento de cada valor em categorias comuns, definindo assim os valores através da lista de desejos, uma vez que cada categoria surgiu do entendimento do valor essencial que estava por trás de cada um dos valores listados pelo decisor. Este agrupamento permitiu uma melhor análise quanto aos valores macro que são associados a problemas de layout produtivo, e que passam a ser detalhados com as características e necessidades do processo em questão. Os valores estabelecidos neste estudo de caso foram: eficiência; ergonomia; segurança; organização; conformidade. Os autores acreditam que estes podem ser considerados critérios a ser avaliados em problemas de decisão de layout produtivo.

Feito isso, cada valor destacado na lista de desejos foi convertido em objetivos, com estrutura iniciando com verbo no infinitivo, a fim de cumprir com a padronização e clareza do método VFT, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Reestabelecendo valores como objetivos

Valor estabelecido	Valor Exemplificado	Reestabelecido como Objetivo
Eficiência	Menos movimentações durante a montagem	Diminuir movimentações durante a montagem
	Processo ágil	Maximizar a agilidade do processo
	Menor tempo de montagem	Minimizar o tempo de montagem
Ergonomia	Operadores trabalhando com ergonomia	Proporcionar a ergonomia dos operadores
	Fácil movimentação dos itens pesados	Facilitar a movimentação de itens pesados
Segurança	Operadores trabalhando com segurança	Garantir a segurança dos operadores
Organização	Os itens devem estar organizados	Deixar os itens organizados
	Itens entrando e saindo da área facilmente	Facilitar a entrada e saída de itens da área
	Todos os itens necessários para a montagem devem estar na área	Posicionar todos os itens necessários para a montagem
	A área precisa ser abastecida adequadamente	Permitir o abastecimento adequado da área
	É necessário que a área de montagem fique bem alocada	Delimitar área de montagem
Conformidade	O fluxo do processo deve ser seguido	Obedecer o fluxo do processo
	Bom espaço para a o teste de qualidade do módulo	Realizar o teste de qualidade
	Processo com qualidade	Maximizar a qualidade do processo
	Os documentos de processo precisam estar visíveis na área	Disponibilizar os documentos do processo
	Integridade dos itens	Promover a integridade dos itens

Fonte: A autora (2022).

A partir disto, seguiu-se para a categorização dos objetivos listados na etapa anterior. Neste trabalho categorizamos em objetivos fundamentais e em subobjetivos fundamentais, sendo esses objetivos derivados dos fundamentais. Também foi possível identificar o objetivo estratégico a ser alcançado neste problema decisório. O resultado encontra-se exposto na Figura 11.

Figura 11 – Categorização dos objetivos

Objetivos Fundamentais	Sub-Objetivos Fundamentais
Maximizar a agilidade do processo	Minimizar o tempo de montagem
Proporcionar a ergonomia dos operadores	Diminuir movimentações durante a montagem
Maximizar a qualidade do processo	Facilitar a movimentação de itens pesados
Garantir a segurança dos operadores	Facilitar a entrada e saída de itens da área
Deixar os itens organizados	Posicionar todos os itens necessários para a montagem
<div style="border: 1px dashed black; padding: 10px; width: fit-content; margin: auto;"> <p style="text-align: center;">Objetivo Estratégico</p> <p style="text-align: center;">Estruturar layout eficiente de novo processo produtivo</p> </div>	Permitir o abastecimento adequado da área
	Obedecer o fluxo do processo
	Delimitar área de montagem
	Realizar o teste de qualidade
	Disponibilizar os documentos do processo
	Promover a integridade dos itens

Fonte: A autora (2022).

Com os objetivos categorizados, foi realizada a hierarquia dos objetivos fundamentais, conforme apresentado na Figura 12, relacionando cada subobjetivo no seu objetivo fundamental de origem, o que facilitará a identificação posterior dos objetivos meio.

Figura 12 – Hierarquia dos objetivos fundamentais

Maximizar a agilidade do processo
Minimizar o tempo de montagem Diminuir movimentação durante a montagem Facilitar a movimentação de itens pesados Facilitar a entrada e saída de itens da área Posicionar todos os itens necessários para a montagem Obedecer o fluxo do processo Disponibilizar os documentos do processo
Proporcionar a ergonomia dos operadores
Facilitar a movimentação de itens pesados
Maximizar a qualidade do processo
Realizar o teste de qualidade Obedecer o fluxo do processo Disponibilizar os documentos do processo Promover a integridade dos itens
Garantir a segurança dos operadores
Facilitar a movimentação de itens pesados Delimitar área de montagem
Deixar os itens organizados
Facilitar a entrada e saída de itens da área Posicionar todos os itens necessários para a montagem Delimitar área de montagem

Fonte: A autora (2022).

Para se alcançar cada um dos objetivos listados, se faz necessária a identificação dos objetivos meio. Assim, foi estruturado a rede de objetivos meio-fins, apresentada no Anexo A, que além de listar todos os objetivos meio identificados, também os relaciona com os objetivos fundamentais, que por sua vez deve mostrar relação com o atingimento do objetivo estratégico.

Desta forma, conclui-se a etapa de estruturação de objetivos do problema decisório e se dá seguimento a etapa da criação das alternativas de ação que embasaram a estruturação do layout produtivo.

4.3 CRIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

Com a clara percepção dos valores e objetivos, que o decisor procura atingir, se torna possível a listagem de alternativas de ação que levarão à devida estruturação do layout. Para isso, os autores analisaram a rede de objetivos meio-fins para que, através dos objetivos-meio apresentados, pudessem criar as

alternativas ideais. Para um melhor entendimento, cada alternativa foi agrupada de acordo com os 5 valores estabelecidos neste trabalho, conforme apresentado na Figura 13, comprovando a relação das alternativas com os principais desejos do decisor. Observou-se que o valor eficiência na verdade é um valor transversal, onde este é atingido com o êxito dos demais valores, reforçando ser a base do objetivo estratégico.

Figura 13 – Criação das alternativas ligadas aos valores estabelecidos

Valor estabelecido	Eficiência	Ergonomia
Eficiência		Adquirir equipamentos de içamento de peso Confeccionar bancada de montagem adequada para a demanda operacional
Ergonomia		Segurança Realizar treinamento sobre segurança Listar e adquirir os EPIs necessários para a segurança dos operadores
Segurança		Organização Adquirir bancada para kit de montagem Identificar os itens para a montagem Adquirir de armário de ferramentas
Organização		Conformidade Adquirir equipamentos de teste Confeccionar bancada de teste Organizar quadro de documentos de processo Estudar a luminosidade adequada da área de montagem Realizar treinamento sobre o processo, como fluxograma e instruções operacionais Adquirir e programar sensor de aperto binário (OK/NOK)
Conformidade		

Fonte: A autora (2022).

Tendo como exemplo a alternativa “Adquirir equipamentos de içamento de peso”. Essa alternativa, ligada ao valor estabelecido “Ergonomia”, foi criada através do objetivo-meio “Equipamentos de içamento de peso”. Esse objetivo-meio foi relacionado na Rede de objetivos meio-fins com o subobjetivo “Facilitar a movimentação de itens pesados”, que na Hierarquia dos objetivos fundamentais está vinculado ao objetivo fundamental “Proporcionar a ergonomia dos operadores”, sendo esse um dos objetivos que levam ao atendimento do objetivo estratégico “Estruturar layout eficiente de novo processo produtivo”.

Como mostra a Figura 13, foi possível obter 13 alternativas de ação como resultado da aplicação da metodologia de estruturação de problemas VFT. Cada uma dessas alternativas tem atrelado recursos necessários para a sua adequada implementação, sejam esses recursos humanos, financeiros e/ou de tempo. Assim,

o coordenador não teria condições de implementar todas as alternativas no mesmo momento, sendo necessária a sua priorização.

