

THAIS BAYOUD ABDO

**CONTRIBUIÇÕES PARA APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE
DIMENSIONAMENTO DE PESSOAL EM OPERAÇÕES COMPLEXAS**

Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do diploma de
Engenheira de Produção

São Paulo

2013

THAIS BAYOUD ABDO

**CONTRIBUIÇÕES PARA APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE
DIMENSIONAMENTO DE PESSOAL EM OPERAÇÕES COMPLEXAS**

Trabalho de formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do diploma de Engenheira de Produção

Orientador: Professor Doutor Roberto Marx

São Paulo
2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Abdo, Thais Bayoud

**Contribuições para aplicação de metodologia de dimensionamento de
pessoal em operações complexas / T.B. Abdo. -- São Paulo, 2013.**

112 p.

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.**

**1. Recursos Humanos (Dimensionamento) 2. Operações Complexas
3. Apoio à decisão I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia de Produção II. t.**

DEDICATÓRIA

*À minha querida e amada mãe, meu
maior e melhor exemplo.*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Roberto Marx pela sua inestimável orientação. Sua sabedoria, paciência, experiência, atenção e dedicação foram essenciais para guiar este trabalho.

Ao Anderson Presoto, cuja ilustre atuação permitiu que este trabalho tomasse a forma que possui. Meus sinceros agradecimentos pela sua paciência, empenho e dedicação.

A todos os docentes e funcionários da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, em especial do Departamento de Engenharia de Produção, que colaboraram para minha formação profissional e pessoal ao longo desses cinco anos.

À Cris e ao Osni por todas as experiências, ajudas e momentos que com eles vivenciei. Palavras são ínfimas perto do agradecimento que gostaria de prestar a vocês, por quem tenho consideração e carinho de família, e à Rô e à Mara, amores de pessoas que tanto me ajudaram e alegraram meus dias com simples sorrisos.

À minha família, pelo carinho e amor incondicionais que permearam nossa relação desde sempre. Meus emocionados agradecimentos aos meus pais, padrasto, avós, tios e irmãos, pelo apoio e motivação e por sempre acreditarem em mim e no meu potencial.

Por fim, mas não menos importante, aos magníficos amigos que tenho, em especial às amizades que construí na faculdade, e que colaboraram infinitamente para colorir o cinza de dias nublados. Um agradecimento especial ao pessoal do CAEP, com quem tive a oportunidade de enfrentar desafios que me enriqueceram muito pessoalmente, além de vivenciar momentos inesquecíveis e divertidos.

A Deus, por tudo.

“Nada é mais prático do que uma boa teoria”

(Kurt Lewin)

RESUMO

Este trabalho objetiva a análise de técnicas de dimensionamento de efetivo em operações complexas, buscando fornecer contribuições à metodologia que se considera mais adequada ao tema, de modo a enriquecê-la. Primeiramente, preocupou-se com a definição das operações complexas e sua contextualização, tanto nos processos de manufatura quanto de serviços. São diversos os pontos que diferem as operações complexas das simples, mas o de maior impacto no dimensionamento de pessoas é a não relação direta entre ritmo de trabalho e produtividade. Em seguida, foi feito um levantamento da literatura, segregando-se os métodos de previsão de dimensionamento de pessoas em duas ênfases (quantitativa e qualitativa) e estabelecendo as aplicabilidades de cada um deles. Com base no método considerado mais adequado para o dimensionamento de pessoas em operações complexas, que, por sua vez é classificado como qualitativo, buscou-se aprimorá-lo com aspectos quantitativos, propondo-se uma abordagem combinada. Por fim, foi feita uma aplicação hipotética, considerando-se uma situação imaginada e dados fictícios, para ilustrar as contribuições enunciadas e mostrar, na prática, sua aplicabilidade.

Palavras-chave: Recursos Humanos (dimensionamento). Operações Complexas. Apoio à decisão.

ABSTRACT

The purpose of this study it to analyze different techniques used for manpower sizing in complex operations, seeking to provide contributions to the methodology that is considered more appropriate to the subject, so as to enrich it. First of all, it was important for this work to define complex operations and its contextualization in manufacturing and services processes. There are several points that differentiate complex operations from the simple ones, but the main difference concerns to the non-direct relationship between work rhythm and productivity in complex operations. Then, a study of the available literature was made and the forecasting methods for manpower sizing were divided in two emphasis (quantitative and qualitative), with their respective applicability. Based on the method considered the most appropriate for manpower sizing in complex operations, which is classified as a qualitative method, it was made an exercise to improve it with quantitative aspects, proposing a combined approach. Finally, it was made a hypothetical application, considering an imagined situation with fictitious data, to illustrate the contributions listed in the work and to show, in practice, their applicability.

Key words: Human Resources (manpower planning). Complex Operations. Decision Support.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura geral do trabalho	21
Figura 2 – Fatores que afetam o dimensionamento de pessoal	25
Figura 3 – Modelo de transformação.....	26
Figura 4 – Tipos de processo X Volume de produção e características do mercado	29
Figura 5 – Matriz volume-variedade para serviços	32
Figura 6 – Tipos de processos de serviços e sua complexidade.....	36
Figura 7 – Métodos abordados neste trabalho para dimensionamento de efetivo.....	39
Figura 8 – Etapas para elaboração de cenários	48
Figura 9 – Esquema genérico de um cenário.....	59
Figura 10 – Etapas do tratamento de eventos	60
Figura 11 – Pirâmide de automação	68
Figura 12 – Relação da curva normal para x_0 e z_0	73
Figura 13 – Hierarquia genérica para método AHP	74
Figura 14 - Etapas para elaboração de cenários adaptada	77
Figura 15 – Esquema genérico de um cenário considerando-se avanço tecnológico.....	78
Figura 16 – Esquema genérico de um cenário considerando-se avanço tecnológico e recrutamentos.....	79
Figura 17 – Estrutura do Modelo AHP para escolha do melhor cenário.....	80
Figura 18 – Etapas para elaboração de cenários com as contribuições deste trabalho.....	82
Figura 19 – Gráfico de classificação dos eventos ocorridos segundo previsibilidade	87
Figura 20 – Esquema do cenário futuro A.....	91
Figura 21 – Esquema do cenário futuro B	92
Figura 22 – Gráfico Resíduos X Valores ajustados para n_1	94
Figura 23 – Gráfico Resíduos X Valores ajustados para n_2	95
Figura 24 – Gráfico Resíduos X Valores ajustados para n_3	95

Figura 25 – Gráfico Papel de probabilidade normal para n_1	99
Figura 26 – Gráfico Papel de probabilidade normal para n_2	99
Figura 27 – Gráfico Papel de probabilidade normal para n_3	100
Figura 28 – Curva normal com probabilidade que se deseja calcular	100
Figura 29 – Esquema hierárquico AHP para escolha do melhor cenário	104
Figura 30 – Esquema gráfico da equação da reta.....	116
Figura 31 – Variação residual: à esquerda, homocedasticidade; à direita, heterocedasticidade	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Diferenças entre bens e serviços.....	27
Tabela 2 – Características dos processos produtivos	30
Tabela 3 – Processos de serviços, características e exemplos	33
Tabela 4 – Operações complexas X Modelo clássico	35
Tabela 5 – Síntese dos métodos de previsão	51
Tabela 6 – Variáveis quantitativas dos cenários.....	61
Tabela 7 – Exemplos de inovações radicais e incrementais em indústrias petroquímicas e de construção civil.....	69
Tabela 8 – Escala numérica de Saaty	74
Tabela 9 – Índice de Consistência Aleatória (IR).....	76
Tabela 10 – Relação de custos/trabalhador/nível/ano	85
Tabela 11 – Dimensionamento atual da operação	88
Tabela 12 – Cálculo de homens hora	89
Tabela 13 – Análise dos indicadores para o cenário atual	90
Tabela 14 – Dados de avanço tecnológico <i>versus</i> mudanças no dimensionamento.....	93
Tabela 15 – Equações de Recessão e R^2	94
Tabela 16 – Valores de F_{CALC}	96
Tabela 17 – Variações nos cenários A e B devido aos avanços tecnológicos.....	96
Tabela 18 – Cenário A: dimensionamento final	97
Tabela 19 - Cenário B: dimensionamento final.....	97
Tabela 20 – Dados da distribuição de idades	101
Tabela 21 – Recrutamentos necessários para o Cenário A.....	101
Tabela 22 – Recrutamentos necessários para o Cenário B	101
Tabela 23 – Análise do Cenário A.....	102
Tabela 24 – Análise do Cenário B.....	103

Tabela 25 – Critérios de avaliação para modelo AHP	104
Tabela 26 – Comparações entre critérios	105
Tabela 27 – Notas normalizadas de comparação entre critérios	105
Tabela 28 – Comparações entre cenários, para cada indicador	105
Tabela 29 – Comparações normalizadas entre cenários, para cada indicador	106
Tabela 30 – Cálculos para razão de consistência (RC)	106
Tabela 31 – Tabela ANOVA	118
Tabela 32 – Idades dos trabalhadores	121

LISTA DE ABREVIATURAS

ABC: Análise Baseada em Cenários

AHP: *Analytical Hierarchic Process*

CIT: *Critical Incident Technique*

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1.	JUSTIFICATIVAS E MOTIVAÇÕES	17
1.2.	PROBLEMÁTICA.....	18
1.2.1.	Objetivos	18
1.2.2.	Abordagem metodológica	19
1.2.3.	Conclusões esperadas e limitações.....	20
1.3.	ESTRUTURA GERAL DO TRABALHO	20
2.	REVISÃO E ORGANIZAÇÃO DA LITERATURA.....	23
2.1.	OS SISTEMAS PRODUTIVOS DE MANUFATURA E SERVIÇOS	26
2.1.1.	Tipos de processos produtivos na manufatura	28
2.1.2.	Tipos de processos em serviços.....	31
2.2.	OPERAÇÕES COMPLEXAS X OPERAÇÕES COMPLEXAS	33
2.3.	MÉTODOS DE PREVISÃO DE DIMENSIONAMENTO DE PESSOAL.....	38
2.3.2.	Métodos Quantitativos	40
2.3.3.	Métodos Qualitativos ou de Julgamento	45
2.4.	SÍNTESE DOS MÉTODOS DE PREVISÃO PARA DIMENSIONAMENTO DE PESSO	50
3.	METODOLOGIA	53
4.	O DIMENSIONAMENTO DE EFETIVO EM OPERAÇÕES COMPLEXAS.....	57
4.1.	CONTRIBUIÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO DE EFETIVO EM OPERAÇÕES COMPLEXAS	62
4.1.1.	Técnica do Incidente Crítico para embasar a análise de eventos	62
4.1.2.	Avanços tecnológicos e sua repercussão no dimensionamento de efetivo	64
4.1.3.	Utilizando Markov para prever futuros recrutamentos	71
4.1.4.	Modelo AHP.....	73

4.2. SÍNTESE DAS CONTRIBUIÇÕES AO DIMENSIONAMENTO DE PESSOAL EM OPERAÇÕES COMPLEXAS	76
5. APLICAÇÃO HIPOTÉTICA PARA DIMENSIONAMENTO DE EFETIVO EM UMA OPERAÇÃO COMPLEXA	83
5.1. DELINEAMENTO DO CENÁRIO ATUAL: INDICADORES E PRESSUPOSTOS	84
5.1.1. A técnica do incidente crítico e seu suporte ao dimensionamento	86
5.1.2. O cenário atual	88
5.2. ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS FUTUROS	90
5.2.1. Avanços tecnológicos	93
5.2.2. Recrutamentos necessários	97
5.2.3. Análise dos impactos do dimensionamento sobre os indicadores de avaliação	102
5.3. COMPARAÇÃO DE CENÁRIOS USANDO MODELO AHP	104
6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
APÊNDICE 1- REGRESSÃO LINEAR.....	115
ANEXO 1 – DISTRIBUIÇÃO DE IDADES DOS TRABALHADORES.....	121
ANEXO 2 – CENÁRIO FUTURO A COMPLETO	123
ANEXO 3 – CENÁRIO FUTURO <i>B</i> COMPLETO	125

1. INTRODUÇÃO

O surgimento de novos conceitos de produção voltados para lidar com a alta complexidade de produtos e processos de produção, bem como rápidas alterações nas demandas de produção exige uma abordagem integrada para estruturas de trabalho, técnica e organizacional de uma empresa (GROTE et al. 2000). Nesta mesma linha de raciocínio, Zarifian (1990) já ressaltava a evolução nos sistemas de produção, caracterizada pelo movimento de integração e informatização dos mesmos, e as consequências dessa mudança sobre as formas de trabalho. De acordo com Zarifian (1990), as transformações ocorridas nas formas de trabalho, devido à evolução dos sistemas produtivos são as seguintes:

- Questionamento do conceito de posto de trabalho na concepção taylorista de produtividade: em ambientes produtivos nos quais os postos de trabalho não consistem em uma ordem sequencial de operações sucessivas, como ao longo de uma linha, e o trabalho passar a ser de coordenação e supervisão de todo um sistema de produção, o conceito taylorista de isolamento dos postos de trabalho para cálculo das produtividades locais perde a pertinência. Cabe, então, uma abordagem capaz de “analisar e controlar a eficácia de um sistema integrado ou de um trabalho humano de coordenação das fases deste sistema”.
- Dissociação física entre sistema técnico e sistema de trabalho: em ambientes com altos níveis de automação, por exemplo, verifica-se que o sistema técnico e o sistema de trabalho passam a ser conectados por um novo sistema, o “informacional”. Dessa forma, intervenções manuais migram para tarefas de regulagem, reparação, programação, manutenção.

Salerno (1999) também atenta para essa evolução, que coloca organizações integradas, flexíveis e dinâmicas no lugar das chamadas organizações “clássicas”. Empresas organizadas classicamente caracterizam-se pela produção em larga escala, com altos níveis de padronização, através de linhas de produção, ou pela produção mais diversificada, porém com baixa integração de operações e arranjos funcionais. Embora esse tipo de organização se encaixe em mercados previsíveis e crescentes, não se adequa muito às novas características exigentes em mercados menos previsíveis, menos estáveis e cada vez mais automatizados (SALERNO, 1999).

Desse modo, para se adequar às novas necessidades do mercado competitivo, vê-se uma ruptura com o modelo clássico, ocorrida em três esferas, de acordo com proposição de Veltz e Zarifian (1993):

- Crise do modelo clássico de operação: na escola clássica, a unidade de ação e medida é a operação humana ou de máquina, avaliada pelo indicador tempo – socialmente é considerado insuportável à nova geração de operadores (diferente visão, mais instruída); economicamente é duvidosa a redução do indicador tempo ou fluxo quando há uma multiplicidade de objetivos (como qualidade, flexibilidade, para suportar e propor mudanças, prazos); e, tecnicamente, não se consegue antever quais as ações e movimentos necessários para fazer frente aos imprevistos; ou seja, o modelo clássico de prescrição falha.
- Crise do modelo de cooperação: classicamente, o desempenho agregado é função aditiva do desempenho local e a coordenação se dá via operações. Essa lógica que não prevê o inter-relacionamento humano e defende hierarquias rigorosas que prescrevem ordens não se encaixa nos sistemas contemporâneos. O somatório de desempenhos locais em qualidade, tempos, custos, flexibilidade produzem efeitos globais divergentes; o desempenho depende muito mais da qualidade da organização e das interações de comunicação entre o operacional.
- Crise do modelo de inovação e aprendizagem: na visão clássica, “inovação e aprendizagem aparecem como desvios da produção, claramente desacopladas do funcionamento industrial corrente, tendendo a estabilidade, regularidade e a reprodução de procedimentos e saberes instruídos”. Mas no âmbito de organizações que se inovam constantemente, a capacidade de aprendizado, tanto técnica quanto organizacional, torna-se fundamental para a eficiência.

Neste contexto, ressalta-se um conceito de grande importância para o desenvolvimento deste trabalho: os eventos. Segundo Zarifian (2001), evento é “o que ocorre de maneira parcialmente imprevista, vindo perturbar o desenrolar normal do sistema de produção, superando a capacidade da máquina de assegurar sua auto regulagem”.

Dessa forma, tendo em vista novos sistemas de produção que emergem, as abordagens que os tratam em diversos âmbitos (organizacional, produção, técnica, etc) também devem ser modificadas. E um dos aspectos que merece atenção nessa evolução que se observa é o dimensionamento de pessoas em organizações ou operações que não se classificam no modelo clássico de produção.

Sabe-se que, frequentemente, as decisões referentes a dimensionamento de efetivo são tomadas empiricamente e que as metodologias de apoio a essa decisão são escassas e restritas conceitualmente (MELLO; MARX; ZILBOVICIUS, 2011).

Entretanto, a velocidade do aumento do conhecimento, assim como sua aplicação como forma de sobrevivência organizacional, implica e resulta em rápidas transformações no ambiente, nem sempre previsíveis, que exigem posturas diferentes dos gestores, colocados diante de ambientes bem mais instáveis que outrora (MORITZ, 2008).

Em ambientes cada vez mais competitivos, o dimensionamento da força de trabalho se torna uma atividade essencial para satisfazer as necessidades organizacionais, assegurando a realização das estratégias do negócio, dos objetivos da empresa e de sua continuidade sob condições de mudanças (LUCENA, 1991).

Conforme a revisão de literatura deste trabalho mostra, a produção científica é escassa para tratar a questão do dimensionamento de pessoas em operações que aqui serão denominadas complexas. Por operações complexas, entende-se atividades com as características citadas anteriormente, ou seja, aquelas que não seguem o modelo de organização clássico e são caracterizadas por um sistema produtivo integrado. Além disso, são suscetíveis à ocorrência de eventos que podem gerar grandes perdas, em diversas esferas, à organização e à sociedade como um todo. No mais, a questão central da complexidade do âmbito do dimensionamento de efetivo reside no fato de não relação direta entre ritmo de trabalho e produtividade (MELLO; MARX; ZILBOVICIUS, 2011).

Motivado pela importância do tema dimensionamento de pessoas em operações complexas para o mundo acadêmico e para as organizações, o presente trabalho se propõe a tratar o assunto e contribuir para o avanço de abordagens que contemplem mais a nova era das organizações, conforme definem os autores anteriormente citados.

1.1. JUSTIFICATIVAS E MOTIVAÇÕES

Como enunciado anteriormente, a motivação deste trabalho de formatura se aloja na importância do tema para a comunidade acadêmica e empresarial.

No que tange à pertinência do tema para o meio acadêmico, este é um tema que necessita de maior aprofundamento. Não existe uma metodologia única para o dimensionamento de efetivo e, tampouco, uma literatura organizada, com diferentes métodos

e aplicabilidades de cada um. Espera-se, portanto, que este trabalho possa contribuir no enriquecimento dessa área do conhecimento. Em busca no *Web of Science*, pesquisando *Manpower Planning* como tópico principal, em artigos, nas áreas de pesquisa de *Business Economics, Operations Research Management, Computer Science, Mathematics, Public Administration, Automation Control Systems*, foram encontradas 542 publicações. Ao filtrar a existência do termo *forecasting*, o número caiu para 40 publicações. Dessa forma, pode-se concluir que é um tema não muito tratado academicamente.

No tocante às organizações, considera-se que este trabalho contribua positivamente no suporte à tomada de decisões. Conforme Mello; Marx e Zilbovicius (2011) apontam, as decisões referentes ao assunto são tomadas, frequentemente, empiricamente. Sendo assim, um trabalho que agrupe os diversos métodos que podem ser usados no dimensionamento de efetivo pode ser de muito uso às empresas, especialmente no contexto das operações complexas cujas particularidades não permitem a plena utilização das técnicas conhecidas, tais como o estudo de tempos e movimentos.

1.2. PROBLEMÁTICA

Este seção objetiva dar clareza às questões que se pretende responder com este trabalho. Seguindo a estrutura proposta por Benham (2003), para compor a problemática de um projeto de estudo, esta seção estabelece os objetivos e a problemática do trabalho, os métodos usados para responder às questões e o que se espera concluir com o trabalho.

1.2.1. Objetivos

O tema central do presente trabalho é, como citado anteriormente, o dimensionamento de pessoal e operações complexas. Dessa forma, de modo claro e simples, a questão a ser respondida com este trabalho é a seguinte:

Quais são as ferramentas existentes e abordadas pela literatura com relação ao dimensionamento de pessoas em operações complexas, bem como suas aplicabilidades e limitações?

No entanto, para poder tratar o assunto, é preciso compreender, primeiramente, o que a literatura aborda de modo geral na questão do dimensionamento de pessoas, questão essa não respondida com clareza e profundidade no meio acadêmico. Dessa forma, o primeiro exercício deste trabalho é contribuir de maneira singela na organização da literatura para enumerar as ferramentas existentes prever o dimensionamento de efetivo, bem como suas respectivas limitações e aplicações.

1.2.2. Abordagem metodológica

Este trabalho se divide em três grandes etapas: revisão e organização da literatura, levantamento de contribuições à metodologia de dimensionamento de efetivo em operações complexas e simulação de um caso, a partir de dados hipotéticos.

Na primeira etapa, busca-se enunciar as diferentes técnicas utilizadas no dimensionamento de efetivo e descrever as operações complexas.

Na segunda etapa, toma-se como base o trabalho previamente executado por Mello; Marx e Zilbovicius (2011), no qual foi elaborada uma metodologia baseada em cenários para dimensionamento de efetivo em uma refinaria petroquímica. Concluindo-se que a análise de cenários é a mais adequada para as operações complexas, esta etapa consiste no levantamento de contribuições que podem complementar esta metodologia. Nesse aspecto, vale ressaltar que, dentre as abordagens quantitativa, qualitativa e combinada definidas por Miguel (2010), busca-se tratar a problemática de maneira combinada, de modo a adicionar aspectos quantitativos a uma metodologia de essência qualitativa.

Por fim, na terceira etapa, embora fosse do anseio da autora a aplicação prática do que vem a ser a resposta à questão central aqui colocada, devido à impossibilidade de fazê-lo, optou-se por aplicá-la hipoteticamente, de modo a ilustrar a contribuição do trabalho. A seção 3 deste trabalho contempla mais detalhes sobre a abordagem metodológica.

1.2.3. Conclusões esperadas e limitações

Obtida a resposta à problemática que envolve este trabalho, espera-se que o mesmo contribua positivamente à tomada de decisão no que se refere ao dimensionamento de pessoas em operações complexas. Espera-se, também, suscitar novos trabalhos e aprofundamentos do assunto, de modo a enriquecer a literatura que o cerca.

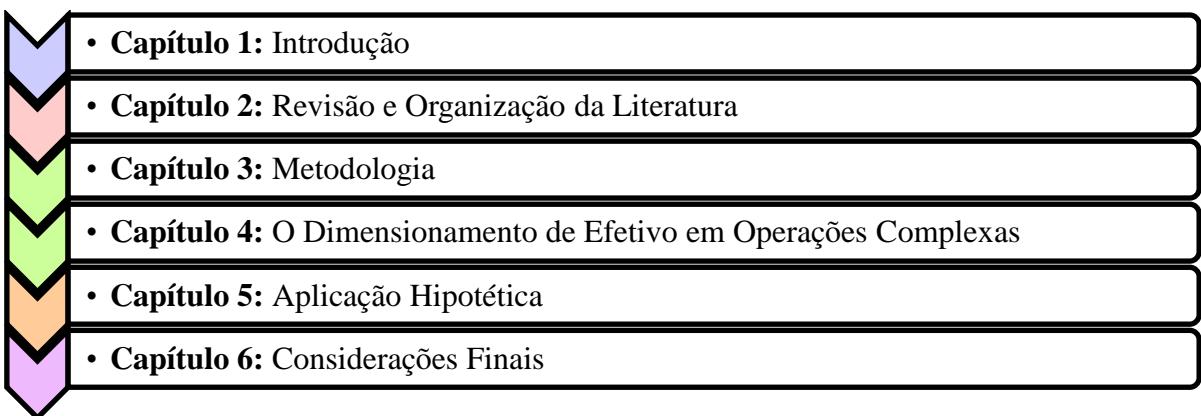
No entanto, é importante ressaltar que, embora nas contribuições elaboradas para a metodologia de dimensionamento em operações complexas tenha se buscado a aplicação genérica, dependendo do caso que venha a ser analisado, outros aspectos que não apenas os aqui diretamente contemplados devem ser considerados. Mas espera-se que seja possível contribuir no sentido de apresentar lógicas e raciocínios que podem ser incorporados à metodologia de análise baseada em cenários, cuja aplicabilidade variará conforme as características específicas da operação.

1.3. ESTRUTURA GERAL DO TRABALHO

A estrutura deste trabalho é a seguinte:

- No capítulo 1, introduz-se a temática abordada, bem como os objetivos, justificativas e motivações do trabalho;
- No capítulo 2, a partir do estudo do referencial teórico acerca do assunto, propõe-se uma base geral de literatura segregada em dois grandes grupos, conforme a informação predominantemente priorizada (qualitativa ou quantitativa) para a tomada de decisão;
- No capítulo 3, detalha-se a metodologia adotada para a elaboração do trabalho;
- No capítulo 4, com base na literatura organizada, propõem-se pontos a serem analisados quantitativamente, de modo a complementar uma abordagem de essência qualitativa;
- No capítulo 5, busca-se a aplicação hipotética do modelo proposto;
- No capítulo 6, por fim, são apresentadas as conclusões do trabalho realizado.

Figura 1 – Estrutura geral do trabalho



Fonte: Elaborado pela autora

2. REVISÃO E ORGANIZAÇÃO DA LITERATURA

Os militares foram os primeiros a desenvolver um modo sistemático e estrategicamente orientado de análise de necessidades futuras de recursos humanos nas décadas de 1940 e 1950. Em tempos de Segunda Guerra Mundial, destacam-se os trabalhos de Seal (1945) e Vajda (1947, 1948). Durante a década de 1960, o interesse no assunto passou a se expandir para áreas corporativas e institucionais, quando começaram os esforços em definir o significado de planejamento de recursos humanos (ACHI e MOTT, 1982). No entanto, esse momento retrata o início da orientação para um melhor planejamento dos recursos humanos, pois o cerne do dimensionamento de pessoas remete à Administração Científica, surgida em 1881 com os trabalhos de Taylor.

O modelo clássico taylorista baseia-se na lógica de que o projeto e operação da produção segue uma sequência rígida de tarefas desempenhada por trabalhadores praticamente fixos aos postos de trabalho (MARX, 1997). Nesse contexto de racionalização do trabalho, Taylor, ao desenvolver o estudo de tempos, contribuiu para o aumento da eficiência industrial (BARNES, 1977). O estudo de tempos proposta por Taylor segue as seguintes etapas (BARNES, 1977):

- Divisão da tarefa de um homem em movimentos elementares;
- Seleção e eliminação dos movimentos desnecessários;
- Observação de como trabalhadores mais habilidosos realizam cada um dos movimentos elementares e, com um cronômetro, escolha do melhor e mais rápido método de se executar cada um dos movimentos;
- Descrição, registro e codificação de cada movimento elementar, com seu respectivo tempo;
- Estudo e registro da porcentagem a ser adicionada ao tempo devido a esperas inevitáveis, interrupções, pequenos acidentes;
- Estudo e registro da porcentagem a ser adicionada ao tempo para cobrir inexperiência dos trabalhadores nas primeiras vezes em que executa a operação;
- Estudo e registro da porcentagem de tempo que deve ser tolerada para descanso e os intervalos destinados ao descanso;
- Combinação dos movimentos elementares em vários grupos, usados frequentemente na mesma sequência, em operações semelhantes;

- Seleção da sequência adequada de movimentos que devem ser usados para produção; A soma dos tempos relativos dos movimentos às tolerâncias correspondentes permite a obtenção do tempo padrão para execução da tarefa estudada;
- Análise da operação, a fim de estudar os materiais utilizados, ferramentas e equipamentos, permitindo, por vezes, a padronização das ferramentas e das condições de trabalho.

Taylor já enunciara parte do estudo de movimentos, no entanto, foram os Gilbreth que desenvolveram o estudo de movimentos tal qual é conhecido hoje na literatura, para encontrar o melhor método para executar a tarefa (BARNES, 1977).

O estudo de movimentos e de tempos é o estudo sistemático dos sistemas de trabalho com os seguintes objetivos: 1) desenvolver o sistema e o método preferido, usualmente aquele de menor custo; 2) padronizar este método e sistema; 3) determinar o tempo necessário gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada trabalhando num ritmo normal para executar uma tarefa específica ou uma operação e 4) orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.

(BARNES, 1977)

Em posse do método padrão (ideal) e do tempo padrão (normal) para execução de determinada tarefa, considerados os tempos de descanso e inexperiência, pode-se, facilmente, calcular a produtividade de um trabalhador, com base em sua jornada de trabalho e, dada a demanda de produção, é possível dimensionar a quantidade de trabalhadores. Dessa forma, nasce, no modelo clássico, uma técnica para dimensionar a quantidade de trabalhadores.

É importante observar que a abordagem clássica para dimensionamento das necessidades de pessoal não resolve definitivamente a questão do dimensionamento, mesmo no contexto de operações estáveis, com tarefas bem definidas, nas quais a técnica de tempos e movimentos se aplica. Isso se deve ao fato de o caráter científico não contemplar imperfeições que são da natureza de qualquer operação. Zarifian (1990) destaca que o taylorismo, ao relacionar a produtividade apenas à racionalização do trabalho, ignora o lado humano do trabalhador, além de fatores inerentes ao ser humano, como sentimentos, desejos, satisfação e capacidade de cooperação.

