



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**MATHEUS DAS NEVES ALMEIDA**

**ESTABELECIMENTO DAS CARACTERÍSTICAS COGNITIVAS, FISIOLÓGICAS E  
PSICOLÓGICAS NO DESEMPENHO DOS TRABALHADORES ATRAVÉS DE  
MODELOS REPRESENTATIVOS: O CASO DE UMA INDÚSTRIA DE CALÇADOS  
DA PARAÍBA**

**JOÃO PESSOA - PB  
2013**

**MATHEUS DAS NEVES ALMEIDA**

**ESTABELECIMENTO DAS CARACTERÍSTICAS COGNITIVAS, FISIOLÓGICAS E  
PSICOLÓGICAS NO DESEMPENHO DOS TRABALHADORES ATRAVÉS DE  
MODELOS REPRESENTATIVOS: O CASO DE UMA INDÚSTRIA DE CALÇADOS  
DA PARAÍBA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

**Área de Concentração:** Tecnologia, Trabalho e Organizações  
**Orientador:** Prof. Luiz Bueno da Silva, Dr.

**JOÃO PESSOA – PB  
2013**

A447e Almeida, Matheus das Neves

Estabelecimento das características cognitivas, fisiológicas e psicológicas no desempenho dos trabalhadores através de modelos representativos: o caso de uma indústria de calçados da Paraíba. / Matheus das Neves Almeida. – João Pessoa, 2013.

114f. il.:

Orientador: Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva

Dissertação (Curso de Mestrado em Engenharia de Produção). Centro de Tecnologia - CT. Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

1. Desempenho Humano 2. Fatores Humanos 3. Indústria Calçadista I.  
Título.

BS/CT/UFPB

CDU: 658.5(043)

**MATHEUS DAS NEVES ALMEIDA**

**ESTABELECIMENTO DAS CARACTERÍSTICAS COGNITIVAS, FISIOLÓGICAS E  
PSICOLÓGICAS NO DESEMPENHO DOS TRABALHADORES ATRAVÉS DE  
MODELOS REPRESENTATIVOS: O CASO DE UMA INDÚSTRIA DE CALÇADOS  
DA PARAÍBA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Luiz Bueno da Silva, Dr.**  
**Orientador - UFPB**

---

**Prof. Francisco Soares Másculo, Ph.D.**  
**Examinador Interno - UFPB**

---

**Prof. Juscelino de Farias Maribondo, Dr.**  
**Examinador Externo - UFCG**

Dedico este trabalho a minha mãe, Rosilda, que sempre me incentiva a crescer, torce por mim em todas as ocasiões, e me deu todo o suporte amoroso, psicológico e financeiro para sua conclusão.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi resultado de grande esforço, e não teria conseguido finalizá-lo sem a contribuição de muitas pessoas, as quais gostaria de agradecer.

À minha mãe, que tenho como um exemplo de pessoa a ser seguida e que me ensinou o valor do conhecimento.

Ao meu pai e minha avó materna, que Deus a os tenha.

Aos meus irmãos e minha irmã que me mostraram e me incentivaram o valor de prosseguir com meus estudos.

À minha noiva e fiel leitora e corretora, Kaliana Sitonio Eça, que preteriu muitas horas de seu doutorado para me ajudar a redigir um texto compreensível, e não me deixou só em todo o momento de meu mestrado.

Ao meu paciente e dedicado orientador, Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva, que me ajudou, me incentivou, não me abandonou e acreditou no meu trabalho.

Ao meu amigo Erivaldo Lopez de Sousa que possui uma mente extremamente criativa e me deu ideias maravilhosas, além de ânimo para continuar sempre me mostrando os caminhos e que eu era capaz de executar este trabalho.

A todos os professores do programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFPB, que dedicaram seu empenho em passar o conhecimento necessário para a minha formação.

Aos amigos do grupo de pesquisa (Laboratório de Análise do Trabalho – LAT) e do mestrado, companheiros de horas alegres e difíceis, que riram e sofreram junto comigo neste longo percurso.

A Geraldo Alves Colaço, que me ajudou a contatar a empresa pesquisada e sem ele este trabalho teria sido abortado, a minha eterna gratidão.

À banca examinadora: Prof. Ph.D. Francisco Soares Másculo (Interno) e Prof. Dr. Juscelino de Farias Maribondo (Externo), pela disponibilidade e pelas contribuições dadas para a realização desta pesquisa.

À Ana Araújo, não menos importante, que nos aturou e ajudou sempre que necessário na secretaria do PPGEP com as declarações e solicitações urgentes a nós alunos do mestrado.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro na consecução de bolsa de mestrado.

E a todos que direta e indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho.

## RESUMO

Há fortes evidências de que existe uma relação entre fatores humanos, “*human factors*”, e o desempenho humano, “*human performance*”, em sistemas de produção onde a força de trabalho é predominante. Por outro lado, pesquisas referentes a esta relação ainda são escassas na literatura recente. Além disso, essas pesquisas realizadas consideram o desempenho apenas sob a ótica da qualidade e/ou erro humano, que são apenas duas das suas muitas facetas existentes na literatura. No entanto, este estudo considerou o desempenho sob uma perspectiva diferente, ao investigá-lo como a quantidade de unidades produzidas. Tratar o desempenho sob a perspectiva da quantidade de produção é importante porque essa é uma medida muito utilizada para medir o desempenho em linhas de montagem. Em consequência do contexto estabelecido, o objetivo desta pesquisa foi identificar as características cognitivas, fisiológicas e psicológicas que influenciam no desempenho dos trabalhadores em termos de quantidade de peças produzidas na atividade de colagem dos tênis numa linha de montagem. Neste sentido, foi selecionado um conjunto de características cognitivas, fisiológicas e psicológicas da taxonomia denominada de PIF’s (*performance influencing factors*), em que essas três características são usadas conjuntamente para medir o desempenho de trabalhadores. Posteriormente, foi verificada a inter-relação entre o conjunto selecionado e o desempenho. O experimento foi conduzido em uma empresa calçadista do Estado da Paraíba, que tem várias linhas de montagem de tênis e que avalia o desempenho dos seus trabalhadores através da quantidade de peças por hora. Como resultado, foram gerados modelos lineares generalizados (MLG). Dentre os modelos, o que melhor explicou esta relação foi um MLG cuja variável resposta apresenta uma distribuição normal inversa. Esse modelo possui um *pseudo-R*<sup>2</sup> igual a 0,81. Além disso, as características humanas consideradas significativas foram: experiência, idade, sexo, treinamento, habilidade e dor.

**Palavras-chave:** Desempenho Humano. Fatores Humanos (Características Cognitivas, Fisiológicas e Psicológicas). Indústria Calçadista.

## ABSTRACT

There is strong evidence that a relationship exists between human factors and human performance in production systems where the workforce is predominant. On the other hand, researches regarding this relationship are scarce in the recent literature. Moreover, these researches conducted only consider the performance from the perspective of quality and / or human error, that are just two of its many facets in the literature. However, this study considered the performance under a different perspective, to investigate it as the number of pieces produced. Treat performance from the perspective of production quantity is important because this is a measure widely used to measure performance in assembly lines. In consequence of the established context, the objective of this research was to identify the cognitive, physiological and psychological characteristics that influence the performance of workers in terms of quantity of pieces produced in activity collage tennis on an assembly line. In this sense, was selected a set of cognitive, physiological and psychological characteristics a taxonomy called PIF's (Performance Influencing Factors), in which these three characteristics are used together to measure the performance of workers. Subsequently, was verified the interrelationship between the selected set and performance. The experiment was conducted in a shoes company in the State of Paraíba that has several assembly lines of shoes and evaluates the performance of its employees by the number of pieces per hour. As a result, was generated generalized linear models (GLM). Among the models that best explained this relationship was a MLG (the response variable) has an inverse normal distribution. This model has a pseudo-R<sup>2</sup> equal to 0.81. Moreover, the human characteristics were considered significant: experience, age, gender, training, skill and pain.

**Keywords:** Workers Performance. Human Factors (Cognitive, Physical And Psychological Characteristics). Paraibana Shoes Industry.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - GRUPOS DE FATORES QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO .....	15
FIGURA 2 - ATIVIDADE COM ERGONOMIA.....	20
FIGURA 3 - DISFUNÇÃO OPERATÓRIA E SISTÊMICA.....	21
FIGURA 4 - LIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	23
FIGURA 5 - FATORES QUE AFETAM O DESEMPENHO NO CARGO .....	26
FIGURA 6 - SISTEMA DE PRODUÇÃO DA EMPRESA ESTUDADA .....	66
FIGURA 7 - REPRESENTAÇÃO BÁSICA DO PCP DENTRO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO .....	67
FIGURA 8 - LAYOUT DA LINHA DE MONTAGEM.....	68
FIGURA 9 - ANÁLISE GRÁFICA DO GÊNERO DOS ENTREVISTADOS .....	69
FIGURA 10 – MEDIDAS DE TENDÊNCIA DA IDADE DOS TRABALHADORES .....	70
FIGURA 11 - HISTOGRAMA DA VARIÁVEL IDADE.....	70
FIGURA 12 - MEDIDAS DE TENDÊNCIA DO TEMPO NA FUNÇÃO .....	72
FIGURA 13 - HISTOGRAMA DA VARIÁVEL TEMPO NA FUNÇÃO.....	72
FIGURA 14 - MEDIDAS DE TENDÊNCIA DO TEMPO DE PROCESSAMENTO .....	73
FIGURA 15 – MEDIDA DE TENDÊNCIA DA VARIÁVEL DESEMPENHO DOS TRABALHADORES .....	74
FIGURA 16 - HISTOGRAMA DA VARIÁVEL DESEMPENHO.....	74
FIGURA 17 - RESULTADO DOS TESTES DE NORMALIDADES DO DESEMPENHO.....	75
FIGURA 18 – CARACTERIZAÇÃO DO DESEMPENHO E DAS CARACTERÍSTICAS HUMANAS .....	76
FIGURA 19 - GRÁFICO QQNORM PARA OS MODELOS M1, M2, MOD1, E MOD3.....	82
FIGURA 20 - GRÁFICO DA FUNÇÃO VARIÂNCIA .....	84
FIGURA 21 - GRÁFICO DA FUNÇÃO DE LIGAÇÃO .....	85
FIGURA 22 - GRÁFICO DA DISTÂNCIA DOS COOKS.....	86
FIGURA 23 - GRÁFICO DO DESVIO RESIDUAL VERSUS VALOR AJUSTADOS .....	87