4.4 DEFINIÇÃO DA MATRIZ DE CONSEQUÊNCIA

Uma vez criada as alternativas de ação, pôde-se iniciar a priorização delas, através da aplicação do método *FITradeoff*. Assim, as alternativas de ação geradas no VFT foram definidas como as alternativas do problema decisório; os valores encontrados no VFT constituíram os critérios de decisão; o decisor segue sendo o coordenador industrial da empresa e os facilitadores os autores desse trabalho, conforme exposto na Tabela 1:

Tabela 1 – Comparativo entre os elementos do problema em cada método

VFT	<i>FITradeoff</i>
Alternativas de ação	Alternativas
Valores	Critérios
Decisor: coordenador industrial	Decisor: coordenador industrial
Facilitador: autores	Facilitador: autores

Fonte: A autora (2022).

Para uma melhor organização, durante a aplicação do método *FITradeoff*, foi criada a Tabela 2, que relaciona cada alternativa de ação a um código de identificação.

Tabela 2 – Codificação das alternativas

A1	Adquirir equipamentos de içamento de peso
A2	Confeccionar bancada de montagem adequada para a demanda operacional
A3	Realizar treinamento sobre segurança
A4	Listar e adquirir os EPIs necessários para a segurança dos operadores
A5	Adquirir bancada para kit de montagem
A6	Identificar os itens para a montagem
A7	Adquirir armário de ferramentas
A8	Adquirir equipamentos de teste
A9	Confeccionar bancada de teste
A10	Organizar quadro de documentos de processo
A11	Estudar a luminosidade adequada da área de montagem
A12	Realizar treinamento sobre o processo, como fluxograma e instruções operacionais
A13	Adquirir e programar sensor de aperto binário (OK/NOK)

Fonte: A autora (2022).

O estudo propôs traduzir os valores obtidos com a aplicação do VFT como os critérios de avaliação do *FITradeoff*. Assim, foi analisado a consequência de cada alternativa em relação a cada critério, tendo todos os critérios o objetivo de maximização.

Conforme explanado no tópico 4.3, o valor eficiência é atingido com o êxito dos demais valores, sendo assim um valor transversal e base do objetivo estratégico. Visto que o valor eficiência é na verdade um valor transversal, tem-se que este acaba se tornando um critério não independente, uma vez que todos os demais critérios geram impacto nele. Isso faz sentido uma vez que o valor eficiência foi destacado no VFT como o objetivo estratégico do decisor. Esse entendimento é importante também para reforçar que existe sim uma relação considerável entre ambas as metodologias, sendo possível combiná-las para um estudo mais robusto. Assim, decidiu-se não adicionar o valor eficiência como critério no método *FITradeoff* proposto, e adicionou-se como substituto o critério agilidade para que o decisor pudesse avaliar.

Diante disso, foi visto junto ao decisor como cada alternativa contribui para cada critério, utilizando escala *Likert* de 1 a 5, sendo 1 uma consequência baixa e 5 uma consequência alta, sendo mais claro para o entendimento do decisor no momento das comparações par a par. Esse nível de escala se mostrou mais aderente ao decisor, que não apresentou dificuldade em distinguir cada um dos seus níveis, gerando assim uma avaliação mais assertiva. Toda essa análise gerou a matriz de consequência que já foi criada na formatação solicitada pelo SAD *FITradeoff*, conforme apresentado na Figura 14:

Figura 14 – Matriz de Consequências

Criteria:	Agilidade	Ergonomia	Segurança	Organização	Conformidade
0-Cont Min; 1-Cont Max; 2-Disc Min; 3- Disc Max:	3	3	3	3	3
Weights					
Type:	1	1	1	1	1
a:					
b:					
c:	5	5	5	5	5
Alternatives:	Consequences Matrix:				
A1	3	5	4	1	1
A2	3	5	4	2	2
A3	1	3	5	1	2
A4	1	2	5	1	2
A5	4	2	1	5	2
A6	4	1	1	5	3
A7	3	2	1	5	1
A8	1	1	1	1	5
A9	1	1	1	3	5
A10	5	1	1	4	5
A11	2	5	3	2	3
A12	5	1	2	3	5
A13	3	1	1	1	5

Fonte: A autora (2022).

Com o preenchimento adequado da matriz de consequência seguindo o padrão do SAD, foi possível iniciar o seu uso em busca de obter a priorização das alternativas de ação. Na interface do SAD *FITradeoff* foi selecionado a problemática como sendo *ranking* (ordenação). Há a opção de selecionar a matriz de consequências para iniciar as avaliações, e dessa forma foi feito, conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Input dos dados no SAD FITradeoff

FITradeoff.org
FITradeoff
 Flexible and Interactive Tradeoff

FU-TXMMO-WF1

[Back](#)

Enter a name for the problem:

Problematic:

Select a file to import:
 Click [Here](#) to select a different file.

Warnings:

Please, before importing the file, make sure the spreadsheet is saved in '.xls' extension (excel 1997-2003).
 For instructions on filling out the export spreadsheet, access the [user guide](#).
[Download Spreadsheet template](#)
[Important Information about discrete criteria.](#)

Fonte: SAD FITradeoff (2022).

Ainda decidiu-se deixar como padrão de indiferença das avaliações que seriam realizadas a constante de 0,01, garantindo uma sensibilidade considerável à avaliação, como mostra a Figura 16.

Figura 16 – Input dos dados no SAD FITradeoff

FITradeoff
 Flexible and Interactive Tradeoff

FU-TXMMO-WF1

Input Data:

Criteria:	Agilidade	Ergonomia	Segurança	Organização	Conformidade
0-Cont Min; 1-Cont Max; 2-Disc Min; 3- Disc Max:	3	3	3	3	3
Type:	1	1	1	1	1
a:					
b:					
c: number of levels of discrete criteria	5	5	5	5	5
Consequence Matrix:					
A1	3	5	4	1	1
A2	3	5	4	2	2
A3	1	3	5	1	2
A4	1	2	5	1	2
A5	4	2	1	5	2
A6	4	1	1	5	3
A7	3	2	1	5	1
A8	1	1	1	1	5
A9	1	1	1	3	5
A10	5	1	1	4	5

Equivalence threshold:
 Maximum difference for the global values of two alternatives, below of which they can be considered indifferent:

Fonte: SAD FITradeoff (2022).

4.5 AVALIAÇÃO INTERCRITÉRIO POR DECOMPOSIÇÃO

Primeiramente, é requerida ao decisor a ordenação das constantes de escala dos critérios estabelecidos de acordo com a comparação par a par de duas

consequências. Uma consequência (A) apresenta o melhor desempenho para um determinado critério e o pior desempenho para os demais critérios. A outra consequência (B) apresenta o melhor desempenho para um determinado critério (diferente do critério de melhor desempenho da consequência A) e o pior desempenho para os demais critérios. Dessa forma, é possível a verificar a preferência do decisor entre os dois critérios de melhor desempenho.

O SAD *FITradeoff* determinou um código para cada critério, sendo:

- C1: agilidade;
- C2: ergonomia;
- C3: segurança;
- C4: organização;
- C5: conformidade.

A primeira comparação realizada, conforme a Figura 17, foi entre os critérios C1 e C2 (agilidade e ergonomia). Foi questionado ao decisor “Se você tiver o melhor da agilidade, mesmo com o pior nos demais critérios (Consequência A) ou tiver o melhor da ergonomia, mesmo com o pior nos demais critérios (Consequência B), qual você prefere?”. Assim, o decisor preferiu a consequência A, mostrando que agilidade é preferível a ergonomia.

Figura 17 – Ordenação das constantes de escala dos critérios

FITradeoff.org

FITradeoff

Flexible and Interactive Tradeoff

FU-TXPMO-WF1

Ranking of criteria scaling constants

By pairwise comparison
Answer the following questions by choosing consequences A or B

Consequences

Consequence A

C1		B1.5	
C2		W2.1	B2.5
C3		W3.1	B3.5
C4		W4.1	B4.5
C5		W5.1	B5.5

Worst Best

Consequence B

C1		W1.1	B1.5
C2		B2.5	
C3		W3.1	B3.5
C4		W4.1	B4.5
C5		W5.1	B5.5

Worst Best

W_i is the worst outcome of criterion C_i
B_i is the best outcome of criterion C_i

Alternatively the ranking of scaling constants can be done by Overall evaluation.




Which consequence do you prefer?