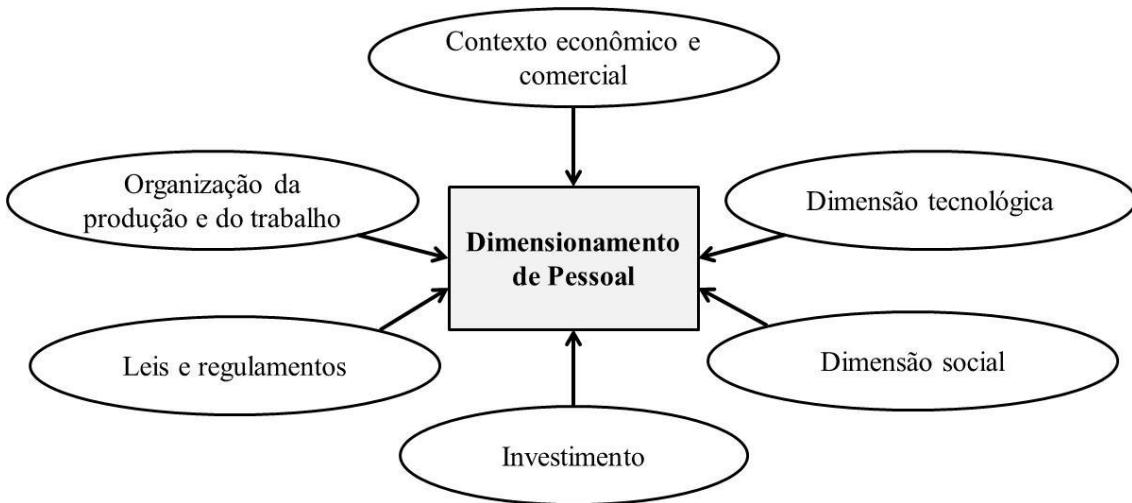
Com a evolução dos sistemas produtivos e a reestruturação pela qual um número significativo de empresas passa, conforme apontado na introdução, não necessariamente é possível aplicar tempos e métodos para auxílio no dimensionamento de pessoal, atividade esta cada vez mais consideradas nas decisões estratégicas.

No dinamismo e níveis de competitividade atuais, com o advento das chamadas organizações integradas e flexíveis (SALERNO, 1999), busca-se, constantemente, a otimização máxima de recursos em todos os aspectos. Sendo assim, especialmente grandes empresas passam por processos de reestruturação a fim de melhorar seu desempenho operacional e financeiro. Nesse contexto, cada vez mais o dimensionamento de pessoal tem sido abordado nas organizações como uma importante ferramenta estratégica.

O dimensionamento de pessoas não é uma tarefa simples. Trata-se de uma decisão de natureza política que envolve diversas variáveis, cada qual com sua devida importância dependendo do tipo de organização e operação cujas forças humanas se desejam dimensionar. Em virtude disso, não existe um método universal que lide com a questão de dimensionamento e alocação de recursos humanos. O método a ser empregado depende da análise do processo produtivo e da identificação dos fatores que interferem na relação entre tecnologia, sistema produtivo e o papel desempenhado pelos (MELLO; MARX; ZILBOVICIUS, 2011).

É importante ressaltar que a decisão com relação a dimensionamento da força de trabalho envolve diversas outras esferas que não apenas internas à organização, de modo que devem ser considerados, também, os *stakeholders* envolvidos. Os *stakeholders* compreendem o conjunto de entidade ou pessoas interessadas ou que serão influenciadas, no caso, no dimensionamento de efetivo (adaptado de KRETAN et al, 2008). O esquema a seguir retrata os diferentes fatores que afetam o dimensionamento de pessoal (MELLO; MARX; ZILBOVICIUS, 2011).

Figura 2 – Fatores que afetam o dimensionamento de pessoal



Fonte: Mello; Marx e Zilbovicius (2011)

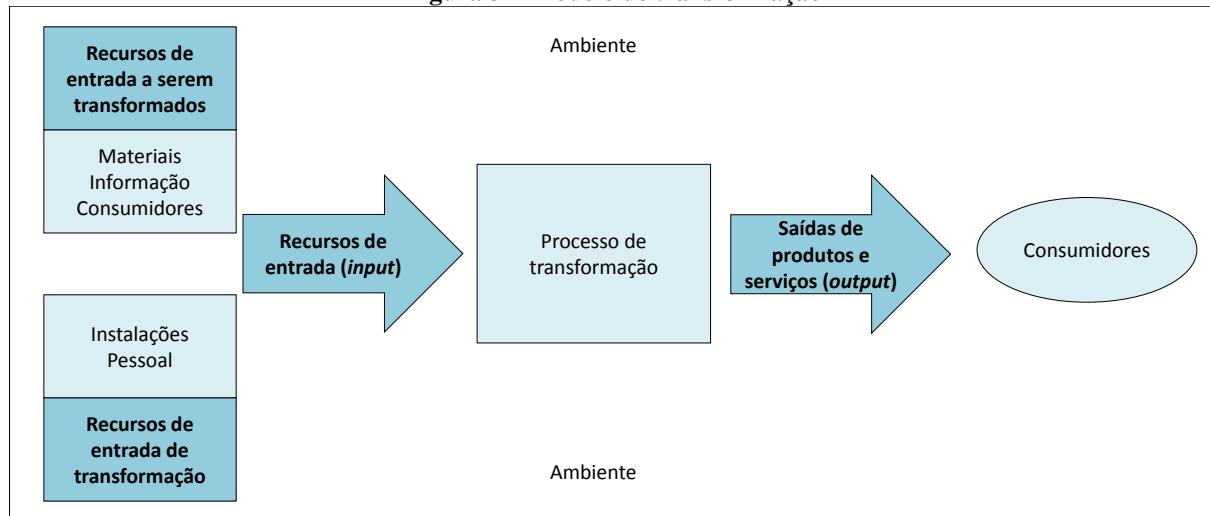
Além dos fatores enunciados acima, conforme Mello; Marx e Zilbovicius (2011) apontam, a decisão sobre dimensionamento de pessoal deve considerar diferentes perspectivas: da empresa (diferentes visões gerenciais e diferenças entre sede e demais filiais, por exemplo), dos trabalhadores (incluindo sindicatos), técnica (aplicação de metodologias conceitualmente adequadas, validadas e disponíveis para auxiliar na decisão sobre dimensionamento) e outras (concorrentes, análise setorial).

Como mencionado anteriormente, a literatura acerca do assunto aqui abordado é escassa, de modo que são poucas as publicações dedicadas às técnicas de dimensionamento de pessoal, especialmente as voltadas para operações complexas. Dessa forma, busca-se o levantamento de algumas visões e técnicas mais discutidas sobre o assunto, para que seja elaborado um espectro geral sobre modelos de dimensionamento de pessoal, a fim de ajudar como uma ferramenta de suporte à tomada de decisão. No entanto, antes de adentrar nas técnicas, é válido distinguir os processos produtivos de bens e de serviços e caracterizar, de fato, o que vem a ser operações complexas.

2.1. OS SISTEMAS PRODUTIVOS DE MANUFATURA E SERVIÇOS

“Qualquer operação produz bens ou serviços, ou um misto dos dois e faz isso por um *processo de transformação*” (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Figura 3 – Modelo de transformação



Fonte: Slack; Chambers e Johnston (2002)

Os sistemas de operação podem ser classificados de diversas formas, dependendo do aspecto que se deseja tomar como referência. No caso, interessa a classificação de acordo com a natureza dos *outputs*, o que permite classificar os sistemas de operação como sistemas que produzem bens (manufatura), sistemas que prestam serviços e aqueles que produzem bens e prestam serviços.

São diversas as definições feitas pelos autores na literatura sobre o conceito de serviço.

Serviço é uma atividade ou uma série de atividades de natureza mais ou menos intangível que normalmente, mas não necessariamente, ocorre em interações entre os consumidores e empregados de serviços e/ou recursos físicos ou bens e/ou sistema do fornecedor do serviço, que são oferecidos como soluções para os problemas do consumidor.

(GRONROOS, 1990)

Kotler (1998), mais concisamente define: “ Serviço é qualquer ato ou desempenho que uma parte possa oferecer a outra e que seja essencialmente intangível e não resulte na propriedade de nada. Sua produção pode ou não estar vinculada a um produto físico”.

Para melhor resumir as diferenças entre serviços e bens de manufatura, Churchill e Peter (2002) apresentam-nas em forma de tabela.

Tabela 1 – Diferenças entre bens e serviços

Característica	Serviços	Bens
Relação com os clientes	Geralmente envolvem uma relação contínua com o cliente.	Geralmente envolvem uma relação impessoal e breve, embora a força e a duração das relações estejam crescendo.
Perecibilidade	Serviços só podem ser usados no momento em que são oferecidos.	Bens podem ser colocados em estoque e usados num momento posterior.
Intangibilidade	O cliente possui apenas lembranças ou resultados, como um cabelo bem cortado ou um maior conhecimento.	O Cliente possui objetos que podem ser usados, revendidos ou dados para outros.
Inseparabilidade	Serviços geralmente não podem ser separados da pessoa que os fornece.	Bens normalmente são produzidos por determinadas pessoas e vendidos por outras.
Esforço do Cliente	O cliente pode estar a par da produção dos serviços.	O envolvimento do cliente pode ser limitado a comprar o produto final e usá-lo.
Uniformidade	Devido à inseparabilidade e ao alto envolvimento, cada serviço pode ser único, com uma possível variação de qualidade.	As variações na qualidade e as diferenças em relação a padrões podem ser corrigidas antes que os clientes comprem os produtos.

Fonte: Churchill e Peter (2002)

Bowen e Ford (2002) vão além das diferenças das características e abordam como elas repercutem nas formas distintas de gestão das organizações de serviços e bens, sob os aspectos de avaliação, estratégia da produção e processo.

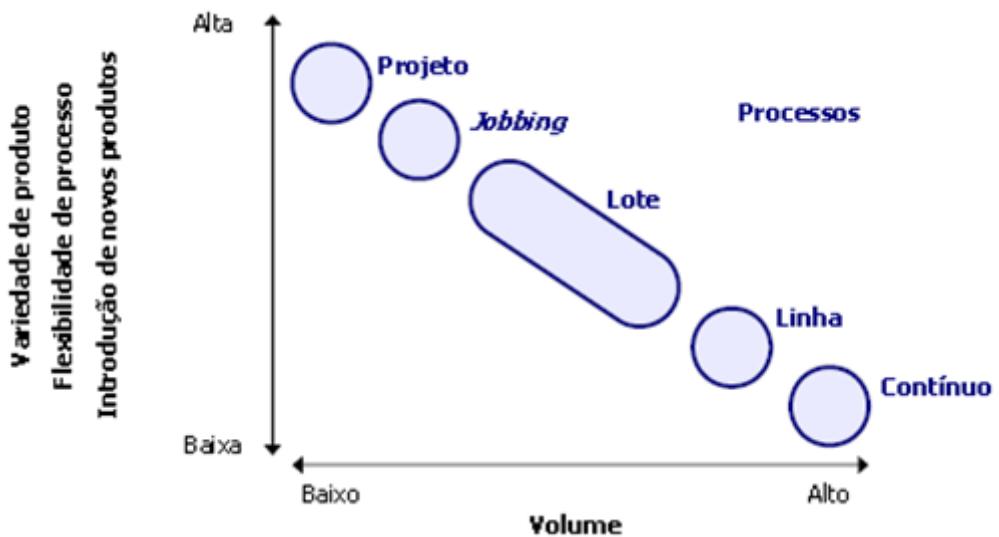
Enunciadas, de modo genérico, as diferenças entre bens e serviços, recorre-se à compreensão da classificação dos mesmos segundo seus processos, para que isso possa alimentar, posteriormente, relações dos tipos de processos de bens manufatureiros e serviços com o dimensionamento de efetivo.

O dimensionamento de efetivo é uma tarefa de cunho personalizado. Estabelecer o método mais adequado para dimensionamento de pessoas para cada um dos tipos de processo pode falhar em alguns pontos. Em primeiro lugar, as indústrias não adotam única e exclusivamente um tipo de processo, podendo ser híbridas. Em segundo lugar, mesmo em determinado tipo de processo dominante, a organização apresenta diversas outras áreas e operações que não necessariamente apresentam as mesmas características de processo. Sendo assim, a distinção dos diferentes tipos de processos tanto na manufatura quanto em serviços, nesta etapa é válida, também, para que os exemplos a serem dados posteriormente com relação à aplicabilidade das diferentes técnicas de dimensionamento de pessoal possam contemplar essas diferenças. Destaca-se, mais uma vez, que o trabalho também representa um exercício de organização e formulação de literatura defasada no tema analisado, considerando-se, portanto, que esse primeiro esforço de fazer a ligação entre tipos de processos de bens e serviços e diferentes métodos de dimensionamento de efetivo pode vir a suscitar novos estudos e abordagens sobre o assunto, de modo a ampliar aprendizados sobre o mesmo.

2.1.1. Tipos de processos produtivos na manufatura

Hill (1993) ao falar sobre a função manufatura, que transforma insumos (energia, matéria-prima, trabalho) em produtos finais, defende que essa transformação pode ocorrer sob a forma de processos genéricos ou híbridos, argumentando que a escolha do tipo de processo deve refletir o mercado ao qual o produto se insere e os volumes de produção. Dessa forma, o autor apresenta cinco tipos genéricos de processo de manufatura: projeto, *jobbing*, lote, linha e contínuo.

Figura 4 – Tipos de processo X Volume de produção e características do mercado



Fonte: Hill (1993)

Para melhor explicar as características dos diferentes tipos de processo, recorreu-se à elaboração do quadro que segue, com apoio de Miyake (2012) e Hill (1993).

Tabela 2 – Características dos processos produtivos

Tipo de Processo	Características Gerais	Natureza da tecnologia do processo	Flexibilidade	Habilidade do operador	Volume	Variedade	Exemplos
Projeto	Manufatura de produto único; recursos normalmente levados ao local de produção do produto	Orientada para aplicações gerais	Muito alta	Alta	Baixo	Alta	Construção civil, estaleiros, produção de aviões
Jobbing	Manufatura de uma quantidade específica de produto; produção de mais itens e usualmente menores do que os processos de projeto; os recursos são compartilhados entre os produtos	Universal	Alta	Alta	Baixo	Alta	Gráficas, restauração de móveis, fabricação e protótipos
Lote	Cada parte da operação tem ciclos de repetição, enquanto se processa o lote	↓	Moderada	Moderada	Intermediária ($>$ Jobbing)	Intermediária ($<$ Jobbing)	Padarias, peças automotivas, indústrias de calçados
Linha	Manufatura de itens que passam por uma mesma sequência de operações	Dedicada	Baixa	Alto	Baixa	Baixa	Indústria automotiva, eletrônicos
Contínuo	Processamento de matérias primas através de sucessivos estágios gerando um ou mais produtos	Altamente dedicada	Muito baixa	Voltada à supervisão	Muito alto	Muito baixa	Refinaria de petróleo, siderúrgica, usina de álcool

Fonte: Elaborado pela autora

Para as indústrias de processo contínuo, faz-se valer maior entendimento de suas particularidades, porque, em geral, organizações assim classificadas apresentam características do que aqui se denominam operações complexas. Toledo; Truzi e Ferro (1986) caracterizam as indústrias de processo contínuo, ressaltando os seguintes aspectos:

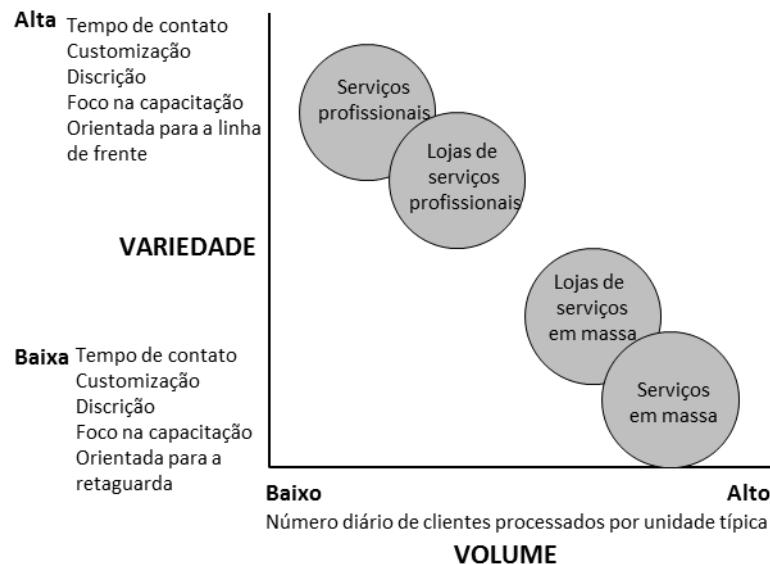
- Indivisibilidade das matérias primas e insumos que, ao entrarem no processo e passarem por diversas reações que influenciam a composição do produto final e dificulta a distinção dos componentes iniciais;
- Alto nível de interligação e interdependência entre os equipamentos, em detrimento de máquinas isoladas que realizam operações bem distintas, o que justifica a baixa flexibilidade desse tipo de processo;
- Maior possibilidade de centralização do controle dos processos, já que a interação da mão de obra com os equipamentos é reduzida e o controle do processo pressupõe, então, o controle das máquinas, através de componentes como sensores, atuadores. Dessa forma, facilita-se a centralização do controle do processo a partir da reunião das informações transmitidas pelos equipamentos de controle.

Os mesmos autores atentam para o fato de que, devido às particularidades anteriormente mencionadas, não há uma dependência direta entre o ritmo de trabalho e a produtividade, estando a última fortemente relacionada à performance dos equipamentos.

2.1.2. Tipos de processos em serviços

Da mesma forma que Hill (1993) diferencia os processos de produção de bens conforme o volume de produção e a variabilidade do processo, Johnston e Clark (2002) também o fazem para os serviços.

Figura 5 – Matriz volume-variedade para serviços



Fonte: Johnston e Clark (2002)

Segundo Johnston e Clark (2002), as características para cada classificação, bem como exemplos são os seguintes:

Tabela 3 – Processos de serviços, características e exemplos

Classificação	Características	Exemplos
Alto volume/ Baixa variedade Serviços em massa	Altos volumes de transação; Processos padronizados e dependentes de sistemas de informação; Relativamente previsíveis, permitindo a previsão de demanda para fornecer os recursos necessários; Proporcionam operações eficientes mediante rigoroso controle do processo ou automação.	Operações de <i>call center</i> <i>Fast food</i>
Lojas de serviços de massa	Atividades padronizadas, porém menos frequentes que nos serviços de massa; Volumes menores nem sempre justificam a automatização do processo; Cautela para coleta de informações sobre os clientes, de modo a assegurar a seleção do serviço mais apropriado.	Serviços financeiros
Lojas de serviços profissionais	Crescente padronização de produto e de processos de entrega; Venda e implementação de soluções padronizadas; Trabalho de relacionamento feito por pessoa responsável por isso e não por profissionais em trabalho individual.	Consultorias
Baixo volume/ Alta variedade Serviços profissionais	Foco nas habilidades e conhecimento dos indivíduos; Ênfase no fornecimento de soluções; Capacitação da organização do serviço diretamente ligada à competência e à reputação dos trabalhadores; Previsão de demanda mais difícil; Recursos exigidos para lidar com a demanda podem ser mais incertos; São menos definidos e termos de exigências de recursos; Organização mais flexível e adaptável se comparada àquela que oferece serviços em massa.	Consultorias estratégicas Advocacia

Fonte: Elaborado pela autora

Tal qual ressaltado para os processos produtivos, dentro de uma mesma organização, pode haver operações de serviços com características diferentes, não necessariamente sendo possível generalizar todas as operações da mesma forma.

2.2. OPERAÇÕES COMPLEXAS X OPERAÇÕES COMPLEXAS

Não a toa optou-se por introduzir este trabalho com a literatura que trata a evolução nos sistemas de produção e o que se pode chamar de “crise do modelo clássico” para algumas organizações. Nesse contexto de evolução dos sistemas produtivos, nos quais os postos de trabalho deixam de ocupar lugares ao longo de uma linha e passam a tratar de coordenação e supervisão do sistema e onde a dissociação física tipicamente taylorista é substituída por

sistemas integrados e dinâmicos, conforme apontam Zarifian (1990) e Salerno (1999), encontram-se as chamadas operações complexas.

Essa evolução implica outras alterações que caracterizam as operações complexas. Conforme Toledo; Truzi e Ferro (1986) caracterizam os processos contínuos em referência à relação tempo/ritmo de trabalho e produtividade, as operações complexas também não apresentam, tal qual na escola clássica de operação, o tempo como medida de operação humana. Desse modo, no escopo deste trabalho, o dimensionamento de efetivo, esta última característica representa a melhor definição das operações complexas.

Outro aspecto que merece atenção é a questão dos eventos, que são os imprevistos que ocorrem e perturbam a normalidade do sistema produtivo e vão além da capacidade de auto regulação das máquinas (ZARIFIAN, 1990). Zarifian (1995) caracteriza o evento essencialmente pela sua condição de impossibilidade decisória quando do seu surgimento, associada a quatro outras características:

1. *Singularidade*: o evento apresenta caráter único e extraordinário, estando fora da norma ordinária que caracteriza um fluxo produtivo e a situação na qual este fluxo se processa.
2. *Imprevisibilidade*: não se pode prever o instante em que o evento ocorre e essa imprevisibilidade não se encontra apenas no tempo, mas também na racionalidade de reorganização para tratamento do mesmo.
3. *Importância*: ao evento, atribui-se um valor discriminante pelos participantes da situação na qual ele ocorreu.
4. *Imanência à situação*: o evento é interno à situação da qual advém, sendo necessária uma abordagem mais qualitativa e próxima das singularidades dos fatos e mais distante das leis universais para que seja possível compreendê-lo.

Trazendo à luz, novamente, Toledo; Truzi e Ferro (1986) em respeito aos processos contínuos, nestes, na parte mais operacional da planta, “o trabalho em ritmo intenso configura anormalidade na produção; o “não-trabalho” é sinal de que tudo vai bem”. Todavia, é nas situações de anormalidade ou de ocorrência de eventos e no tratamento das mesmas que se podem inferir conclusões sobre a produtividade. Ou seja, a rápida e correta reação aos eventos que assegurará altos níveis de produtividade (TOLEDO; TRUZI; FERRO, 1986).

Os desvios devem ser eliminados e as eventuais quebras de equipamento, ou panes surgidas, devem ser consertadas o mais rapidamente possível, pois, como vimos, é isso que assegurará níveis de produtividade elevados. (TOLEDO; TRUZI; FERRO, 1986)

Nesse sentido, Zarifian (2001) desenvolve a importante questão das competências no tratamento de eventos, estabelecendo que a competência é a inteligência prática para situações que se apoiam sobre os conhecimentos previamente adquiridos e os transformam, sendo que essa transformação é tanto maior quanto maior a complexidade das situações. Conclui-se, então, que em operações complexas, a temática da competência se faz mais presente, quando comparada com organizações que se assemelham mais ao modelo clássico. Mello; Marx e Zilbovicius (2011) apontam que, embora eventos sejam típicos de qualquer operação, a rapidez para mobilizar as competências adequadas para lidar com os eventos é fator crítico no caso de ambientes marcados por processos contínuos e complexos.

Por fim, para selar as principais características das operações complexas em comparação com aquelas que se enquadram mais no modelo clássico, elaborou-se o quadro abaixo, com base na literatura de Zarifian (1990), Veltz e Zarifian (1993), Toledo; Truzzi e Ferro (1986) e Salerno (1999).

Tabela 4 – Operações complexas X Modelo clássico

Aspecto	Operações Clássicas	Operações Complexas
Operação em si	Caracterizada pela sequência de tarefas e padronização; isolamento no posto de trabalho	Coordenação e supervisão do sistema de produção; integração do trabalho
Produtividade	Medida pelo tempo	Fortemente relacionada à capacidade de tratamento de eventos
Cooperação e Desempenho	Sem interação humana; desempenho geral é somatório dos desempenhos individuais locais	Forte interação humana; desempenho ligado à qualidade da organização e das interações de comunicação
Inovação e Aprendizagem	"Desvios da produção"	Peça chave para aumentar a eficiência

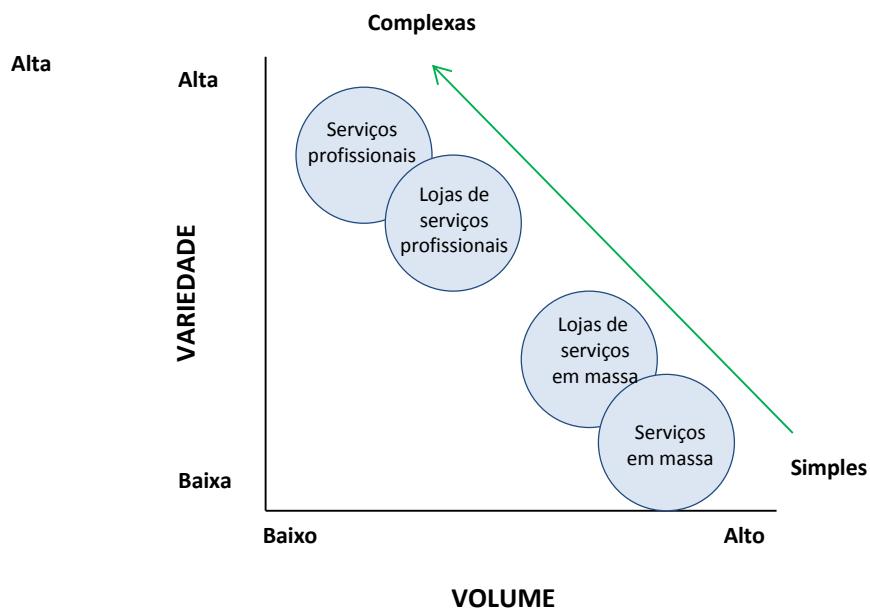
Fonte: Elaborado pela autora

Nesse contexto de diferenças entre operações moldadas no modelo clássico e operações complexas, é importante caracterizar o que aqui será denominado como operações simples. Operações simples não necessariamente se enquadram em todas as características acima descritas como clássicas, especialmente pelo fato de que, atualmente, o fator humano, desconsiderado pela abordagem taylorista, é de suma importância, inclusive na contribuição

para gerar vantagem competitiva. O mesmo pode ser dito com relação à inovação e aprendizagem. Justifica-se, então, essa comparação inicial das operações complexas com o modelo clássico, pois foi do taylorismo que nasceu a primeira técnica de dimensionamento de pessoas, conforme enunciado anteriormente.

Entretanto, tais quais operações dos moldes clássicos, as operações simples são caracterizadas pela estabilidade e pela alta previsibilidade, diferentemente das complexas. E nesse sentido, é possível, genericamente, classificar os tipos de processos em serviços e manufatura conforme a complexidade. No caso dos serviços, pode-se dizer que à medida que se caminha para os serviços em massa, a complexidade diminui e as operações ficam mais próximas de serem classificadas como simples.

Figura 6 – Tipos de processos de serviços e sua complexidade



Fonte: Adaptado de Johnston e Clark (2002)

Serviços em massa, como, por exemplo, um restaurante *fast food*, são caracterizados por maior previsibilidade da demanda, o que em muito facilita o dimensionamento dos recursos necessários. Além disso, caracterizam-se por processos padronizados que, em geral, seguem uma sequência de tarefas. O cliente chega, faz seu pedido e efetua o pagamento. A ordem de pedido é gerada e o corpo de funcionários já está preparado para atender ao pedido. Picos de demanda em horários de refeições são previamente previstos para que se possa dimensionar a operação de modo a atender a demanda. Dessa forma, esse tipo de processo de serviço se enquadra nas operações simples. Já o caso de um serviço profissional, como uma

consultoria estratégica que opera essencialmente com base nas competências de seus funcionários, pode não apresentar esse mesmo nível de previsibilidade e estabilidade. Há maior incerteza quanto à demanda de recursos, pois há imprevisibilidade nos projetos que serão fechados, o que implica incerteza quanto ao nível de competência exigido e quanto à quantidade de trabalhadores exigida. Por esses e outros motivos, serviços profissionais se assemelham mais às operações complexas e, entre esses dois extremos estão as lojas de serviços de massa e profissionais, que agregam uma mescla de características de ambos os tipos de operações.

Analogamente, pode-se efetuar a mesma análise para o caso dos processos de manufatura. No entanto, considera-se que a escala de complexidade não segue a mesma lógica apresentada para os serviços, variando conforme se caminha na matriz Variedade X Volume. As operações simples encontram-se com maior força nos processos de produção em linha. Uma indústria automotiva, por exemplo, conta com elevado grau de previsibilidade de demanda e estabilidade da produção. No entanto, dentro mesmo de uma indústria automotiva, dependendo do grau de automatização, é de se esperar que haja operadores que trabalhem apenas no controle e na supervisão do processo, o que pode exigir um olhar mais voltado à complexidade, mas a essência do processo de produção em linha, que segue determinada sequência de operações e tem sua produtividade relacionada ao tempo, é de uma operação simples. No outro extremo, estão os processos contínuos e por projeto. Já foram levantadas as inúmeras razões que inclusive fazem dos processos contínuos um dos maiores exemplos de operações complexas. Os processos por projeto são também menos previsíveis, exigem muita habilidade de seus trabalhadores dentro de um espectro de grande variedade de projetos, de modo que, assim como os serviços profissionais, enquadram-se na caracterização de operações complexas.

É válido dizer mais uma vez que, dependendo da operação que se analisa dentro de uma organização, pode haver operações simples e complexas convivendo juntas. O que se deseja deixar aqui é a lógica e o racional que permitem e justificam essa classificação.

Por fim, antes de detalhar os métodos de previsão que podem ser utilizados para o dimensionamento de pessoal, é importante ressaltar que a técnica de tempos e movimentos advinda do modelo taylorista de organização do trabalho é fundamental para o dimensionamento de pessoal em operações simples, pelo seu racional que envolve a mensuração de tempos e movimentos padrão para cálculos de produtividade. No entanto, no caso das operações complexas, a lógica clássica de dimensionamento é muito restrita e há maior necessidade de abordagens qualitativas não contempladas no modelo clássico.

2.3. MÉTODOS DE PREVISÃO DE DIMENSIONAMENTO DE PESSOAL

A previsão faz parte das atividades gerenciais de tomada de decisão. A sequência de reflexões e ações que se estende entre o instante em que ocorrer a percepção da necessidade de agir e o momento em que se escolhe uma linha de ação é denominada processo de decisão (ABRAMCZUK, 2009). À medida que as organizações buscam tomar decisões mais embasadas, cresce a necessidade de usar métodos de previsão para decisões gerenciais. Segundo Makridakis; Wheelwright e Hindman (1998), algumas das áreas em que a previsão apresenta um papel importante são:

- i) Programação de recursos existentes: para uso eficiente dos recursos, programação da produção, transporte, pessoal, entre outros, devem ser feitas previsões antes de se saber o nível real de demanda.
- ii) Aquisição de recursos adicionais: neste caso, previsão serve para determinar quais as necessidades futuras de recursos, considerando-se os *lead times* de compra de materiais, contratação de pessoal, etc.
- iii) Determinação de quais recursos são desejados: todas as organizações devem determinar que recursos querem ter no longo prazo, decisões essas que dependem das oportunidades de mercado, fatores externos e desenvolvimento interno de capital, pessoas, produtos e tecnologias. Essas determinações exigem boas e acuradas previsões e gerentes capazes de interpretá-las e tomar as decisões mais apropriadas.