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - QUADRO COMPARATIVO DE COMO AS PESSOAS INTERAGEM.....	14
QUADRO 2 - MATRIZ DE OBSERVAÇÃO DO DESEMPENHO DOS TRABALHADORES .....	61
QUADRO 3 - IDENTIFICAÇÃO DAS ABREVIACÕES DAS VARIÁVEIS COLETADAS .....	76
QUADRO 4 - RESUMO DOS MELHORES MODELOS DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL INVERSA .....	80
QUADRO 5 - RESUMO DOS MELHORES MODELOS DA DISTRIBUIÇÃO GAMMA .....	80

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - QUADRO TEÓRICO QUE RELACIONA O DESEMPENHO COM OS FATORES HUMANOS .....	38
TABELA 3 - FATORES HUMANOS DA TAXONOMIA PFI'S.....	44
TABELA 2.A - PIF TAXONOMIAS PARA HEA.....	45
TABELA 2.B - PIF TAXONOMIAS PARA HRA.....	46
TABELA 4 – SELEÇÃO DOS FATORES CHAVES QUE AFETAM O DESEMPENHO HUMANO .....	49
TABELA 5 - RELAÇÃO DAS FUNÇÕES DE LIGAÇÕES .....	53
TABELA 6 - VARIÁVEIS E INDICADORES .....	60
TABELA 7 - RELAÇÃO DA QUANTIDADE DE MODELOS GERADOS.....	77
TABELA 8 - RESULTADO DOS TESTES LILLIEFORS E SHAPIRO WILK .....	81
TABELA 9 - VALORES DA FUNÇÃO DESVIO .....	83
TABELA 10 - VALORES DOS COEFICIENTES E DOS $P_{\text{VALOR}}$ DAS VARIÁVEIS DO MODELO M2.....	88

## LISTA DE SIGLAS

FH – Fatores Humanos.

PFI – *Performance Factors Influence*.

ABICALÇADOS – Associação Brasileira das Indústrias de Calçados.

SEBRAE – Serviço de Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.

HRA – *Human Reliability Analysis*.

HEP – *Human Error Probability*.

IEA – *International Ergonomics Association*.

ABERGO – Associação Brasileira de Ergonomia.

FHE – Fatores Humanos e Ergonômicos.

FAA – *Federal Aviation Administration*.

CCPS – *Center for Chemical Process Safety*.

MLG – Modelos Lineares Generalizados.

PCP – Planejamento e Controle da Produção.

MRP – *Manufacturing Resource Planning*.

JIT – *Just-in-Time*.

PA – Produto Acabado.

PSA – Produto Semiacabado.

OM – Ordem de Montagem.

SC – Solicitação de compra.

MP – Matéria-Prima.

OP – Ordem de Produção.

PC – Peças Compradas.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO.....	13
1.1. DEFINIÇÃO DO TEMA E QUESTÃO PROBLEMA .....	13
1.2. JUSTIFICATIVA .....	18
1.3. OBJETIVOS DA PESQUISA .....	21
1.3.1. OBJETIVO GERAL .....	21
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
1.4. HIPÓTESES .....	22
1.4.1. HIPÓTESE PRINCIPAL .....	22
1.4.2. HIPÓTESE SECUNDÁRIA .....	22
1.5. LIMITAÇÕES E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	22
CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	24
2.1. DESEMPENHO .....	24
2.1.1. DEFINIÇÃO DE DESEMPENHO .....	24
2.1.2. MEDIDAS DE DESEMPENHO .....	27
2.2. FATORES HUMANOS .....	31
2.2.1. DEFINIÇÃO DA ERGONOMIA .....	31
2.2.2. DEFINIÇÕES E EVOLUÇÃO DOS ESTUDOS EM FATORES HUMANOS .....	35
2.2.2.1. CARACTERÍSTICAS HUMANAS E TAXONOMIA PIF .....	41
2.3. MODELAGEM MATEMÁTICA .....	51
CAPÍTULO 3: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	55
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	55
3.1.1. DO PONTO DE VISTA DA NATUREZA .....	55
3.1.2. DO PONTO DE VISTA DA FORMA DE ABORDAGEM DO PROBLEMA .....	56
3.1.3. DO PONTO DE VISTA DO OBJETIVO.....	56
3.1.4. DO PONTO DE VISTA DOS PROCEDIMENTOS TÉCNICOS .....	57
3.2. ESTUDO DE CASO.....	58
3.2.1. AMBIENTE ESTUDADO .....	58
3.3. VARIÁVEIS E INDICADORES .....	59
3.4. FERRAMENTA DE COLETA DE DADOS .....	61
3.5. TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS.....	63
CAPÍTULO 4: APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	65
4.1. CAMPO DE PESQUISA.....	65
4.2. POSTO DE TRABALHO ANALISADO .....	68
4.3. ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS LEVANTADOS DOS TRABALHADORES.....	69
4.3.1 GÊNERO E IDADE .....	69
4.3.2 PARÂMETROS COM RELAÇÃO AO TEMPO .....	71
4.4. CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DO MODELO .....	75
4.4.1. CONSTRUÇÃO DOS MODELOS .....	77
4.4.1.1. CONSTRUÇÃO DO MODELO COM A DISTRIBUIÇÃO NORMAL INVERSA .....	78
4.4.1.2. CONSTRUÇÃO DO MODELO COM A DISTRIBUIÇÃO GAMA.....	78
4.4.2. ANÁLISE E ESCOLHA DO MELHOR MODELO .....	81
4.5. ANÁLISE DAS VARIÁVEIS DO MODELO REPRESENTATIVO .....	88

CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	90
5.1. CONCLUSÕES .....	90
5.2. RECOMENDAÇÕES FUTURAS.....	92
REFERÊNCIAS .....	93
APÊNDICE 1: QUESTIONÁRIO.....	103
APÊNDICE 2: ROTINA DO SOFTWARE R USADA PARA ANÁLISE DESCRITIVA.....	104
APÊNDICE 3: ROTINA DO SOFTWARE R USADA PARA CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DOS MODELOS .....	105

## **CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO**

Este capítulo aborda os aspectos gerais da pesquisa e está estruturado em cinco seções, a saber: fundamentos da relação entre os fatores humanos e o desempenho dos trabalhadores mostrando a importância de efetuar o estudo desta relação em uma empresa de calçados na Paraíba. Essa tem por objetivo principal contextualizar e delimitar o problema a ser estudado. Na seção posterior são apresentadas as razões que motivam o presente estudo, isto é, a justificativa da escolha do tema. Seguindo com a definição dos objetivos gerais e específicos que norteiam todo o projeto de pesquisa. Na quarta seção são estruturadas hipóteses a serem provadas. Finaliza-se com a limitação e delimitação da pesquisa, contemplando os aspectos principais para evitar a influência dos outros fatores que possam ocasionar variação na variável investigada.

### **1.1. Definição do tema e questão problema**

O presente trabalho procura abordar o estudo do desempenho humano, que pode ser uma tradução direta de “*human performance*”, e sua relação com os Fatores Humanos (FH) ou “*human factor*”, termos já consolidados na literatura internacional. Os FH na ergonomia são, também, conhecidos como as características cognitivas, fisiológicas e psicológicas que o trabalhador utiliza para desempenhar a sua atividade.

Um dos assuntos a ser esclarecido neste trabalho é o desempenho humano e é de suma importância abordar os aspectos e conceitos relacionados pelos autores que ganharam destaque estudando este assunto. Para Stoffel (2000), o desempenho é uma ação que pode ser verificada e mensurada (digitar um texto, assentar tijolos, efetuar uma venda) e é afetado pelo desempenho da organização, dos processos e da equipe onde se encontra alocado. Chiavenato (2005) explica que as organizações devem considerar as pessoas como parceiros indispensáveis ao negócio, e isso quando ocorre certamente contribui positivamente para os interesses estratégicos da empresa e para o desempenho dos indivíduos.

O Quadro 1 faz um comparativo entre pessoas como recursos e como parceiros das organizações e mostra as diferenças existentes entre as duas concepções.

**Quadro 1 - Quadro comparativo de como as pessoas interagem**

<b>PESSOAS COMO RECURSOS</b>	<b>PESSOAS COMO PARCEIROS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empregados isolados nos cargos</li> <li>- Horário rigidamente estabelecido</li> <li>- Preocupação com normas e regras</li> <li>- Subordinação ao chefe</li> <li>- Fidelidade à empresa</li> <li>- Dependência da chefia</li> <li>- Alienação em relação à empresa</li> <li>- Ênfase na especialização</li> <li>- Executores de tarefas</li> <li>- Ênfase nas destrezas manuais</li> <li>- Mão-de-obra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colaboradores agrupados em equipes</li> <li>- Metas negociadas e compartilhadas</li> <li>- Preocupação com resultados</li> <li>- Atendimento e satisfação do cliente</li> <li>- Vinculação à missão e à visão</li> <li>- Interdependência entre colegas/equipes</li> <li>- Participação e comprometimento</li> <li>- Ênfase na ética e na responsabilidade</li> <li>- Fornecedores de atividade</li> <li>- Ênfase no conhecimento</li> <li>- Inteligência e talento</li> </ul>

Fonte: Chiavenato (2005 p.8).

Convém destacar que quando é dado um enfoque às pessoas como parceiras das organizações, estas podem trazer benefícios à empresa através do seu bom desempenho e dinamismo, acarretando na obtenção de vantagens competitivas frente a seus concorrentes.

Marras (2000) conceitua desempenho profissional como sendo o ato ou efeito de cumprir ou executar determinada missão ou meta previamente traçada e cita alguns fatores humanos (motivação e condições cognitivas) como sendo importantes para a transmissão das metas e realização da tarefa com eficácia e eficiência. Através disto, ele mostra um vínculo entre o desempenho humano e os FH que serão estudados nesta pesquisa.