Consequence A
 Consequence B

Legend:

- No Selection --
- C1-Agilidade
- C2-Ergonomia
- C3-Segurança
- C4-Organização
- C5-Conformidade

Chosen order of scaling constants:

Fonte: SAD FITradeoff (2022).

Ao final das comparações par a par, obteve-se a ordenação dos critérios da seguinte forma:

1. C1: conformidade;
2. C2: segurança;
3. C3: agilidade;
4. C4: ergonomia;
5. C5: organização;

O decisor concordou com a ordem estabelecida dos critérios, conforme a Figura 18, e assim foi possível seguir para a avaliação das alternativas.

Figura 18 – Conclusão da ordenação das constantes de escala dos critérios

FITradeoff.org

FITradeoff

Flexible and Interactive Tradeoff

FU-TXMMO-WF1

Help **Reset**

Ranking of criteria scaling constants

By pairwise comparison
Answer the following questions by choosing consequences A or B

Consequences

Consequence A

C1	W1:1	B1:5
C2	W2:1	2:5
C3		3:5
C4	W4:1	4:5
C5	W5:1	B5:5

Worst Best

W1 is the worst outcome of criterion C1
B1 is the best outcome of criterion C1

Consequence B

C1	W1:1	B1:5
C2		2:5
C3		3:5
C4		4:5
C5		B5:5

Worst Best

Alternatively the ranking of scaling constants can be done by Overall evaluation.

Do you agree with the final order found?

YES **NO**

Which consequence do you prefer?

Consequence A
 Consequence B

Legend:

- No Selection --
- C1-Agilidade
- C2-Ergonomia
- C3-Segurança
- C4-Organização
- C5-Conformidade

Chosen order of scaling constants:

- No Selection --
- Conformidade
- Segurança
- Agilidade
- Ergonomia
- Organização

Restart OK

Continue

Fonte: SAD FITradeoff (2022).

Para a avaliação das alternativas, optou-se por seguir com o processo de elicitação por decomposição, o mesmo utilizado para a ordenação dos critérios, como mostrado na Figura 19:

Figura 19 – Processo de elicitación por decomposição

fitradeoff.org
FITradeoff
 Flexible and Interactive Tradeoff

FU-TXMMHO-WF1
 Help Reset

The number of ranking positions at this point is 1
How would you like to continue the decision process?

Which consequence do you prefer?
 Answer the questions by choosing one option.

Consequence A

100%

80%

60%

40%

20%

0%

Consequence B

100%

80%

60%

40%

20%

0%

Note: A is the worst outcome of criterion 1
 B is a reference consequence (best or worst of criterion 1)
 C is the best (or worst) consequence of criterion 1

Tabular Visualization

Consequence	Criterion 1	Criterion 2	Criterion 3	Criterion 4	Criterion 5
Consequence A	100%	100%	100%	100%	100%
Consequence B	100%	100%	100%	100%	100%
Consequence C	100%	100%	100%	100%	100%
Consequence D	100%	100%	100%	100%	100%
Consequence E	100%	100%	100%	100%	100%

Continue Elicitation by Decomposition ?

 Switch to Holistic Evaluation ?

Continue

Fonte: SAD FITradeoff (2022).

O método busca realizar junto ao decisor a avaliação das alternativas de ação de acordo com a comparação de consequências par a par, colocando como consequência A um desempenho mediano (entre 1 e 5) para o critério de melhor preferência do decisor, em detrimento da pior consequência (neste caso 1) para os demais critérios; e como consequência B a melhor consequência (no caso desse estudo definido como 5) para o critério não preferível ao decisor, em detrimento da pior consequência (neste caso 1) para os demais critérios; como forma de verificar como a preferência do decisor se comporta e até que ponto uma alternativa que antes era a melhor pode deixar de ser.

Como mostra a Figura 20, a primeira comparação foi realizada considerando um desempenho de 3 para C1 ou desempenho 5 para C5 (Conformidade mediana ou o melhor em Organização). Já foi definido que Conformidade é preferível a Organização na ordenação de critérios quando esses são comparados em seu melhor desempenho. No entanto, nesta fase busca-se questionar o decisor para ver até que ponto essa preferência ainda se mantém à medida que o desempenho da consequência do critério preferível é reduzido. Foi questionado ao decisor “Se você tiver o melhor da organização, mesmo com o pior nos demais critérios (Consequência B) ou tiver uma conformidade média, mesmo com o pior nos demais critérios (Consequência A), qual você prefere?”. Assim, o decisor preferiu a

consequência A, mostrando que a alternativa que gera uma conformidade mediana 3 é preferível a alternativa que gera a melhor organização.

Figura 20 – Escolha das consequências na avaliação das alternativas

The screenshot displays the FITradeoff software interface. The main window is titled "Which consequence do you prefer?" and asks the user to answer questions by choosing one option. It is divided into two panels: "Consequence A" and "Consequence B".

Consequence A: Shows five criteria (C1 to C5) with corresponding values in boxes: C1 (X1:3), C2 (W2:1), C3 (W3:1), C4 (W4:1), and C5 (W5:1). The C1 bar is blue, while others are red.

Consequence B: Shows five criteria (C1 to C5) with corresponding values in boxes: C1 (W1:1), C2 (W2:1), C3 (W3:1), C4 (W4:1), and C5 (R5:5). The C5 bar is green, while others are red.

Options Panel: Contains radio buttons for "Consequence A" (selected), "Consequence B", "Indifferent", and "No Answer". It also includes "OK", "Questions Answered: 0", "Number of levels: 1", and "Show Current Results" buttons.

Legend of criteria scaling constants: Lists C1 - Conformidade, C2 - Segurança, C3 - Agilidade, C4 - Ergonomia, and C5 - Organização.

Logos for INCT, INSID, and CDSID UFPE are visible at the bottom.

Fonte: SAD FITradeoff (2022).

A cada interação com o decisor, são obtidas novas informações da relação existente entre as constantes de escala dos critérios, realizando-se nova avaliação das alternativas.

À medida que as comparações par a par são realizadas e há a adequada distinção da hierarquia das alternativas de ação, é possível que o SAD FITradeoff defina novos níveis de *ranking* e aloque as alternativas em cada nível, de modo que se tenha ao final do estudo a clareza de quais alternativas priorizar em cada instante e como elas estão posicionadas uma em relação as outras. Na Figura 21, o decisor estava respondendo a primeira comparação par a par e, nesse instante, o número de níveis ainda era 1, pois não se tinha resposta suficiente para entender as preferências do decisor, deixando todas as 13 alternativas na mesma posição no *ranking*. À medida que se foi avançando nas comparações e coletando as respostas do decisor, também houve o incremento do número de níveis. Na Figura 21, por exemplo, o decisor já havia respondido à 6 comparações e o número de níveis

estava em 6, sendo então possível alocar as 13 alternativas em 6 posições distintas no *ranking*.