Os métodos de previsão podem ser classificados conforme a informação essencialmente priorizada por eles, ou seja, podem ser segregados entre métodos qualitativos e métodos quantitativos.

Buffa e Sarin (1987) apresentam uma classificação dos métodos de previsão em três grupos, que serão explorados posteriormente:

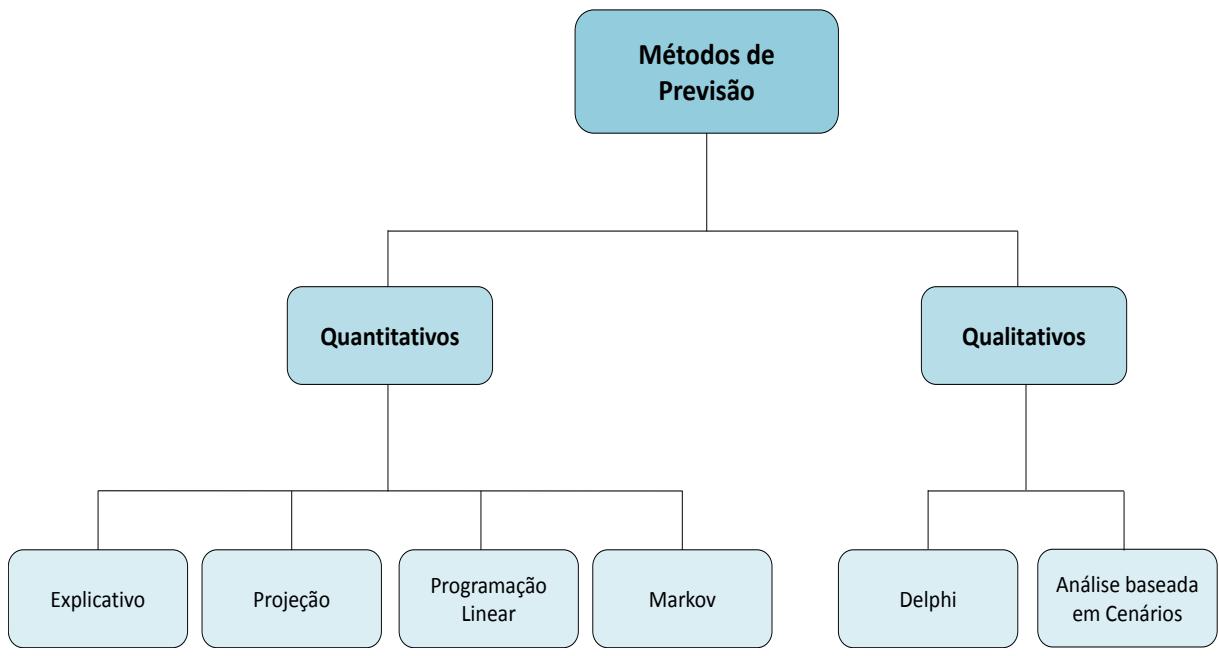
- i) Métodos de projeção ou de séries temporais: utilizam série histórica para extrapolar para o futuro.
- ii) Métodos explicativos: relacionam o comportamento de determinada variável com um ou mais fatores independentes.
- iii) Métodos qualitativos ou de julgamento: baseiam-se em análises subjetivas de especialistas e são bastante utilizados na ausência de dados.

Os métodos de projeção e explicativos priorizam, fundamentalmente, informações quantitativas para elaboração das previsões, enquanto que, como a própria denominação aponta, o terceiro método se utiliza mais de informações qualitativas.

Vale ressaltar aqui os conceitos que envolvem metodologia, métodos e ferramentas. Bonfim (1995), no contexto de *design* de produto, define metodologia como o estudo dos métodos, técnicas e ferramentas e de suas aplicações à definição, organização e solução de problemas teóricos e práticos. Sendo assim, ao desenvolver uma metodologia para dimensionamento de efetivo, consideram-se diversos métodos, que podem, inclusive, ser mesclados, e técnicas e ferramentas que são suporte à utilização dos métodos.

Nesta seção, serão aprofundados os métodos contemplados por Bufa e Sarin (1987), além de outros dois métodos quantitativos que não se enquadram nas classificações de projeção ou explicativo.

Figura 7 – Métodos abordados neste trabalho para dimensionamento de efetivo



Fonte: Elaborado pela autora

2.3.2. Métodos Quantitativos

2.3.2.1. Métodos de Projeção (séries temporais)

O método que utiliza séries temporais é empírico no sentido de que simplesmente observa a série histórica e o padrão de comportamento da mesma para extrapolar a tendência para o futuro (BARTHOLOMEW, FORBES e MCCLAIN, 1991).

Essa abordagem pode ser útil no curto prazo, no entanto, deve ser utilizada com cautela, pois parte do princípio que o futuro pode ser previsto com base na tendência de comportamento observada no passado. Dessa forma, ao considerar que apenas o passar do tempo exerce influência sobre a variável em estudo, pode ignorar fatores importantes que influenciam o comportamento da variável. Além do mais, em operações complexas que, por vezes, são contínuas, é de se esperar que haja uma queda gradual no crescimento do efetivo, dado que avanços tecnológicos podem influenciá-lo, o que permite concluir que esse tipo de abordagem exige outras considerações e, para operações complexas, pode ser utilizada no curtíssimo prazo (semanas, por exemplo), quando se garante a constância das demais condições.

Achi e Mott (1982) também defendem a questão de que métodos extrapolativos são limitados ao considerar que o futuro se comportará como o passado, mas realçam, também que esse utilizar séries temporais podem ser úteis para se ter um apoio com relação às tendências e elementos sazonais, caso existam.

São exemplos de métodos de projeção a média móvel, a suavização exponencial e as séries de Fourier.

Utilizar séries temporais no dimensionamento de efetivo pressupõe observar a série histórica de trabalhadores no tempo para extrapolar a tendência observada para o futuro. Pode-se exemplificar a utilização desse método em uma padaria, por exemplo, exemplo dado aos processos do tipo lote. Sendo assim, em um ambiente como uma padaria, onde questões de sazonalidade costumam ser presentes, faz-se valer a utilização desse método, observando-se que o horizonte de tempo a ser extrapolado não pode ser muito grande. Outro exemplo de uso de séries temporais pode vir a ser o caso de um restaurante *fast food*, caracterizado como um serviço em massa.

2.3.2.2. *Métodos Explicativos*

Métodos explicativos assumem que o comportamento de determinada variável depende de um ou mais fatores independentes. Uma vez estabelecida a relação entre a variável a ser prevista e as variáveis independentes, pode-se prever os valores futuros aplicando-se a equação de relação com os valores apropriados das variáveis independentes. (BUFFA e SARIN, 1987).

Segundo Bartholomew, Forbes e Mcclain (1991), métodos explicativos são baseados em modelos, ou seja, trata-se da representação de um fenômeno particular do mundo real. Sendo assim, com uma vasta gama de informações, é possível, através de métodos estatísticos, estabelecer uma relação matemática entre as variáveis que permite ajustes, de modo a se obter um modelo com a maior acuracidade possível.

Há dois tipos gerais de modelos explicativos: análise de regressão e métodos econométricos.

Métodos de análise de regressão estabelecem uma equação de regressão que expressa o comportamento da variável em estudo em função de outras. Com os parâmetros devidamente estabelecidos, essa relação pode ser usada para prever o comportamento futuro da variável. Havendo uma única variável, a relação é estabelecida através de análise simples de regressão, enquanto que, no caso de mais variáveis independentes a regressão se torna múltipla.

Além de possivelmente ignorar uma ou mais variáveis importantes, um ponto de atenção das análises de regressão é que partem da suposição de que um bom ajuste com dados históricos garante que a equação de regressão é um bom meio para previsões futuras, quando, no entanto, a correlação existente entre as variáveis independentes e dependentes pode ser falsa (BUFFA e SARIN, 1987).

Buffa e Sarin (1987) também atentam para a cautela que se deve ter ao extrapolar além da extensão dos dados da amostra, pois é possível que no intervalo analisado a relação seja linear e fora do período a relação pode não ser linear. Ou seja, se os valores projetados para as variáveis independentes estiverem fora do intervalo usado para gerar a equação de regressão, não se garante que a equação descreverá a relação de maneira acurada (BARTHOLOMEW, FORBES e MCCLAIN, 1991).

Métodos econôméticos, por sua vez, representam uma extensão da análise de regressão e incluem um sistema de equações simultâneas de regressão. Conforme apontam

Bartholomew, Forbes e Mcclain (1991), através da modelagem econométrica, pretende-se construir um modelo das séries expresso em termos de relações que incorporam a teoria econômica.

Exemplifica-se a utilização do método explicativo no caso da construção civil, por exemplo, caracterizada pelo processo produtivo de projeto. Pode-se, por exemplo, com base em históricos de projetos efetuados e necessidades de mão de obra, estabelecer uma relação entre nível de complexidade do projeto, homens-hora disponíveis para cada nível diferente de operação e, a partir de um modelo explicativo, estabelecer essa relação para projetar o dimensionamento para outros projetos.

2.3.2.3. *Modelo básico da Cadeia de Markov*

O modelo básico da cadeia Markoviana assume que um número finito de movimentações de pessoas pode ocorrer entre um período determinado. Para tal, o modelo de Markov é aplicado para investigar as taxas e os fluxos dessas movimentações (ACHI e MOTT, 1982). O modelo parte da definição de que o sistema em análise é dividido em k categorias, que podem ser entendidas, por exemplo, como diferentes níveis hierárquicos. As probabilidades de transição se organizam tal qual:

$$\begin{array}{cccc} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1k} & w_1 \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2k} & w_2 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ p_{k1} & p_{k2} & \dots & p_{kk} & w_k \end{array}$$

onde p_{ij} é a probabilidade de um indivíduo da categoria i no momento inicial do intervalo de tempo considerado estar na categoria j ao final do mesmo, enquanto que w_i corresponde à probabilidade de um membro da categoria i ao início do intervalo deixar a organização ao final. Dessa forma, os elementos da diagonal representam as proporções dos indivíduos que não mudam de uma categoria para outro no intervalo de tempo analisado. Bartholomew, Forbes e Mcclain (1991) apontam para p e w como probabilidades de transição para modelos estocásticos e proporções de transição no caso de modelos determinísticos. O modelo de Markov ainda considera que as pessoas se movimentam independentemente dentro do sistema

e com idênticas probabilidades entre uma categoria e outra que não variam ao longo do tempo.

$$\sum_{j=1}^k p_{ij} + w_i = 1 , \forall i \quad (1)$$

A matriz $P = \{p_{ij}\}$ chama-se matriz de transição e o vetor $w = (w_1, w_2, \dots, w_k)$ é chamado *vetor de perda*. Os valores para P e w podem ser obtidos a partir de suposições ou por estimativas de probabilidades obtidas a partir de dados passados. Dessa forma, optou-se por separar esse método da classificação anteriormente destacada, explicativo ou de projeção, embora caso sejam usados dados passados para se obterem as probabilidades, o uso da cadeia de Markov se adequa à classe de modelos de projeção, quando se pressupõe que o futuro ocorrerá tal qual o passado.

O modelo de Markov pode apresentar diversas variações, mas no presente trabalho será introduzido o modelo básico, quando o recrutamento de pessoas é um número fixo e conhecido.

Sendo assim, para um dado tempo T e sendo $n_j(T)$ o dimensionamento do nível j para o tempo T :

$$n_j(T) = \sum_{i=1}^k n_{ij}(T-1) + n_{0j}(T), \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (2),$$

onde:

$$n_{0j}(T) = R(T)r_j \quad (3)$$

$$n_{ij}(T-1) = n_i(T-1)p_{ij} \quad (4)$$

Sendo $R(T)$ o recrutamento total e r_j o percentual do recrutamento total destinado à categoria j .

Assumindo-se que os parâmetros e as premissas se mantenham, pode-se usar a equação repetidamente para fazer previsões de longo prazo para o futuro (BARTHOLOMEW, FORBES e MCCLAIN, 1991).

Achi e Mott (1982) apontam para alguns problemas inerentes à análise de Markov, especialmente devido às premissas que são assumidas quando da sua utilização. Em primeiro lugar, pressupõe que indivíduos não se movimentam mais de uma vez dentro do intervalo de tempo em estudo. Nesse aspecto, para contornar esse problema, o intervalo de tempo analisado não pode nem ser muito curto, a fim de não haver movimentações, e nem muito longos, quando mais de uma movimentação se torna uma possibilidade realista. Outro ponto

levantado por Achi e Mott (1982) é a premissa de que a probabilidade de movimentação é restrita apenas à ocupação inicial do indivíduo, ignorando-se as probabilidades individuais, ou seja, todos tem a mesma probabilidade de movimentação entre as categorias. Por fim, a última crítica é feita em relação ao fato de as probabilidades de transição serem estacionárias ao longo do intervalo de tempo. Embora seja uma premissa razoável para um curto intervalo de tempo ou horizontes maiores em ambientes e situações estáveis de dimensionamento, a cadeia de Markov apresenta muitos inconvenientes ao se basear fortemente em um conjunto de experiências homogêneas que ocorrem de tempos em tempos dentro de um sistema.

A cadeia de Markov é flexível e permite a consideração de diversos aspectos, tais como férias, aposentadoria, promoções de trabalhadores, ausências. Por trabalhar com probabilidades, pode-se dizer que é um método bastante recomendado para organizações que contam com uma política de recursos humanos que estipula percentuais de promoção de cargos e seleção de funcionários, visando eliminar aqueles que não se adequam ao mínimo de desempenho exigido pela empresa. Consultorias com políticas específicas de recursos humanos podem utilizar o modelo markoviano para prever futuros recrutamentos, por exemplo.

2.3.2.4. Programação Linear

A programação linear permite se mostra como um método quantitativo mais completo, permitindo ao planejador que introduza diversas restrições internas ou externas à organização (ACHI e MOTT, 1982).

Winston e Venkataraman (2003) definem o problema de programação linear como um problema de otimização no qual se deseja maximizar ou minimizar uma função das variáveis de decisão, a chamada função objetivo. Além disso, os valores das variáveis de decisão devem satisfazer as restrições estabelecidas, cada qual sendo uma equação ou inequação linear. Por fim, para cada variável deve existir uma restrição de sinal.

Buffa e Sarin (1987) mostram o modelo genérico de programação linear:

Função Objetivo (F.O): $Maximizar Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$ (5)

Sujeito às restrições: (6)

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \dots \quad \vdots \quad \vdots$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$$

Achi e Mott (1982) apontam para a utilidade de uma extensão do programa básico de programação linear, quando se tem múltiplas funções objetivo ao invés de uma única. A programação linear fornece orientações para decisões tangentes ao dimensionamento de efetivo em face de objetivos conflitantes e se aproxima, então, da realidade das organizações.

Embora a programação linear possibilite a consideração dos objetivos aos quais se quer chegar e das restrições que permeiam o ambiente de tomada de decisão, suas desvantagens decorrem da necessidade de se identificar a(s) função(ões) objetivo(s), bem como da coleta de dados necessária para que sejam determinadas e quantificadas as restrições. Ou seja, dada a existência de *softwares* específicos para solução de problemas de programação linear, a dificuldade maior se encontra principalmente na modelagem do problema.

Pensando-se numa gráfica, que opera segundo o processo *jobbing*, pode-se utilizar o método de programação linear visando à minimização dos custos e que esteja limitada aos recursos disponíveis, tanto em termo de pessoas quanto de capacidade de impressão e, daí, o dimensionamento seguirá conforme a função objetivo do problema.

2.3.3. Métodos Qualitativos ou de Julgamento

Em situações nas quais não existem dados históricos ou quando, ainda que existam, não servem para representar o futuro, métodos qualitativos podem ajudar no suporte à tomada de decisões. No nível mais simples e básico, o julgamento pode advir apenas de opiniões,

tratando-se de um método essencialmente subjetivo. O presente trabalho se limita ao Método Delphi e à Previsão baseada em Cenários.

2.3.3.1. Método Delphi

Uma variação de uma técnica qualitativa compreende o método Delphi, que através de um painel de especialistas, estabelece previsões com um nível de precisão maior, se comparadas àquelas advindas de grupos não estruturados. O método se baseia na realização de uma série de questionários aplicados cada um em uma rodada e de caracteriza no anonimato e não interação entre os participantes, de modo a reduzir a influência de um sobre o outro. Buffa e Sarin (1987) definem três etapas de realização do método Delphi:

- i) Cada especialista no grupo faz suas previsões de forma independente, em breves declarações.
- ii) O coordenador edita e esclarece as declarações.
- iii) O coordenador fornece uma série de perguntas escritas aos especialistas, que incluem o *feedback* fornecido pelos outros especialistas.
- iv) Repetem-se as etapas anteriores diversas vezes. Na prática, atinge-se a convergência nas previsões após poucas rodadas.

Vale ressaltar que cabe à coordenação do método Delphi induzir à convergência das previsões, o que exige do coordenador conhecimentos de abordagens psicológicas para conduzir o método da melhor forma.

2.3.3.2. Análise baseada em cenários (ABC)

Utilizar cenários para prever possíveis situações do futuro pode ser uma ferramenta valiosa, especialmente no caso de ambientes mais dotados de incerteza. Mannermaa (1991) define cenário como o estudo do futuro, atentando ao fato de que não se pode predizê-lo, de modo que os cenários buscam construir diferentes alternativas de futuro e suas interligações. Schwartz (2000), na mesma linha do autor anterior, defende que o futuro é imprevisível e que

os cenários representam possíveis alternativas do futuro, que não podem ser vistas simplesmente como extrações de tendências.

Porter (1985) afirma que os cenários constituem ferramentas importantes nas decisões estratégicas e recomenda a construção de cenários alternativos para elaborar uma análise de sensibilidade.

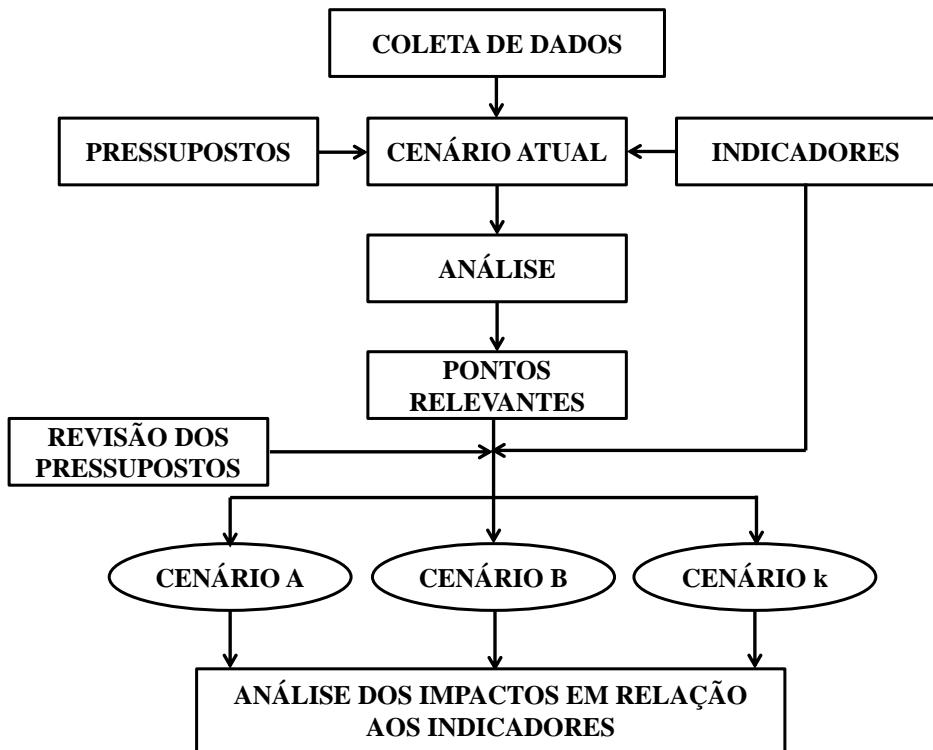
Para Godet (1997), cenários são um “conjunto formado pela descrição, de forma coerente, de uma situação futura e do encaminhamento dos acontecimentos que permitam passar da situação de origem à situação futura”.

A finalidade dos cenários é, consoante Heijden (*apud* MORITZ *et al.*, 2009), “ampliar a compreensão do sistema, identificar os elementos predeterminados e descobrir as conexões entre as várias forças e eventos que conduziam esse sistema, o que levaria a uma melhor tomada de decisão”.

Os cenários configuram-se como situações em que diferentes elementos interferem no processo de trabalho, englobando fatores tecnológicos, organizacionais, políticos e estratégicos. A interligação desses fatores permite a construção de determinada lógica que estrutura a organização dos processos de trabalho. Compreendendo a lógica e analisando-se os indicadores devidamente determinados para exprimir o desempenho do cenário, é possível construir diversos outros cenários a partir de um cenário atual tomado como base. Esses novos cenários são resultado da análise da sensibilidade da condição atual, em relação às possíveis mudanças, verificando impactos e convergindo para cenários mais vantajosos (MELLO; MARX; ZILBOVICIUS, 2011).

Mello; Marx e Zilbovicius (2011) apresentam uma metodologia para dimensionamento de pessoal, desenvolvida especialmente para um projeto de uma indústria do ramo químico com relação ao dimensionamento para as operações de produção de uma refinaria.

Figura 8 – Etapas para elaboração de cenários



Fonte: Adaptado de Mello; Marx e Zilbovicius (2011)

Essa metodologia, como aponta a figura acima, pode ser generalizada e estendida para aplicação a qualquer análise baseada em cenários, não necessariamente no escopo de dimensionamento de pessoal.

A primeira grande etapa consiste no delineamento do cenário atual que descreve a organização/setor que será estudado. Para tal, é necessário coletar os dados e selecionar as devidas fontes de informação. A coleta de dados é o ponto de partida para o trabalho, mas se estende durante toda sua execução. Deve-se ressaltar a cautela com a coleta de dados, de modo a não mascarar dados. Denzin (1989) apresenta três tipos diferentes de triangulação: de dados, do investigador e metodológica. O trabalho realizado por Mello; Marx e Zilbovicius (2005) apresenta amplas e distintas fontes de informação, de modo que foram consultados diversos documentos internos da organização, documentos públicos, literatura científica, normas do setor, documentos gerados pelo sindicato, entre outros. No mais, foram realizadas observações e acompanhamento da operação, além de *workshops* e entrevistas com diversos níveis da organização.

A partir das informações coletadas e devidamente trianguladas, é possível identificar os pressupostos tanto de natureza organizacional quanto tecnológica e de conhecimento que configuram as condições de contorno do problema, de modo a compreender melhor o

ambiente de trabalho, bem como a lógica que permeia a tomada de decisões na organização/setor em análise. Paralelamente, as informações colaboram para o estabelecimento inicial dos indicadores que serão utilizados para a avaliação dos cenários. Esses indicadores devem, ao mesmo tempo, exprimir os critérios pelos quais serão avaliados os cenários a serem desenvolvidos e servir como guias para o levantamento de informações, de modo a estabelecer crescente convergência e consistência (MELLO; MARX; ZILBOVICIUS, 2011). Dessa forma, é possível delinear o cenário atual, que é o elemento base para análise, a partir dos indicadores, pressupostos e demais pontos relevantes, de oportunidades de melhoria para construção de possíveis cenários.

Concluída a definição do cenário atual, parte-se para a construção de novos cenários, cada qual com um *driver* ou direcionador para seu desenvolvimento, indicando uma oportunidade de melhoria conforme avaliado na etapa anterior. Para tal, é necessário um exercício de revisão dos indicadores e dos pressupostos, além de busca de novas informações, esclarecimento de dúvidas e refinamento dos indicadores, para avaliar o impacto das mudanças provocadas pelos cenários nos indicadores.

Desenhados os possíveis cenários, deve-se analisá-los juntamente a membros da organização, para que sejam identificadas eventuais consistências e erros de avaliação. Nessa fase de maior interação, surge a necessidade de recorrer a novos dados não vistos anteriormente. Esta atividade consiste numa revisão dos cenários, a fim de organizar os novos levantamentos de informação para que se possa, então, retornar à etapa de construção dos cenários e repetir o processo a partir daí até que se chegue num consenso com relação aos cenários desenvolvidos no âmbito da consistência dos impactos em relação aos indicadores e à definição dos pressupostos.

Resumidamente, a metodologia consiste em quatro fases:

- I. Delineamento do cenário atual
- II. Construção de cenários
- III. Análise de cenários
- IV. Revisão de cenários

As fases II, III e IV são desenvolvidas em ciclos até que sejam desenvolvidos cenários consistentes e coerentes.

Com relação à aplicabilidade, pode-se exemplificar e frisar a metodologia desenvolvida por Marx; Mello e Zilbovicius (2011) para dimensionamento e alocação de trabalhadores em uma das plantas de uma petroquímica brasileira. Não sendo cabível a aplicação essencialmente quantitativa para o caso, devido ao que foi enunciado anteriormente,

utilizou-se a análise baseada em cenários para gerar diferentes possibilidades de dimensionamento. A partir do exercício da ABC, faz-se o delineamento do cenário atual, o que permite uma profunda compreensão do impacto do dimensionamento sobre os indicadores que são importantes críticos para a operação e para a organização como um todo. Dessa forma, tem-se uma visão melhor da complexidade da operação e de como diferentes variáveis impactam o dimensionamento, o que possibilita, por sua vez, a prospecção de possíveis cenários futuros. Sendo assim, podem ser elaborados diversos cenários, cada qual contemplando objetivos diferentes a serem considerados no dimensionamento, bem como pressupostos específicos diferentes.

2.4. SÍNTESE DOS MÉTODOS DE PREVISÃO PARA DIMENSIONAMENTO DE PESSO

Foram enunciados os considerados principais métodos quantitativos e qualitativos que podem ser utilizados para prever o dimensionamento de pessoal e, assim, apoiar a tomada de decisão dentro das organizações. Essa segregação proposta baseia-se na informação essencialmente priorizada no método, mas não elimina um ou outro tipo de informação na análise.

Não há uma regra de escolha de método para o dimensionamento de efetivo, mas é certo que, dependendo da operação que se analisa e dos recursos disponíveis, um método é mais adequado que o outro.

Os métodos quantitativos são mais adequados para as operações aqui definidas como simples, quando se pode, com mais facilidade, mensurar variáveis e estabelecer relações entre elas, em ambientes mais estáveis e previsíveis. Esses métodos quantitativos podem representar, também, sofisticações que levam em consideração o racional taylorista de tempos e movimentos. Ou seja, no caso de uma produção em linha que se tem os tempos e movimentos padrão para execução das tarefas, pode-se usar isso como *input* para sofisticação da análise a partir de modelo de projeção de séries temporais para demanda de produção, por exemplo.

Por outro lado, métodos qualitativos se adequam mais a ambientes menos instáveis e menos previsíveis. A discussão sobre a evolução do sistema produtivo que permeou a

introdução deste trabalho atenta para organizações dinâmicas, com rápidas transformações no ambiente, nem sempre previsíveis, o que exige, para um melhor enfrentamento desse dinamismo, a utilização de abordagens qualitativas, dentre as quais aqui se destaca a análise baseada em cenários. Para as operações complexas, a análise baseada em cenários pode ser considerada a opção mais adequada para o dimensionamento de efetivo, já que os outros métodos são restritos quanto à consideração das particularidades das operações complexas, consoante apresentado no item 2.2. No entanto, podem-se incorporar métodos quantitativos à análise de cenários, de modo a enriquecê-la quanto ao tratamento da questão de dimensionamento de efetivo em operações complexas e, conforme fora enunciado, é nessa linha de raciocínio que este trabalho opera.

Finalmente, de modo a sintetizar tudo que foi discutido anteriormente, elaborou-se a Tabela 5. As informações referentes a custo foram extraídas de Buffa e Sarin (1987).

Tabela 5 – Síntese dos métodos de previsão

Essência do Método	Método	Descrição	Aplicação Dados	Limitações	Custo Relativo
Quantitativa	Projeções (séries temporais)	Extrapolação da tendência passada para o futuro	Curto prazo Necessidade de dados históricos	Premissa de que o futuro se comportará como o passado	Baixo - Médio
	Explicativo	Relação entre a variável a ser prevista e outras variáveis independentes	Curto e médio prazo Necessidade de dados históricos	Dificuldade de estabelecer quais variáveis são importantes	Médio - Alto
	Cadeia de Markov	Considera probabilidades de movimentação interna, saída da organização, promoção de funcionários, férias, etc, para cálculo de dimensionamento e futuros recrutamentos	Médio e longo prazo Necessidade de estabelecer as probabilidades	Estabelecimento das probabilidades com base no passado parte da premissa de que o futuro se comportará da mesma forma	Baixo - Médio
	Programação Linear	Permite obtenção do dimensionamento para atingir determinado(s) objetivo (s), limitado a algumas restrições	Médio e longo prazo Necessidade de softwares específicos	Dificuldade para modelar o problema	Alto
Qualitativa	Delphi	Efetua o dimensionamento a partir de um painel realizado com especialistas em <i>rounds</i> de respostas a questionários que buscam a convergência das opiniões	Longo prazo	Necessidade de especialistas na organização para responder aos questionários e de um coordenador especializado para induzir a convergência	Médio - Alto
	Análise baseada em Cenários	Elaboração de cenários plausíveis e consistentes de situações futuras sobre o dimensionamento, cada qual priorizando determinados objetivos	Longo prazo Necessidade de coleta de informações tanto do passado quanto atuais, das mais diversas fontes	Necessidade de envolvimento de diversos níveis da organização	Alto

Fonte: Elaborado pela autora

3. METODOLOGIA

Esta seção se dedica ao detalhamento da abordagem metodológica adotada neste trabalho, perpassando pela escolha da abordagem, do método e dos instrumentos, seguindo a linha de raciocínio de Miguel (2010), que defende que a escolha da abordagem precede a definição do método de pesquisa.

Miguel (2010) apresenta as abordagens quantitativa, qualitativa e combinada. Bryman (1989) apud Miguel (2010) ressalta quatro principais preocupações da abordagem quantitativa: mensurabilidade, causalidade, generalização e replicação. A questão da mensuração é aquela que primeiro se associa a uma abordagem quantitativa, no entanto, Miguel (2010) destaca que a mensuração não é algo exclusivo da abordagem quantitativa e que, “por vezes, os pesquisadores qualitativos quantificam variáveis”.