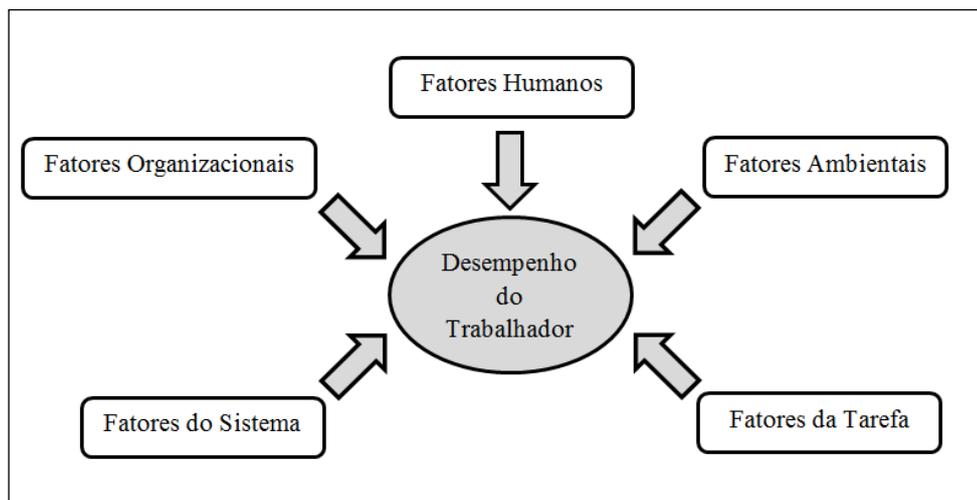
Muitas empresas contemporâneas estão depositando uma maior ênfase em seus sistemas de gestão de desempenho como um meio de gerar níveis mais elevados de desempenho dos seus trabalhadores. Gruman e Saks (2011) explicam que os níveis de desempenho desejados podem ser mais facilmente alcançados se orientar o sistema de gerenciamento de desempenho para promover o engajamento dos funcionários. Este pode ser um argumento muito forte para as organizações desenvolverem suas políticas de desempenho voltadas para os FH.

Outro assunto que será tratado diz respeito aos FH que segundo Iida (2005) podem ser classificados como: fisiológicos; conhecimento que se subdivide em aprendizagem e treinamento; fadiga; motivação; monotonia; idade; sexo; e da deficiência física. O mesmo autor expande a visão ao mostrar o comportamento do desempenho dos trabalhadores ao longo da jornada de trabalho com relação a cada FH citado em sua obra. A literatura indica que o desempenho humano pode variar ao longo da jornada de trabalho e que esta variação pode ocorrer entre trabalhadores diferentes realizando a mesma tarefa ou mesmo quando um trabalhador repete uma tarefa ao longo do tempo (IIDA, 2005; SIEBERS, 2006).

Um ponto importante no estudo da relação entre os FH e o desempenho refere-se a concepção de projetos dos sistemas de produção. Segundo Baines et. al. (2005), os engenheiros, frequentemente, superestimam a eficácia e a eficiência dos trabalhadores nos projetos, conduzindo esses últimos a não-conformidades no desempenho esperado. Porém, se os engenheiros levassem em consideração as características dos trabalhadores que influenciam no desempenho deles nesses projetos, conseqüentemente, o desempenho predito chegaria ao mais próximo do real.

Kim e Jung (2003), partindo de estudos prévios, desenvolveram uma taxonomia denominada PIF (*Performace Influencing Factors*) que incluem cinco fatores: humanos, tarefa, organizacionais, sistema e ambiental (Fig. 1). Os FH foram subclassificados em características cognitivas, fisiológicas, psicológicas, pessoais e sociais. Esse estudo mostrou que os FH tinham uma forte influência no desempenho das atividades dos trabalhadores na usina de energia nuclear.

**Figura 1 - Grupos de Fatores que Influenciam o Desempenho**



Fonte: Elaboração própria.

A repercussão dessa taxonomia teve um papel importante em trabalhos futuros. Khan, Amyotte e DiMattia (2006) destacaram a dependência dos fatores desta taxonomia na probabilidade de erro humano em operações de emergência em plataforma no alto mar e propuseram uma ferramenta para calcular a probabilidade de erro humano (HEP – *Human Error Probability*). Bellamy, Geyer e Wilkinson (2008) mencionaram os FH desta taxonomia no desenvolvimento de um modelo funcional que os integrem com o sistema de gestão de segurança e as questões organizacionais de empresas químicas para facilitar o entendimento dessa integração.

Recentemente, esta taxonomia vem sendo citada por vários autores que procuram relacionar o desempenho com FH entre os outros fatores que estão contidos nela. Moriyama e Ohtani (2009) descreveram e verificaram uma ferramenta de avaliação de risco que inclui FH e relacionaram com o erro humano em pequenas empresas na indústria de alimentos no Japão. Park (2011) utilizou a PIF para identificar os fatores que afetam o desempenho dos operadores bem como a inter-relação entre os fatores significativos e a variação do desempenho humano. Groth e Mosleh (2012) propuseram uma hierarquia para os PIFs usados na análise de confiabilidade humano (HRA – *Human Reliability Analysis*) tendo em vista que não existia uma padronização dos fatores utilizados pelos modelos que analisam o erro humano.

Percebe-se que desempenho humano é influenciado por diversos fatores, entre eles os fatores humanos, e esse pode ser utilizado como um aliado para o envolvimento dos funcionários na organização. Porém, a questão que será colocada em prova, a seguir, diz respeito à forma com que este desempenho vem sendo investigado, ou seja, dentre as inúmeras formas que ele pode ser medido há uma carência em pesquisas voltadas para avaliá-lo em termos de quantidade de peças produzidas.

Existem hoje na literatura diferentes formas de medições para expressar o resultado do desempenho humano (BAINES et al., 2005; HAKALA, 2008 e VICENZI et al., 2009), mas os estudos publicados recentemente mostram uma grande concentração de trabalhos que o avaliaram em função do erro, do tempo e da qualidade mostrando assim uma escassez para a medida que leva em consideração a quantidade de peças produzidas.

De certa forma, esta concentração de trabalhos em termos da avaliação do erro, como medida de desempenho humano, é voltada para o sistema de produção que requer um nível elevado de segurança e confiança dos seus trabalhadores, e esta medida é considerada bastante apropriada. Alguns exemplos desses sistemas são: usinas de energia nuclear, plataforma de petróleo, sistema de transporte ferroviário e aéreo, sistemas médicos (JOU et al. 2011; O'CONNOR et al., 2008; DEACON et al. 2013; O'HARA et al., 2009; KIRWAN, HICKLING, 2008; PHIMISTER et al., 2003; KIM et al., 2010; GIBSON et al., 2006; HAMILTON, CLARKE, 2005; CELIKAAND, 2009; KONTOGIANNIS, MALAKIS, 2009; KIRWAN et al., 2008; STANTON, SALMON, 2009; STANTON, SALMON, 2009; BARACH, SMALL, 2003; CHADWICK, FALLON, 2012; HEO, PARK, 2010). Sendo

assim, mostra-se a necessidade de realizar estudos que busquem avaliar o desempenho em função de outras formas de medição, como é o caso apresentado neste trabalho.

Com a finalidade de exemplificar a relação entre FH e desempenho do trabalhador, de acordo com o tema desta pesquisa, a análise será restringida ao setor calçadista, em especial na Paraíba. Antes de discutir a condição atual do setor nesse Estado, é necessário analisar o setor no âmbito nacional e regional.

No Brasil, segundo Barbosa e Temoch (2007), o setor de calçados é caracterizado por forte presença de empresas de micro, pequeno e médio porte. De acordo com a Associação Brasileira de Indústrias de Calçados (ABICALÇADOS, 2011), no Brasil este setor apresentava, em 2010, cerca de 8,2 mil indústrias com um crescimento de 4,1% entre 2009 e 2010. Com relação aos números de empregados, em 2010 havia cerca de 348,7 mil apresentando um crescimento de 9,2% com relação ao ano anterior. No Nordeste, os números da mão de obra são superiores aos do Brasil com um crescimento de 36% do número de empregados de 2009 a 2010.

Na Paraíba, o setor de calçados está sendo considerado um dos mais promissores da economia sendo o terceiro maior produtor de calçados do país, ficando atrás apenas do Rio Grande do Sul, e São Paulo (ABICALÇADOS, 2011). De acordo com o economista Antônio Felinto do Sebrae, dos 700 milhões de pares de calçados produzidos por ano no Brasil, cerca de 200 milhões são fabricados na Paraíba, o que proporciona a geração de mais de 13 mil postos de trabalho no Estado (SEBRAE, 2011).

A escolha deste setor se deu pelo fato de apresentar um crescimento no número de trabalhadores em exercício dos quais grande parte se concentram nas atividades da linha de montagem que são meramente manuais tendo como medida de desempenho a quantidade de peças produzidas por hora. O uso exaustivo da mão de obra no setor torna-o completamente dependente dos FH em seu processo produtivo, seja para gerenciar, operar equipamentos ou para inspecionar o produto ao longo da linha.

Muitas empresas possuem linha de montagem em seu processo produtivo ou em parte dele e elas, geralmente, têm como medida de desempenho, dos seus trabalhadores, a quantidade de peças produzidas em seus postos de trabalho. No entanto, a escassez de pesquisas (PARK, 2011) que estudam a significância do vínculo entre os FH e esta forma de medição é uma limitação grave, pois, é grande o número de empresas que adotam a estratégia de quantificar o número de peças produzidas como meio de avaliar o desempenho. Essa

medida é apropriada para este tipo de sistema de produção merecendo uma maior atenção e apreciação por partes dos pesquisadores dessa área. Sendo assim, se propõe a seguinte questão. **Quais as características cognitivas, fisiológicas e psicológicas que influenciam no desempenho dos trabalhadores?**

## **1.2. Justificativa**

A ênfase no desempenho profissional e o tratamento de pessoas com determinantes do sucesso de um sistema produtivo são assuntos cada vez mais discutidos. Isso tem ocorrido porque as empresas estão inseridas em cenários competitivos que as impõem a necessidade de contar com profissionais capacitados, aptos a fazer frente às ameaças e oportunidades do mercado (BRANDÃO; GUIMARÃES, 2001). Neste sentido, Barber e Strack (2005) mencionam que a efetividade organizacional, nos dias de hoje, envolve necessariamente as pessoas, não apenas o capital, dando ênfase na importância de se estudar o desempenho dessas pessoas.