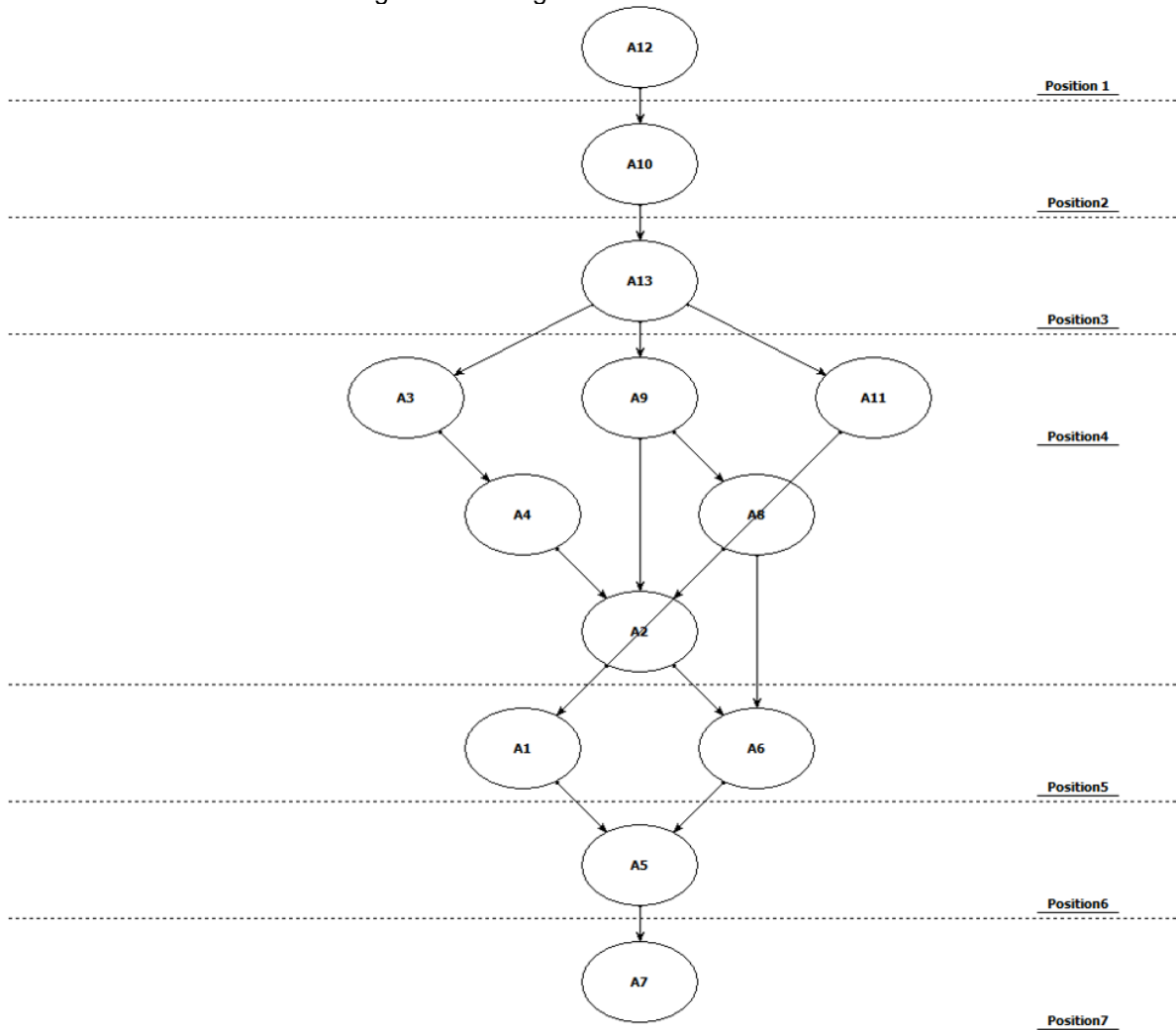
Figura 21 – Incremento dos níveis do *ranking*

The screenshot displays the FITradeoff software interface. The main window is titled "Which consequence do you prefer?" and asks the user to choose between two consequences, A and B, based on five criteria (C1 to C5). Each criterion is represented by a horizontal bar with a red segment on the left and a white segment on the right. The bars are labeled with weights (W1-1 to W5-1) and values (X2-2, B3-6). The interface also includes a sidebar with options (Consequence A, B, Indifferent, No Answer, Inconsistency), a legend of criteria scoring constants (C1 - Conformidade, C2 - Segurança, C3 - Agilidade, C4 - Ergonomia, C5 - Organização), and a status bar showing "Questions Answered: 6" and "Number of levels: 6". Logos for INCT, INSID, and CDSID are visible at the bottom.

Fonte: SAD FITradeoff (2022).

Ao chegar no nível 7, onde todas as 13 alternativas de ação se dividiram em 7 posições de priorização, o decisor passou a ter dificuldade na distinção das avaliações. Assim, foi gerado o Diagrama Hasse para visualização do *ranking* de maneira gráfica e sua devida análise crítica, como mostra a Figura 22.

Figura 22 – Diagrama Hasse com 7 níveis



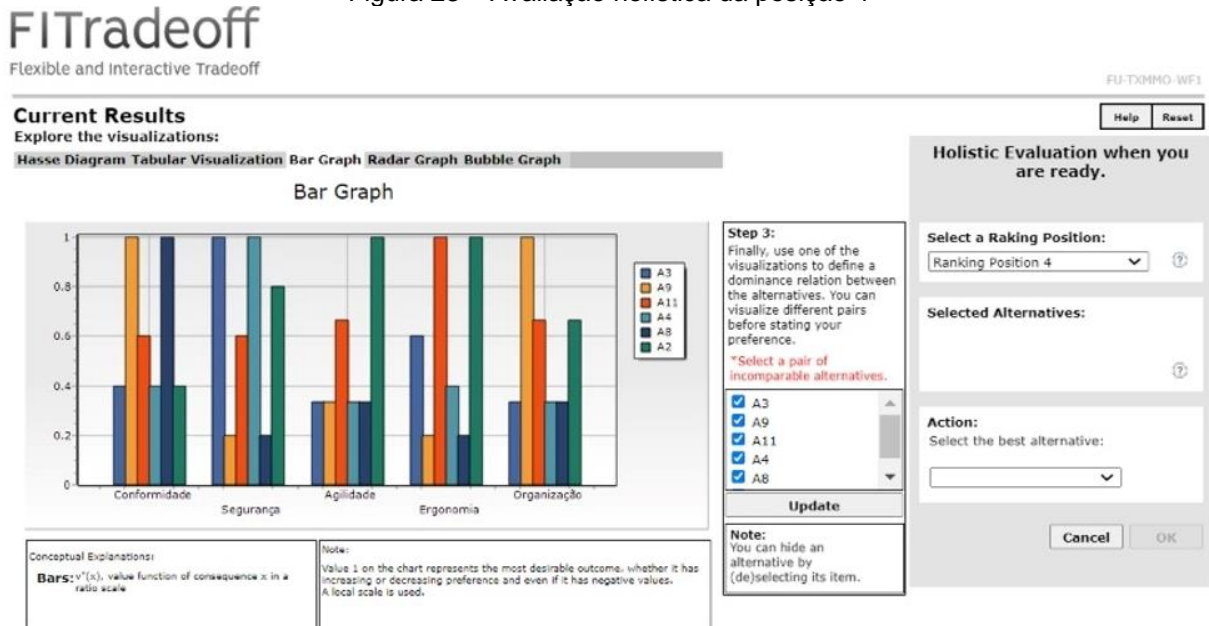
Fonte: SAD FITradeoff (2022).

Ao realizar a análise crítica, foi possível perceber que um número considerável de alternativas de ação foi agrupado em um mesmo nível (Posição 4), ou seja, num mesmo grau de priorização (6 alternativas de 13 totais). Dessa forma, como meio de refinar mais o resultado, decidiu-se partir para o método de avaliação holística.

4.6 AVALIAÇÃO INTERCRITÉRIO HOLÍSTICA

Para a avaliação holística, foi selecionado para análise o nível que mais apresentou alternativas, ou seja, a Posição 4, conforme Figura 23. Dentro deste nível, foi verificado par de alternativas para comparação que não tivessem relação de dominância entre elas, ou seja, que não fossem conectadas por seta de relação no Diagrama Hasse.

Figura 23 – Avaliação holística da posição 4



Fonte: SAD FITradeoff (2022).

Assim, iniciou-se pela comparação das alternativas A3 e A9, como mostra a Figura 24. Ao selecionar ambas as alternativas para comparação no método de avaliação holística, é possível verificar o desempenho de ambas em cada um dos critérios. Essa visão foi repassada para o decisor e questionado se ainda era possível realizar alguma distinção de preferência entre as alternativas ou se não era tão clara essa preferência. Caso não fosse clara, as alternativas permaneceriam no mesmo nível. Neste caso, o decisor conseguiu distinguir as alternativas, dando preferência a alternativa A9.