A abordagem qualitativa, segundo Miguel (2010), se distingue da quantitativa devido à ênfase na perspectiva do indivíduo que está sendo estudado.

A preocupação é obter informações sobre a perspectiva dos indivíduos, bem como interpretar o ambiente em que a problemática acontece. Isso implica que o ambiente natural dos indivíduos é o ambiente da pesquisa.

(MIGUEL, 2010)

Ademais, Miguel (2010) destaca que enquanto a abordagem quantitativa tem como foco a estrutura e os elementos da estrutura do objeto de estudo, a qualitativa enfoca os processos do objeto de estudo. As características da abordagem qualitativa são: ênfase na interpretação subjetiva dos indivíduos, delineamento do contexto do ambiente da pesquisa, abordagem não muito estruturada, múltiplas fontes de evidências, importância na concepção da realidade organizacional, proximidade com o fenômeno estudado (BRYMAN, 1989 apud MIGUEL, 2010).

Já a abordagem combinada permite melhor entendimento dos problemas de pesquisa, em comparação à adoção exclusiva de uma delas (MIGUEL, 2010). Creswell e Clark (2006) apud Miguel (2010) ressaltam algumas vantagens da utilização da abordagem combinada:

- compensação dos pontos fracos de ambas as abordagens;
- evidências mais abrangentes;
- ajuda na resposta de questões que não podem ser respondidas por uma única abordagem;

- contemplação de pontos de vista múltiplos.

Creswell e Clark (2006) apud Miguel (2010) ressaltam as situações em que a abordagem combinada pode ser utilizada com sucesso. Primeiramente, no caso de complementação das abordagens, a fim de proporcionar mais evidências e uma visão mais ampla. Outra situação ocorre quando se deseja melhorar a pesquisa com uma segunda fonte de dados. Um terceiro exemplo de aplicação é quando há necessidade de explicar os resultados de uma pesquisa quantitativa e a perspectiva qualitativa colabora para enriquecer os resultados. A última situação exemplificada é quando a abordagem qualitativa é usada primeiramente e, a partir dela, extraem-se os instrumentos que desenvolveram a parte quantitativa. Esta quarta e última situação representa uma abordagem denominada *exploratória* por Creswell e Clark (2006) e é no contexto da mesma que este trabalho se desenvolve.

Na realidade, este trabalho não se dedica a um estudo empírico, mas pretende enriquecer uma abordagem qualitativa com aspectos quantitativos, de modo a aproximá-la de uma abordagem combinada para tratar o dimensionamento de efetivo em operações complexas. Sendo assim, presente-se enunciar contribuições ao método de análise baseada em cenários desenvolvida por Mello; Marx e Zilbovicius (2011), através de instrumentos quantitativos, especialmente estatísticos, a serem testados em uma simulação hipotética. No caso, há também uma contribuição qualitativa, mas que colabora para apreensão de variáveis que podem ser testadas quantitativamente.

Este trabalho foi desenvolvido em quatro etapas principais:

1. Levantamento e organização da literatura disponível: para tal, consultou-se o Prof. Dr. Roberto Marx, que participou de um grande projeto de dimensionamento de pessoal em uma indústria petroquímica, além de outro consultor que participou de um projeto da Fundação Vanzolini sobre o mesmo tema. Ademais, foram realizadas pesquisas em artigos na *internet*, por vezes filtrando artigos relacionados à Abepro, além de buscas no *Google Scholar*.
2. Compreensão e discussão da metodologia de dimensionamento de pessoas a partir de cenários, desenvolvida por Mello; Marx e Zilbovicius (2011): essa etapa contou com discussões realizadas com o Prof. Dr. Roberto Marx, para melhor compreensão da metodologia e busca de oportunidades para contribuição.
3. Elaboração de contribuições para a metodologia desenvolvida por Mello; Marx e Zilbovicius (2011): para elaboração das contribuições, foram fundamentais as

discussões realizadas com um especialista em métodos quantitativos que havia tido contato com o trabalho realizado por Mello; Marx e Zilbovicius (2011).

4. Simulação do método final, contemplando as contribuições, com dados fictícios: para mostrar a aplicabilidade das contribuições, elaborou-se uma situação hipotética, com dados fictícios.

4. O DIMENSIONAMENTO DE EFETIVO EM OPERAÇÕES COMPLEXAS

Desde o princípio da concepção deste trabalho, conforme dito na introdução, tomou-se como base central de estudo o trabalho realizado por Mello; Marx e Zilbovicius (2011), que contempla uma metodologia de análise de cenários desenvolvida para a operação de uma indústria de processamento contínuo, considerada complexa.

O levantamento e a organização bibliográfica realizada na seção 2 serviram para justificar que, no caso de operações complexas, o uso de cenários é a melhor opção, já que análises essencialmente quantitativas mostraram ser melhor aplicáveis a outras situações. Todavia, para responder, da melhor forma, à questão-problema que norteia este trabalho, defende-se ser necessária a contribuição à metodologia base no sentido de acrescentar a ela alguns pontos que a enriqueçam. O propósito aqui não é criticar o trabalho executado pelos autores anteriormente enunciados. Pelo contrário, ressalta-se, sob primeira instância, a importância do trabalho por eles realizado para o meio acadêmico e para a organização que o demandou.

Na seção 2 deste trabalho, segregou-se a literatura que diz respeito aos métodos de previsão conforme a informação priorizada pelo método: quantitativa ou qualitativa. O método dos cenários se enquadra nas abordagens qualitativas, até mesmo conforme Buffa e Sarin (1987) o classificam. No entanto, isso não significa que variáveis quantitativas não são levadas em consideração. O próprio trabalho desenvolvido por Mello; Marx e Zilbovicius (2011) considera variáveis quantitativas para elaboração do cenário. Nesse ponto, vale recorrer, mais uma vez, a Miguel (2010), que embora trate as metodologias de pesquisa no âmbito da engenharia de produção, ressalta que as abordagens quantitativa e qualitativa se diferenciam pela ênfase na perspectiva com a qual são obtidas as informações e se interpreta o ambiente no qual a problemática se situa. Esse mesmo conceito é válido para o presente trabalho.

Dessa forma, esta seção se dedica a explorar pontos que podem ser contemplados na metodologia de análise de cenários, de modo a complementá-la, principalmente, mas não apenas, com aspectos quantitativos.

Recapitulando, a análise baseada em cenários (*ABC*) desenvolvida por Mello; Marx e Zilbovicius (2011) parte da coleta de dados, estabelecimento dos indicadores que servirão

como critérios para avaliação de cenários e de pressupostos que definem a situação de contorno para se delinear o cenário atual da organização/área/operação em estudo. Nessa primeira etapa levantam-se, também, oportunidades de melhoria a serem contempladas na etapa seguinte, de construção de cenários. Deve ser feita, então, uma análise do cenário atual para cada indicador, a fim de destacar pontos relevantes e oportunidades, seja para a construção de cenários alternativos para o presente, seja para a prospecção de cenários futuros, como é tema abordado neste trabalho. A construção dos cenários exige o estabelecimento do(s) objetivo(s) de cada um, bem como dos pressupostos e o impacto do dimensionamento contemplado no cenário sobre os indicadores escolhidos para avaliação. Construídos os cenários, parte-se para sua análise que, por sua vez, resulta na revisão dos cenários.

Dessa forma, consoante as informações aqui recapituladas e a Figura 8, pode-se elaborar um *template* genérico de um cenário futuro A, como na Figura 9, dadas as seguintes considerações:

- Dimensionamento para atingir os objetivos XYZ e EFG;
- A operação dimensionada conta com k diferentes níveis, representados por n_k , sendo que não representam necessariamente níveis hierárquicos;
- Para cada nível n_k , os valores X_k representam o número de trabalhadores dimensionado;
- O cenário A apresenta n pressupostos específicos de diferentes naturezas. Esses pressupostos representam as condições que contornam o cenário, atuando como premissas;
- No processo de seleção dos indicadores para avaliação dos cenários, foram eleitos m indicadores, cujos impactos sobre o dimensionamento são contemplados no cenário.

Figura 9 – Esquema genérico de um cenário

CENÁRIO A					
Objetivos		Dimensionamento			
		n ₁	n ₂	n ₃	...
		X ₁	X ₂	X ₃	X _k
Pressupostos					
Natureza 1	-				
Natureza 2	-				
...					
Natureza n	-				
Indicadores		Impactos potenciais no dimensionamento			
		I ₁			
		I ₂			
		I ₃			
		...			
		I _m			

Fonte: Elaborado pela autora

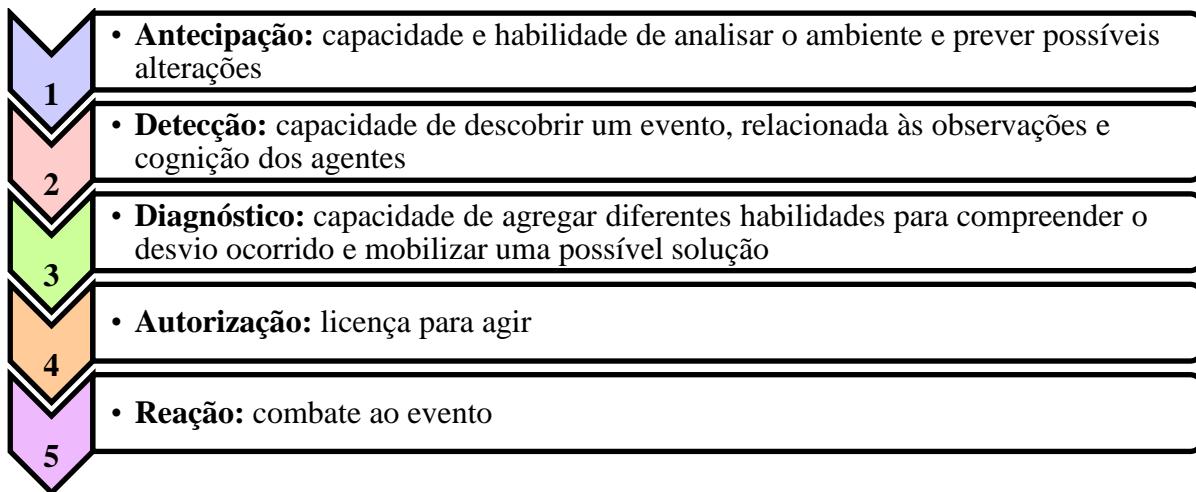
Obviamente, os pressupostos e os indicadores são particulares a cada situação em que se aplicam os cenários. No entanto, vale ressaltar alguns pontos com relação a eles.

Com relação aos pressupostos, Mello; Marx e Zilbovicius (2011) contemplam pressupostos de três naturezas: tecnológica, organizacional e conhecimento. São pressupostos de naturezas importantes a serem consideradas nas operações complexas. A natureza tecnológica, como será visto adiante, tem forte influência no dimensionamento de efetivo, especialmente no âmbito das operações complexas. Aspectos organizacionais referentes à organização do trabalho também são essenciais em qualquer atividade de dimensionamento de pessoas. Por fim, pressupostos ligados ao conhecimento, também merecem atenção, dado que operações complexas, por vezes, exigem conhecimentos técnicos e específicos adquiridos através de treinamentos, por exemplo. Dessa forma, sugere-se que esses pressupostos sejam considerados quando da elaboração do cenário, além de outros que possam vir a ser importantes em cada caso específico. Ressalta-se, também, que os pressupostos devem seguir as legislações e normas reguladoras, pensando-se na segurança e bem estar dos trabalhadores.

No caso dos indicadores, diferentemente da natureza dos pressupostos, sua definição não permite tanta generalização, ainda que seja possível destacar aspectos importantes que podem ser considerados pelos mesmos.

Conforme definido anteriormente, no caso das operações complexas, os eventos são mais críticos e retomando Toledo; Truzi e Ferro (1986), a alta produtividade no que aqui são chamadas operações complexas depende da correta e ágil reação aos eventos. Dessa forma, defende-se fortemente a contemplação dos eventos nos indicadores. Zarifian e Aube (1992) detalha as etapas que envolvem o tratamento de eventos:

Figura 10 – Etapas do tratamento de eventos



Fonte: Elaborado pela autora

Mello; Marx e Zilbovicius (2011) apontam indicadores relacionados ao tratamento de eventos, relacionados à capacidade de antecipação a eventos, tanto aqueles considerados “menores”, que não exigem mobilização externa, apenas de trabalhadores da área que, teoricamente, tem capacidade, conhecimento, tempo, recursos e autonomia para tratar esses eventos, quanto aqueles “maiores”, que exigem mobilização de apoio para diagnóstico e reação.

Outro indicador que os autores utilizam é a disponibilidade dos trabalhadores para realizar as atividades rotineiras em relação ao que se considera como o tempo necessário para execução dessas tarefas. Esse indicador avalia se as atividades “não rotineiras” para eventuais eventos dificultam a execução das atividades rotineiras (MELLO; MARX; ZILBOVICIUS, 2011).

Analogamente à lógica do indicador anterior, os autores consideram a disponibilidade dos trabalhadores para realização dos treinamentos que devem ser realizados *versus* a demanda exigida para execução dos mesmos.

O quadro abaixo representa uma sugestão, baseada no trabalho de Mello; Marx e Zilbovicius (2011) para contemplar essas variáveis quantitativas nos cenários. A lógica que permeia esses cálculos é a de que, no caso das operações complexas, deve-se garantir que sobre tempo para o tratamento de eventualidades.

Tabela 6 – Variáveis quantitativas dos cenários

Parcela	Descrição	Observações
A	Demanda de homens hora para o período	Corresponde ao número de postos de trabalho multiplicado pela quantidade de horas de trabalho no período
B	Disponibilidade de homens hora para o período	Corresponde à quantidade de homens hora disponíveis dado o dimensionamento do cenário, considerando-se, preferencialmente, o período de direito a férias dos trabalhadores. Recomenda-se, ainda, como exemplificado por Mello; Marx e Zilbovicius (2011) a consideração de uma taxa de absenteísmo, a qual pode ser inferida com dados históricos da organização.
C = B - A	Disponibilidade de homens hora para treinamentos e tratamento de eventos no período	Essa diferença deve garantir disponibilidade adicional que é de grande importância para as operações complexas, que demandam rápida ação sobre eventos e conhecimentos específicos para lidar com algumas técnicas e tecnologias
D	Demanda para treinamentos no período	Valor estipulado dadas as necessidades que a operação e a tecnologia exige de treinamento de cada trabalhador, em cada nível analisado da organização
E = C - D	Disponibilidade de homens hora para cobertura de eventos no período	A parcela restante representa, em teoria, o tempo que "sobra" para o tratamento de eventualidade

O quadro elaborado fornece oportunidade para explorar a parcela referente à “disponibilidade de homens hora para cobertura de eventos no período”. De fato, é inerente ao evento a imprevisibilidade e aleatoriedade de sua ocorrência, de modo que método estatístico nenhum é capaz de projetar previsões acuradas sobre o tema. No entanto, sugere-se aqui, como uma contribuição para balizar e garantir maior segurança na elaboração dos cenários, a comparação da disponibilidade de homens hora com a média histórica dos tempos de paradas de operação imprevistas. Daí pode-se inferir que se a disponibilidade for inferior a essa média para o período, o dimensionamento do cenário assume certo risco e pode vir a ser revisto para garantir um dimensionamento mais seguro nesse aspecto.

Ademais, outros indicadores podem ser considerados de modo genérico no contexto das operações complexas, conforme apontam Mello; Marx e Zilbovicius (2011) com relação a aspectos financeiros (custos totais dos cenários para comparação), clima organizacional, no sentido de “identificar aspectos que facilitam ou dificultam o andamento da operação e/ou a

implementação de projetos de mudança técnica/organizacional”, volume de horas extras e segurança do trabalho e ergonomia.

Embora os indicadores tenham sido exemplificados com base no trabalho de Mello; Marx e Zilbovicius (2011), pois se considera que sejam aplicáveis de maneira generalizada a grande parte das operações complexas, o exercício de selecionar os indicadores a serem avaliados em cada cenário deve envolver a organização na qual se aplicará o método, com participação tanto de gerentes quanto de trabalhadores da operação, e as devidas particularidades e objetivos gerais.

4.1. CONTRIBUIÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO DE EFETIVO EM OPERAÇÕES COMPLEXAS

Como mencionado no início deste capítulo, esta seção busca a exploração de pontos importantes a serem contemplados na elaboração de cenários, contribuindo para o aprimoramento da técnica. Desse modo, a partir do estudo bibliográfico e de breves *brainstormings* e discussões realizadas, tanto com o Prof. Dr. Roberto Marx quanto com um especialista em métodos quantitativos, foi possível enumerar quatro oportunidades para enriquecer os cenários. São elas:

1. Técnica do Incidente Crítico (CIT) para melhor compreensão das condições de ocorrência de eventos e
2. Análise da repercussão de avanços tecnológicos no dimensionamento de efetivo;
3. Utilização do modelo de Markov no auxílio a recrutamentos futuros e
4. Modelo AHP (*Analytical Hierarchic Process*) para comparação de cenários e suporte à tomada de decisão.

4.1.1. Técnica do Incidente Crítico para embasar a análise de eventos

A técnica do incidente crítico (*Critical Incident Technique* - CIT) foi introduzida por John C. Flanagan, que publicou sobre o assunto pela primeira vez na *Psychological Bulletin*,

em 1954. O autor descreve a técnica como um conjunto de procedimentos usados para coletar observações do comportamento humano que serviriam como base para resolução e problemas práticos e desenvolvimento de princípios psicológicos.

Segundo definição de Flanagan (1973), o incidente crítico é

Qualquer atividade humana observável que seja suficientemente completa em si mesma de modo a permitir que se façam inferências e previsões sobre a pessoa que executa uma ação. Para ser crítico, um incidente deve conter uma situação onde o objetivo ou a intenção da ação pareça claro ao observador e onde as consequências sejam suficientemente definidas para que deixem poucas dúvidas no que se refere aos seus efeitos.

A técnica do incidente crítico é um método de entrevista qualitativa que facilita a investigação de ocorrências significantes, tais quais eventos, incidentes, problemas, identificadas pelo respondente da forma como foram conduzidas e os resultados em termos da sua percepção dos efeitos. Dessa forma, objetiva-se entender o incidente sob a ótica do indivíduo que o presenciou, considerando elementos cognitivos, afetivos e comportamentais (CHELL e PITTAWAY, 1998).

Segundo Flanagan (1954), a CIT compreende cinco etapas:

- i. Determinação do objetivo geral do estudo;
- ii. Elaboração dos planos e especificações para a coleta dos fatos incidentes referentes ao objetivo do estudo;
- iii. Coleta de dados;
- iv. Análise dos dados, descrevendo-os de maneira eficiente, para que sejam usados em objetivos práticos;
- v. Interpretação e apresentação das exigências do estudo.

De acordo com Urquhart et al. (2003), a CIT encoraja os participantes a contarem suas histórias, já que as situações exploradas são as memoráveis, que primeiramente lhes vem à cabeça, recorrendo, de fato, ao que realmente ocorreu.

Para Bitner, Booms e Tetreault (1990), tal qual a definição de Flanagan (1973), o incidente pode ser definido como uma observação da atividade humana que é completa o suficiente para permitir prognósticos e conclusões a serem feitas a respeito de um evento pessoal. O incidente crítico gera uma contribuição significante, positiva ou negativa, a uma atividade ou fenômeno.

A CIT é essencialmente um processo de coleta de alguns fatos importantes relativos ao comportamento em situações definidas. Deve-se ressaltar que a CIT não consiste em um único conjunto de regras rígidas que regem essa coleta de dados. Pelo contrário, deve ser pensada como um conjunto flexível de princípios que devem ser modificados e adaptados a cada situação específica.

(REYES E CARDOSO, 2010)

De modo simples e resumido, a aplicação da CIT exige que o entrevistador interogue determinado número de pessoas, chamadas de observadores-participantes, que devem ser selecionadas de modo a formar uma amostra representativa para o estudo a ser realizado. O entrevistador, por sua vez, estimula o observador-participante a recordar e descrever tantos incidentes quanto lhe vierem à memória, dentro do escopo do estudo.

Coletados os dados, parte-se para as quarta e quinta etapas apresentadas por Flanagan (1954), que culminarão em análises e interpretações dentro do escopo do estudo.

É válido ressaltar alguns pontos quanto à aplicação da CIT. Por se tratar de uma técnica fundamentalmente qualitativa, está suscetível ao viés. Dessa forma, deve-se buscar a triangulação, de modo a explorar os relatos sob diversos ângulos, explorando variados entendimentos, buscando uma interpretação mais acurada. Isso pressupõe um amplo trabalho com os investigadores, de modo a garantir que eles sejam abertos a diferentes possibilidades de explicações para que as conclusões se relacionem aos respondentes e às condições do estudo e não aos valores do pesquisador (REYES e CARDOSO, 2010).

Pelo que se pode observar na literatura, os estudos que mais recorrem à CIT são aqueles referentes às relações inter e intraorganizacionais e ao *marketing*. No entanto, dada toda a contextualização apresentada da técnica bem como a repercussão que a ocorrência de eventos pode ter em operações complexas, propõe-se a aplicação da CIT para melhor compreender as condições de contorno nas quais ocorrem os incidentes dentro de uma organização, com foco no dimensionamento de efetivo, ou seja, buscando-se explorar as reais necessidades de trabalhadores e competências para o tratamento mais efetivo de eventos.

4.1.2. Avanços tecnológicos e sua repercussão no dimensionamento de efetivo

Avanços tecnológicos se traduzem amplamente em diversas esferas e níveis. Falar de maneira genérica sobre o assunto é um tanto quanto difícil, dado que, normalmente, o tema já

é caracterizado para cada tipo de indústria. No entanto, como o trabalho objetiva a contribuição à metodologia anteriormente descrita, tornando-a mais genérica e ampla em termos de aplicabilidade no âmbito das operações denominadas complexas, esta seção propõe-se a levantar as questões que estão por trás da incorporação de uma nova variável à análise baseada em cenários: o efeito do avanço tecnológico no dimensionamento de pessoal.

No contexto desta seção, os avanços tecnológicos serão tratados, por vezes, como inovações tecnológicas.

No pós-guerra, a partir da década de 50, o progresso técnico passou a ser tema central na análise social e econômica. Freeman (1975) defende que esse movimento de mudança no período pós-guerra possibilitou, através dos avanços tecnológicos, o progresso da economia. Na mesma linha de raciocínio, Schumpeter (1982) conclui que o principal gerador de mudança na economia são as inovações tecnológicas ou o progresso técnico.

Ainda no tocante das inovações tecnológicas, diversos autores tratam sobre o tema. Barbieri (1990) aponta que é pela inovação que se introduz efetivamente um novo produto ou processo ou se aperfeiçoam os já existentes por meio de criação de novo processo ou alteração nos processos existentes, modificações no produto existente ou substituição de um modelo por outro, integração vertical de novos produtos aos já existentes e a introdução de um produto completamente novo que exige novas tecnologias. Segundo a mesma lógica, Masiero (2007) defende que as formas de inovar consistem na introdução de um novo modelo de produção, na inovação de um produto, na identificação de novas oportunidades no mercado, no emprego de novas fontes de matéria-prima e também no desenvolvimento de novos tipos de organização e gestão.

Vale traçar o paralelo com os extremos que Schumpeter (1984) estabelece quanto às inovações tecnológicas, pois as várias formas anteriormente mencionadas se enquadram entre os limites de classificação do autor de inovações tecnológicas radicais ou incrementais. A inovação incremental compreende o aprimoramento contínuo da tecnologia, no qual se busca um aperfeiçoamento gradual. Segundo Katz (1971), esse tipo de inovação é apresentado pelas mudanças marginais que surgem do acúmulo de experiências, assim como melhorias aplicadas a inovações maiores. Por outro lado, a inovação radical representa uma ruptura e provoca grande impacto econômico ou mercadológico.

Nas últimas décadas, tem-se notado que a introdução de tecnologias nas organizações cresce muito rapidamente, trazendo consigo a necessidade de revisão e reformulação dos modelos de gestão adotados pelas organizações. Pode-se dizer que o movimento recente em favor dos avanços tecnológicos tem como um dos impulsionadores os avanços em automação.

Automação é a tecnologia pela qual um processo é completado sem a participação do ser humano. Para a sua implementação, utiliza-se um programa de instruções, combinado com um sistema de controles que executa as instruções.

(GROOVER, 2001)

Bessa (2004) ressalta a limitação que a definição de Groover (2001) apresenta quando se trata de automação dos sistemas de manufatura, atentando para o fato de que esses sistemas dependem amplamente da capacitação e habilidades dos trabalhadores e, portanto, aumentar o nível de automação exige, também, modificações na participação dos operadores do processo. O que se entende neste ponto é que não necessariamente a automação substitui por completo a participação do ser humano no processo, porque, se por um lado reduz a participação humana em algumas tarefas, por outro, modifica o papel desempenhado pelas pessoas em relação aos equipamentos, exigindo, por vezes, a criação de novos postos destinados a ações desse gênero.

No âmbito das relações de trabalho, Masiero (2007) afirma que os aspectos que mais dificultam a mudança em termos de avanços tecnológicos no contexto organizacional estão relacionados, em grande parte, aos recursos humanos.

Mendes (1995) defende que as mudanças tecnológicas, ao mesmo tempo em que modificam o processo de trabalho, impulsionam novas formas de abordagem sobre a relação trabalho-capital. Ou seja, inovações tecnológicas caminham em paralelo com mudanças organizacionais, exigindo novos patamares de qualificação dos trabalhadores. Para salientar esse ponto, Parlett (2003) diz que a instalação de equipamentos e de sistemas de alta tecnologia pressupõe a ampliação da capacitação dos empregados e desenvolvimento de novas habilidades.

No ambiente organizacional, são dois os grupos que interagem para atingir os objetivos da empresa: trabalhadores e empregados. À medida que ocorre a intensificação do desenvolvimento tecnológico, os papéis desempenhados por esses grupos também mudam, bem como as habilidades exigidas de cada um deles (SACHUK, TAKAHASHI e AUGUSTO, 2008).

No contexto de avanços tecnológicos e relações de trabalho, diversos autores divergem com relação ao seu posicionamento, alguns defendendo fortemente a teoria de que o desenvolvimento tecnológico tem como consequência a coisificação das relações de trabalho nas organizações, outros adotando uma postura menos extrema, reconhecendo o equilíbrio que há entre a eliminação de alguns postos e exigência de outros novos. A exemplificar, Drucker (1962), aponta que a automação, além de oferecer um maior número de empregos,

exige maior qualificação da mão de obra. Fato é que o desenvolvimento tecnológico muito influencia nas relações e organização do trabalho dentro de uma empresa, não podendo, então, ser desconsiderado.

Dessa forma, de modo a dar complemento à previsão baseada em cenários, propõe-se que, a partir de uma escala de graus de avanços tecnológicos, as organizações relacionem os mesmos às mudanças ocorridas no efetivo, de modo a possibilitar a previsão mais acurada que uma dada tecnologia vislumbrada a ser introduzida no futuro exigirá em termos de dimensionamento de efetivo, por exemplo. Para tal, faz-se necessária a estipulação de níveis diferentes de avanços tecnológicos. Conforme mencionado anteriormente, os avanços são particulares a cada tipo de organização e, mais ainda, a cada operação à qual se relacionam, de modo que o que se propõe aqui é um levantamento a ser personalizado para cada caso específico.

Groover (2001) identifica cinco níveis possíveis de automação em uma empresa:

- Nível de dispositivo: comprehende sensores, atuadores e outros componentes de *hardware* das máquinas;
- Nível de máquina: os *hardwares* do nível anterior são montados de forma a gerar um único equipamento/máquina, como, por exemplo, robôs industriais, esteiras, CNC;
- Nível de célula: instruções do nível da planta desencadeiam a operação das células; “As células de manufatura são compostas por grupos de máquinas ou estações de trabalho, conectadas a um sistema de manuseio de materiais, computadores e outros equipamentos de processo” (BESSA, 2004);
- Nível de planta: as informações recebidas do sistema corporativo são traduzidas para planos de produção. São exemplos: controle de qualidade, processamento de ordens, controle de estoque;
- Nível de empresa: comprehende o nível mais elevado, agrupando todas as informações corporativas necessárias para o gerenciamento de vendas, *marketing*, *supply chain*, fábrica e finanças, por exemplo.

Shingo (1996), embora trate do sistema de produção enxuta, estabelece uma classificação em estágios entre o trabalho puramente manual e a automação completa, propondo níveis de automação e sua relação com o trabalho manual e intelectual. O autor propõe seis estágios: operação manual, alimentação manual/corte automático, alimentação automática/corte automático, semi-automação, pré-automação (automação com toque humano) e automação verdadeira.

A mesma classificação de Groover (2001) pode ser representada na forma da conhecida Pirâmide de Automação, que representa os níveis hierárquicos de um processo de automação industrial desde a camada regulatória (controle do processo) até o planejamento da produção.

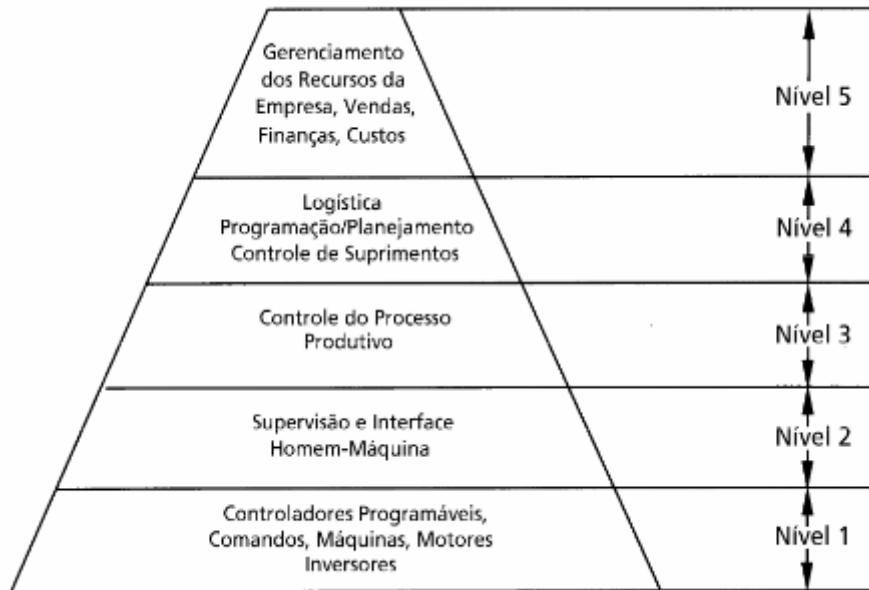


Figura 11 – Pirâmide de automação

Fonte: Castrucci e Moraes (2011)

Embora nem todo avanço tecnológico implique, necessariamente, mudanças no grau de automação, julgou-se importante o levantamento anterior até mesmo porque a tendência pela automação é característica forte de indústrias de processo químico que são, no caso, o exemplo mais representativo de operações complexas.