Esses autores argumentam que existe uma necessidade de se efetuar estudos com relação ao desempenho humano e que para a sobrevivência das organizações diante das ameaças do mercado atual é importante valorizar estudos como essa natureza. Com isso, justificam a necessidade de estudos relativos ao desempenho humano. Corroborando com isso, Peterson e Amn (2005), em seu artigo, abordam que no cenário atual, o desempenho humano é relevante para a sobrevivência e crescimento das empresas. De acordo com os autores, algumas empresas optam inclusive por remover funcionários com baixo desempenho ao invés de investir no desenvolvimento de suas habilidades para alcançar um desempenho desejável.

Segundo Park (2011), pesquisas referentes ao desempenho humano vêm sendo pouco efetuadas. Durante o levantamento teórico notou-se que essas pesquisas, geralmente, abordam o desempenho sob a forma de erro humano ou qualidade (Miller; Swain, 1987; Shor e Raz 1988; Kariuki e Lowe, 2006; Culverhouse, 2007; Jiang et al., 2011; Shaikh et al., 2012 entre outros) ratificando assim a importância de se pesquisar a respeito do desempenho humano que pode ser mensurado de outras formas merecendo destaque devido a escassez de pesquisa dessa natureza.

Para Park (2011), é necessário tanto compreender que fatores comprometem significativamente o desempenho humano como, também, a relação entre esses fatores. Ele

explica que uma estrutura sistemática pela qual estas inter-relações podem ser devidamente identificadas parece ser escassa. Dessa forma, o autor chama atenção para desenvolvimentos de estudos que tentam explicar essa inter-relação e que buscam conhecer melhor os fatores que interferem no desempenho.

De fato, os estudos voltados para avaliar o desempenho humano em termo de erro humano “*human error*” tornou-se um grande alvo para os pesquisadores. Harbiet et al. (2013) investigaram o efeito dos controles suaves no erro humano em atividade de emergência nuclear. Vaurio (2010) avaliou o risco de acidentes com base nas funções e contribuições de erros humanos em operações de uma usina nuclear. Kariuki e Lowe (2007) descreveram uma abordagem sistemática que identifica o erro humano em processo de projeto e os fatores humanos que influenciam a sua produção e veiculação. Deaconet et al. (2013) apresentaram um quadro para identificar e avaliar o erro humano nas etapas críticas de evacuação no processo de resgate em instalações *offshore*. Outros autores que se dedicaram a estudar o erro humano em processo *offshore* foram Khan, Amyotte e DiMattia (2006). Peng-chenget et al. (2010) apresentaram um novo método de avaliação de erro humano com base no risco e utilizando lógica *fuzzy* para determinar a importância do risco de erro humano na ocorrência de acidente. A influência de fatores organizacionais com as principais causas de erro humano também foi estudada por Peng-chenget et al. (2012) eles utilizaram uma estrutura de redes bayesianas para melhor quantificar essa influência. No entanto, o desempenho humano, que este estudo considera, está relacionado à forma de medição referente à quantidade de peças produzidas, sendo um aspecto muito relevante para justificá-lo.

Segundo Shaikhet et. al. (2012), a interação entre os aspectos físicos, cognitivos e organizacionais em linha de montagem industrial tem sido pouco estudada. Essa interação pode ocorrer em diferentes aspectos, e pode influenciar na qualidade do trabalho de montagem das peças, confirmando assim um aspecto importante em se estudar tal interação e justificando este estudo pleiteado com relação ao desempenho humano na linha de montagem dos tênis.

A relevância teórica está nos dois últimos aspectos mencionados que são pontos positivos para justificar este trabalho, no qual se busca identificar as características cognitivas fisiológicas e psicológicas que influenciem no desempenho dos trabalhadores em termos de quantidade de peças produzidas, ou seja, mostrar claramente a significância do

vínculo entre os fatores humanos e desempenho dos trabalhadores numa linha de montagem do setor calçadista.

Também, existe uma relevância aplicada neste trabalho que a empresa pode compreender quais são os FH que exercem influência no desempenho dos trabalhadores na linha de montagem foco desse estudo, que pode fazer uso deste estudo para potencializar estes fatores de forma a mantê-los a uma distância razoável e substancial da demanda do sistema (Fig. 2), proporcionando o pleno funcionamento do sistema e, assim, evitando as difusões operatórias e sistêmicas (Fig. 3), sem exigir aquém das limitações, necessidades e capacidades dos seus funcionários e aumentando a motivação e satisfação dos mesmos.

No momento atual da história exige cada vez mais das organizações um alto desempenho da força de trabalho. Desta forma, faz-se necessário conhecer bem os fatores humanos que contribuem de forma a proporcionar um crescimento do desempenho, sem degradar a saúde e o bem estar dos trabalhadores. A Fig. 2 mostra a situação ideal da atividade com intervenção da ergonomia. Deve haver uma distância razoável entre a demanda do sistema e o desempenho do trabalhador.

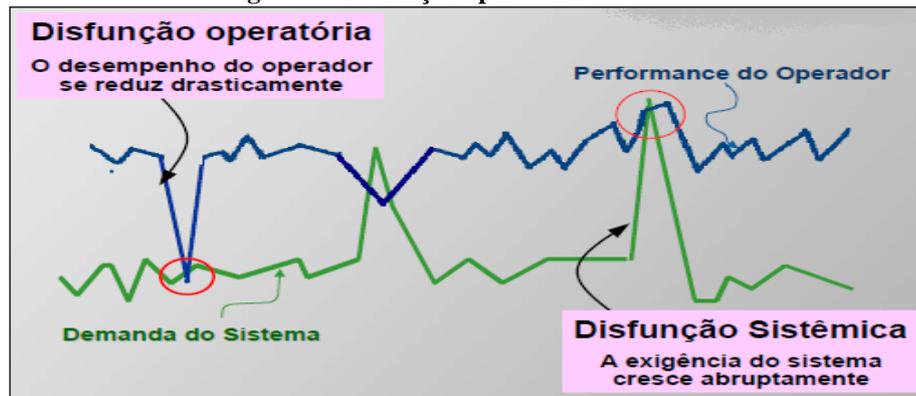


Fonte: Mário Vidal, ergonomia cognitiva PROCAD 2011.

A distância razoável, indicada pela seta preta, deve ser mantida para garantir o pleno funcionamento do sistema produtivo. O desempenho do operador, representado pela curva azul, deve se sobrepôr a demanda do sistema indicada pela curva verde e assim, manter essa distância aceitável entre as curvas. Essa é uma situação ideal em que as empresas procuram manter as suas atividades e que podem ser alcançadas se as empresas conhecerem os fatores que influenciam no desempenho dos operadores.

Por outro lado, se as empresas não apresentam o conhecimento dos fatores humanos que influenciam no desempenho do trabalhador pode acarretar em disfunções operatórias ou de sistema (Fig. 3).

**Figura 3 - Disfunção operatória e sistêmica**



Fonte: Mário Vidal, ergonomia cognitiva PROCAD 2011.

As disfunções podem ser ocasionadas por duas formas: a operatória devido à redução do desempenho do operador atingindo a curva da demanda do sistema e a sistêmica devido a uma forte exigência da demanda que ultrapassa os limites do desempenho dos operadores. Ambas as disfunções acarretam perdas aos operadores e prejuízos a empresa. Essas disfunções poderiam ser evitadas se a empresa conhecesse os fatores que influenciam no desempenho.

Consciente da influência dos fatores humanos sobre o desempenho dos trabalhadores, a empresa pode fazer uso desse conhecimento de forma a potencializar esses fatores. De modo a garantir que não haja disfunções, proporcionando o funcionamento pleno do sistema sem a ocorrência de prejuízos para ambas as partes.

Este setor foi tomado como parâmetro de análise neste trabalho, devido à sua plena ascensão no mercado e expressiva influência na balança comercial brasileira e paraibana. Segundo a Associação Brasileira de Indústria de Calçados (ABICALÇADOS, 2011), o setor calçadista apresentou os maiores índices de crescimento e gerador de empregos com 36% a mais de empregados que no ano de 2010. Na Paraíba são mais de 13 mil novos postos de trabalho.

### **1.3. Objetivos da Pesquisa**

#### **1.3.1. Objetivo Geral**

Identificar a partir da percepção dos funcionários as características cognitivas, fisiológicas e psicológicas que influenciam no desempenho dos trabalhadores em termos da quantidade de peças produzidas na atividade de colagem dos tênis numa linha de montagem de uma fábrica de calçados na Paraíba.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Selecionar um conjunto de características cognitivas, fisiológicas e psicológicas que influenciem no desempenho dos trabalhadores na atividade de colagem dos tênis de uma linha de montagem dos calçados da empresa;
- Mensurar as características cognitivas, fisiológicas e psicológicas através da percepção dos trabalhadores da atividade de colagem dos tênis de uma linha de montagem dos calçados da empresa;
- Mensurar o desempenho dos trabalhadores, quanto à quantidade de peças produzidas, na atividade de colagem na linha de montagem dos calçados da empresa;
- Verificar a natureza das relações entre as características cognitivas, fisiológicas e psicológicas e o desempenho dos trabalhadores em termos de quantidade de peças produzidas.

## **1.4. Hipóteses**

### **1.4.1. Hipótese Principal**

As características cognitivas, fisiológicas e psicológicas da taxonomia PIF são os principais fatores que influenciam o desempenho dos trabalhadores, que será mensurado em termos de quantidade de peças produzidas.

### **1.4.2. Hipótese Secundária**

A integração das características cognitivas, fisiológicas e psicológicas mais relevantes dos trabalhadores pode contribuir para o aumento do desempenho em termos de quantidade de peças produzidas na atividade de colagem dos tênis numa linha de montagem de uma fábrica de calçados.