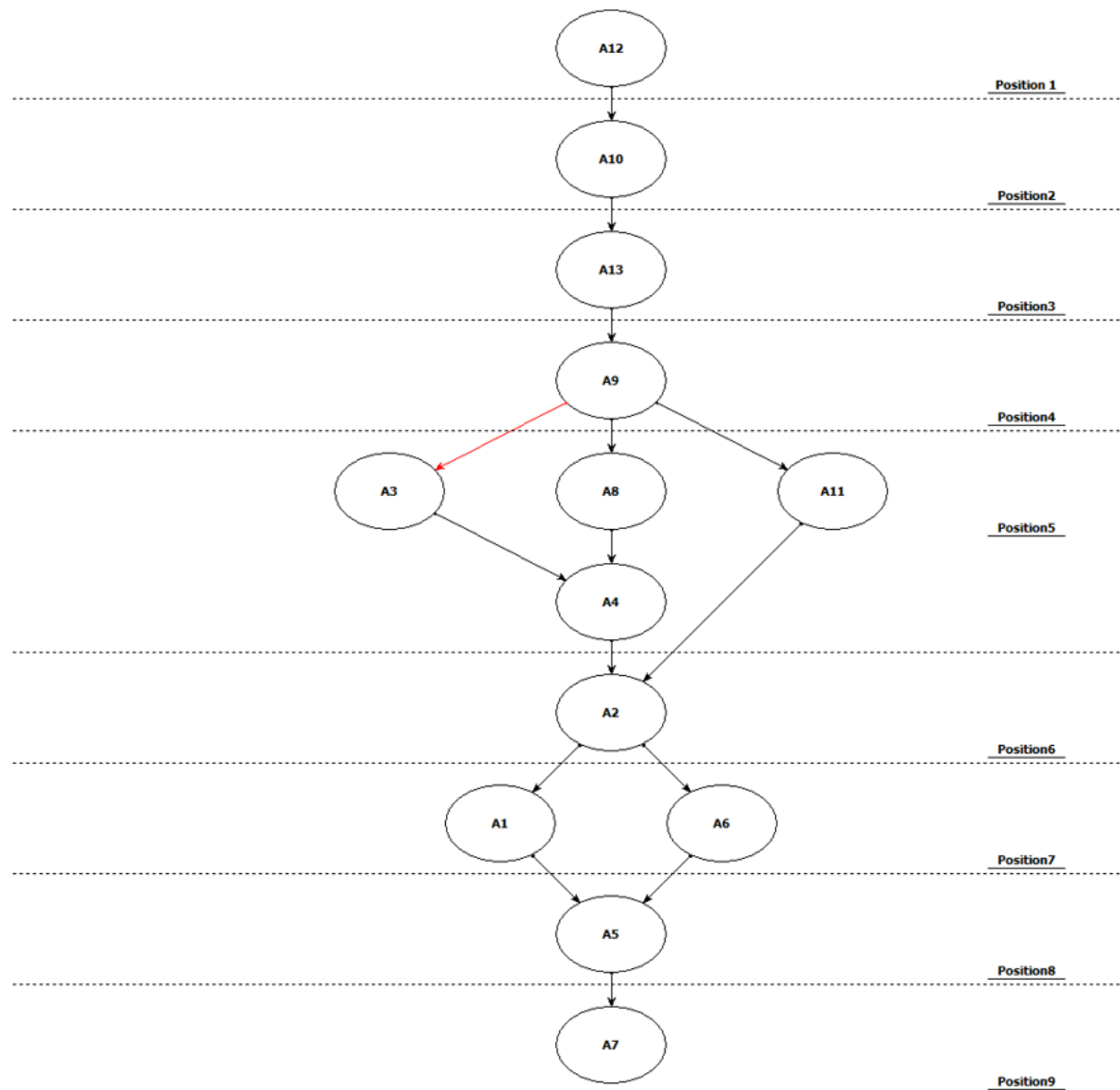
Figura 24 – Avaliação holística entre as alternativas A3 e A9



Fonte: SAD FITradeoff (2022).

Assim, um novo Diagrama Hasse foi gerado, agora com 9 níveis, permitindo novamente a análise crítica dos resultados, conforme a Figura 25.

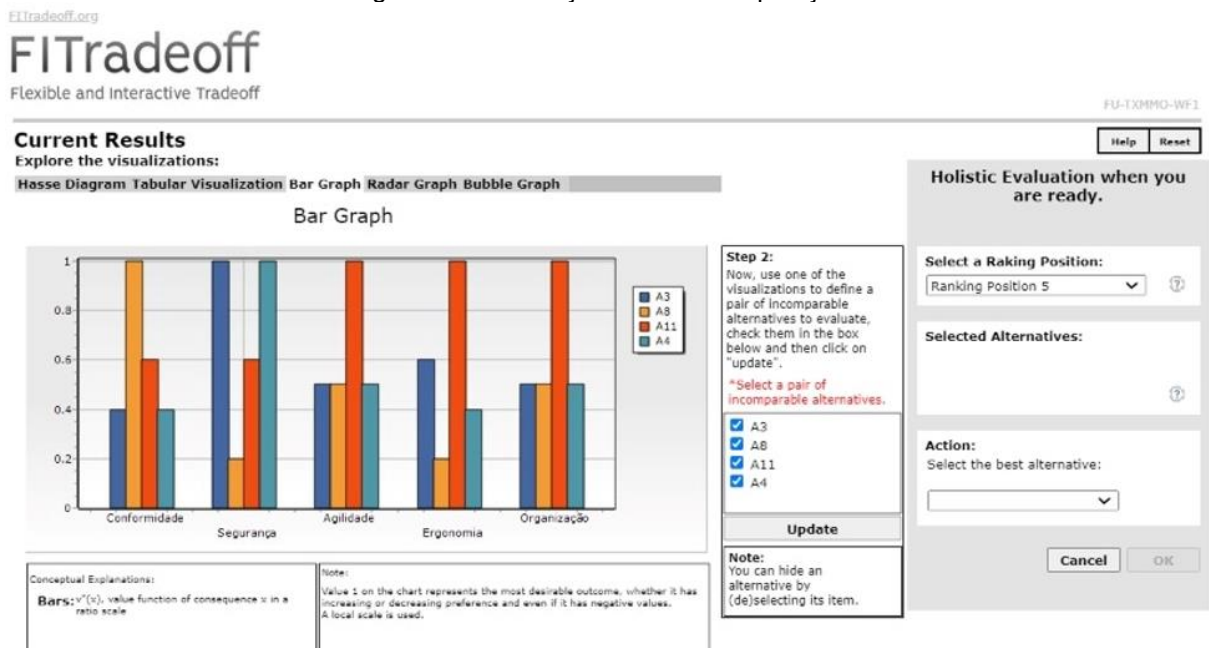
Figura 25 – Diagrama Hasse com 9 níveis



Fonte: SAD FITradeoff (2022).

Ainda no intuito de refinar os resultados, decidiu-se seguir para mais uma avaliação holística, agora com a nova Posição 5, que apresentou 4 alternativas no mesmo nível, conforme Figura 26:

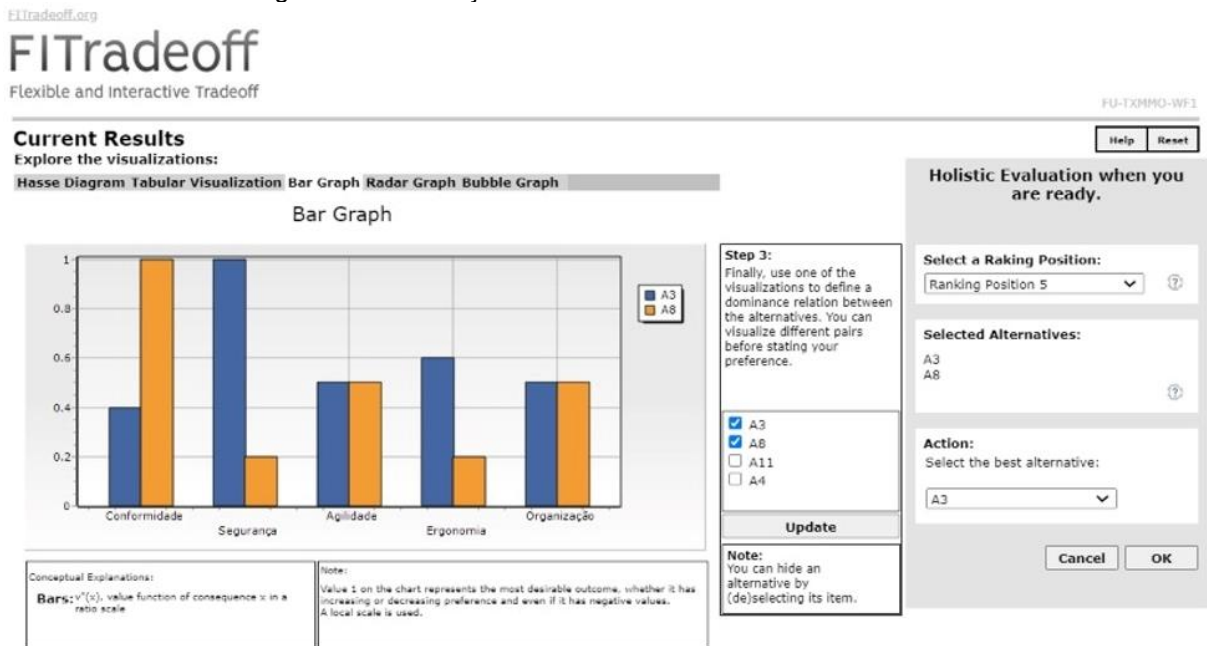
Figura 26 – Avaliação holística da posição 5