No mais, ressaltados os pontos que diferentes autores falam sobre avanços tecnológicos e mudanças nas relações e organização do trabalho, é razoável supor, então, que haja relação entre avanços tecnológicos e dimensionamento de efetivo. Sendo assim, propõe-se aqui, como um primeiro exercício, achar a relação entre essas duas variáveis a partir do modelo de regressão linear, que é o mais simples. Todavia, salienta-se, novamente, que não é possível generalizar os níveis de avanços, dado que dependem do contexto da operação. Para exemplificar, recorre-se, novamente, à Shumpeter, referenciado no Manual de Oslo (2004):

A inovação está no cerne da mudança econômica. Nas palavras de Schumpeter, inovações radicais provocam grandes mudanças no mundo, enquanto inovações ‘incrementais’ preenchem continuamente o processo de mudança.

Dessa forma, é possível exemplificar inovações classificadas como incrementais e radicais em diferentes operações, a fim de justificar a impossibilidade de generalizar os graus de avanços em todos os tipos de indústrias e operações, defendendo-se, portanto, que os limites dos diferentes níveis estabelecidos em cada caso acompanham a classificação de Shumpeter (1984).

Tabela 7 – Exemplos de inovações radicais e incrementais em indústrias petroquímicas e de construção civil

	Petroquímica	Construção Civil
Incremental	Introdução de um sensor em determinado ponto do processo	Utilização de concreto auto adensável
Radical	Implementação de nova tecnologia nova para exploração da camada de pré-sal	Pré-moldados

Fonte: Elaborado pela autora

O que se pode concluir com os exemplos anteriores é que os extremos das inovações (radicais e incrementais) exigem diferentes avanços em termos de tecnologia, dependendo do tipo de organização que se estuda. Dessa forma, as repercussões na organização, relação e alocação do trabalho também serão distintas, não sendo possível generalizar essa escala de graus de avanços.

Sendo assim, o racional aqui considerado consiste em, a partir de dados históricos da organização, enquadrar os avanços tecnológicos ocorridos em diferentes níveis e associar a eles as mudanças ocorridas no dimensionamento de pessoal. Sugere-se que a variação que determinado avanço causou no dimensionamento seja considerado em termos percentuais e não absolutos. Vale ressaltar, também, que é importante segregar a repercussão no dimensionamento entre os diferentes níveis de trabalhadores da organização. Com esses dados, é possível estabelecer o modelo que relaciona a variação no efetivo com o grau de avanço e projetar variações futuras com base em pressupostos tecnológicos.

Para um primeiro exercício, no caso hipotético, será aplicado o modelo de regressão linear, a fim de simplificar a situação. Detalhes sobre o método de regressão linear podem ser encontrados no Apêndice 1.

Para o modelo de regressão aplicado, o objetivo é achar a função que explica $Y = f(X) + \varepsilon$, onde Y_n representa a variação percentual de efetivo e X, o grau de avanço tecnológico.

Sejam identificados, então, ao longo do histórico analisado de determinada organização:

k níveis diferentes de avanços tecnológicos

n categorias/níveis hierárquicos que sofreram alteração no dimensionamento devido aos avanços.

Sendo assim, é possível agrupar os dados na forma da matriz A:

$$A = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{k1} & y_{k2} & \dots & y_{kn} \end{pmatrix}$$

Na qual, y_{ij} representa o percentual de redução ou aumento que a inovação de grau i causou no nível j da organização.

$$i = 1, 2, \dots, k$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

É importante observar que em tempos diferentes ao longo do histórico analisado podem ter ocorrido avanços de mesmo grau, mas com repercussões um pouco diferentes no percentual de variação do efetivo. Dessa forma, pode-se utilizar a média da variação para cada grau de avanço em cada categoria analisada ou pode-se, e recomenda-se, optar por enumerar todas as variações, sem representá-las pela média. Ou seja, isso significa dizer que a matriz A se transforma em uma tabela que pode ter, para um mesmo i e um mesmo j , valores y_{ij} diferentes.

Então, feitas as regressões lineares através do método dos mínimos quadrados, para cada nível n , haverá um $Y_n = b_0^n + b_1^n \cdot X$. Para cada uma das equações, deve-se fazer a análise de variância (ANOVA), o cálculo do coeficiente de determinação e a análise de resíduos, a fim de garantir que a adequação do modelo.

Parte-se para a próxima etapa de analisar como projetar, em um cenário futuro, as alterações no dimensionamento de efetivo causadas por avanços tecnológicos. Não necessariamente será possível classificar um investimento futuro em tecnologia dentro da escala previamente estabelecida para organizar os dados históricos. Dessa forma, vislumbrando a formulação de uma projeção probabilística, propõe-se aqui que, a partir de *benchmarks* internos e externos, a organização identifique as probabilidades de que determinado investimento recaiam em cada grau de avanço tecnológico, a fim de se encontrar o valor esperado de alteração em cada nível/categoria, considerando-se essas probabilidades. Dessa forma, o valor X será, então, representado pelo sua expectância:

$$E(X) = \sum_{i=1}^k p_i x_i \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^k p_i = 1 \quad (8)$$

Onde p_i representa a probabilidade de que o avanço seja do grau i e x_i é o próprio valor discreto i da escala de avanços.

E o valor Y_n será, para análise de um cenário futuro,

$$Y_n = b_0^n + b_1^n \cdot E(X). \quad (9)$$

4.1.3. Utilizando Markov para prever futuros recrutamentos

Na introdução, enunciou-se o modelo básico Markoviano para dimensionamento de efetivo quando o recrutamento é fixo, a fim de se dimensionar e projetar o número de trabalhadores para o futuro. No entanto, nem sempre este é o caso de interesse para aplicação de Markov, dado que, muitas vezes, um dos pontos que se quer definir é o nível de recrutamento necessário no futuro. Bartholomew, Forbes e McClain (1991) apresentam diferentes vertentes que o modelo de Markov pode assumir, dependendo das condições às quais se quer aplicá-lo. Adaptando-se o modelo a fim de se saber o nível de recrutamento necessário para cada categoria, tem-se:

$$r_j(T) = R(T)r_j = \sum_{i=1; i \neq j}^k n_i(T-1)p_{ij} + n_j(T-1)w_i + M_i(T) \quad (10)$$

$$i, j = 1, 2, \dots, k$$

$$\text{onde } M_i(T) = n_j(T) - n_j(T-1) \quad (11)$$

Ou seja, essa diferença corresponde, quando positiva, ao crescimento estimado de determinada categoria dentro de um cenário. Dessa forma, a adaptação aqui feita parte do pressuposto de que, na elaboração dos cenários, estabeleça-se o dimensionamento de cada categoria, considerando-se os objetivos priorizados em cada cenário e os indicadores e, a partir desse dimensionamento e do dimensionamento anterior, considerem-se eventuais movimentações internas e possibilidades de saída da organização, para que seja possível projetar quais serão os recrutamentos necessários em cada categoria para o cenário futuro.

Como já enunciado, o modelo exige dados referentes a probabilidades de saída da organização ou de movimentação interna. Dependendo do contexto que se analisa e da

política da organização, esses valores são pré-determinados. No entanto, caso não o sejam, podem ser estipulados a partir de dados históricos.

Outro ponto que deseja se explorar no modelo markoviano é o valor de w_i . Em operações complexas, quando se fala de indústrias especialmente de produção contínua, que exigem amplo conhecimento da operação e os trabalhadores recebem treinamentos específicos, as empresas devem se organizar e se preparar previamente para substituir aqueles que podem vir a deixar a organização, especialmente se a ocupação de determinados cargos exigir longos treinamentos e adaptações para os postos de trabalho. Nesse contexto, propõe-se aqui segregar esse valor em duas partes:

- w'_i em referência às saídas categoria i que devido à aposentadoria e
- w''_i em referência às saídas por outros motivos

Desse forma, os valores de w''_i corresponderiam a uma parcela determinística de w_i e poderia ser obtida pelos dados históricos, enquanto que os valores w'_i seriam obtidos probabilisticamente. Vale atenção a esse aspecto, pois, num primeiro instante, pensa-se em aposentadoria como uma questão discreta, facilmente estipulada analisando-se as idades dos atuais membros da organização. Todavia, ao se projetar um cenário futuro, não é possível saber ao certo se eventuais recrutamentos que ocorram nesse horizonte de tempo contemplam pessoas que podem, no cenário futuro, atingir a idade de aposentadoria. Sendo assim, julgou-se importante transformar a questão da aposentadoria em probabilística.

Costa Neto (2006) explica que, em razão do Teorema do Limite Central, diversas distribuições de probabilidade podem ter distribuições admitidas como normais, se o valor n do tamanho da amostra for suficientemente grande, “pois a média de uma amostra definida como

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

resulta em geral de uma soma de variáveis aleatórias independentes igualmente distribuídas.

Assim sendo, as idades dos trabalhadores de cada categoria em análise distribuir-se-ão normalmente, definidas pelos parâmetros média e desvio-padrão, μ e σ , por sua vez, estimados, respectivamente, por \bar{x} e $\sigma(\bar{x})$ pelos critérios de justeza e coerência (RAMOS, 2011).

Costa Neto (2002) mostra que

$$\sigma(\bar{x}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (12)$$

Sendo o melhor estimador de σ^2 , dado que μ é conhecido (RAMOS, 2011),

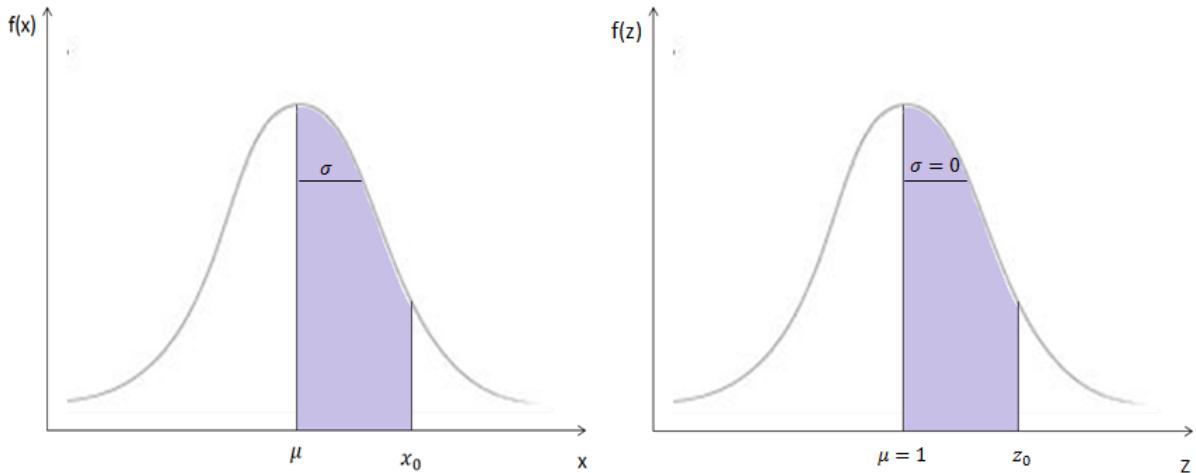
$$s^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}. \quad (13)$$

Para calcular as probabilidades em uma distribuição normal, recorre-se à distribuição padronizada de Z , com $\mu(Z) = 0$ e $\sigma(Z) = 1$, que apresenta valores padronizados de probabilidades. Fazendo-se a transformação linear de Z em função de X (COSTA NETO, 2006; MONTGOMERY, 2002):

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}. \quad (14)$$

Dessa forma, para um valor z_0 correspondente a um valor x_0 considerado, obtém-se $P(0 \leq Z \leq z_0) = P(\mu \leq X \leq x_0)$.

Figura 12 – Relação da curva normal para x_0 e z_0



Fonte: Elaborado pela autora

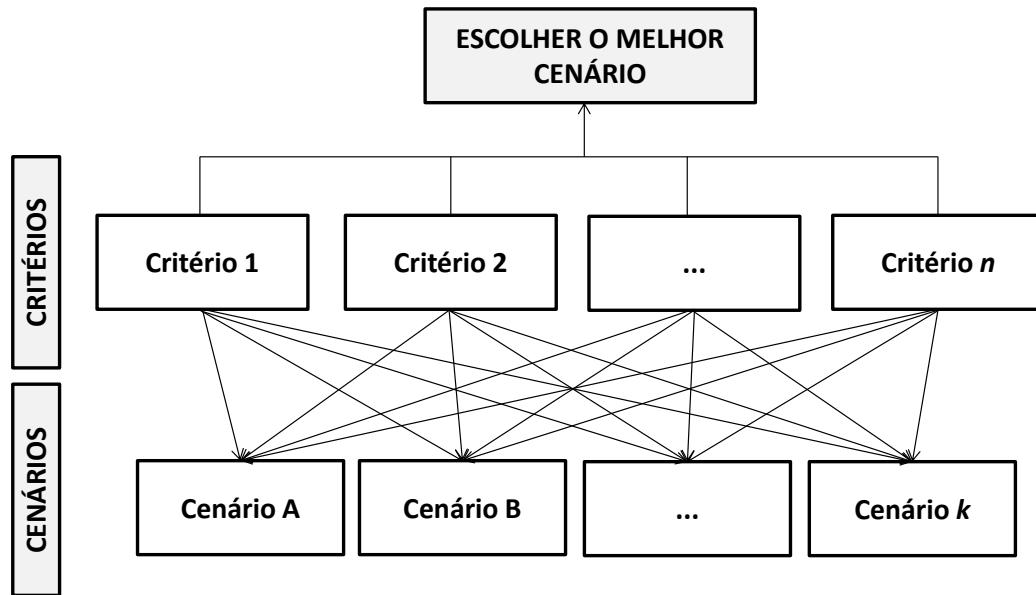
4.1.4. Modelo AHP

O modelo AHP (*Analytical Hierarchic Process*), criado por Thomas Saaty na década de 1970 é um método de apoio à tomada de decisão que incorpora tanto fatores qualitativos quanto quantitativos (CARVALHO, RABECHINI JR., 2011). O modelo AHP baseia-se em três etapas de pensamento analítico, conforme aponta Costa (2002):

- i) Construção de hierarquias: no método AHP, um problema de decisão deve ser estruturado hierarquicamente em vários níveis. No nível mais alto, coloca-se o objetivo, a ser desdobrado em critérios e subcritérios e, na base, encontram-se as alternativas entre as quais se quer escolher. Bornia e Wernke (2001) ressaltam que a

ordenação hierárquica possibilita ao tomador de decisão visualizar o sistema como um todo e as interações entre seus componentes, bem como os impactos que eles exercem sobre o sistema. A Figura 13 apresenta a estrutura geral do modelo AHP.

Figura 13 – Hierarquia genérica para método AHP



Fonte: Adaptado de Carvalho e Rabechini Jr. (2011)

- ii) Definição de prioridades: as prioridades são definidas a partir da comparação par a par dos critérios, para, posteriormente, avaliar as alternativas com relação aos critérios. A escala fundamental para comparar os critérios, definida por Saaty, é tal qual apontado na Tabela 8.

Tabela 8 – Escala numérica de Saaty

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicação
1	Ambos elementos são de igual importância	Ambos elementos contribuem com a propriedade de igual forma.
3	Moderada importância de um elemento sobre o outro	A experiência e a opinião favorecem um elemento sobre o outro
5	Forte importância de um elemento sobre o outro	Um elemento é fortemente favorecido
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro	Um elemento é muito fortemente favorecido sobre o outro
9	Extrema importância de um elemento sobre o outro	Um elemento é favorecido pelo menos com uma ordem de magnitude de diferença
2,4,6,8	Valores intermediários entre as opiniões adjacentes	Usados como valores de consenso entre as opiniões

Fonte: Roche (2004)

Sendo assim, o grupo de todos os julgamentos pode ser apresentado em uma matriz quadrada A , denominada matriz de julgamento dos critérios, tal qual:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Feitas as comparações pareadas dos critérios, o próximo passo consiste em obter a matriz normalizada A^* , onde

$$A_{ij}^* = \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}}. \quad (15)$$

Obtida a matriz normalizada, definem-se as prioridades médias locais (PML), sendo

$$PML_i = \frac{\sum_{j=1}^n A_{ij}^*}{n}. \quad (16)$$

O mesmo procedimento deve ser repetido para o julgamento pareado entre as alternativas, para cada critério. Ou seja, devem ser elaboradas n matrizes de julgamento, nas quais serão julgadas as alternativas para solução do problema. Dessa forma, cada alternativa de solução terá um PML para cada critério. Estabelecidos todas as prioridades, parte-se, então, para o cálculo da prioridade global de cada alternativa. Sejam estipuladas k alternativas e seja $PG(AL)_m$, a prioridade global da alternativa i :

$$PG(AL)_m = \sum_i^n [PML(Cr)_i \times PML(AL_m)_i] \quad (17)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$m = 1, 2, \dots, k$$

Onde:

$PG(AL)_m$ é a prioridade global da alternativa m .

$PML(Cr)_i$ é a prioridade média local do critério i .

$PML(AL_m)_i$ é a prioridade média local da alternativa m para critério i .

Chega-se, então, a k prioridades globais, dentre as quais a de maior valor refere-se à alternativa de melhor opção dados os critérios analisados.

- iii) Consistência Lógica: por fim, propõe-se a verificação da consistência dos julgamentos anteriormente efetuados. Para tal, é necessário realizar os seguintes cálculos.

$$B_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \times PML_i \quad (18)$$

$$C_i = \frac{B_i}{PML_i} \quad (19)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{j=1}^n c_i}{n} \quad (20)$$

$$IC = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{n-1} \quad (21)$$

Calculados os valores, e de posse do índice de consistência aleatória (IR), tal qual apresentado na Tabela 2, calcula-se a denominada razão de consistência (RC).

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (22)$$

Tabela 9 – Índice de Consistência Aleatória (IR)

Dimensão da Matriz (<i>n</i>)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inconsistência Aleatória Média	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

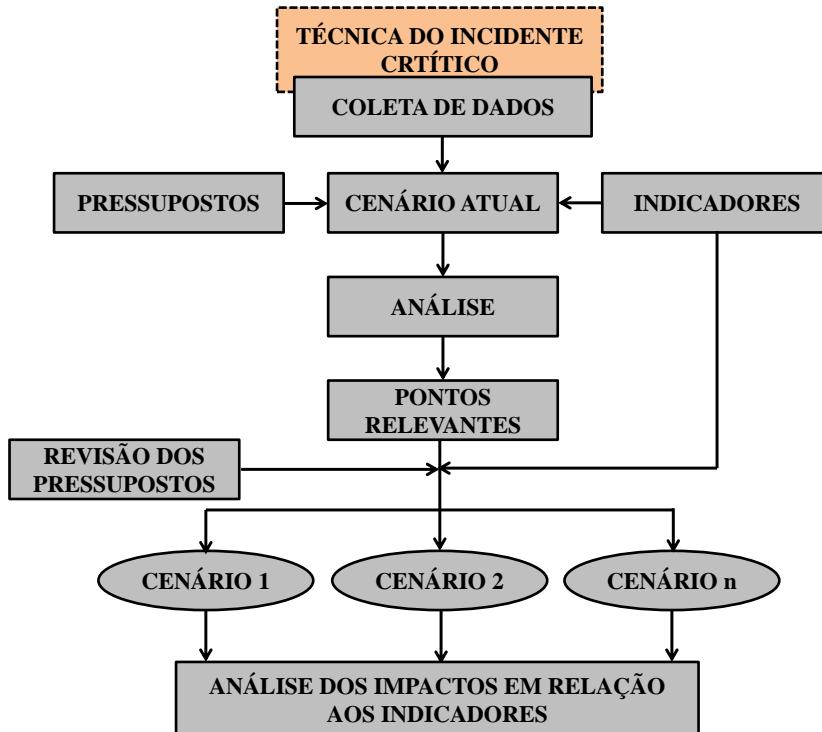
Fonte: Costa (2002)

Se RC for inferior a 0,1(10%), o grau de consistência é satisfatório, mas caso contrário, os valores do julgamento devem ser revistos.

4.2. SÍNTSE DA CONTRIBUIÇÕES AO DIMENSIONAMENTO DE PESSOAL EM OPERAÇÕES COMPLEXAS

O primeiro ponto da contribuição diz respeito à Técnica do Incidente Crítico. Sua utilização para embasar mais ainda o delineamento dos cenários deve ocorrer quanto da coleta de dados, conforme apontado da adaptação do esquema de etapas para desenvolvimento de cenários.

Figura 14 - Etapas para elaboração de cenários adaptada



Fonte: Adaptado de Mello; Marx e Zilbovicius (2011)

Considera-se que a adoção da técnica do incidente crítico pode em muito enriquecer a compreensão das condições de ocorrência dos eventos, na medida em que, conforme mencionado, permite explorar quais seriam as reais necessidades de alocação e mobilização, tanto numericamente quanto em termos de competências, para melhorar a capacidade de antecipação a eventos. Na abordagem das entrevistas, sugere-se que se explore cada evento ocorrido, seu grau de risco e o número de pessoas envolvidas e suas respectivas posições na operação analisada. A coleta de informações através da CIT também permite, então, dependendo do nível de informação que se consegue, segregar o histórico de incidentes ocorridos de acordo com seu grau de risco, pessoas envolvidas e o que se consideraria ser o cenário ideal de pessoas e competências para melhor tratamento do evento. Entende-se que, dessa forma, é possível embasar e compreender melhor o impacto do dimensionamento de cada cenário nos indicadores referentes ao tratamento de eventos.

No caso das contribuições referentes aos avanços tecnológicos e a Markov, é razoável considerá-los ao final do estabelecimento de cada cenário. Primeiramente, a coleta de dados terá de contemplar o histórico dos avanços tecnológicos *vis a vis* as alterações no efetivo e a distribuição de idades dos trabalhadores, bem como o histórico de saída da organização por outros motivos, que não aposentadoria.

Assim, tendo sido prospectado um cenário para o futuro, e tendo como pressuposto tecnológico determinado investimento, pode-se, ao final do dimensionamento previamente feito, considerar as equações de regressão vistas em 4.1.2.1. e as probabilidades para cálculo do valor esperado para, então, refinar o dimensionamento com base nisso. Dessa forma, tem-se o seguinte *template* do cenário:

Figura 15 – Esquema genérico de um cenário considerando-se avanço tecnológico

CENÁRIO A					
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - XYZ - EFG 				
Dimensionamento					
n₁	n₂	n₃	...	n_k	
X ₁	X ₂	X ₃	...	X _k	
Pressupostos			Indicadores		
Natureza 1			I ₁		Impactos potenciais no dimensionamento
-			I ₂		
			I ₃		
Natureza 2			...		
-					
...					
Natureza n			I _m		
-					
Dimensionamento Final - Avanços Tecnológicos					
n₁	n₂	n₃	...	n_k	
X' ₁ = X ₁ x (1 + Y ₁)	X' ₂ = X ₂ x (1 + Y ₂)	X' ₃ = X ₃ x (1 + Y ₃)	...	X' _k = X _k x (1 + Y _k)	
Sendo $Y_n = b_0^n + b_1^n \cdot E(X)$					

Fonte: Elaborado pela autora

Do mesmo modo, a questão do recrutamento recairá, então, sobre o novo dimensionamento contemplado pelos avanços tecnológicos, caso esse seja um pressuposto, ou sobre o dimensionamento original do cenário. Dessa forma, a estrutura genérica do cenário será a que segue.

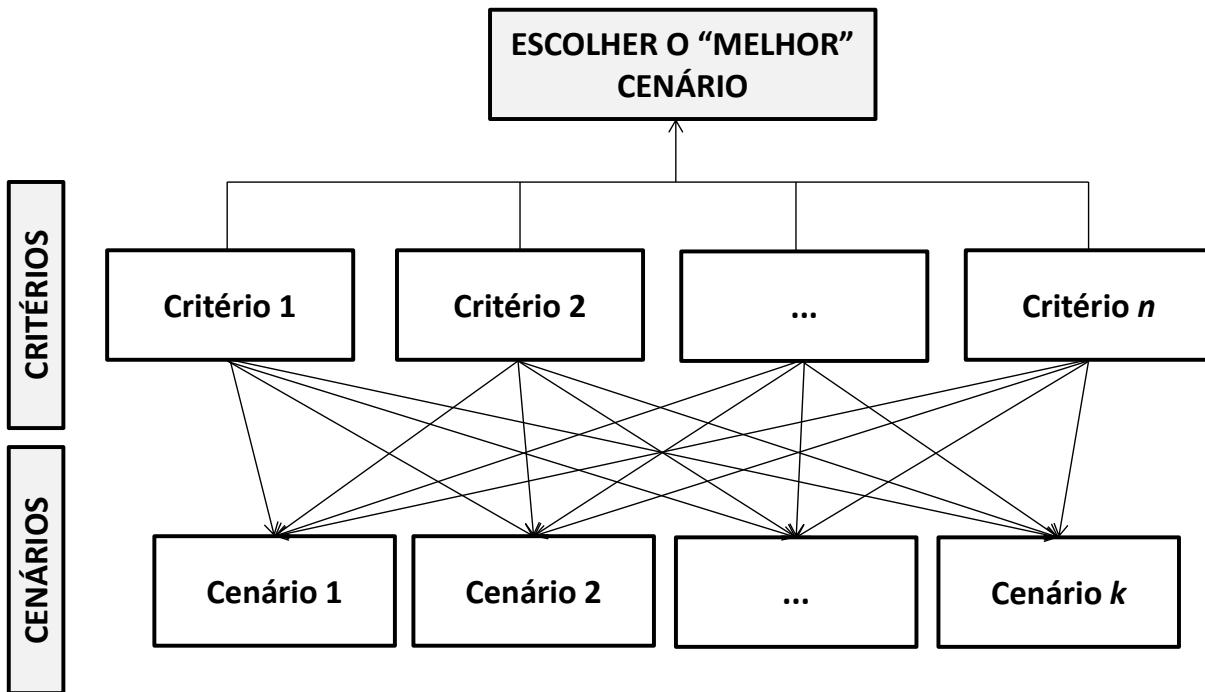
Figura 16 – Esquema genérico de um cenário considerando-se avanço tecnológico e recrutamentos

CENÁRIO A					
Objetivos					
		- XYZ - EFG			
Dimensionamento					
n₁	n₂	n₃	...	n_k	
X ₁	X ₂	X ₃	...	X _k	
Pressupostos					
Natureza 1					
-					
Natureza 2			I ₁		
-			I ₂		
...			I ₃		
Natureza n			...		
-			I _m		
Dimensionamento Final - Avanços Tecnológicos					
n₁	n₂	n₃	...	n_k	
X' ₁ = X ₁ x (1 + Y ₁)	X' ₂ = X ₂ x (1 + Y ₂)	X' ₃ = X ₃ x (1 + Y ₃)	...	X' _k = X _k x (1 + Y _k)	
Sendo	$Y_n = b_0^n + b_1^n \cdot E(X)$				
Recrutamentos necessários					
n₁	n₂	n₃	...	n_k	
$r_j = \sum_{i=1; i \neq j}^k X_i p_{ij} + X_i (w'_{\cdot i} + w''_{\cdot i}) + (X'_i - X_i)$					

Fonte: Elaborado pela autora

O último ponto ao qual se deseja dar atenção aqui é para a questão de comparação entre cenários. O Modelo AHP foi enunciado anteriormente dá suporte à tomada de decisão, caso se almeje escolher, dentre os cenários prospectados, qual aquele que melhor se enquadra dados os critérios de análise importantes para a organização no processo de tomada de decisão. Dessa forma, a ponderação entre critérios e entre cenários, frente aos critérios, ajuda na tomada de decisão, mesclando aspectos quantitativos aos qualitativos.

Figura 17 – Estrutura do Modelo AHP para escolha do melhor cenário



Fonte: Elaborado pela autora

Ressalta-se aqui que os critérios escolhidos devem estar alinhados à estratégia e aos objetivos da organização, cabendo ao tomador de decisão enunciar os critérios sobre os quais se deseja avaliar o resultado global de cada cenário. Defende-se que o mais adequado seja considerar os indicadores de avaliação elaborados para análise dos cenários.