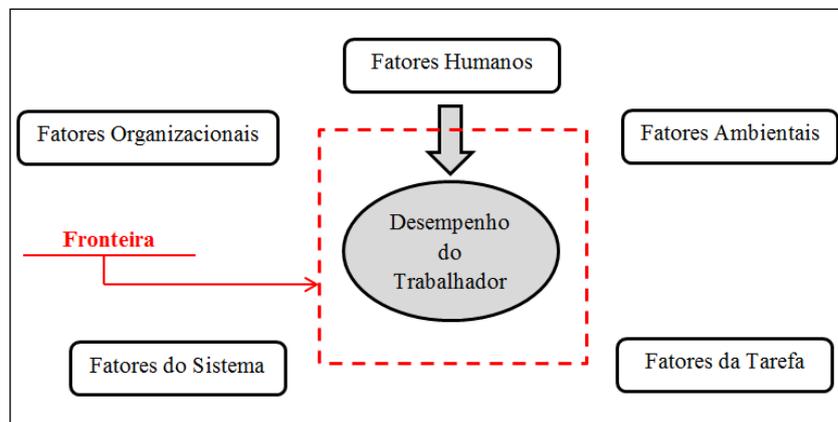
## **1.5. Limitações e Delimitação da Pesquisa**

Na realização de uma pesquisa que envolva vários aspectos inerentes à análise de um tema é um trabalho difícil e pouco plausível de ser executado, tendo em vista sua complexidade e pouco tempo de execução. Entretanto, é provável realizar uma pesquisa

eficiente e eficaz a partir da análise de parte dessa realidade (MELO, 2001). Neste sentido, este estudo pretende analisar os fatores humanos presentes na taxonomia PIF propostas por Kim e Jung (2003) que influenciam no desempenho dos trabalhadores e verificar a natureza dessa relação.

Para tanto, faz-se necessário criar uma “fronteira” que minimize a influência dos outros fatores (da tarefa, do sistema, ambientais e organizacionais), que também influenciam no desempenho. Dessa forma, procura-se garantir que a variável resposta “desempenho do trabalhador” está sendo, unicamente, influenciado pelos fatores humanos, ou seja, pelas características cognitivas, fisiológicas e psicológicas (Fig. 4).

**Figura 4 - Limitação da Pesquisa**



Fonte: Elaboração própria.

Através desta fronteira procura-se delimitar o trabalho que também, buscou-se limitar o campo de atuação dessa pesquisa restringindo-se ao setor de calçados da Paraíba por se tratar de um setor que emprega muita mão de obra e estar em crescimento no Estado. Partindo do setor escolhido, houve uma segunda limitação na pesquisa ao se eleger uma única empresa para atuar. Posteriormente, realizou-se uma terceira delimitação quanto aos setores internos da empresa, onde apenas uma linha de montagem foi analisada. Por fim, para garantir que não existissem diferenças no desempenho devido às diferenças entre atividades desempenhadas na linha de montagem escolheu-se trabalhar com a atividade de colagem dos tênis.

## **CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este capítulo traz um recorte dos principais pontos, na literatura específica, considerados relevantes para a composição deste estudo. O primeiro tópico apresenta algumas definições de desempenho humano que é uma das dimensões estudadas e objetivo da pesquisa. Nesse tópico, serão referenciados alguns dos principais autores e estudiosos do tema. Outra dimensão deste estudo trata-se dos FH (características cognitivas, fisiológicas e psicológicas) que exercem uma influência no desempenho humano. Esse tópico será dividido em três outros subtópicos. O primeiro traz definições de Ergonomia desenvolvidas por vários autores e por instituições consideradas importantes para o desenvolvimento dessa disciplina. O segundo tratará de expor definições e traz um recorte de estudos sobre FH e por último são apresentadas as características humanas e uma taxonomia dos FH que influenciam o desempenho dos trabalhadores nas atividades produtivas.

### **2.1. Desempenho**

O termo “desempenho” apresenta vários significados de acordo com diversos autores que estudam esse assunto ou a relação de fatores que tem influência no mesmo. Serão mostradas nesta seção diversas definições de desempenho humano e seus fatores influentes como, também, algumas formas de medidas de desempenho que podem ser utilizadas por empresas ou pesquisas. Prosseguiu-se com uma investigação na literatura mostrando pesquisas que aferiram o desempenho de diferentes formas. Por fim, organizou-se uma definição apropriada para o objetivo desse estudo.

#### **2.1.1. Definição de desempenho**

Definir desempenho não é uma tarefa fácil, principalmente pelo fato de ser bastante abrangente e complexa podendo se modificar de acordo com a variável que se deseja avaliar. De tal forma, que diferentes terminologias podem ser usadas para formular desempenho em uma empresa, processos, produtos, serviços, ou mesmo, aos colaboradores das organizações, seja ele de *staff* ou os do chão de fábrica. Essa dificuldade não se limita só a definição, pois, Spector (2005) menciona que a verificação da qualidade no desempenho de um trabalhador no momento do exercício da sua atividade pode não ser fácil, a menos que se tenha uma noção clara do que é um bom desempenho no trabalho. Porém, autores especialistas neste assunto desenvolveram diversas definições que podem descrever o sentido amplo e dinâmico do desempenho humano.

Testa (1992), em sua obra, define desempenho profissional como aquele que se ajusta às normas impessoais, que não estão relacionadas com os desejos, preferências ou intenções do sujeito que realiza a prática, mas, com as características do objeto sobre a qual realiza afastamento da subjetividade para se aproximar da objetividade da situação. O desempenho e a competência para ele incluem comportamentos integrados alicerçados no conhecimento e habilidades desenvolvidas.

Pires (2004) coloca que “o desempenho pode ser definido como a informação sobre os resultados obtidos dos processos e produtos que permita avaliar e comparar com relação às metas, padrões, resultados do passado e aos outros processos e produtos”.

O desempenho humano, segundo a percepção de Marras (2000), pode ser definido pelo ato de cumprir ou executar determinada missão ou meta que são traçadas previamente. Fleury e Fleury (2004) fazem uma relação do desempenho com condições dos seres humanos dizendo que o desempenho é diretamente proporcional a duas condições do ser humano: o “querer fazer”, que explicita o desejo endógeno de realizar – a motivação –, e o “saber fazer”, isto é, a condição cognitiva e de experiência que possibilita ao indivíduo realizar algo com eficiência e eficácia. Nessa relação, proposta por Fleury e Fleury (2004), percebe-se que os autores deixam evidências que três fatores humanos (motivação, condições cognitivas e experiência) têm uma associação com o desempenho humano.

Na mesma linha de raciocínio de Marras (2000), o dicionário eletrônico Houaiss (2009) caracteriza o desempenho pela “atuação desejada ou observada de um indivíduo ou grupo na execução de uma tarefa, cujos resultados são posteriormente analisados para avaliar a necessidade de modificação ou melhoria”. Além de definir, o dicionário acrescenta uma maneira de utilização do desempenho dizendo que há a possibilidade de verificar se o trabalhador está seguindo o que fora, anteriormente, estipulados, seja através do cumprimento de sua missão, ou do alcance das metas. Consequentemente, cabe a cada empresa estabelecer um sistema apropriado para medir os resultados por ela esperados, comparando os objetivos traçados com os alcançados.

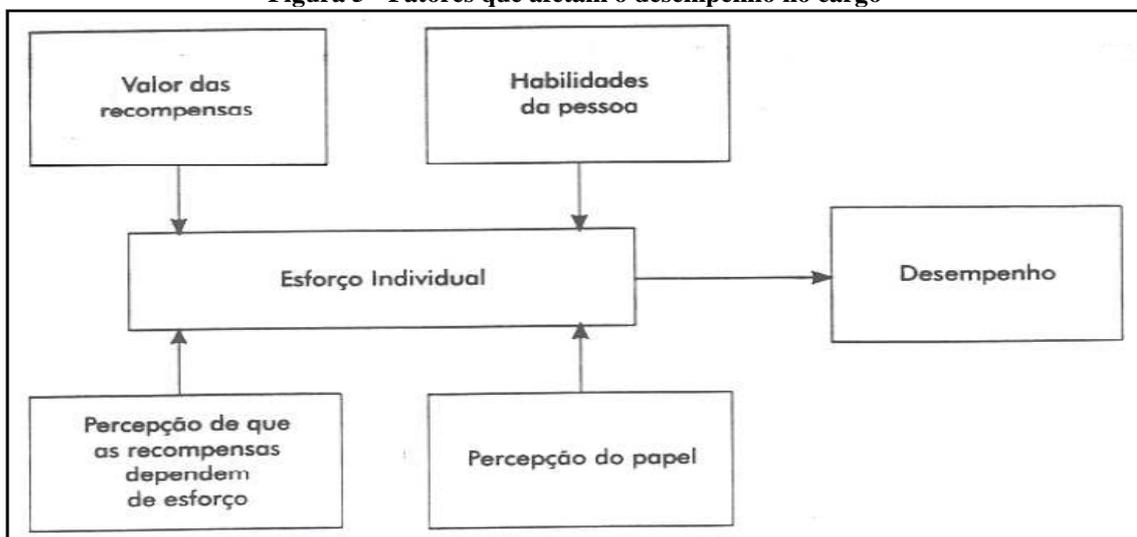
Outro dicionário traz a definição de desempenho como o ato ou efeito de desempenhar, executar um trabalho ou uma atividade, que exige competência e/ou eficiência. Citando, também, algumas características de atuação mensuráveis tais como: velocidade, capacidade de carga, agilidade, rendimento, etc (Dicionário Aurélio, 1998). Esta outra definição incorpora as formas possíveis de medição do desempenho humano.

Visto que as definições do desempenho humano são bastante variadas e dependem do ponto de vista do que se quer mensurar é importante também conhecer alguns fatores que o influenciam. Para Chiavenato e Cerqueira Neto (2003), desempenho pode ser um conjunto de características, dimensões ou possibilidades de atuação de um sistema, e esse conjunto pede que o avaliador estabeleça indicadores ou medições, que por sua vez podem ser financeiras ou não financeiras.

Segundo Heringer e Molina (2004), o desempenho é um esforço individual que depende das habilidades e capacidades da pessoa e do seu papel a ser desempenhado, sendo influenciado também por fatores condicionantes. É importante que o indivíduo descubra seu próprio desempenho enquanto executa seu trabalho, sentindo-se responsável pelo sucesso ou falha das tarefas que possam decorrer de seu esforço.

A concepção de Chiavenato (2005) de que o desempenho pode ser afetado por fatores condicionantes e que variam de pessoa para pessoa e situação para situação é mostrada na Fig. 5. Para ele, o desempenho humano é extremamente contingencial e que depende de vários fatores, tais como: valor das recompensas, percepção de que as recompensas dependem do esforço, percepção do papel e habilidades da pessoa.

**Figura 5 - Fatores que afetam o desempenho no cargo**



Fonte: Chiavenato (2005, p. 224).

Nota-se que volume de esforço individual, que é determinado pelos dois primeiros fatores, depende das habilidades e capacidade da pessoa e da percepção do papel a ser desempenhado na empresa.