Fonte: SAD FITradeoff (2022).

Observando as alternativas sem dominância entre elas, selecionou-se para comparação as alternativas A3 e A8 e, diante do desempenho apresentado por cada uma em cada um dos critérios, o decisor conseguiu realizar a distinção de preferência entre elas, optando por priorizar a alternativa A3, conforme a Figura 27.

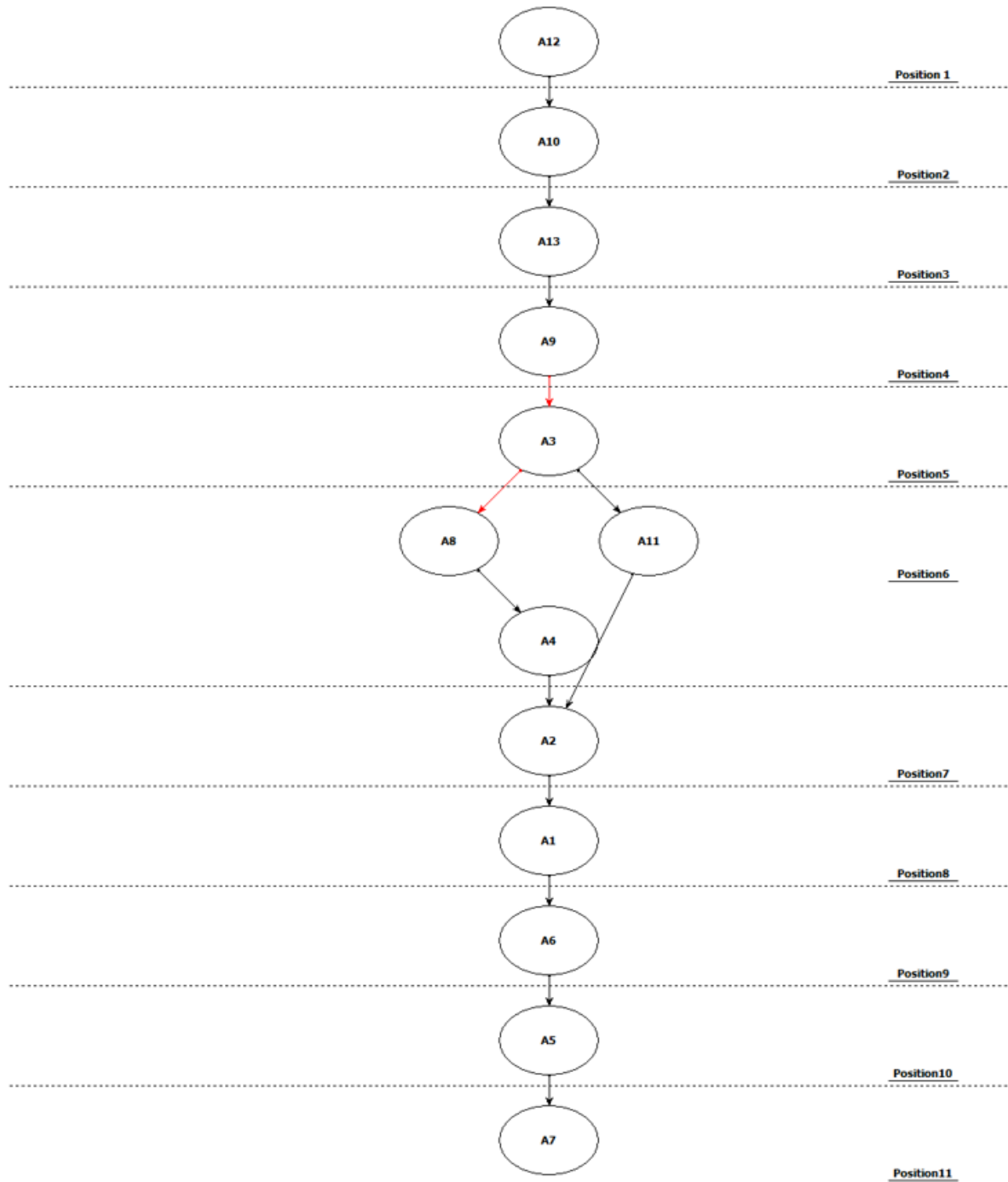
Figura 27 – Avaliação holística entre as alternativas A3 e A8



Fonte: SAD FITradeoff (2022).

Desta forma, foi gerado novamente um novo Diagrama Hasse para essa nova decisão, obtendo-se 11 níveis no *ranking* e tendo uma quantidade pequena de alternativas num mesmo grau de priorização, como mostra a Figura 28.

Figura 28 – Diagrama Hasse com 11 níveis



Fonte: SAD *FI*Tradeoff (2022).

O resumo de cada iteração realizada com a aplicação do método via SAD *FI*Tradeoff está apresentado na Figura 29:

Figura 29 – Resumo das iterações realizadas via SAD *FiTradeoff*

Application report	Consequence A	Consequence B	Answer	Number of levels	Holistic Evaluation (HE) performed?	Alternatives compared in HE	Answer(HE)	Number of levels after HE
0			Ordering...	1	no			
1	3.000 of Conformidade	Best of Organização (5)	Consequence A	1	no			
2	3.000 of Conformidade	Best of Segurança (5)	Consequence B	1	no			
3	3.000 of Segurança	Best of Agilidade (5)	Consequence A	3	no			
4	3.000 of Agilidade	Best of Ergonomia (5)	Consequence A	4	no			
5	3.000 of Ergonomia	Best of Organização (5)	Consequence A	4	no			
6	4.000 of Conformidade	Best of Segurança (5)	Consequence A	6	no			
7	2.000 of Segurança	Best of Agilidade (5)	Consequence A	7	yes	A9,A3	A9 is preferred	9
				yes		A3,A8	A3 is preferred	11