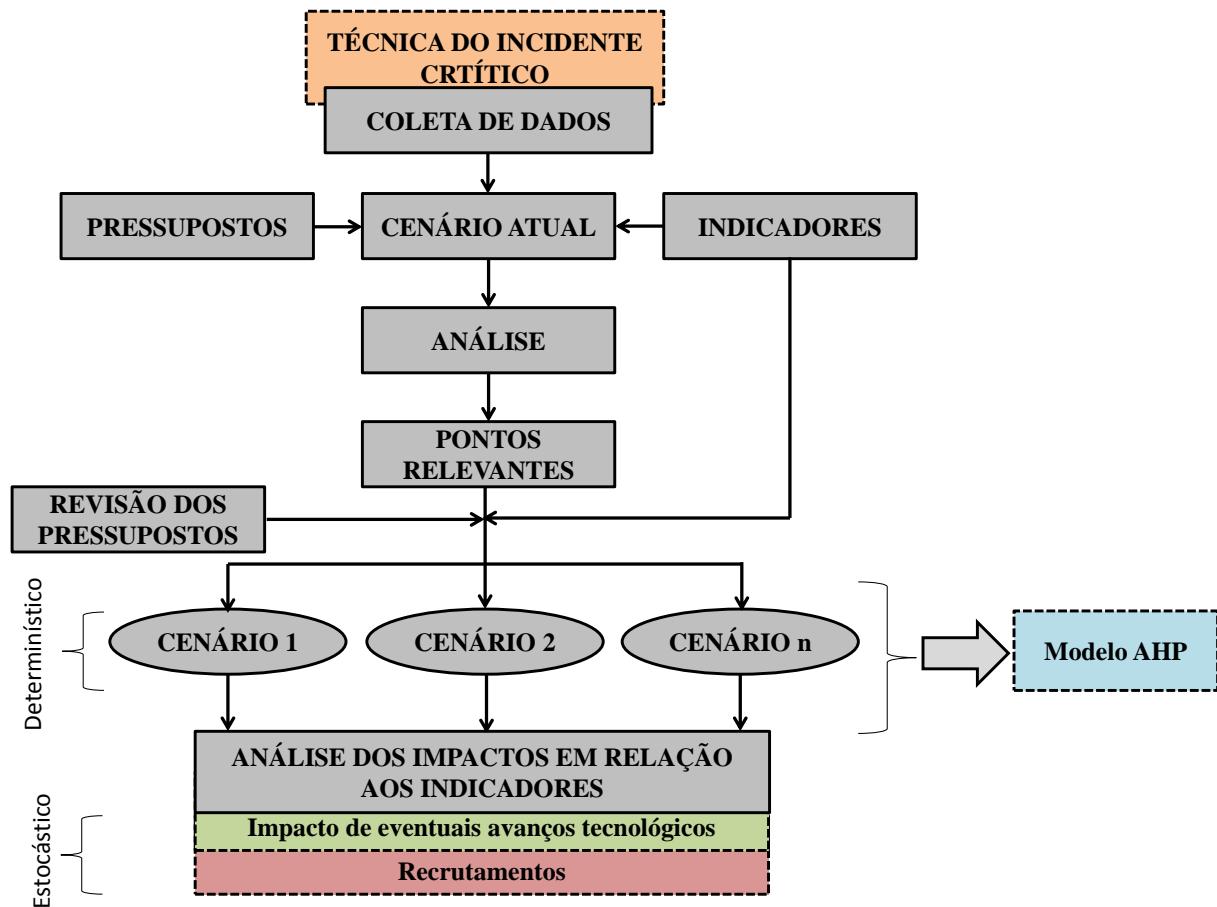
A elaboração e a ordem das contribuições, especialmente quando se trata da consideração dos avanços tecnológicos e de Markov para prever futuros recrutamentos, contempla uma clara distinção entre o que é determinístico e o que é probabilístico. Meyer (1983) se refere ao modelo determinístico como aquele que estipula as condições sobre as quais um experimento executado *determinem* o resultado do mesmo. Partindo dessa definição, pode-se considerar que a etapa da elaboração dos cenários na qual são quantificadas as variáveis apresentadas na Tabela 6 corresponda à etapa determinística de elaboração do cenário. Ou seja, aquelas variáveis podem ser de fato determinadas, não sendo variáveis aleatórias. Por outro lado, há variáveis aleatórias a serem consideradas no que se denomina modelo probabilístico ou estocástico. Neste caso, as saídas do modelo são tratadas como estimativas estatísticas daquilo que se entende como característica real do sistema.

Dessa forma, ao introduzir as variáveis que remetem ao avanço tecnológico e à cadeia de Markov, passa-se a contemplar, dentro da elaboração de cenários, uma etapa estocástica.

Outro ponto que merece destaque nas contribuições é a utilização de dados históricos, conforme sugerido para elaboração da regressão que relaciona avanços tecnológicos e dimensionamento e para definição das probabilidades usadas no modelo de Markov. O destaque é digno de modo a evitar quaisquer interpretações que possam julgar este trabalho contraditório. As operações complexas não permitem o uso de ferramentas que se baseiam na direta ligação entre produtividade e ritmo de trabalho, por exemplo, o que permite concluir que extrapolar essa relação passada para o futuro não é válido. No entanto, pode-se, certamente, a partir de dados históricos, embasar e refinar o dimensionamento feito através dos cenários. E é isso que se propõe com os avanços tecnológicos e com a utilização de Markov, mostrando que, quantitativamente, pode-se refinar o cenário a partir de dados históricos e, dessa forma, enriquece-se a metodologia de dimensionamento de efetivo baseada em cenários com outros tipos de técnicas, recaindo-se na abordagem combinada de uma problemática, conforme define Miguel (2010). Nesse contexto, é válido ressaltar o importante papel que a tecnologia da informação assume, ao fornecer ferramentas que possibilitam o tratamento de dados. Rezende e Abreu (2000) definem a Tecnologia da Informação (TI) como os recursos tecnológicos e computacionais utilizados para geração e uso da informação, cujos principais componentes são: *hardware, software, gestão de dados e informações e sistemas de telecomunicações*.

Por fim, para selar as contribuições, foram feitas mais adaptações ao *framework* de etapas de elaboração dos cenários anteriormente apresentadas, chegando-se à seguinte configuração final:

Figura 18 – Etapas para elaboração de cenários com as contribuições deste trabalho



Fonte: Adaptado de Mello; Marx e Zilbovicius (2011)

5. APLICAÇÃO HIPOTÉTICA PARA DIMENSIONAMENTO DE EFETIVO EM UMA OPERAÇÃO COMPLEXA

Esta seção se dedica ao exercício de colocar em prática as contribuições que este trabalho apresenta. Como fora dito, o verdadeiro desejo deste trabalho consiste na aplicação prática em um caso real, mas, dada a impossibilidade de fazê-lo, optou-se por elaborar uma aplicação hipotética, de modo a ilustrar e clarificar os resultados que as contribuições podem trazer. Todavia, é de suma importância ressaltar que a aplicação hipotética aqui criada foi fundamentada no caso real elaborado por Mello; Marx e Zilbovicius (2011), em pesquisas e discussões realizadas, a fim de buscar ao máximo uma aproximação do caso hipotético ao real.

Partir-se-á do caso hipotético de uma operação em uma grande indústria de processo contínuo do ramo petroquímico, com várias subsidiárias espalhadas no território nacional. Simplificando, será aqui tratada uma área de operação que contempla três diferentes n_1 , n_2 e n_3 . Vale ressaltar que esses níveis não são, necessariamente, representações de hierarquia, mas no caso que se propõe, representam:

- n_1 : operadores iniciantes
- n_2 : operadores experientes e de supervisão
- n_3 : equipe administrativa (gerentes de operação, engenheiros assistentes, manutenção)

Os níveis n_1 e n_2 trabalham em grupos de turno ininterruptamente, enquanto que a equipe administrativa trabalha em horário comercial.

Seguindo-se as etapas para elaboração de cenários para o dimensionamento de efetivo, conforme a Figura 16 mostra, o cenário atual dessa operação será delineado e, a partir dele, serão elaborados dois cenários prospectados para o futuro, no caso aqui estipulado como cinco anos à frente. A proposta é focar nos aspectos para os quais este trabalho contribui, como a utilização da CIT na coleta de dados, a consideração dos avanços tecnológicos e dos recrutamentos necessários sob uma abordagem estocástica e, por fim, a utilização do método AHP para seleção de um entre os cenários futuros.

É importante salientar que os resultados aos quais se chegará aqui não necessariamente serão semelhantes caso o mesmo exercício seja realizado na prática, com dados reais. Conforme expresso ao longo de todo este trabalho, as particularidades de cada

operação, de cada organização, bem como os dados, recursos disponíveis e objetivos diferem em cada caso.

5.1. DELINEAMENTO DO CENÁRIO ATUAL: INDICADORES E PRESSUPOSTOS

Essa primeira grande etapa exige a busca de informações de diversas fontes e profundos estudos para compreender a real situação corrente no que tange ao dimensionamento de efetivo da operação. Deve-se buscar informações tanto interna quanto externamente à organização, entrevistar os diferentes níveis não só restritos à operação estudada, mas da empresa como um todo. Outrossim, sugere-se a realização de observações *in loco*. Nesse ponto da metodologia que aqui se segue, cabe a utilização da técnica do incidente crítico, para melhor compreensão das condições de ocorrência dos eventos, já que, conforme visto, essas operações são suscetíveis ao surgimento de eventos e seu tratamento reflete diretamente na produtividade da planta.

Com base no projeto de Mello; Marx e Zilbovicius (2011), foram selecionados os indicadores com base nos quais os cenários atual e futuros serão analisados. Sugere-se que, quando da elaboração desses indicadores, os tomadores de decisão tenham em mente todos os aspectos importantes a serem considerados para se obter uma visão completa dos cenários e poder compará-los com o modelo AHP. Sendo assim, visando, também, à simplificação, o caso hipotético considera os seguintes indicadores:

- **I₁ - Disponibilidade para realizar as atividades rotineiras:** retrata a disponibilidade de execução das tarefas corriqueiras, tais como vistoria e leitura da operação e procedimentos exigidos pela observação dos painéis de controle. É um indicador que possibilita inferir o quanto que a ocorrência de eventos atrapalha as atividades rotineiras que devem ser efetuadas em todos os turnos.
- **I₂ - Capacidade de antecipação a eventos:** diz respeito à avaliação do ciclo de tratamento de eventos, considerando-se a capacidade dos trabalhadores de mobilizar os recursos necessários ao tratamento, de maneira ágil e com competência e autonomia para tomar decisões e manusear os recursos tecnológicos necessários. Poder-se-ia segregar esse indicador de modo a separar entre eventos de menor proporção, que

podem ser tratados pelo efetivo local, e eventos de maior proporção, que exigem apoio externo para o tratamento. Todavia, para simplificar o caso hipotético, não foi feita essa distinção.

- **I₃ - Capacidade e disponibilidade para desenvolvimento das competências individuais e coletivas:** a operação exige amplos conhecimentos por parte de seus operadores, tanto no quesito técnico, propriamente dito, de manuseio das diferentes tecnologias, quanto no quesito das competências de atuação frente aos eventos. Dessa forma, a operação requer determinada disponibilidade para apreensão desses conhecimentos e deve-se comparar essa demanda com a real disponibilidade dos operadores.
- **I₄ - Clima organizacional:** analisa como determinado dimensionamento, com seus objetivos e pressupostos, interfere em aspectos relacionados ao comportamento dos trabalhadores no ambiente de trabalho, em referência à reação a mudanças, relacionamentos interpessoais e cultura organizacional.
- **I₅ - Segurança operacional e saúde ocupacional:** ressalta pontos que podem afetar a segurança dos trabalhadores e a manutenção de sua saúde ocupacional.
- **I₆ - Custos de pessoal:** refere-se aos gastos com o efetivo. Para simplificar a análise, elaborou-se a seguinte proporção hipotética de custos anuais para cada trabalhador de cada nível:

Tabela 10 – Relação de custos/trabalhador/nível/ano

Nível	Custo/trabalhador/ano
n_1	Q
n_2	1,8Q
n_3	3,2Q

Como pressupostos gerais, seguindo a mesma linha de Mello; Marx e Zilbovicius (2011), os mesmos foram classificados nas esferas corporativa, organizacional e de conhecimento:

- **Corporativa:** atendimento às normas reguladoras referentes à segurança e saúde dos trabalhadores; realização de treinamentos em horário de trabalho; não alteração do sistema de férias e folgas.
- **Organizacional:** considera-se uma média de 2% de absenteísmo para cálculo de disponibilidade dos trabalhadores; a parada emergencial da operação normalmente

exige reforço extra; há possibilidade e está no escopo do dimensionamento aumentar os postos de trabalho; a título de cálculos, deve-se considerar 146 horas de trabalho mensal para os trabalhadores;

- **Conhecimento:** um recém-contratado, para estar apto a assumir uma posição de responsabilidade na operação, deve passar por um treinamento cuja duração varia dependendo da posição; no caso de trabalhadores já pertencentes ao quadro, estima-se atualmente uma média necessária de 150 horas/ano por trabalhador do nível n_1 e 200 horas/ano por trabalhador do nível n_2 para treinamentos de atualização, tempo este que pode ser modificado nos cenários futuros.

Os pressupostos aqui levantados são genéricos. Não se entrou no mérito de aprofundá-los e descrevê-los melhor, dado que o caso é hipotético e não se tem base suficiente para enunciar todos os pressupostos detalhadamente.

Estabelecidos os pressupostos e os indicadores, é possível delinear o cenário atual da operação e analisá-lo segundo os indicadores, de modo a avaliar as oportunidades de melhoria que fundamentarão os cenários futuros. Será ilustrado, a seguir, como a técnica do incidente crítico pode ajudar na metodologia de dimensionamento de pessoas em operações complexas.

5.1.1. A técnica do incidente crítico e seu suporte ao dimensionamento

Na figura 16, apresentou-se o modelo completo para elaboração dos cenários, estando, logo ao topo, a CIT como contribuição, juntamente à coleta de dados. No caso hipotético aqui levantado, seguiram-se as etapas definidas por Flanagan (1954):

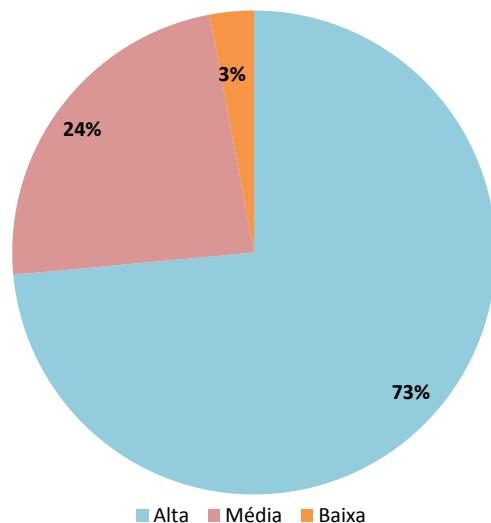
- i. O objetivo geral do estudo foi definido como a exploração dos eventos ocorridos nos últimos três anos, buscando-se compreender as condições de contorno que os permearam, especialmente no que tange à capacidade e à necessidade de mobilização para as etapas que envolvem o tratamento de eventos segundo Zarifian e Aube (1992);
- ii. Para tal, juntamente a um painel de especialistas, elaborou-se o roteiro de entrevista e foram estipulados os devidos métodos de abordagem para capturar dos indivíduos informações sobre os eventos ocorridos, de modo a compreender elementos cognitivos, afetivos e comportamentais;
- iii. Os dados foram devidamente coletados;
- iv. Os dados foram devidamente analisados e,

- v. Por fim, os a interpretação e estudo dos dados permitiu a conclusão de alguns pontos de atenção, colaborando positivamente para o dimensionamento de pessoas na operação.

Parte-se da suposição de que houve a tentativa de entrevistar os trabalhadores dos níveis n_1 , n_2 e n_3 presentes na empresa há, no mínimo três anos, dado que foi o horizonte de tempo selecionado para análise dos eventos. Não sendo possível, devido aos diferentes turnos, coberturas de férias e licenças, atingiu-se, hipoteticamente, 88% do total de trabalhadores-alvo para entrevista.

A análise dos dados permitiu a classificação dos eventos ocorridos em três graus de previsibilidade (baixa, média e alta), tal qual aponta o gráfico abaixo.

Figura 19 – Gráfico de classificação dos eventos ocorridos segundo previsibilidade



Como se pode notar, no caso aqui exemplificado, a maioria dos eventos ocorridos é de baixo grau de risco. A análise e junção dos dados também permitiu concluir que os eventos classificados como de baixo grau de risco não tiveram problemas no seu tratamento e foram devidamente solucionados. Para o único evento classificado como de baixa previsibilidade, os procedimentos foram devidamente seguidos, foi necessário suporte extra, por se tratar de um evento maior, mas, ao final, foi tudo resolvido sem que tenham sido levantados pontos de atenção dos entrevistados. Todavia, os eventos classificados com médio grau de previsibilidade levaram a outras conclusões, que não de conformidade do dimensionamento de pessoal, em termos de número e competência, com relação ao que se consideraria, por parte dos entrevistados, como a situação ideal. Foi necessário recorrer a suporte adicional no

tratamento de aproximadamente metade dos eventos classificados como de grau médio, embora, conforme a cúpula da organização aponta, esses eventos devessem ser tratados pelo time atual da operação, sem necessidade de recorrência a recursos extras. No entanto, as opiniões divergiram com relação ao que poderia ser a opção ideal de dimensionamento. Enquanto 59% dos entrevistados relataram a necessidade de mais um trabalhador do nível n_2 , os outros 41% alegaram que o problema poderia ser solucionado com mais e melhores treinamentos focados na capacitação para lidar com problemas da operação.

É de se esperar que sejam obtidas muitas outras informações quando da aplicação bem feita da CIT. A coleta de dados por si só permite compreender as condições de ocorrência dos eventos, no entanto, a utilização de uma técnica específica realizada por profissionais, como a CIT, para determinado objetivo específico, possibilita maior exploração do relato do indivíduo que presenciou o evento, contemplando aspectos comportamentais e permitindo maior entendimento real do ocorrido.

Os resultados aqui trazidos hipoteticamente colaboram para oportunidades de melhoria sobre o cenário atual de dimensionamento da operação, permitindo a elaboração de cenários possíveis com foco em diferentes indicadores, por exemplo. Ou seja, pode-se pensar em um cenário que estabeleça trabalhadores adicionais na categoria n_2 , outro que permita aos trabalhadores maior disponibilidade para treinamentos e outro que tente contemplar os dois.

5.1.2. O cenário atual

Atualmente, a operação analisada conta com o seguinte dimensionamento:

Tabela 11 – Dimensionamento atual da operação

Nível	Quantidade de trabalhadores	Número de postos de trabalho
n_1	121	98
n_2	90	71
n_3	44	44

Desconsiderando-se o nível n_3 no cálculo das variáveis quantitativas de produção, já que os pertencentes a esse nível não operam diretamente a planta, e a partir do procedimento

descrito na seção 3, que segrega o dimensionamento nas esferas determinística e estocástica, e dos pressupostos gerais tem-se:

Tabela 12 – Cálculo de homens hora

	Memória de cálculo	n₁	n₂
Demandas anuais hh	A = n°postos x 146h/mês x 12 meses/ano	171.696	124.392
Disponibilidade anual hh, considerando-se um mês de férias e 2% de absenteísmo	B = quantidade e trabalhadores x 146h/mês x 11 meses x 98%	190.439	141.649
Disponibilidade anual hh para cobertura de eventos, treinamentos e outros	C = B-A	18.743	17.257
Disponibilidade anual hh para cobertura de eventos, treinamentos e outros por trabalhador	$T = \frac{C}{Qtde\ de\ trabalhadores}$	159	216
Demandas anuais hh para treinamentos	D = quantidade e trabalhadores x demanda anual horas treinamento	18.150	18.000
Disponibilidade anual hh para cobertura de eventos	E = C - D	593	-743

Partindo do pressuposto de que todos os dados foram coletados, com as devidas triangulações e de que a técnica do incidente crítico foi realizada com sucesso, chega-se à seguinte análise dos indicadores selecionados para o cenário atual.

Tabela 13 – Análise dos indicadores para o cenário atual

Indicadores	Análise
Disponibilidade para realizar as atividades rotineiras	Sem problemas
Capacidade de antecipação a eventos	Sem problemas para o tratamento de eventos de alta previsibilidade Baixa capacidade para tratar eventos classificados como de média previsibilidade, exigindo, por vezes, recorrer a suporte extra (o nível n_2 , apresenta homens-hora deficitário para tratamento de eventos, considerando-se o ideal seguimento dos treinamentos) Embora historicamente o evento de baixa previsibilidade tenha sido bem tratado, o fato de não haver capacidade suficiente para o tratamento dos eventos de previsibilidade intermediária pode colocar em risco o tratamento de eventos de maiores proporções.
Capacidade e disponibilidade para desenvolvimento das competências individuais e coletivas	Há exigência de muito tempo de treinamento, por outro lado, há reclamações sobre falta de alguns treinamentos. Partindo-se do pressuposto que os treinamentos devem ser realizados durante o trabalho, e não em horários de folga, compromete-se o tempo para tratamento de eventos.
Clima organizacional	A grande recorrência a suporte externo para o tratamento de eventos de grau médio de risco, o que não deveria ter ocorrido, gera um pouco de insegurança nos trabalhadores quanto à forma de atuar no tratamento dos eventos, colaborando para um clima de tensão.
Segurança operacional e saúde ocupacional	A realização de treinamentos ocorre, normalmente, nos horários de folga, o que diminui o tempo de descanso e aumenta o risco de ocorrência de falha humana.
Custos de pessoal	$\text{Custo Atual} = (121 \times Q) + (90 \times 1,8Q) + (44 \times 3,2Q) = 423,8 Q$

Delineado o cenário atual, parte-se para a elaboração dos possíveis cenários futuros. Primeiramente, serão enunciados os objetivos de cada um dos dois cenários prospectados, bem como eventuais pressupostos. Em seguida, com base nisso, será feito o dimensionamento sobre as variáveis determinísticas, para, posteriormente, aplicar as etapas estocásticas que consideram os avanços tecnológicos e o recrutamento necessário. Por fim, com base nos dois cenários e nos indicadores de avaliação, será feita a comparação entre eles utilizando o método AHP.

5.2. ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS FUTUROS

Foram elaborados dois possíveis cenários (A e B), pensando-se no longo prazo de cinco anos à frente. No primeiro momento, dados os objetivos e pressupostos de cada cenário, foi feita a parte determinística do dimensionamento. Os cenários são apresentados a seguir:

Figura 20 – Esquema do cenário futuro A

CENÁRIO A			
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Aumentar a disponibilidade de tempo para treinamento no nível n_2 - Aumentar a capacidade de antecipação a eventos 		
Pressupostos			
Tecnologia	Investimento de R\$Y em tecnologia		
Dimensionamento			
Nível	Quantidade de trabalhadores	Número de postos de trabalho	Horas de treinamento/trabalhador/ano
n_1	121	98	150
n_2	94	71	240
n_3	44	44	
	Memória de cálculo	n_1	n_2
Demanda anual hh	$A = n^{\circ} \text{postos} \times 146h/\text{mês} \times 12 \text{ meses/ano}$	171.696	124.392
Disponibilidade anual hh, considerando-se um mês de férias e 2% de absentismo	$B = \text{quantidade e trabalhadores} \times 146h/\text{mês} \times 11 \text{ meses} \times 98\%$	190.439	147.945
Disponibilidade anual hh para cobertura de eventos, treinamentos e outros	$C = B - A$	18.743	23.553
Disponibilidade anual hh para cobertura de eventos, treinamentos e outros por trabalhador	$T = \frac{C}{\text{Qtde de trabalhadores}}$	155	251
Demanda anual hh para treinamentos	$D = \text{quantidade e trabalhadores} \times \text{demanda anual horas treinamento}$	18.150	22.560
Disponibilidade anual hh para cobertura de eventos	$E = C - D$	593	993

Figura 21 – Esquema do cenário futuro B

CENÁRIO B			
Objetivos	- Aumentar a disponibilidade de tempo para treinamento nos níveis n_1 e n_2 - Aumentar a capacidade dos trabalhadores dos níveis n_1 e n_2 para convivência com novas tecnologias - Aumentar a capacidade de antecipação a eventos		
Pressupostos			
Tecnologia	Investimento de R\$2Y em tecnologia		
Dimensionamento			
Nível	Quantidade de trabalhadores	Número de postos de trabalho	Horas de treinamento/trabalhador/ano
n_1	124	98	180
n_2	95	71	260
n_3	44	44	
	Memória de cálculo	n_1	n_2
Demandas anuais hh	$A = n^{\circ}\text{postos} \times 146\text{h/mês} \times 12\text{ meses/ano}$	171.696	124.392
Disponibilidade anual hh, considerando-se um mês de férias e 2% de absentismo	$B = \text{quantidade de trabalhadores} \times 146\text{h/mês} \times 11\text{ meses} \times 98\%$	195.161	149.519
Disponibilidade anual hh para cobertura de eventos, treinamentos e outros	$C = B - A$	23.465	25.127
Disponibilidade anual hh para cobertura de eventos, treinamentos e outros por trabalhador	$T = \frac{C}{\text{Qtde de trabalhadores}}$	189	264
Demandas anuais hh para treinamentos	$D = \text{quantidade de trabalhadores} \times \text{demanda anual horas treinamento}$	22.320	24.700
Disponibilidade anual hh para cobertura de eventos	$E = C - D$	1.145	427

São válidas as seguintes observações e justificativas:

- **Cenário A:** os postos são mantidos; mantém-se o número de trabalhadores e de carga anual de treinamento no nível n_1 ; aumenta-se o número de trabalhadores e de carga anual de treinamento no nível n_2 visando ao atendimento dos objetivos;
- **Cenário B:** os postos são mantidos; aumenta-se o número de trabalhadores e de carga anual de treinamento nos níveis n_1 e n_2 visando ao atendimento dos objetivos;

5.2.1. Avanços tecnológicos

Para o caso hipotético, foi possível levantar os dados referentes a diferentes avanços tecnológicos ocorridos e seu reflexo no dimensionamento de efetivo nas categorias n_1 , n_2 e n_3 . Os dados encontram-se na Tabela 14.

Tabela 14 – Dados de avanço tecnológico *versus* mudanças no dimensionamento

X (nível avanço)	n ₁	n ₂	n ₃
1	-0,9%	-0,4%	0,6%
1	-1,4%	-0,6%	1,0%
1	-1,7%	-0,7%	1,2%
1	-0,9%	-0,6%	0,6%
1	-1,5%	-0,5%	1,1%
2	-1,5%	-0,5%	1,1%
2	-1,7%	-0,7%	1,2%
2	-2,3%	-0,8%	1,6%
3	-2,7%	-1,1%	2,0%
3	-3,4%	-1,2%	2,5%
3	-3,3%	-1,3%	2,3%
3	-2,8%	-1,5%	2,0%
4	-4,2%	-1,7%	3,1%
4	-4,3%	-1,8%	3,1%
4	-4,5%	-1,9%	3,2%
5	-5,4%	-2,3%	3,9%
5	-6,3%	-2,5%	4,5%

Fonte: Elaborado pela autora

Embora não haja descrição de cada um dos avanços ocorridos, é importante diferenciá-los genericamente. No caso hipotético, avanços do nível 1 compreendem os mais incrementais, e, se classificados conforme uma escala de impacto tecnológico, representam impacto muito baixo. Os de nível 2, por sua vez, são de baixo impacto. Os avanços classificados com grau 3 apresentam impacto intermediário, os de grau 4, alto impacto e, por fim, os de grau 5 representam avanços de altíssimo impacto tecnológico.

A leitura da tabela deve ser a seguinte: na análise do histórico da organização, foram identificados cinco introduções/alterações tecnológicas de baixíssimo impacto três de baixo impacto, quatro de impacto intermediário, três de alto impacto e dois de altíssimo impacto (radicais). Por exemplo, o primeiro avanço de grau 1 identificado gerou redução de 0,9% e 0,4% no quadro de pessoas do nível n_1 e do nível n_2 , respectivamente, enquanto aumentou o montante de trabalhadores do nível n_3 em 0,6%.

Em posse dos dados, foi possível, a partir da regressão linear, obter as equações que relacionam a repercussão no dimensionamento de cada categoria com o grau de avanço. Para tal, utilizou-se o *software* MINITAB 16, obtendo-se as seguintes equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação, para nomenclatura apresentada em 4.1.2.

Tabela 15 – Equações de Regressão e R^2

Nível	Equação de Regressão	R^2
n_1	$Y_1 = 0,0008077 - 0,0111096 \cdot X$	0,934879
n_2	$Y_2 = 0,0002616 - 0,004514 \cdot X$	0,934605
n_3	$Y_3 = -0,001839 + 0,008374 \cdot X$	0,938514

Pela análise dos valores de R^2 , as regressões são válidas estatisticamente. No entanto, resta analisar os resíduos e a variância a fim de concluir que o modelo linear é adequado para determinar a relação entre nível de avanço tecnológico e dimensionamento de pessoas.