Outros autores que expõe uma relação do desempenho com fatores determinantes são Digiesi et al. (2009), dizendo que o desempenho de um trabalhador pode ser afetado por vários fatores tais como: o ambiental (físico: micro-clima, ergonomia, ruído; social: relações humanas, comunicação entre o grupo), da tarefa (discreta ou contínua, repetitiva ou não-repetitiva, motora ou cognitiva) e fatores pessoais (atitudes psicofísicas, habilidade pessoal, idade, sexo).

De acordo com esses autores, estes três fatores podem influenciar profundamente o comportamento de um trabalhador na sua atividade do dia a dia, podendo resultar em uma variabilidade de desempenho durante a jornada de trabalho. Essa variabilidade nos tempos de conclusão de tarefas pode ser observada se a tarefa é completada pelo mesmo trabalhador em diversos contextos de produção, bem como se a tarefa é executada no mesmo ambiente de trabalho (ambiente físico e social) e no mesmo local de trabalho (DIGIESI ET AL., 2009).

Dentro das organizações, as pessoas e o seu desempenho, como recursos determinantes, são assuntos cada vez mais debatidos, uma vez que a busca pela competitividade impõe às empresas a necessidade de contar com profissionais altamente capacitados, aptos a fazer frente às ameaças e oportunidades do mercado (Brandão e Guimarães, 2001). Portanto, cabe às organizações desenvolver meios de avaliações de desempenho capazes de ir a encontro dos seus objetivos, no entanto, essa não é uma tarefa fácil como vimos no decorrer desse capítulo. Prossegue-se nesta pesquisa o estudo de desempenho humano com uma investigação dos possíveis meios de aferi-lo, ou seja, a seguir serão expostas medidas de mensurar o desempenho exibindo alguns estudos que utilizaram as diferentes formas de medidas.

### **2.1.2. Medidas de desempenho**

Existem hoje na literatura diferentes denominações para expressar a forma de se chegar aos resultados do desempenho humano, tais como avaliação de desempenho, medição de desempenho, indicadores de desempenho. Neste trabalho escolheu-se utilizar o termo “medida”, por ser uma tradução direta de “*performance measures*”, termo já consolidado na literatura internacional e está relacionada à mensuração de coisas tangíveis e que possam ser expressas quantitativamente.

Medir o desempenho dos trabalhadores consiste na apreciação de seu procedimento na função que ocupam, através de uma análise objetiva dos seus dados de produção e comportamento (peças produzidas, nº de defeitos, horas trabalhadas, absentismo, funções desempenhadas etc). O resultado da avaliação fornece uma ideia do nível de desempenho em que se encontram e serve para motivar o aumento de qualidade e da produtividade dos colaboradores (AEP- MANUAL DE FORMAÇÃO PME, 2004).

Para Hakala 2008 e OPM 2011, a avaliação de desempenho tornou-se um processo contínuo podendo ser atribuído aos diferentes níveis da organização, ou seja, para todos os gestores e seus subordinados a aferição do desempenho pode ser efetuada continuamente. Os autores expõem em suas obras alguns indicadores de desempenho, que a empresa pode utilizá-los como forma de avaliação dos seus funcionários, entre essas maneiras as que merecem destaque e que estão alinhados com esta pesquisa são:

- **Qualidade:** A qualidade do trabalho realizado pode ser medida por vários meios. A percentagem de saída de trabalho que deve ser refeito ou é rejeitado é um indicador que pode ser apropriado a um sistema de manufatura.
- **Produtividade:** o trabalho realizado rápido é outro indicador de desempenho que deve ser usado com cautela. Na fabricação, pode ser o número de unidades produzidas por hora entre outros meios de indicadores.
- **Relação custo-eficácia:** O custo do trabalho realizado deve ser usado como uma medida do desempenho apenas se o empregado tem certo grau de controle sobre os custos.
- **Absentismo / Atrasos:** Um funcionário é, obviamente, inadimplente quando ele ou ela não está no trabalho. O desempenho de outros funcionários pode ser adversamente afetado por ausências, também.
- **Criatividade:** Para algumas empresas pode ser difícil quantificar a criatividade como um indicador de desempenho, enquanto para outras é de vital importância. Os supervisores e funcionários devem manter o controle de exemplos de trabalho criativos

Além de expor esses indicadores de desempenho, Hakala 2008 explica que esses indicadores devem ser avaliados por algum meio, a fim de medir o desempenho em si. Os meios mais conhecidos em que o desempenho pode ser avaliado são: a auto-avaliação – o empregado avalia seu próprio desempenho; avaliação aos pares – os funcionários em cargos semelhantes avaliam o desempenho de um empregado; a avaliação 360º – o desempenho do

funcionário é avaliado por todos com quem ela interage, incluindo gestores, pares, clientes e membros de outros departamentos, entre outros meios ou maneiras de avaliar o desempenho.

Baines et al. (2005) desenvolveram uma pesquisa que teve como objetivo elaborar um quadro teórico que permitisse uma modelagem do desempenho humano direcionado aos trabalhadores do chão de fábrica de um sistema de manufatura. Diante da situação encontrada, os autores sugerem que as considerações sobre o desempenho humano devem ser analisadas da seguinte maneira:

- **Distribuição de confiabilidade:** o operador tendo todas as condições para iniciar a tarefa, quais atrasos ocorrem antes do trabalhador responder as instruções para iniciação da atividade.
- **Distribuição do tempo da atividade:** após o início da atividade, como o tempo da atividade varia.
- **Distribuição da taxa de erro:** os erros são quaisquer irregularidades da especificação do produto.
- **Taxa de Absenteísmo:** a frequência que um trabalhador participa do trabalho ao longo de um período.
- **Taxa de Acidentes:** o nível de segurança que um trabalhador executa sua atividade.
- **Taxa de rotatividade:** a constância do envolvimento do trabalhador.

A partir daí, observaram-se seis importantes variações no desempenho humano, que deveriam ser consideradas em um modelo de um sistema de manufatura de acordo com os autores (BAINES et al., 2005).

Pesquisas realizadas mostram como o desempenho pode ser aferido de diferentes formas, como por exemplo: estudo feito por Shor e Raz, (1988) indica que o desempenho foi mesurado em termos de erro de inspeção e relacionaram esse desempenho com os fatores humanos, a fim de produzir uma lista de classificação dos fatores humanos, priorizando os mais influentes em termos de seu impacto sobre a ocorrência de erros de inspeção.

Outro caso mais recente de aferição do desempenho é o de Siebers (2004), que mostrou uma forma comum de representar o desempenho dos operadores em um sistema de manufatura utilizando o tempo padrão. O tempo padrão é o tempo requerido por um

trabalhador qualificado médio, trabalhando em um lugar com condições normais, para desempenhar uma tarefa exclusiva utilizando um método específico preestabelecido, considerando os tempos para as necessidades pessoais, fadiga e atraso.

Lahoz e Camarotto, (2012) fizeram um estudo sobre os métodos e modelos dos indicadores de uso corrente para avaliação do desempenho que relacionem saúde & trabalho e realizaram uma pesquisa de campo para entender como as empresas interpretam esses modelos e chegaram a uma conclusão que as empresas não têm precisamente o conceito ou não foram capazes de definir quais os indicadores que podem ser considerados indicadores de saúde.

O estudo desenvolvido por Shaikh et al., (2012) revelou que o *takt time* usado nas linhas de montagens para estimular pode afetar significativamente os aspectos do desempenho, da carga de trabalho percebida e do stress. O desempenho mensurado e considerado nesse estudo foi com relação à qualidade (número de conjuntos totalmente montados e de resposta de código correto) e o tempo (tempo de caminhada e tempo de conclusão).

Na literatura referente ao desempenho, há muitos indicadores de desempenho que as empresas e gestores podem fazer uso em suas organizações. Os vários indicadores de desempenho podem ser usados isoladamente ou em combinação, o importante é escolher o(s) indicador(es) que se alinham com os objetivos da sua organização e meio de avaliação que efetivamente apreciar esses indicadores.

É importante ressaltar que quanto maior for o número de medidas de desempenho a ser considerada, maior será o número de relações a serem investigadas sobre os fatores de entrada. No geral, o ideal é priorizar as medidas de desempenho que impactam no desempenho do sistema que deverá ser analisado (BAINES; BENEDETTIN, 2007).

Nos sistemas em que o elemento humano participe da execução das tarefas, é possível considerar as variáveis de fatores humanos que influenciam no desempenho e que essas variáveis podem ser medidas ou controladas, incluindo a fadiga, treinamento, carga de trabalho, acidentes e estresse. As medidas de desempenho utilizadas para avaliar esses efeitos são a produtividade, taxa de erros, comprimento das filas, tempo de espera, eficiência e a sobrecarga do trabalho humano (VICENZI et al., 2009).

Diante do exposto, o desempenho dos trabalhadores a ser considerado nesse trabalho pode ser definido como um esforço individual que depende de características dos

trabalhadores que desempenham uma atividade, que pode ser avaliado e mensurável em termos não monetários, mas, gerando indicadores ou medições através de quantidade de peças produzidas por unidade de tempo. Portanto, é necessário prosseguir este capítulo com uma investigação a respeito da literatura dos fatores humanos que influenciam o desempenho.

## **2.2. Fatores humanos**

Após tomar conhecimento de todas as definições expostas no decorrer deste último tópico (desempenho humano), é impreterível analisar as possíveis características humanas que influenciam o desempenho do trabalhador na execução de suas atividades rotineiras. Porém, antes de se fazer as análises dessas características é de suma importância abordar algumas definições de Ergonomia, assim como, dos fatores humanos.

### **2.2.1. Definição da ergonomia**

A origem da terminologia “ergonomia” remonta a 1857, quando o cientista polonês Wojciech Jastrzebowski deu o seguinte título para um de seus artigos: “Ensaio de Ergonomia ou ciência do trabalho, baseado nas leis objetivas da ciência sobre a natureza”. Define-se então a ergonomia como a ciência de utilização das forças e das capacidades humanas.