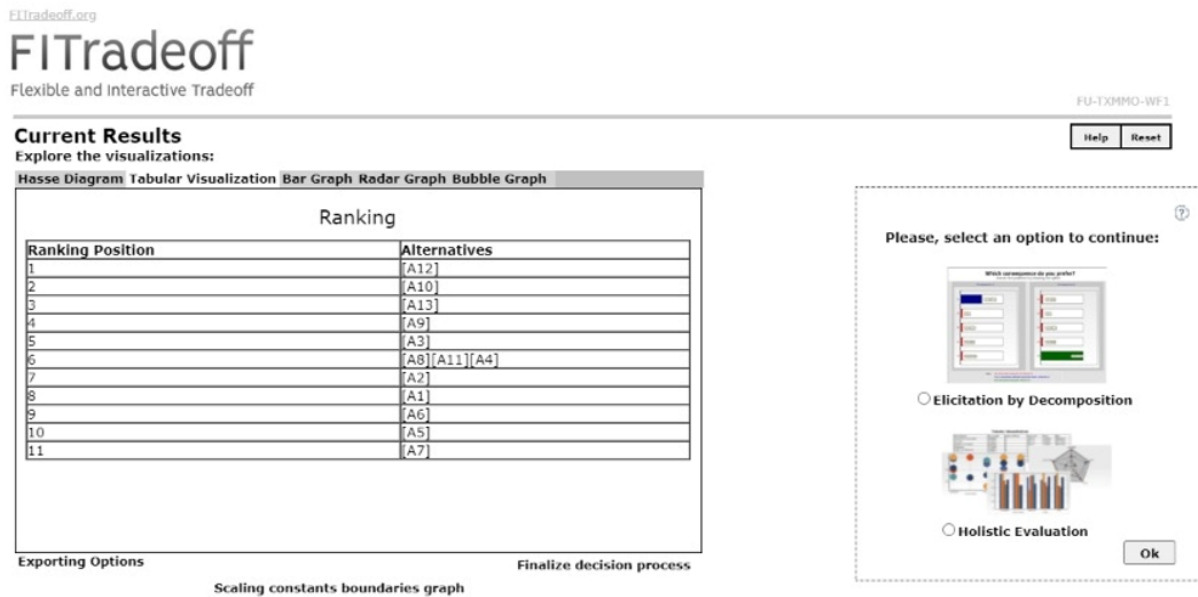
Fonte: SAD *FiTradeoff* (2022).

A Figura 29 mostra o registro da sequência de respostas do procedimento de elicitação, bem como os valores elencados para as Consequência A e B a cada interação, o incremento do número de níveis e as informações acerca da avaliação holística. Esse relatório gerado pelo próprio SAD *FiTradeoff* se torna útil para um resumo da análise realizada junto ao decisor.

Com isto foi finalizada a execução das avaliações no SAD *FiTradeoff* e foi possível seguir com a discussão dos resultados obtidos junto ao decisor.

4.7 DISCUSSÕES

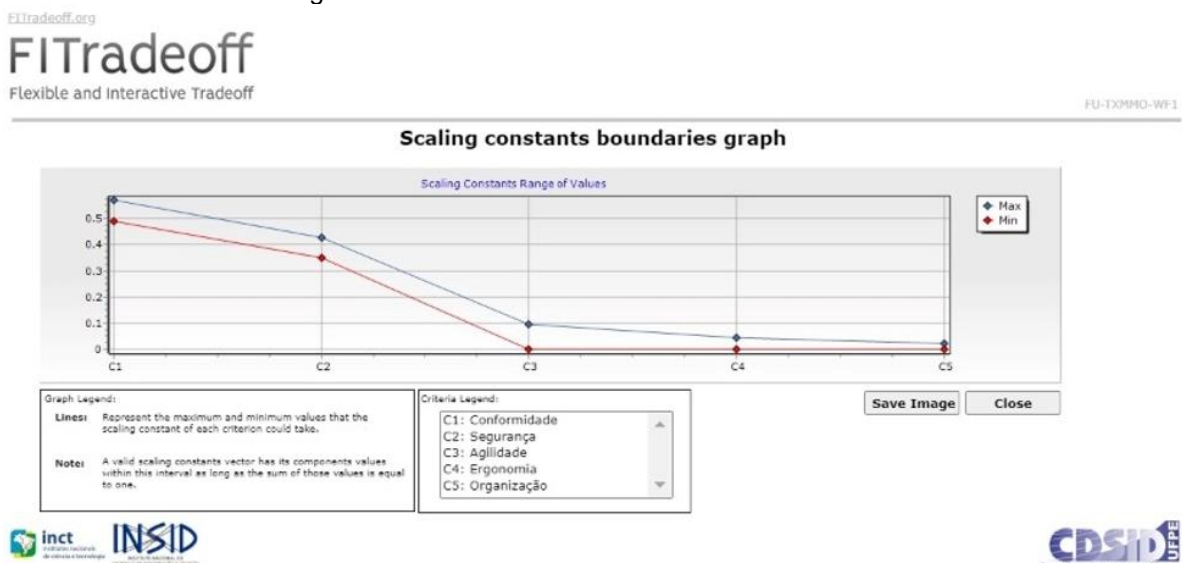
Através da visualização tabular mostrada na Figura 30, foi possível verificar claramente qual o *ranking* gerado após a aplicação de todo o método deste trabalho, onde as alternativas de ação estão priorizadas na ordem da mais importante (A12: Realizar treinamento sobre o processo, como fluxograma e instruções operacionais) para a menos importante (A7: Adquirir armário de ferramentas).

Figura 30 – Visualização tabular do *ranking* das alternativas

Fonte: SAD FITradeoff (2022).

Ainda, um gráfico dos limites das constantes de escala permite verificar o quanto a constante de escala de cada critério pode variar sem que se altere a priorização obtida com a aplicação do método junto ao decisor, conforme a Figura 31.

Figura 31 – Gráfico de limites de constantes de escala



Fonte: SAD FITradeoff (2022).

Assim, concluiu-se a execução do procedimento metodológico deste artigo, conseguindo ilustrar ao decisor as alternativas de ação que o levarão à estruturação de layout fidedigna aos seus valores, bem como a melhor forma de priorizá-las de modo a gerir os esforços, recursos e investimentos para cada uma de maneira cadenciada, respeitando às suas preferências.

Os resultados se mostraram importantes para a organização no que tange seu alinhamento com o planejamento estratégico, uma vez que permitiu a extração e identificação de valores e objetivos, por meio do conhecimento do gestor sobre seu respectivo processo inovador, levando a um planejamento, estruturação e desenvolvimento deste novo layout da forma mais eficaz possível. O coordenador, aqui tratado como decisor do problema, se mostrou bastante satisfeito com os resultados e surpreso com a metodologia aplicada, que na sua visão se mostrou prática, benéfica e útil para o cotidiano fabril, sem custos para implementação e retornando ganhos com a eficiência da priorização sugerida.

Os autores identificaram a possibilidade de novos trabalhos como continuidade deste estudo, seguindo com a aplicação das fases 3 e 4 de concepção de layout apresentadas na Figura 1 desta dissertação, bem como a inclusão de múltiplos decisores ao problema.

5 CONCLUSÕES

A problemática proposta neste estudo foi a estruturação de layout de um novo processo produtivo, atividade essa que acaba se tornando complexa devido ao não conhecimento do que será estruturado. Assim, a extração e identificação de valores e objetivos do coordenador foi de extrema importância para nortear a estruturação desse problema, trazendo clareza do que se queria e de quais ações seriam necessárias para essa implementação.

Usando a metodologia VFT, foi possível estruturar o problema de decisão com relação à layout produtivo, identificando alternativas de ação coerentes e critérios e avaliação, contando com o suporte dos facilitadores. Assim, a VFT mostrou-se ser uma excelente metodologia para estruturação de problemas, principalmente em novos contextos, extraíndo o que é necessário para o embasamento das decisões.

Como parte do processo de resolução, a hierarquia dos objetivos fundamentais e a rede de objetivos meios-fim foram estabelecidas para dar base à identificação das alternativas de ação, que puderam ser agrupadas de acordo com os valores do decisor.

Os autores propuseram os valores estabelecidos como agilidade, ergonomia, segurança, organização e conformidade, bem como o valor eficiência sendo um valor transversal, como possíveis valores macro a serem considerados em problemas genéricos de layout, podendo servir de base para outros trabalhos a serem desenvolvidos na área.

Foi possível determinar 13 alternativas de ação para a estruturação do layout do novo processo produtivo, que serão capazes de atender aos objetivos do coordenador. No entanto, uma vez que tais alternativas demandam uma considerável quantidade de recursos, se fez necessário a sua priorização para definir quais alternativas de ação seriam mais importantes de serem executadas primeiro pelo coordenador.

Diante das características do problema e pela inovação e praticidade, foi escolhido o método *FITradeoff* para realização da priorização das alternativas de ação. O método se apresentou de maneira satisfatória, oferecendo diversas vantagens, como otimização do tempo e esforço cognitivo dos decisores, reduzindo o número de perguntas e avaliações quando comparado a outros métodos.

Encontra-se assim uma solução de forma mais rápida, podendo o decisor interromper o processo no momento que julgar necessário e/ou interessante.