Figura 22 – Gráfico Resíduos X Valores ajustados para n_1

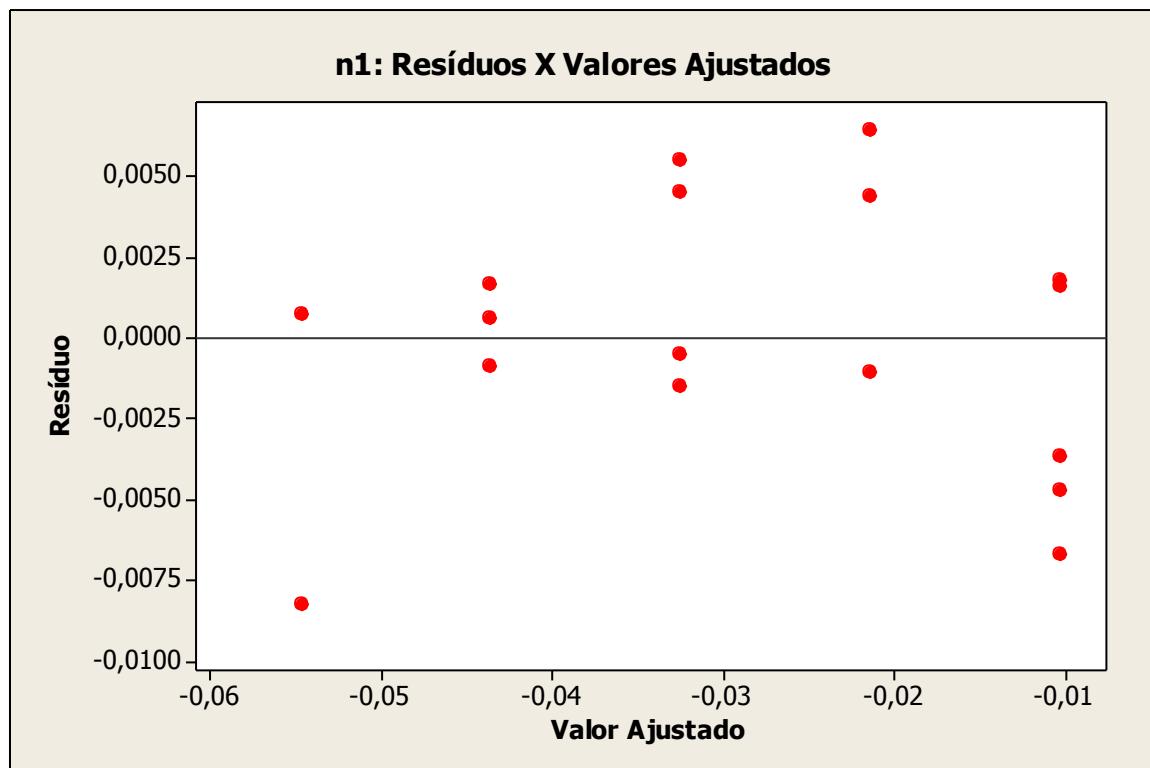


Figura 23 – Gráfico Resíduos X Valores ajustados para n_2

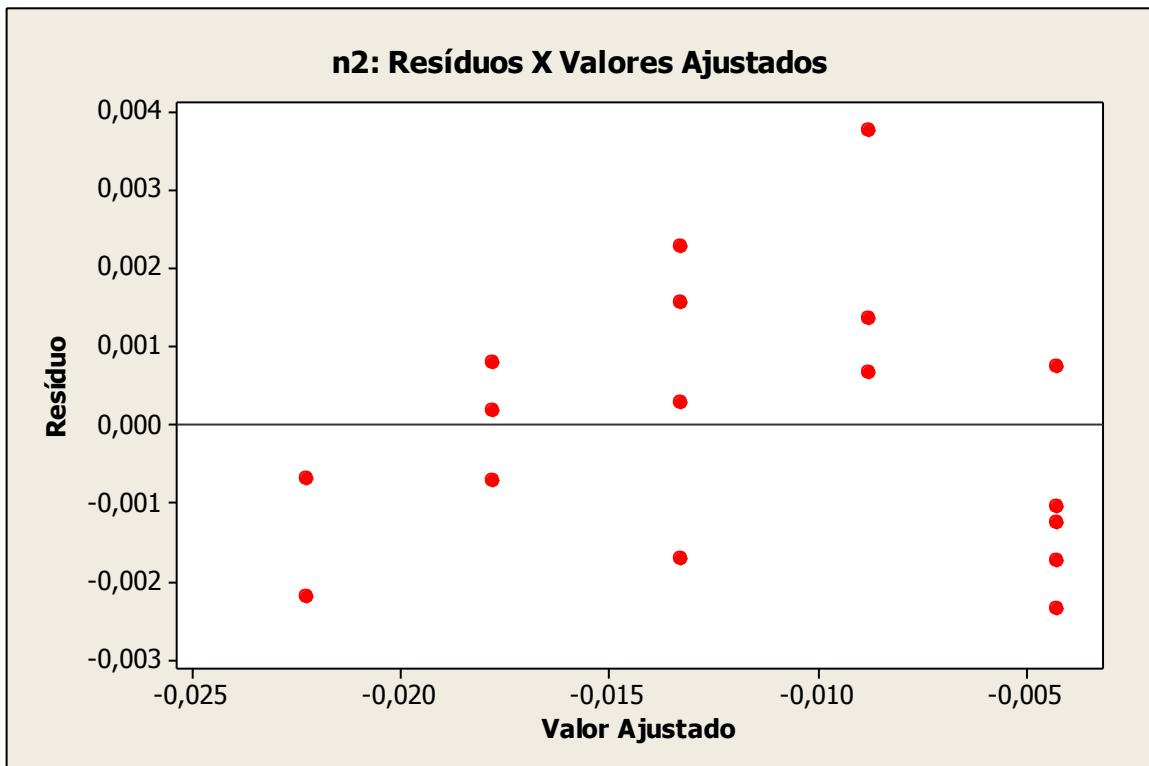
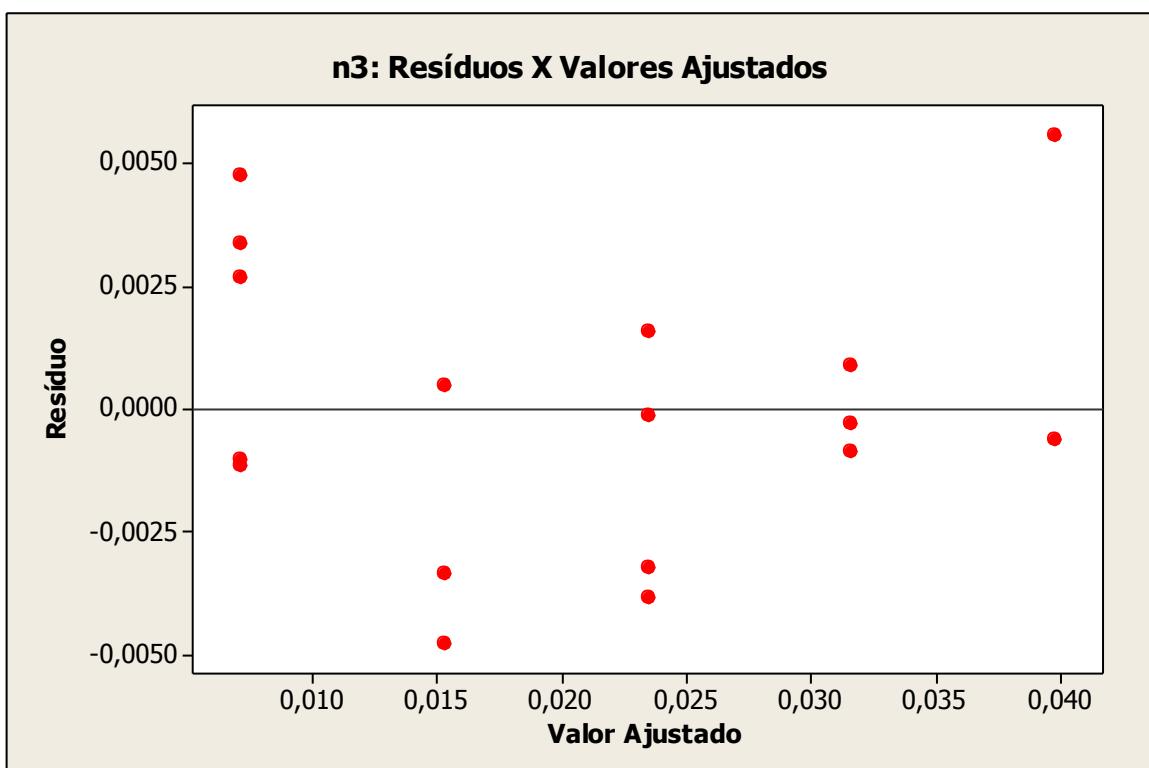


Figura 24 – Gráfico Resíduos X Valores ajustados para n_3



Como se pode notar, os valores residuais distribuem-se aleatoriamente em torno de 0 para todos os níveis n_1 , n_2 e n_3 , de modo que não há tendência visível. Parte-se, assim para a análise de variância, a fim de testar a existência de regressão linear ao nível de 5% de significância. O valor crítico de F será o mesmo para os três testes, sendo ele $F_{1;15;5\%} = 4,54$. O software MINITAB 16 forneceu os seguintes valores calculados de F .

Tabela 16 – Valores de F_{CALC}

Nível	F_{CALC}
n_1	215,34
n_2	214,37
n_3	228,96

Assim sendo, como $F_{CALC} >> F_{CRÍT}$ em todos os casos, pode-se concluir que a regressão linear é válida estatisticamente para todos os níveis n_1 , n_2 e n_3 .

Volta-se, então, para a aplicação dessa variável nos cenários. O Cenário A contempla R\$ Y de investimento em tecnologia, enquanto que o B, R\$ 2Y. Conforme apresentado na seção 3, o avanço tecnológico será tratado aqui probabilisticamente, já que não se pode afirmar de fato quais as repercussões de um investimento desses.

Devem ser estabelecidas as probabilidades de que os investimentos recaiam em diferentes graus de avanços tecnológicos. Tendo sido realizados *benchmarkings*, discussões internas e com especialistas e consultores externos, quando necessário, chegou-se à conclusão de que:

- Para o cenário A, $p_1 = 0\%$, $p_2 = 25\%$, $p_3 = 55\%$; $p_4 = 20\%$; $p_5 = 0\%$;
- Para o cenário B, $p_1 = 0\%$, $p_2 = 0\%$, $p_3 = 25\%$; $p_4 = 40\%$; $p_5 = 35\%$;

Dessa forma:

- $E(X)_A = (0\% \times 1) + (25\% \times 2) + (55\% \times 3) + (20\% \times 4) + (0\% \times 5) = 2,95$
- $E(X)_B = (0\% \times 1) + (0\% \times 2) + (25\% \times 3) + (40\% \times 4) + (35\% \times 5) = 4,10$

Para as equações de regressão apresentadas na Tabela 10, as variações sobre o dimensionamento devido aos avanços tecnológicos serão:

Tabela 17 – Variações nos cenários A e B devido aos avanços tecnológicos

Cenário	Y_1	Y_2	Y_3
A	-3,2%	-1,3%	2,3%
B	-4,5%	-1,8%	3,2%

Dessa forma, é possível calcular o dimensionamento final dos dois cenários.

Tabela 18 – Cenário A: dimensionamento final

CENÁRIO A - Dimensionamento Final - Avanços Tecnológicos			
n ₁	n ₂	n ₃	Total
118	93	45	256

Tabela 19 - Cenário B: dimensionamento final

CENÁRIO B - Dimensionamento Final - Avanços Tecnológicos			
n ₁	n ₂	n ₃	Total
119	94	46	259

5.2.2. Recrutamentos necessários

Partindo-se do novo valor de dimensionamento obtido em 4.2.1 estabelecido para cada cenário, serão calculados os recrutamentos necessários para cada nível. As probabilidades p_{ij} e os valores de w'_i e w''_i serão os mesmos em ambos os cenários.

Dados históricos forneceram os valores de w''_i e de p_{ij} , para $i \neq j$, de modo que, a probabilidade p_{ij} , para $i = j$, que representa a permanência no mesmo nível, foi atingida pela equação 1:

$$p_{ij,i=j} = 1 - \left(\sum_{i \neq j}^k p_{ij} + w'_i + w''_i \right)$$

Considera-se aqui que as probabilidades se refiram ao período de cinco anos, a fim de simplificar os cálculos para não fazê-los ano a ano, já que o exercício é hipotético e o principal objetivo é mostrar como os pontos aqui enunciados contribuem para a metodologia de dimensionamento de efetivo baseada em cenários.

Supõe-se que as proporções históricas de movimentações internas na organização e de saídas devido a fatores que não a aposentadoria tenham sido obtidas e, a partir delas, foi possível calcular as proporções para um horizonte de cinco anos. Dessa forma, a matriz de transição P e o vetor w serão:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & 9,80\% & 0\% \\ 0\% & p_{22} & 0\% \\ 0\% & 0\% & p_{33} \end{pmatrix} \quad w = \begin{pmatrix} 3,10\% + w'_1 \\ 5,90\% + w'_2 \\ 3,80\% + w'_3 \end{pmatrix}$$

A questão que aqui se coloca é o tratamento das probabilidades de saída da empresa por aposentaria de modo estocástico, devido à incerteza de quem poderá, eventualmente, ser contratado no horizonte de tempo no qual se prospecta o cenário. Essa consideração é mais válida quanto maior o horizonte de tempo considerado no cenário futuro. Dessa forma, essa abordagem será ilustrada aqui.

Parte-se, então, da distribuição de idades atual que se tem para cada nível. Os dados encontram-se no Anexo 1, para os 121 trabalhadores do nível n_1 , 90 do nível n_2 e 44 do nível n_3 . A aproximação das distribuições de idade pela normal poderia ser justificada pelo teorema do limite central caso a variável fosse a média de idade dos trabalhadores. Não sendo possível utilizar a média de idades para o objetivo deste trabalho, de descobrir a probabilidade de um indivíduo atingir a idade de aposentadoria, é preciso verificar a hipótese de que a variável distribuição de idade dos funcionários siga a distribuição normal. Para tal, pode-se realizar o Teste de Kolmogorov-Smirnov. Esse teste pode ser realizado com a ajuda do *software* MINITAB 16 para que sejam testadas as seguintes hipóteses:

$$H_0: \text{Os dados seguem uma distribuição normal}$$

$$H_1: \text{Os dados não seguem uma distribuição normal}$$

Considerando-se o nível de significância α de 5%, se o teste fornecer um *p-value* menor do que α , rejeita-se H_0 . Caso contrário, pode-se afirmar que os dados seguem uma distribuição normal. A realização dos testes forneceu os seguintes gráficos de probabilidade com os respectivos *p-value*.

Figura 25 – Gráfico Papel de probabilidade normal para n_1

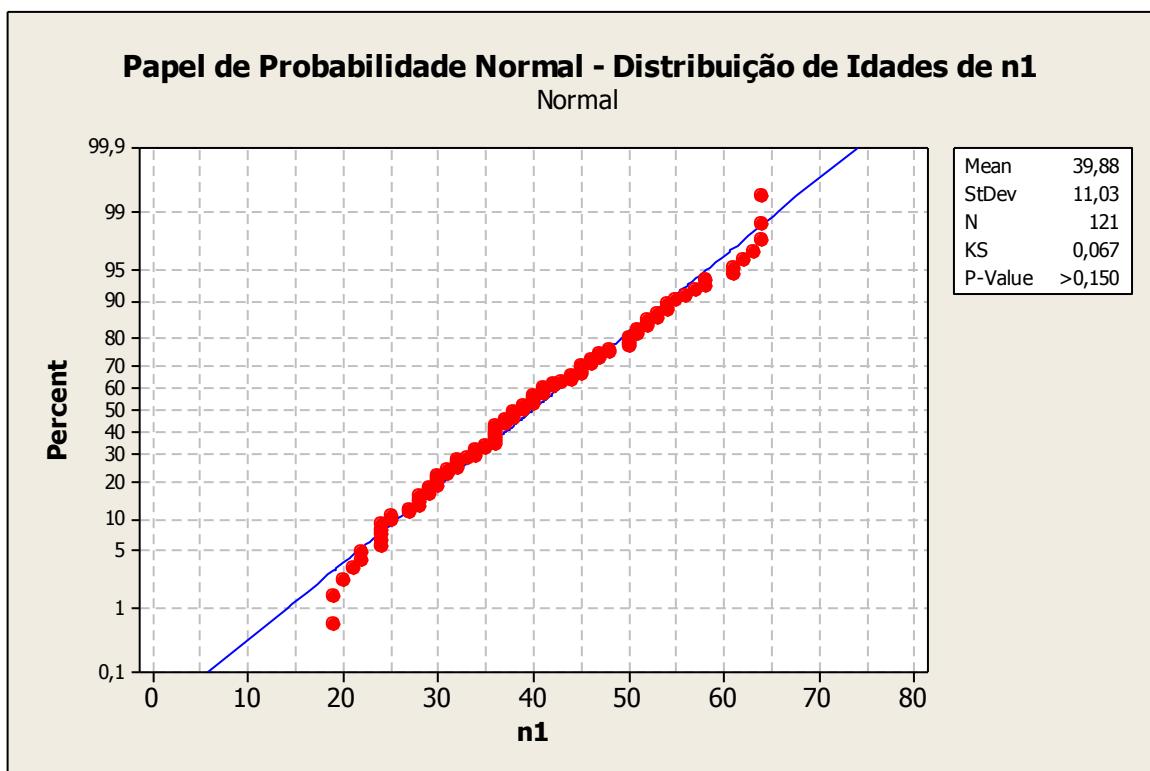


Figura 26 – Gráfico Papel de probabilidade normal para n_2

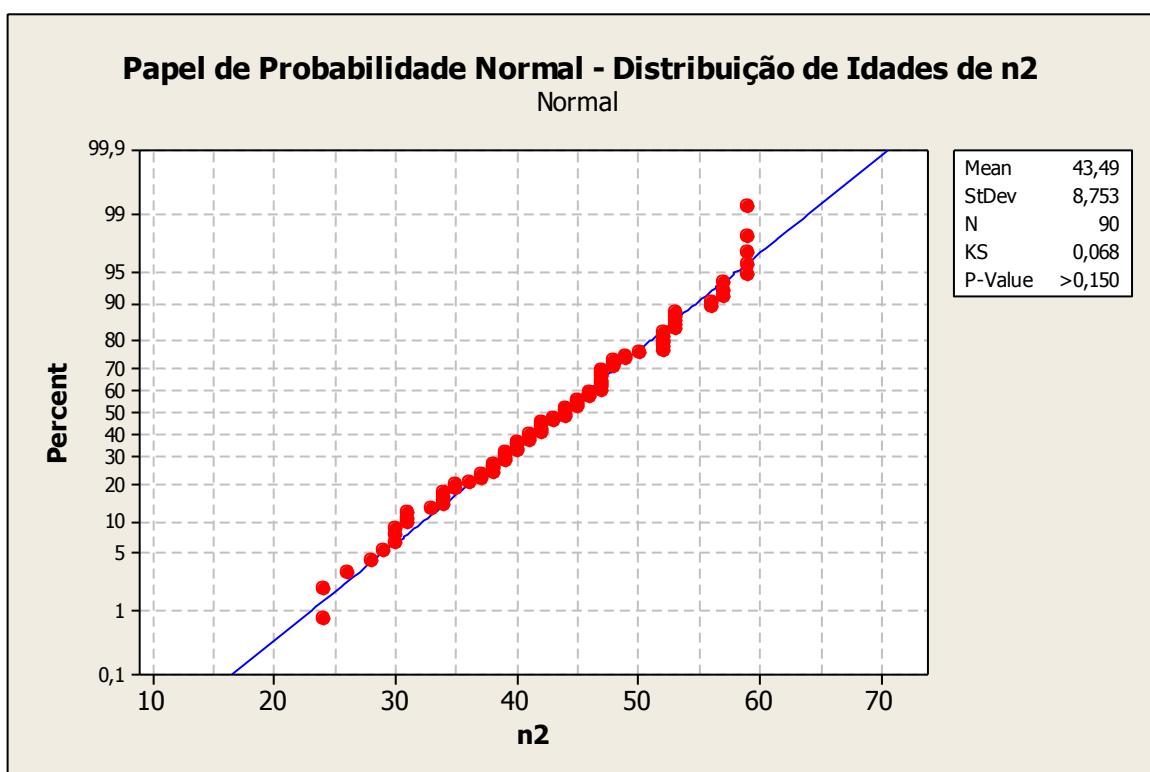
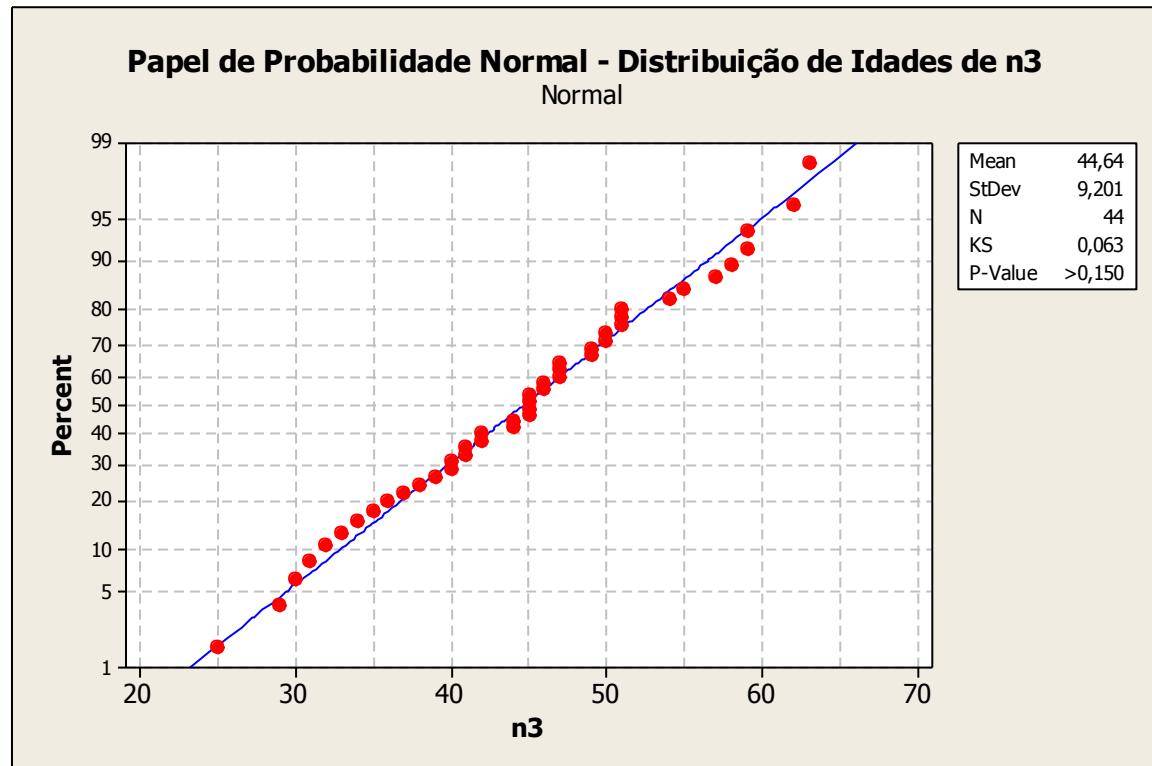


Figura 27 – Gráfico Papel de probabilidade normal para n_3 

Pelo aspecto visual dos três gráficos e pelo fato de, nos três casos, os valores de *p-value* serem superiores ao nível de significância, pode-se afirmar que a distribuição da variável idade dos funcionários segue a distribuição normal para os três níveis em estudo. Pode-se, então, prosseguir com os cálculos apresentados na seção 4.1.3. Para simplificar o caso, será considerado que a população é composta apenas de funcionários do sexo masculino, cuja idade de aposentadoria é 65 anos. Sendo assim, tratando cenários futuros 5 anos à frente, interessa saber qual a probabilidade de a idade ser maior ou igual a 60 anos. Ou seja, o valor x_0 é 60.

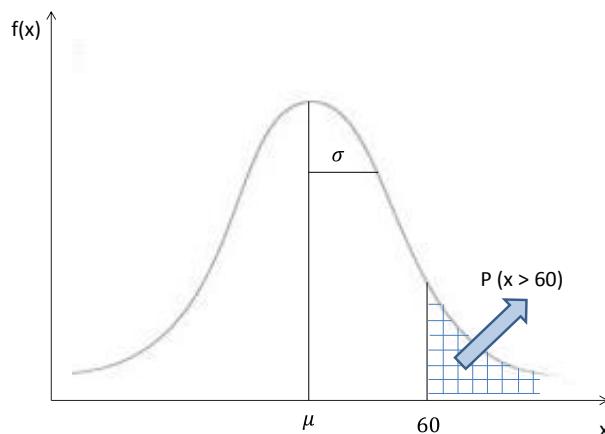
Figura 28 – Curva normal com probabilidade que se deseja calcular

Tabela 20 – Dados da distribuição de idades

Nível	μ	σ	z_0
n_1	39,88	10,98	1,83
n_2	43,49	8,70	1,90
n_3	44,70	9,19	1,66

As probabilidades w'_i serão calculadas como $w'_i = 0,5 - P(0 \leq Z \leq z_0)$. Dessa forma, consultando-se a tabela de probabilidades da curva normal reduzida, tem-se:

$$w'_1 = 0,5 - 0,4664 = 0,0336 = 3,36\%$$

$$w'_2 = 0,5 - 0,4713 = 0,0287 = 2,87\%$$

$$w'_3 = 0,5 - 0,4515 = 0,485 = 4,85\%$$

A matriz de transição e o vetor w podem, então, ser completados:

$$P = \begin{pmatrix} 83,74\% & 9,80\% & 0\% \\ 0\% & 91,23\% & 0\% \\ 0\% & 0\% & 91,35\% \end{pmatrix} \quad w = \begin{pmatrix} 3,10\% + 3,36\% \\ 5,90\% + 2,87\% \\ 3,80\% + 4,85\% \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6,46\% \\ 8,77\% \\ 8,65\% \end{pmatrix}$$

Em posse de todos os cálculos, a equação 10 possibilita o cálculo dos recrutamentos que deverão ser feitos nesse período.

Tabela 21 – Recrutamentos necessários para o Cenário A

CENÁRIO A - Dimensionamento - Recrutamentos necessários			
n_1	n_2	n_3	Total
17	8	5	30

Tabela 22 – Recrutamentos necessários para o Cenário B

CENÁRIO B - Dimensionamento - Recrutamentos necessários			
n_1	n_2	n_3	Total
16	8	6	30

É válida uma observação neste ponto do trabalho. A aplicação hipotética, bem como os dados fictícios, possibilitaram a aproximação da distribuição de idades dos trabalhadores pela distribuição normal. No entanto, isso não necessariamente é, talvez dificilmente, ocorrerá em aplicações reais. Não sendo possível adentrar a discussão acerca do assunto, sugere-se com razoabilidade que, caso essa aproximação não seja válida, utilize-se a proporção atual de indivíduos que atingirão a idade de aposentadoria no tempo futuro ao qual o cenário é prospectado.

Para melhor visualização dos cenários A e B completos, pode-se recorrer, respectivamente, aos Anexos 2 e 3.

5.2.3. Análise dos impactos do dimensionamento sobre os indicadores de avaliação

Finalizada a elaboração dos cenários futuros, parte-se para a análise do impacto do dimensionamento de cada um dele sobre os indicadores previamente selecionados. Essa análise ajudará, posteriormente, na comparação entre os cenários.

Tabela 23 – Análise do Cenário A

Indicadores	CENÁRIO A	Impacto
Disponibilidade para realizar as atividades rotineiras		Sem impacto
Capacidade de antecipação a eventos		Aumentando-se as horas de treinamento para o nível n_2 bem como a quantidade de trabalhadores nesse nível, aumenta-se a capacidade de antecipação a eventos. A disponibilidade anual do nível n_2 hh para cobertura de eventos e outros somam 993; do nível n_1 , 593.
Capacidade e disponibilidade para desenvolvimento das competências individuais e coletivas		Aumentando-se as horas de treinamento para o nível n_2 bem como a quantidade de trabalhadores nesse nível, aumenta-se a capacidade e disponibilidade para desenvolvimento das competências individuais e coletivas.
Clima organizacional		Melhora no clima organizacional, aumentando-se a segurança para a atuação no tratamento de eventos devido a mais treinamentos e mais trabalhadores do nível n_2 .
Segurança operacional e saúde ocupacional		Aumentando-se a quantidade de trabalhadores, há maior disponibilidade para realização de treinamentos em horários que não os e folga, diminuindo os riscos de falha humana. No entanto, essa consideração é válida apenas para o nível n_2
Custos de pessoal		$\text{Custo Atual} = (118 \times Q) + (93 \times 1,8Q) + (45 \times 3,2Q) = 429,4 Q$

Tabela 24 – Análise do Cenário B

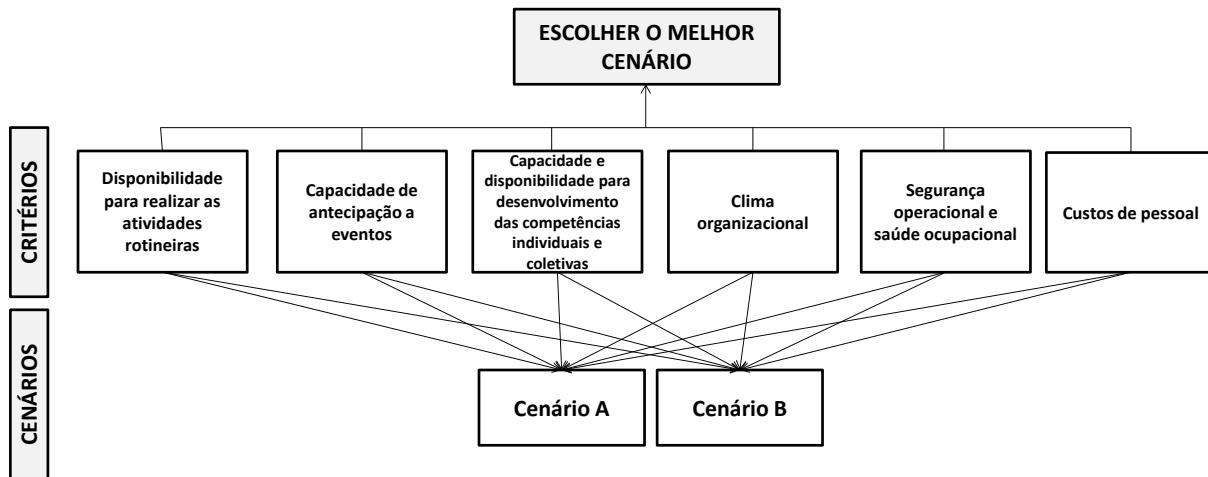
Indicadores	CENÁRIO B	Impacto
Disponibilidade para realizar as atividades rotineiras		Sem impacto
Capacidade de antecipação a eventos		Aumentando-se as horas de treinamento para os níveis n_1 e n_2 bem como a quantidade de trabalhadores nesses níveis, aumenta-se a capacidade de antecipação a eventos. A disponibilidade anual do nível n_2 hh para cobertura de eventos e outros somam 427; do nível n_1 , 1145.
Capacidade e disponibilidade para desenvolvimento das competências individuais e coletivas		Aumentando-se as horas de treinamento para os níveis n_1 e n_2 bem como a quantidade de trabalhadores nesses níveis, aumenta-se a capacidade e disponibilidade para desenvolvimento das competências individuais e coletivas.
Clima organizacional		Melhora no clima organizacional, aumentando-se a segurança para a atuação no tratamento de eventos devido a mais treinamentos e mais trabalhadores do nível n_2 . A instalação de novos avanços tecnológicos que exigem mais treinamentos e capacitação pode, num primeiro momento, gerar uma atmosfera de resistência.
Segurança operacional e saúde ocupacional		Aumentando-se a quantidade de trabalhadores, há maior disponibilidade para realização de treinamentos em horários que não os e folga, diminuindo os riscos de falha humana. Essa consideração é válida para os níveis n_1 e n_2
Custos de pessoal		$\text{Custo Atual} = (119 \times Q) + (94 \times 1,8Q) + (46 \times 3,2Q) = 435,4 Q$

Em linhas gerais, ambos os cenários apresentam impactos positivos nos mesmos indicadores, devido ao fato de contemplarem objetivos semelhantes. No entanto, o cenário B contempla essa melhoria não apenas no nível n_2 , mas também no n_1 . Além disso, os avanços tecnológicos contemplados no cenário B são, conforme apontam as probabilidades na seção 4.2.1., de maior grau e, embora o cenário considere mais treinamentos para lidar com novas tecnologias, pode haver certa resistência por parte dos trabalhadores, afetando negativamente no clima organizacional. Por fim, o custo do cenário A é ligeiramente inferior ao custo do cenário B.

5.3. COMPARAÇÃO DE CENÁRIOS USANDO MODELO AHP

O modelo AHP foi utilizado para comparar os cenários com base nos mesmos critérios, a fim de se eleger aquele que melhor se adequa ao que a organização considera como importante.

Figura 29 – Esquema hierárquico AHP para escolha do melhor cenário



Fonte: Elaborado pela autora

Os critérios de avaliação aqui considerados são os próprios indicadores dos cenários:

Tabela 25 – Critérios de avaliação para modelo AHP

Critérios de Avaliação	
C ₁	Disponibilidade para realizar as atividades rotineiras
C ₂	Capacidade de antecipação a eventos
C ₃	Capacidade e disponibilidade para desenvolvimento das competências individuais e coletivas
C ₄	Clima organizacional
C ₅	Segurança operacional e saúde ocupacional
C ₆	Custos de pessoal

Comparando-se os critérios um a um, através da escala numérica de Saaty, foram obtidos os resultados que seguem.