Segundo Másculo (2008), foi a partir da Revolução Industrial que se percebeu a falta de compatibilidade entre o projeto das máquinas e o operador humano e na II Guerra Mundial (1939–1945) se tornou questão estratégica vital pelas Forças Armadas. Houve uma conjugação sistemática de esforços entre a tecnologia e as ciências humanas e biológicas. Fisiólogos, psicólogos, antropólogos, médicos e engenheiros que trabalharam juntos para resolver os problemas causados pela operação de equipamentos militares complexos. Os resultados desse esforço interdisciplinar foram tão frutíferos, que foram aproveitados pela indústria no pós-guerra (DUL; WEERDMEESTER, 2004).

Em 1949, na Inglaterra, o termo ergonomia foi oficializado pelo engenheiro inglês Murrell ao criar a primeira sociedade de ergonomia do mundo: a *Ergonomic Research Society*. Nos Estados Unidos, em 1957, se forma a *Human Factors Society* e dois anos mais tarde, em 1959 na Inglaterra, Grandjean declarou a fundação da *International Ergonomics Association* (IEA), para congregar as várias sociedades de fatores humanos e ergonomia que

já existiam. No Brasil, apesar de relativamente recente, a ergonomia está se desenvolvendo rapidamente no meio acadêmico. De fato, em 31 de agosto de 1983 foi criada no país a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO, 2012).

O termo Ergonomia é utilizado na maior parte do mundo, a exceção fica por conta dos Estados Unidos e Canadá, nos quais a expressão que mais se aproxima da ergonomia é *human factors*.

Para Montmollin (1984), citado por Silva et al. (2011), embora seja possível fazer distinções entre os termos Ergonomia e Fatores Humanos existe uma tendência para a adoção do termo Ergonomia. No início da década de noventa, a *Human Factors Society* - Associação Americana de Ergonomia realizou uma consulta junto aos seus associados para a incorporação do termo "ergonomia" na sua denominação oficial (LAUGHERY, 1991), passando então a ser denominada *Human Factors and Ergonomics Society*. Vale salientar que o termo aqui discutido, fatores humanos, trata-se de uma disciplina que no Brasil é conhecido como Ergonomia, diferente do que se vai trabalhar nessa pesquisa, denotando que os Fatores humanos que posteriormente serão discutidos referem-se às características cognitivas, fisiológicas e psicológicas dos trabalhadores para desempenhar suas funções numa organização.

No Brasil, segundo Alvarez (2007), adotou-se o uso do termo ergonomia, consolidado com a difusão dos primeiros livros aqui escritos: "Ergonomia: notas de aulas", Iida e Wierzzbicki lançado em São Paulo no ano de 1968 e "Ergonomia: a racionalização humanizada do trabalho", escrito por Verdussen em 1978.

O termo Ergonomia deriva das palavras gregas *ergon* (trabalho) e *nomos* (leis) que denota a ciência do trabalho, sendo uma disciplina de orientação sistêmica que atualmente estende-se por todos os aspectos de atividade humana. Os ergonomistas praticantes têm de ter uma compreensão ampla do escopo da disciplina. Isto é, a Ergonomia promove uma abordagem holística (do grego *holos* = totalidade), na qual são considerados fatores físicos, cognitivos, sociais, organizacionais e ambientais (MÁSCULO, 2008).

Existem definições de Ergonomia (Fatores Humanos) propostas por instituições que se dedicam a disseminar o conhecimento, promover congressos e outros fins voltados para a ergonomia, como também, por autores de correntes bastantes conhecidas como americanas e europeias. O exemplo disso são as definições propostas pelas instituições mais conhecidas no Brasil e no mundo, tais como:

A Associação Internacional de Ergonomia (IEA), em seu 15º Congresso, ocorrido na cidade de San Diego, Estados Unidos, no ano de 2000, apresentou a seguinte definição de ergonomia: “A ergonomia (ou fatores humanos) é a disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos do sistema e a aplicação da teoria, princípios, dados e métodos ao *design* a fim de otimizar o bem-estar humano e a melhoria de desempenho do sistema”.

Também é importante ressaltar a definição que a IEA apresentou para a ergonomia em seu Congresso realizado em 1969: “A ergonomia é o estudo científico da relação entre o homem e seus meios, métodos e espaço de trabalho. Seu objetivo é elaborar, mediante a contribuição de diversas disciplinas científicas que a compõem, um corpo de conhecimentos que, dentro de uma perspectiva de aplicação, deve resultar numa melhor adaptação ao homem dos meios tecnológicos e dos ambientes de trabalho e de vida” (Congresso da Associação Internacional de Ergonomia, 1969).

Outra instituição bastante reconhecida no mundo da Ergonomia, a *Ergonomics Research Societ* da Inglaterra definiu o termo, como: "A Ergonomia é o estudo do relacionamento entre o homem e o seu trabalho, equipamentos e ambiente, e, particularmente, a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas surgidos desse relacionamento”.

E, finalmente, a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO), propôs uma definição para ergonomia como sendo: “o estudo da adaptação do trabalho às características fisiológicas e psicológicas do ser humano”.

Algumas, das mais significativas definições propostas por renomados autores de diferentes correntes de pensamento, estão apresentadas a seguir.

Jastrzebowski (1857) definiu ergonomia como sendo uma ciência do trabalho que requer que entendamos a atividade humana em termos de esforço, pensamento, relacionamento e dedicação. Essa foi a primeira definição dada a ergonomia de acordo com (MITAL KARWOWSKI, 1991).

Para Grandjean (1980), “Ergonomia é o estudo do comportamento humano em relação ao seu trabalho. O objeto desta pesquisa é o homem no seu trabalho em relação com o seu ambiente espacial. A pesquisa ergonômica é usada na adaptação das condições de trabalho à natureza física e psicológica do homem e isto resulta no mais importante princípio da Ergonomia que é adaptar a tarefa ao homem”.

Wisner (1987) propôs que ergonomia é o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a concepção de ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficácia.

Segundo Iida (2005), a Ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem. Para ele o trabalho tem uma aceção bastante ampla, abrangendo não apenas aquelas máquinas e equipamentos utilizados para transformar os materiais, mas, também, toda a situação em que ocorre o relacionamento entre o homem e seu trabalho. Isto envolve não somente o ambiente físico, como também, os aspectos organizacionais de como esse trabalho é programado e controlado para produzir os resultados desejados.

A definição desenvolvida por Hendrick (1993) diz que a disciplina ergonomia é responsável pelo desenvolvimento e a aplicação da tecnologia da interface humano-sistema. A tecnologia da interface humano-sistema lida com as interfaces entre humanos e outros componentes de sistemas, incluindo hardware, software, ambientes, tarefas estruturas organizacionais e de processos. O autor afirma que, como uma ciência, nós estudamos as capacidades humanas, limitações e outras características com o objetivo de desenvolver a tecnologia da interface humano-sistema.

Na concepção de Dul e Weedmeester (2004), a ergonomia é uma ciência aplicada ao projeto de máquinas, equipamentos, sistema e tarefas, tendo como objetivo melhorar a segurança, saúde, conforto e eficiência no trabalho. Tem como foco o homem, estudando suas adaptações ao trabalho, levando em conta os projetos de trabalho e as situações cotidianas como: condições de insegurança, insalubridade, desconforto e ineficiência são eliminadas adaptando-as às capacidades e limitações físicas e psicológicas do homem.

Para Kroemer e Grandjean (2005), a ergonomia é definida como a ciência da configuração de ferramentas, das máquinas, e do ambiente de trabalho. O foco da ergonomia é o desenvolvimento de bases científicas para a adequação das condições de trabalho e às capacidades e realidades da pessoa que trabalha. Como complementação, Dul e Weerdmeester (2004) dizem que a ergonomia surge como um dos fatores mais importantes na redução do uso inadequado de equipamentos, sistemas e tarefas, além de contribuir na prevenção de erros operacionais, melhorando o desempenho.

A ergonomia alia o conhecimento em outras áreas científicas, como a antropometria, biomecânica, fisiologia, toxicologia, engenharia mecânica, engenharia de

produção, desenho industrial, eletrônica e informática. Ela reuniu, selecionou e integrou conhecimentos importantes dessas áreas, desenvolvendo assim metodologias e técnicas específicas para melhor e aplicar esses conhecimentos a fim de obter melhorias no ambiente de trabalho, nas das condições de vida, tanto dos trabalhadores, como também da população em geral e melhorou o desempenho do sistema em geral.

A adaptação do trabalho ao homem, bastante mencionada nas definições, abrange tanto projeto bem definidos de máquinas e equipamentos, às características e limitações dos operadores, como também, aos fatores humanos (fisiopsicológicos, cognitivos, pessoais e sociais), fatores ambientais (ruído, vibração, umidade, pressão, temperatura...) e organizacionais (jornada de trabalho, pausa, relações entre os diferentes níveis hierárquicos...). O tópico a seguir trata de reunir, na literatura, os fatores humanos que influenciam no desempenho dos trabalhadores durante sua jornada de trabalho.

### **2.2.2. Definições e evolução dos estudos em fatores humanos**

Segundo Beard e Peterson (1988), fatores humanos podem ser entendido como um estudo científico da interação entre as pessoas e outros elementos do sistema. Tendo como intuito deste estudo criar sistemas e ambientes de trabalho que ajudem a tornar os trabalhadores mais produtivos e satisfeitos com seu trabalho. Nessa definição, nota-se que o autor deixa bem claro que com este estudo o conhecimento adquirido é utilizado para o aumento da produtividade, ou seja, aumento do desempenho dos trabalhadores visto de um prisma mais específico.

Hussian e Hussain referenciado por Beard e Peterson (1988) definiram fatores humanos como sendo os fatores fisiológicos, psicológicos e de treinamento a serem considerados no projeto de hardware e software, e o desenvolvimento de procedimentos que permitam que o ser humano possa interagir com máquinas eficiente e efetivamente. Os referidos autores enfocam a conceituação em termos de três subfatores (fisiológicos, psicológicos e de treinamento), dois de caráter pessoal e um caráter mais duradouro devido ao treinamento que também foram citados por Iida (2005) em seu capítulo específico de fatores humanos no trabalho em seu livro.

Segundo Kariuki e Lowe (2007), fatores humanos referem-se a fatores ambientais, organizacionais e de trabalho e características de humanos e individuais, que influenciam o comportamento no trabalho de uma forma que pode afetar a saúde e segurança.

Da mesma forma que Health and Safety Executive (1999) definiram na sua publicação Redução de Erro e Comportamento influentes. Nessa definição, os autores incluem os fatores organizacionais e ambientais como sendo fatores humanos, diferente do que acontece na taxonomia PIF que classifica esses dois separadamente dos humanos.