Através da utilização do SAD *FI*Tradeoff, foi possível executar o método e obter o *ranking* das alternativas de ação devidamente priorizadas de acordo com as preferências do decisor.

Foi possível perceber a importância dos resultados obtidos para a organização, uma vez que estão alinhados com o seu planejamento estratégico, bem como com os valores e objetivos do coordenador. O coordenador, por sua vez, se mostrou bastante satisfeito com os resultados, tendo o entendimento claro do que buscava atender com a estruturação do layout e tendo alternativas de ação devidamente definidas e priorizadas. Também se mostrou surpreso com a metodologia aplicada, que na sua visão se mostrou prática, benéfica e útil para o cotidiano fabril, sem custos para implementação e retornando ganhos com a eficiência da priorização sugerida.

Como limitações do trabalho, a aplicação do método considerando apenas um decisor pode não estar levando em conta outros valores, objetivos, critérios e alternativas desse contexto, tendo em vista que outros colaboradores e gestores de outras áreas envolvidas no processo produtivo não participaram dessa abordagem.

Os autores identificaram a possibilidade de novos trabalhos oriundo desse estudo, sendo possível seguir com a aplicação das demais fases de concepção de layout, bem como a inclusão de múltiplos decisores ao problema que venha a deixar a estruturação do problema e sua análise ainda mais robusta.

Pode-se então concluir que o objetivo do trabalho foi atendido, uma vez que foi possível, através dos resultados, estruturar o problema decisório de layout de um novo processo produtivo, identificar os valores do decisor e suas alternativas de ação, e ordenar essas alternativas de acordo com as preferências do decisor, permitindo assim que os recursos e ação sejam realizadas seguindo uma lógica de priorização.

REFERÊNCIAS

- ACKERMANN, F. **Problem structuring methods ‘in the Dock’: Arguing the case for Soft OR**. European Journal of Operational Research, 219: 652-658. 2012.
- AHMADI, A., JOKAR, M. R. A. **A survey on multi-floor facility layout problems**. Computers and Industrial Engineering, 107: 158-170. 2017.
- BATISTA, J.; COSTA, A. P. C. S. **A multi-criteria model for selecting a project management maturity model**. INSID Meeting, 2020
- BELTON, V. E STEWART, T. J. **Multicriteria decision analysis: an integrate approach**. Kluwer Academic Publishers, 2002
- BORDA, M. **Layout**. Florianópolis, 1998
- CARUZZO, A., BELDERRAIN, M. C. N., FISCH, G. E MANSO, D. F. **The Mapping of Aerospace Meteorology in the Brazilian Space Program-Challenges and Opportunities for Rocket Launch**. J. Aerosp. Technol. Manag., 7: 7-18. 2015.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de pessoas: segunda edição**. Rio de Janeiro, RJ, 2005.
- DE ALMEIDA, et al. **Decisão em Grupo e Negociação: Métodos e Aplicações**, Ed. Atlas, São Paulo, 2012.
- DE ALMEIDA, A.T. **Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério**. São Paulo, Atlas, p. 231, 2013.
- DE ALMEIDA, A.T.; CAVALCANTE, C.A.V.; ALENCAR, M.H.; FERREIRA, R.J.P.; DE ALMEIDA-FILHO, A.T.; GARCEZ, T.V. **Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis**. International Series in Operations Research & Management Science. Vol 231. New York, Springer, 2015.
- DE ALMEIDA, A.T., DE ALMEIDA, J.A., COSTA, A.P.C.S. e DE ALMEIDA-FILHO, A.T. **A New Method for Elicitation of CriteriaWeights in Additive Models: Flexible and Interactive Tradeoff**. European Journal of Operational Research, 250, 179-191, 2016.
- DE GUSMÃO, A. P. H.; MEDEIROS, C. P. (2016). **A model for selecting a strategic information system using the FITradeoff**. Mathematical Problems in Engineering, 2016.
- DELL’OVO, M.; FREJ, E. A.; OPPIO, A.; CAPOLONGO, S.; MORAIS, D. C.; DE ALMEIDA, A. T. **Multicriteria decision making for healthcare facilities location with visualization based on FITradeoff method**. In: International Conference on Decision Support System Technology. Springer, Cham, 2017. p. 32-44.
- EDEN, C. **Cognitive mapping**. European Journal of Operational Research, Vol.36(1), p. 1- 13. 1988.

FILHO, T. O. **Projeto de Fábrica e Layout**. Rio de Janeiro: Universidade Estácio de Sá, 2010.

FREJ, E. A.; ROSELLI, L. R. P.; ARAÚJO DE ALMEIDA, J.; DE ALMEIDA, A. T. **A Multicriteria Decision Model for Supplier Selection in a Food Industry Based on FITradeoff Method**. *Mathematical Problems in Engineering*, 2017.

FREJ, E. A. **Método Multicritério de Elicitação por Tradeoff Interativo e Flexível para a Problemática de Ordenação e para a Tomada de Decisão em Grupo**. Recife, 2019.

FREJ, E. A.; DE ALMEIDA, A. T. ; COSTA, A. P. C. S. **Using data visualization for ranking alternatives with partial information and interactive tradeoff elicitation**. *Operational Research*, v. 19, p. 1-22, 2019.

FOSSILE, D. K. et al. **Selecting the most viable renewable energy source for Brazilian ports using the FITradeoff method**. *Journal of Cleaner Production*, v. 260, p. 121107, 2020.

GOSENDE, P. P., MULA, J., MADROÑERO, M. D. **Facility layout planning: an extended literature review**. *International Journal of Production Research*, 59:12, 2021.

HAMMOND, J.S., KEENEY, R.L., RAIFFA, H. **Smart choices: a Practical Guide to Making Better Decisions**. MA: Harvard Business School Press, 1999.

JÚNIOR, et al. **O uso do método Value-Focused Thinking para apoiar a estruturação de problemas em comitês de bacias**. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2018.

KEENEY, R.L., RAIFFA, H. **Decision making with multiple objectives, preferences, and value tradeoffs**. Nova York:Wiley,1976.

KEENEY, R. L. **Value Focused Thinking: A Path to Creative Decision-making**. MA: Harvard University Press, 1992.

KEENEY, R. L. **Give yourself a nudge: Helping smart people make smarter personal and business decisions**. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.

KIRKWOOD, C.W., SARIN, R.K. **Ranking with information with partial information: A method and an application**. *Operations Research*, 33(1), 38-48, 1985.

MARTINS, M. A. et al. **Multicriteria Model Based on FITradeoff Method for Prioritizing Sections of Brazilian Roads by Criticality**. *Mathematical Problems in Engineering*, v. 2020, 2020.

MAYER, R. R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1990.

MINGERS, J. E ROSENHEAD, J **Problem structuring methods in action.** European Journal of Operational Research, 152: 530-554. 2004.

MORAIS, D. C., ALENCAR, L. H., COSTA, A. P. C. S., KEENEY, R. L. **Using Value-Focused Thinking in Brazil.** Pesquisa Operacional, v. 33, n. 1, p. 73-88. Rio de Janeiro, 2013.

MUTHER, R. **Planejamento do layout: Sistema SLP.** São Paulo, 1978.

NEUMANN, C.; SCALICE, R. K. **Projeto de Fábrica e Layout.** Rio de Janeiro: LTC, 2021.

PAIVA, M. L. U., DAHER, S. F. D.. **Abordagem VFT para estruturação de problema para melhoria da produção mais limpa em empresa de confecções do agreste pernambucano.** Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2016.

ROY, B. **Multicriteria methodology for decision aiding.** Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1996.

THOKALA, P.; DEVLIN, N.; MARSH, K.; BALTUSSEN, R.; BOYSEN, M.; KALO, Z.; IJZERMAN, M. **Multiple criteria decision analysis for health care decision making—an introduction: report 1 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force.** Value in health, 19(1): 1-13, 2016.

TREIN, F. A. **Análise e Melhoria de Layout de Processo na Indústria de Beneficiamento de Couro.** Porto Alegre: UFRS, 2001.

ANEXO A – REDE DE OBJETIVOS MEIO-FINS