Tabela 26 – Comparação entre critérios

	C₁	C₂	C₃	C₄	C₅	C₆
C₁	1,00	0,14	0,33	3,00	0,20	0,33
C₂	7,00	1,00	3,00	7,00	1,00	3,00
C₃	3,00	0,33	1,00	3,00	0,20	0,33
C₄	0,33	0,14	0,33	1,00	0,20	0,20
C₅	5,00	1,00	5,00	5,00	1,00	1,00
C₆	3,00	0,33	3,00	5,00	1,00	1,00
$\sum_{j=1}^n a_{ij}$	19,33	2,95	12,67	24,00	3,60	5,87

Tabela 27 – Notas normalizadas de comparação entre critérios

	C₁	C₂	C₃	C₄	C₅	C₆
C₁	0,05	0,05	0,03	0,13	0,06	0,06
C₂	0,36	0,34	0,24	0,29	0,28	0,51
C₃	0,16	0,11	0,08	0,13	0,06	0,06
C₄	0,02	0,05	0,03	0,04	0,06	0,03
C₅	0,26	0,34	0,39	0,21	0,28	0,17
C₆	0,16	0,11	0,24	0,21	0,28	0,17

O mesmo exercício foi realizado, comparando-se, para cada indicador, o desempenho comparativo dos cenários com relação a ele.

Tabela 28 – Comparações entre cenários, para cada indicador

I₁	A	B	I₄	A	B
A	1,00	1,00	A	1,00	5,00
B	1,00	1,00	B	0,20	1,00
	2,00	2,00		1,20	6,00
I₂	A	B	I₅	A	B
A	1,00	0,33	A	1,00	0,25
B	3,00	1,00	B	4,00	1,00
	4,00	1,33		5,00	1,25
I₃	A	B	I₆	A	B
A	1,00	0,20	A	1,00	3,00
B	5,00	1,00	B	0,33	1,00
	6,00	1,20		1,33	4,00

Tabela 29 – Comparações normalizadas entre cenários, para cada indicador

I₁	A	B	PML_m
A	0,50	0,50	0,50
B	0,50	0,50	0,50

I₄	A	B	PML_m
A	0,83	0,83	0,83
B	0,17	0,17	0,17

I₂	A	B	PML_m
A	0,25	0,25	0,25
B	0,75	0,75	0,75

I₅	A	B	PML_m
A	0,20	0,20	0,20
B	0,80	0,80	0,80

I₃	A	B	PML_m
A	0,17	0,17	0,17
B	0,83	0,83	0,83

I₆	A	B	PML_m
A	0,75	0,75	0,75
B	0,25	0,25	0,25

Seguindo-se os cálculos previamente apresentados em 3.1.4., chega-se que a prioridade global, PG, do cenário A é 0,36, enquanto que do cenário B, é 0,64. Ou seja, dadas as ponderações aqui efetuadas, o cenário B é eleito o melhor.

Por fim, no que tange à consistência lógica, a tabela a seguir contempla os cálculos devidamente realizados, consoante a teoria mostrada.

Tabela 30 – Cálculos para razão de consistência (RC)

PML_i	B_i	C_i
0,06	0,37	6,14
0,34	2,17	6,45
0,10	0,62	6,39
0,04	0,23	6,22
0,27	1,78	6,48
0,19	1,24	6,41

Cálculo da razão de consistência (RC)	
$\lambda_{máx}$	6,35
IC	0,07
IR	1,24
RC	5,63%

Com uma razão de consistência de 5,63%, valor inferior a 10%, pode-se afirmar que o grau de consistência é satisfatório.

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme abordado ao longo deste trabalho, o dimensionamento de efetivo e sua previsão é uma atividade crucial para as organizações, devendo estar alinhado aos objetivos e estratégia da empresa. As decisões referentes ao dimensionamento de pessoas são, por vezes, tomadas empiricamente, especialmente no caso das aqui descritas como operações complexas. Um dos motivos que colabora para isso é a falta de abordagem do assunto na literatura. Motivado, então, pela relevância de abordagem do tema tanto para a comunidade acadêmica, quanto para as organizações, este trabalho se propôs a responder à seguinte pergunta:

Quais são as ferramentas existentes e abordadas pela literatura com relação ao dimensionamento de pessoas em operações complexas, bem como suas aplicabilidades e limitações?

Para respondê-la, dividiu-se a literatura dos métodos de previsão entre aqueles que priorizam informações de caráter quantitativo e aqueles que se fundamentam em informações qualitativas e, concluindo-se que a metodologia de cenários proposta por Mello; Marx e Zilbovicius (2011) é a mais adequada para as operações complexas, este trabalho se dedicou a agregar contribuições à ela, focando, principalmente, na contemplação de aspectos quantitativos. Ou seja, buscou-se aproximar a abordagem do dimensionamento de pessoas em operações complexas do que Miguel (2010) define como uma abordagem combinada, pois se julga que no contexto atual de dinamismo e com as ferramentas disponíveis para tratamento de dados, é possível enriquecer a elaboração de cenários com aspectos quantitativos também e, consequentemente, colaborar para a tomada de decisão.

Dessa forma, considerando-se o que se propôs a ser feito neste trabalho desde o princípio, considera-se que os objetivos foram atendidos. A aplicação prática, não estando no escopo deste trabalho devido à impossibilidade de realização, não ocorreu. Entretanto, exerceu-se hipoteticamente a aplicação das contribuições feitas e considera-se isso como um exercício que prepara para um teste real que pode e deve vir a acontecer em trabalhos futuros.

No entanto, a não aplicação das contribuições representa uma grande limitação deste trabalho. Em um caso real, não necessariamente, e muito dificilmente, os resultados serão os mesmos e surgirão dificuldades que não apareceram neste exercício. Mas espera-se que as

contribuições sirvam para gerar um racional que possa ser aplicado em diferentes operações complexas. Por exemplo, no tocante à relação entre dimensionamento e avanços tecnológicos, um caso real pode vir a fornecer uma relação entre as variáveis diferente da regressão linear simples. Ou então, dependendo da operação, pode ser possível enunciar outro fator que repercuta no dimensionamento de efetivo, diferente dos avanços tecnológicos. A CIT, por sua vez, pode em muito enriquecer a compreensão de operações complexas e as condições de ocorrência de eventos, dando mais *insights* para análise de variáveis que refletem no dimensionamento. O modelo Markoviano, aqui aplicado para descoberta de futuros recrutamentos, pode ser de grande valia para operações que exigem níveis diferenciados de capacitação e treinamento, colaborando para o bom planejamento das atividades que envolvem a busca por novos trabalhadores. Por fim, a proposta de utilização do Modelo AHP para suporte à decisão de qual é o cenário mais alinhado com os indicadores relevantes para a empresa, embora seja simples, em muito colabora para que a decisão contemple todos os aspectos importantes, cada qual com a sua devida ponderação.

Para concluir, dentro das devidas limitações, a autora se sente satisfeita na elaboração deste Trabalho de Formatura e espera que o mesmo suscite a aplicação prática do que aqui se propõe e novos estudos sobre o tema, visando ao enriquecimento da literatura. Espera-se, também, que a abordagem aqui feita possa, ainda que infimamente, contribuir para o curso de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, a quem a autora deve grande parte de seu desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMCZUK, A. **A prática da tomada de decisão.** São Paulo: Atlas, 2009.

ACHI, Z.; MOTT, G. **A system dynamics model of a professional organization: the dynamics of personnel policy.** Thesis (M.S.) - Massachusetts Institute of Technology, Alfred P. Sloan School of Management, 1982.

AUGUSTO, C.; TAKAHASHI, L.; SACHUK, M. **Impacto da Inovação Tecnológica na competitividade e nas Relações de trabalho.** Caderno de Administração, v. 16, n.2, p. 57-66, jul/dez. 2008.

BARBIERI, J. C. **Produção e transferência de tecnologia.** São Paulo: Ática S.A., 1990.

BARNES, R. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho.** 6º ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1977.

BARTHOLOMEW, D. J.; FORBES, A.; MCCLEAN, S. **Statistical Techniques for Manpower Planning,** John Wiley, 2nd Edition, 1991.

BESSA, M. **Metodologia para a avaliação do nível de automação em sistemas de produção enxuta.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Curitiba: PUC PR, 2004 .

BITNER, M.; BOOMS, B.; TETREAU, M. **The Service encounter:** diagnosing favorable and unfavorable incidents. *Journal of Marketing*, 54, p. 71-84, Jan., 1990.

BONFIM, G. **Metodologia para desenvolvimento de projetos.** João Pessoa: Editora Universitária / UFPB, 1995.

BOWEN, J.; FORD, R. C. **Managing Service Organizations: does having a thing make a difference?** JOM, vol 28, n3, 2002.

BUFFA, E. S.; SARIN, R. **Modern Production/Operations Management**, John Wiley, 8th Edition, 1987.

CARVALHO, M. M.; RABECHINI Jr, R. **Fundamentos em Gestão de Projetos: construindo competências para gerenciar projetos**. São Paulo: Editora Atlas, 3^a edição, 2011.

CASTRUCCI, P.L.; MORAES, C.C. **Engenharia de Automação Industrial**. LTC Livros Técnicos e Científicos Editores S.A. 2001.

CHELL, E.; PITTAWAY, L. **A study of entrepreneurship in the restaurant and cafe industry**: exploratory work using the critical incident technique as a methodology. *International Journal of Hospitality Management*, v.17, p. 23-32, 1998.

CHURCHILL, Jr. G. A.; PETER, J.P. **Marketing**: criando valor para os clientes. São Paulo: Editora Saraiva, 2000.

CLARK, G.; JOHNSTON, R. **Administração de operações de serviços**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

COSTA, H. G. **Introdução ao Método de Análise Hierárquica**: análise multicritério no auxílio à decisão. Niterói, 2002.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2^a edição, 2002.

COSTA NETO, P.L.O.; CYMBALISTA, M. **Probabilidades**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2006.

DENZIN, N. K. **The Research Act**, Englewood Cliffs, 1989. N. J., Prentice Hall.

DRUCKER, P.F. **A prática da administração**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1962.

FLANAGAN, J. C. **The critical incident technique**. *Psychological Bulletin*, 51, p. 327-358, 1954.

FREEMAN, C. **La teoría económica de la innovación industrial**, 1975.

GODET, M. **Scenarios and Strategic Management**. London : Butterworths Scientific, Ltd., 1987

GRONROOS, C. **Service Management and Marketing**, Lexington Books, Lexington, Mass., p.27, 1990.

GROTE, G. et al. **KOMPASS**: a method for complementary function allocation in automated work systems. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.*, 2000, p. 267-287.

GROOVER, M. P. **Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing**. 2nd ed. New Jersey : Prentice-Hall, 2001.

HILL, T. **Choice of Process In: Manufacturing strategy**: the strategic management of the manufacturing function. London: Macmillan, 1993.

HUSS, W. R.; HONTON, E. J.: **Scenario planning: what style shoud you use?** *Long Range Planning*, London, v.20, n.4, p.21-29, Aug. 1987.

JOHNSON, G. **Toward a theory on high-level manpower planning: alternatives and suggestions**. 1975.

KOTLER, P. **Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

KRETAN, A. et al. **Gerenciamento de stakeholders**: um fator crítico para o sucesso em projetos. *Revista Mundo Project Management*, São Paulo, n.24, v.4, p.62, Dezembro 2009.

LUCENA, M.D.S. **Planejamento de Recursos Humanos**. São Paulo: Atlas, 1991.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HINDMAN, R.. **Forecasting: Methods and Applications**, John Wiley, 3rd Edition, 1998.

MANNERMAA, M. **In search of an evolutionary paradigm for futures research.** *Futures*, v. 23, p. 349-372, 1991.

MANUAL DE OSLO – Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica – OECD – FINEP – 2004 – Brasília.

MARX, R. **Trabalho em grupos e autonomia como instrumentos de competição:** experiência internacional, casos brasileiros, metodologia de implantação. São Paulo: Atlas, 1997.

MASIERO, G. **Administração de empresas.** São Paulo: Saraiva, 2007

MELLO, A., MARX, R., ZILBOVICIUS, M. **Work allocation in complex production processes:** a methodology for decision support. *JOSCM. Journal of Operations and Supply Chain Management*, v. 4, p. 43-55, 2011.

MENDES, S. **Mudança tecnológica, formação para o trabalho e planejamento da educação.** Boletim Técnico do SENAC – v. 21, n. 2, maio/ago., 1995

MEYER, P. L.: **Probabilidade: aplicações à Estatística.** 2^a Edição, LTC, 1983.

MIYAKE, D. **Notas de aula referentes à disciplina PRO 2420 – Projeto da Fábrica.** EPUSP, 2012.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied Statistics and Probability for Engineers.** 3rd edition, John Wiley, 2002.

MORITZ, G. et al. **A prospecção de cenários nas universidades:** variáveis portadoras de futuro e a trajetória estratégica da UFSC para 2022. 2010. Disponível em:< http://www.inpeau.ufsc.br/wp/wp-content/BD_documentos/coloquio10/233.pdf>. Acesso em: 22 out. 2013.

REZENDE, D.A; ABREU, A.F. **Tecnologia da Informação Aplicada a Sistemas de Informação Empresariais:** o papel estratégico da informação e dos sistemas de informação nas empresas. São Paulo: Atlas, 2000

REYES, E.; CARDOSO, C. **A técnica de incidentes críticos na compreensão da evolução da confiança organizacional.** In XXX ENEGEP, São Carlos, 2010.

ROCHE, H.; VEJO, C. **Analisis multicriterio em la toma de deciosiones. Métodos Cuantitativos aplicados a la administración. Analisis multicritério – AHP.** 2004. Material apoyo AHP, 11 f.

SALERNO, M.S. **Projeto de organizações integradas e flexíveis:** processos, grupos e gestão democrática via espaços de comunicação-negociação. São Paulo: Atlas, 1999.

SCHUMPETER, J. **Teoria do desenvolvimento.** São Paulo: Abril, 1982. (Traduzido do original em inglês de 1934)

SCHUMPETER, J. **Capitalismo, Socialismo e Democracia.** Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1984. (Traduzido do original em inglês de 1943)

SCHWARTZ, P. **A arte da visão de longo prazo.** São Paulo: Nova Cultural, 2000.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.** 2^a ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R. **Administração da Produção,** 2^a ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TAYLOR, F. **Princípios da Administração Científica,** 8^a ed. São Paulo: Atlas, 1990.

TOLEDO, J.C., FERRO, J.R., TRUZZI, O. **Indústrias de processo contínuo: novos rumos para a organização do trabalho.** Rev. Administração de Empresas, vol.26 no.1 São Paulo Jan./Mar. 1986.

URQUHART, C., et al. **Critical incident technique and explicitation interviewing in studies of information behavior.** *Library and Information Science Research*, v. 25, p. 63 88, Mar., 2003.

VELTZ, P., ZARIFIAN, P. **Vers de nouveaux modèles d'organisation?** Sociologie du Travail, v.35, n. 1, 1993.

WINSTON, W. L.; VENKATARAMANAN, M. A. **Introduction to Mathematical Programming.** Operations Research: Volume 1. 4th ed., Brooks/Cole, Pacific Grove, 2003.

WRIGHT, G. AYTON, P. (eds): **Judgmental Forecasting.** New York: Wiley, 1987.

ZARIFIAN, P. **As Novas Abordagens da Produtividade** (In: Soares, Rosa M.S.N., Gestão da Empresa, Automação e Competitividade: Novos Padrões de Organização e de Relação no Trabalho), Brasília, IPEA/IPLAN, 1990.

ZARIFIAN, P.; AUBE, N. **Caderno de encargos da organização qualificante e flexível.** Paris, s.ed., 192..

ZARIFIAN, P. **Le travail et l'événement.** Paris: L'Harmattan, 1995.

ZARIFIAN, P. **Objetivo competência: por uma nova lógica.** São Paulo: Atlas, 2001.

APÊNDICE 1- REGRESSÃO LINEAR

❖ ***Regressão Linear***

A regressão tem como objetivo fundamental a descoberta da equação que relaciona duas (ou mais) variáveis, da forma (RAMOS, 2011):

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k) + \varepsilon$$

onde:

x_1, x_2, \dots, x_k são chamados de fatores;

$f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ indica uma função de várias variáveis;

ε é chamado de erro ou resíduo.

Na regressão, assume-se que as variáveis x_i são admitidas sem erro, ou seja, são não aleatórias, enquanto que a variável y apresenta uma parcela de variação residual. Outra hipótese assumida na regressão é de que a variação residual da variável y é constante com x , ou seja, σ_R^2 é admitido constante, independente do ponto considerado. Por fim, como a linha de regressão dá os valores médios de y em relação a $f(x_1, x_2, \dots, x_k)$, isso implica considerar que a variação residual de y seja normalmente distribuída com média zero e desvio padrão constante, ou seja, ε é admitido $\sim N(0, \sigma_R^2)$ (COSTA NETO, 2002 e RAMOS , 2011).

No presente trabalho, utiliza-se a regressão linear simples, na qual uma equação do primeiro grau representa a relação de y em função de x , da forma:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x$$

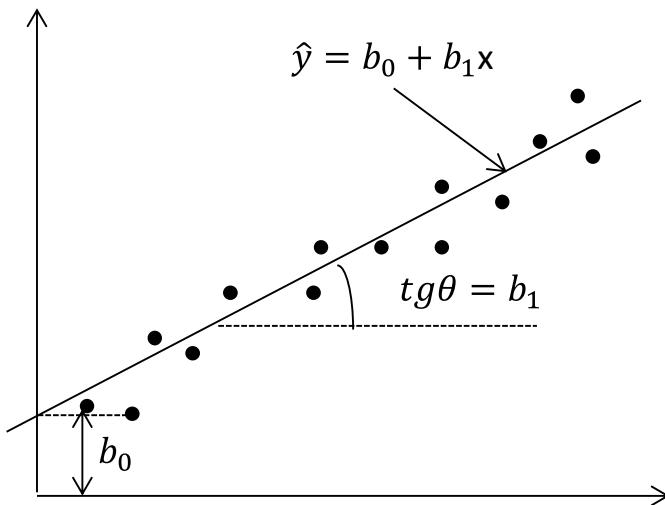
Dado que as constantes β_0 e β_1 são desconhecidas, a equação da reta é estimada por

$$\hat{y} = b_0 + b_1 \cdot x$$

onde:

b_0 é o intercepto da reta e

b_1 é o coeficiente angular da reta

Figura 30 – Esquema gráfico da equação da reta

Para a definição da equação da reta, utiliza-se o método dos mínimos quadrados, segundo o qual a reta a ser adotada deverá ser aquela que torna mínima a soma dos quadrados das distâncias da reta aos pontos experimentais, medidas no sentido da variação aleatória, visando, portanto, à minimização da variação residual em torno da reta estimativa (COSTA NETO, 2002). Ou seja, sendo d_i a distância da reta ao ponto experimental, objetiva-se obter

$$\min \sum d_i^2 = \min \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 = \min \sum (y_i - b_0 - b_1 \cdot x_i)^2$$

Sendo que, para se obter o mínimo, faz-se

$$\frac{\partial}{\partial b_0} \sum d_i^2 = 0 \quad e \quad \frac{\partial}{\partial b_1} \sum d_i^2 = 0 .$$

Considerando-se a última forma em (3.1), chega-se em

$$-2 \sum (y_i - b_0 - b_1 \cdot x_i) = 0 \quad e$$

$$-2 \sum x_i (y_i - b_0 - b_1 \cdot x_i) = 0$$

que resulta no sistema de equações

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum y_i = nb_0 + b_1 \sum x_i \\ \sum x_i y_i = b_0 \sum x_i + b_1 \sum x_i^2 . \end{array} \right.$$

A solução do sistema é, então

$$\begin{cases} b_0 = \frac{\sum y_i}{n} - b_1 \frac{\sum x_i}{n} = \bar{y} - b_1 \bar{x} \\ b_1 = \frac{s_{XY}}{s_{XX}} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) y_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \end{cases}$$

Ramos (2011) atenta para alguns pontos dignos de apreço. O método acima exposto, dos mínimos quadrados, é uma forma de obter a equação da reta que minimiza a distância dos pontos à mesma, não significando, entretanto, que o modelo seja adequado. Para tal, emprega-se a análise de variância (ANOVA), o cálculo do coeficiente de determinação e a análise de resíduos.

❖ *Análise de Variância Aplicada à Regressão*

A avaliação da relevância estatística da regressão linear é feita com base no seguinte teste de hipóteses (RAMOS, 2011):

$$H_0: \beta_1 = 0 \text{ (não há regressão)}$$

$$H_1: \beta_1 \neq 0 \text{ (há regressão)}$$

Seja a variância total s_T^2 estimada por

$$s_T^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} = \frac{s_{YY}}{n-1},$$

a variância residual (ou devida ao erro) s_R^2 por

$$s_R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2}{n-2} = \frac{s_{YY} - b_1^2 s_{XX}}{n-2}$$

e sendo a soma de quadrados

$$SQ_{TOTAL} = SQ_{REGRESSÃO} + SQ_{ERRO},$$

a variância devido ao modelo de regressão é estimada através de:

$$s_M^2 = \frac{b_1^2 s_{XX}}{1}$$

Para que a regressão seja significativa, a variação residual deve ser pequena quando comparada à variância devida à regressão, de forma que a razão entre elas pode ser testada mediante a distribuição F-Snedecor. A tabela da ANOVA é organizada como mostra a Tabela 31.

Tabela 31 – Tabela ANOVA

Fonte	GL (Graus de liberdade)	SQ	QM	F _{CALC}
Regressão	1	$b_1^2 S_{XX}$	s_M^2	$\frac{s_M^2}{s_R^2}$
Residual	n-2	$S_{YY} - b_1^2 S_{XX}$	s_R^2	
Total	n-1	S_{YY}		

A comparação deve ser feita, para um nível de significância α , entre F_{CALC} e F_{CRÍT} = F_{1; n-2; \alpha} e, se F_{CALC} > F_{CRÍT}, rejeita-se a H₀.

❖ *Coeficiente de Determinação R²*

Além da ANOVA, é possível determinar o coeficiente de determinação da reta, R², que exprime a proporção da variação total de Y que é “explicada” pela reta de mínimos quadrados (COSTA NETO, 2002). Seu cálculo é dado por:

$$R^2 = \frac{b_1^2 S_{XX}}{S_{YY}} = \frac{b_1 S_{XY}}{S_{YY}} = \frac{S_{XY}^2}{S_{XX} \cdot S_{YY}}$$

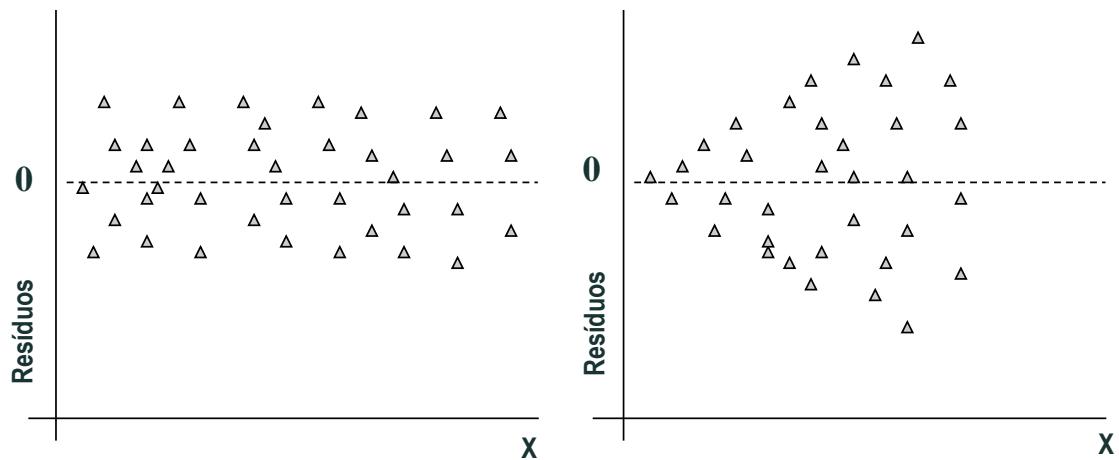
Quanto mais próximo de 1 for R², maior o percentual da variação total de Y explicada pela reta e, portanto, a regressão apresenta maior validade estatística.

❖ *Análise de Resíduos*

O erro ε do modelo é estimado pela variação residual, ou seja, pela diferença entre o valor observado de y e o valor \hat{y} previsto pela equação de regressão. Se o modelo linear for adequado, então os resíduos devem se distribuir aleatoriamente em torno de zero, ao longo de valores crescentes de X. Ou seja, ao se plotar um gráfico dos resíduos no eixo em relação aos valores de X na abscissa organizados de forma crescente, espera-se obter distribuições

aleatórias dos resíduos. Se há alguma tendência de aumento ou diminuição da amplitude dos resíduos, existe um problema de heterocedasticidade, que indica que o método dos mínimos quadrados não pode ser usado para estimar a regressão, devendo ser utilizado outro método. Ou seja, no caso da heterocedasticidade, a variância residual não é constante, tal qual apresentado como hipótese assumida no modelo de regressão linear.

Figura 31 – Variação residual: à esquerda, homocedasticidade; à direita, heterocedasticidade



ANEXO 1 – DISTRIBUIÇÃO DE IDADES DOS TRABALHADORES

Tabela 32 – Idades dos trabalhadores

n₁	n₂	n₃	n₁ (cont)	n₂ (cont)	n₃ (cont)	n₁ (cont)	n₂ (cont)	n₃ (cont)
20	39	27	36	30		44	57	
22	57	25	36	30		46	59	
22	40	35	39	34		42		
21	45	34	40	34		51		
19	44	34	36	35		53		
19	42	35	38	35		48		
28	53	32	36	31		53		
24	47	30	38	31		50		
29	47	36	41	40		48		
24	43	39	41	38		52		
28	42	37	39	41		50		
25	41	36	36	37		50		
24	42	40	37	41		50		
24	50	41	36	38		51		
28	47	38	39	36		50		
24	45	40	41	40		52		
28	47	47	36	38		52		
25	43	47	38	39		51		
29	42	44	36	38		57		
27	45	47	40	39		58		
29	45	47	37	40		55		
27	47	47	40	39		54		
30	44	46	38	53		58		
32	44	45	36	49		54		
34	46	45	40	48		54		
31	42	44	37	53		56		
30	47	44	40	52		64		
33	47	46	36	49		61		
34	46	42	41	52		62		
32	47	53	42	52		63		
31	44	49	47	48		64		
35	46	48	44	48		64		
30	47	53	45	52		61		
35	29	48	43	52				
34	37	48	42	52				
32	28	49	45	53				
34	24	58	46	53				
30	26	56	47	56				
32	24	59	47	57				
30	30	56	46	59				
32	34	58	45	59				
38	31	55	45	56				
40	34	62	45	59				
36	33	65	44	59				

ANEXO 2 – CENÁRIO FUTURO A COMPLETO

CENÁRIO A	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Aumentar a disponibilidade de tempo para treinamento no nível n_2 - Aumentar a capacidade de antecipação a eventos

Pressupostos	
Tecnologia	Investimento de R\$Y em tecnologia

Dimensionamento			
Nível	Quantidade de trabalhadores	Número de postos de trabalho	Horas de treinamento/trabalhador/ano
n_1	121	98	150
n_2	94	71	240
n_3	44	44	

	Memória de cálculo	n_1	n_2
Demanda anual hh	$A = n^{\circ}\text{postos} \times 146\text{h/mês} \times 12 \text{ meses/ano}$	171.696	124.392
Disponibilidade anual hh, considerando-se um mês de férias e 2% de absenteísmo	$B = \text{quantidade e trabalhadores} \times 146\text{h/mês} \times 11 \text{ meses} \times 98\%$	190.439	147.945
Disponibilidade anual hh para cobertura de eventos, treinamentos e outros	$C = B - A$	18.743	23.553
Disponibilidade anual hh para cobertura de eventos, treinamentos e outros por trabalhador	$T = \frac{C}{\text{Qtde de trabalhadores}}$	155	251
Demanda anual hh para treinamentos	$D = \text{quantidade e trabalhadores} \times \text{demanda anual horas treinamento}$	18.150	22.560
Disponibilidade anual hh para cobertura de eventos	$E = C - D$	593	993

CENÁRIO A - Dimensionamento Final - Avanços Tecnológicos			
n_1	n_2	n_3	Total
118	93	45	256

CENÁRIO A - Dimensionamento - Recrutamentos necessários			
n_1	n_2	n_3	Total
17	8	5	30

ANEXO 3 – CENÁRIO FUTURO B COMPLETO

CENÁRIO B			
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Aumentar a disponibilidade de tempo para treinamento nos níveis n_1 e n_2 - Aumentar a capacidade dos trabalhadores dos níveis n_1 e n_2 para convivência com novas tecnologias - Aumentar a capacidade de antecipação a eventos 		
Pressupostos			
Tecnologia	Investimento de R\$2Y em tecnologia		
Dimensionamento			
Nível	Quantidade de trabalhadores	Número de postos de trabalho	Horas de treinamento/trabalhador/ano
n_1	124	98	180
n_2	95	71	260
n_3	44	44	
		Memória de cálculo	
Demanda anual hh		$A = \text{nºpostos} \times 146\text{h/mês} \times 12 \text{ meses/ano}$	171.696
Disponibilidade anual hh, considerando-se um mês de férias e 2% de absenteísmo		$B = \text{quantidade e trabalhadores} \times 146\text{h/mês} \times 11 \text{ meses} \times 98\%$	195.161
Disponibilidade anual hh para cobertura de eventos, treinamentos e outros		$C = B - A$	23.465
Disponibilidade anual hh para cobertura de eventos, treinamentos e outros por trabalhador		$T = \frac{C}{\text{Qtde de trabalhadores}}$	189
Demanda anual hh para treinamentos		$D = \text{quantidade e trabalhadores} \times \text{demanda anual horas treinamento}$	22.320
Disponibilidade anual hh para cobertura de eventos		$E = C - D$	1.145
CENÁRIO B - Dimensionamento Final - Avanços Tecnológicos			
n_1	n_2	n_3	Total
119	94	46	259
CENÁRIO B - Dimensionamento - Recrutamentos necessários			
n_1	n_2	n_3	Total
16	8	6	30