Segundo Schonbeck, Rausand e Rouvreye (2010), tradicionalmente, os fatores humanos são definidos como a interação entre homem e máquina, embora existam muitas variações nas definições encontradas na literatura. Várias relações entre os fatores humanos e organizacionais têm sido propostas, e a terminologia, por vezes, se sobrepõem. Alguns autores, como Gordon (1998), utilizam fatores humanos como um termo geral que engloba ambos os fatores organizacionais (tais como os procedimentos) e os fatores individuais (como motivação), enquanto outros, como Oien (2001), utilizou em seu trabalho os fatores organizacionais incluindo nestes, tanto os fatores individuais e aspectos do ambiente de trabalho.

Beard & Peterson (1988) relatam que o campo de estudo dos FH tem uma história relativamente curta. Eles ressaltam que já em 1889, Frederick W. Taylor fez estudos empíricos para descobrir o melhor modelo para pás e o melhor peso por pá cheia. Este estudo teve como principal interesse o aumento da velocidade e motivação dos trabalhadores. Os estudos feitos por Taylor emergiram toda uma teorização sobre sua administração, organização do trabalho e ergonomia, que viria a se tornar Sistema Taylorista de grande repercussão mundial.

Em 1911, Frank B. Gilbreth fez um trabalho sobre pedreiros que resultou no invento de um andaime que podia ser facilmente levantado ou abaixado. Gilbreth acreditava que os métodos de trabalhos proporcionavam a base para a diferença da habilidade e efetividade nos vários estágios de treinamento (BEARD; PETERSON, 1988). Mostrando assim o início dos estudos em FH que já levava em consideração algumas características dos trabalhadores para alcançar um melhor desempenho humano.

Segundo Shor e Raz 1988, eles fizeram uma pesquisa para identificar e classificar os fatores humanos que têm o maior impacto sobre a ocorrência de erros de inspeção. Como resultado deste estudo, cinco principais fatores (fadiga, descuido, comunicação, treinamento e domínio da técnica) foram considerados relevantes no impacto do número total de erros.

Ao longo da história, a preocupação com a adequação homem-máquina continuou a ter alguns impactos como pesquisas em desenhos industriais, porém, pouco visto como cruciais para o desenvolvimento científico, tecnológico ou comercial. Mais tarde, um evento de proporções internacionais, Segunda Guerra Mundial, tornou mais relevante estes estudos.

A partir daí, surgiram máquinas que demandavam, em vez da força muscular de seus operadores, habilidades como sensibilidade, percepção, julgamento e tomada de decisão. Com os avanços tecnológicos, principalmente, nas áreas militares, especialmente em eletrônica, cresceu o interesse pelos fatores humanos. Com isso, as indagações sobre projeto e uso não podiam ser respondidas pelo senso comum. As máquinas e equipamentos estavam ficando cada vez mais complexos exigindo, assim, novos especialistas para adequá-las aos usuários. Desenvolvida para os trabalhadores e seus ambientes de trabalho, este estudo originou um campo de pesquisa que foi denominado de fatores humanos. Considera-se que esse campo é inclusive fundamental para a administração da concorrência (FULD, 1988), o que vem demandando maior atenção ao tema.

A Tabela 1 apresenta um quadro teórico multidisciplinar de teorias que mostram fatores que influenciam no desempenho dos trabalhadores, à organização e ao ambiente de trabalho. Esse quadro teórico, segundo Baines et al. 2005, oferece uma visão bastante considerada das teorias relativa ao fatores que influenciam no desempenho humano, mostrando de forma cronológica os autores e as suas principais contribuições realizadas pelos seus trabalhos.

**Tabela 1 - Quadro teórico que relaciona o desempenho com os fatores humanos**

Autores	Descrição
Lewin (1935).	Através de uma teoria de campo descreveu o comportamento humano determinado pela interação entre os fatores individuais e o ambiente físico para entender o comportamento humano.
Miller e Swain (1987).	Desenvolveu uma pesquisa prática onde ele modelou os fatores ambientais, individuais e organizacionais que predispõem os operadores industriais a erros.
Furnham (1992).	Fez uma pesquisa prática prevendo 5 categorias de fatores individuais (personalidade, inteligência, demográfica, motivação e habilidades) que relacionam com o comportamento profissional e suas inter-relações.
Stone e Eddy(1996).	Modelaram o relacionamento dos fatores individuais e organizacionais que afetam a qualidade relacionada aos resultados.
Bonney et al. (2000).	Projetou um quadro teórico do projeto de sistema de manufatura para fins aplicativos de sistemas computadorizados de manufatura baseados no software de projetos e enfatizando as considerações dos fatores humanos em produtos integrados, projetos de processo e sistema.
Schmidt (2000)	Modelou o desempenho humano dos sistemas sociais em função das condições físicas, estado emocional, capacidades cognitivas e status social a fim de aferir o efeito que esses agentes produzem no desempenho do grupo.
Parker, Wall e Cordery (2001).	Modelagem de cinco categorias de variáveis do projeto de trabalho que abrangem as variáveis grupais e organizacionais.
Toriiizuka (2001).	Trabalhou com definição dos fatores desempenho para manutenção de plantas industrial, em que fez um inventário dos fatores que influenciam a confiabilidade humana, a eficiência de trabalho e carga de trabalho com o intuito de melhorar o trabalho de manutenção de tarefas.

Fonte: Adaptado do autor Baines et al. 2005

A Tabela 1 é bastante útil e oferece excelentes trabalhos que contribuíram para o avanço do estudo da relação entre o desempenho humano e os fatores que o influenciam (BAINES et al., 2005) porém, existem, na literatura, trabalhos mais recentes que contribuíram para o enriquecimento e aprimoramento desta relação que precisam ser contabilizados nesse quadro teórico.

As pesquisas mais recentes relacionadas com os fatores humanos são desenvolvidas para compreender melhor o que se passa na relação entre os trabalhadores e os outros elementos dos sistemas produtivos. Por exemplo, Kariuki e Lowe (2006) abordaram em sua pesquisa a capturação de fatores humanos e organizacionais que influenciam o desempenho do operador, a fim de identificar o que levam esses operadores a produzir um erro real em processos químicos industriais. Realizando a identificação e quantificação da

relação entre os fatores humanos e o desempenho dos trabalhadores em termos de erro humano.

Culverhouse (2007) examinou fatores humanos e de máquina na propensão ao erro de observação no monitoramento de algas, chegando a uma série de fatores cognitivos que podem afetar gravemente o desempenho, incluindo fadiga, tédio, o viés de positividade e efeitos de curto prazo da memória que deixaram evidência experimental do impacto destes fatores sobre o desempenho.

Schonbeck, Rausand e Rouvreye (2010), em seu artigo, relacionam os fatores humanos e organizacionais com o desempenho de sistemas instrumentado de segurança durante a fase operacional, proporcionando uma previsão do nível de integridade de segurança operacional e também pode ser usado para melhorar a segurança. Os autores mostram nesta pesquisa que fatores humanos e organizacionais estão mais necessitando de melhoria e fornece orientações para ações de preventivas e corretivas.

Cacciabue (2000) aborda os métodos e técnicas que são aplicadas para a inclusão de considerações de fatores humanos em análise de risco de plantas modernas. O autor argumenta que a modernização tecnológica e automação fazem com que os operadores passem a ser supervisores e tomadores de decisão, implicando numa mudança da exigência de fatores humanos, nesse contexto, e que as funções cognitivas afetam a análise de risco muito mais do que a performances comportamentais e físicas.

Segundo Bertolini (2007), são poucos os estudos dedicados à avaliação da importância relativa aos fatores humanos que afetam a confiabilidade humana e que a mesma é influenciada por vários elementos, como os ambientais e fatores de trabalho. O autor apresenta uma abordagem de mapas cognitivos a fim de explorar a importância dos fatores humanos em plantas industriais, tomada como estudo um processamento de alimentos e que para esse setor específico tem-se a comunicação, fator ambiental e o espaço de trabalho como as variáveis do sistema que mais influenciam na confiabilidade humana.

Para Santos et al. (2009), o questionário de fatores humanos aliado a tecnologia de realidade virtual são ferramentas úteis para auxiliar os projetistas e avaliadores durante a revisão de projetos de mesas de controle nuclear, dessa forma, torna-se possível a identificação de problemas na fase inicial do projeto. Os autores utilizaram dois especialistas em fatores humanos e dois operadores especializados na avaliação do estudo, que através de um questionário de fatores humanos avaliaram as mesas de controle nuclear, mostrando que a

verificação dos fatores humanos na concepção de mesas de controle nuclear pode ser realizada por especialistas utilizando modelos virtuais.

O estudo de fatores humanos e ergonomia (FHE) tem sido defendido por muitos especialistas e organizações dos mais diferentes setores, por exemplo, no setor de serviço, um estudo feito para melhorar a segurança dos pacientes na área de saúde e para a disseminação de conhecimentos e habilidades em fatores humanos e ergonomia foi proposto um conceito de FHE como inovações cuja difusão, disseminação, implementação e sustentabilidade precisam ser entendidos e especificados a fim de facilitar a propagação do gene FHE em organizações de saúde (CARAYON, 2010).

Jiang et al. (2011) afirmam que eventos de fatores humanos estão em ascensão nos últimos anos e que muitas pesquisas começam a prestar muita atenção a eles. Muitos desses eventos são voltados para as usinas nucleares e vêm se mostrando mais importantes do que em outros eventos de fatores humanos. Percebe-se isso quando se faz uma busca na literatura a respeito do tempo em questão, pois, os artigos que relacionam fatores humanos e outros elementos do sistema, tendo como estudo de caso as usinas nucleares, são mais passíveis de se encontrar na literatura atual. Fato este justificado pela importância dada as atividades as usinas, já que um erro causado por operadores pode ter um impacto profundo no ambiente devido à manipulação de substâncias de alto risco de contaminação causando danos a curto, médio e longo prazo.

Segundo Shaikh et al. 2012, os FH têm significativamente relação com o desempenho dos trabalhadores, fato comprovado pela relação entre as demandas físicas (por meio de atividades que afetam a postura de altura) e demanda mental (por meio de carga de memória) que têm efeitos significativos no desempenho dos trabalhadores nas linhas de montagem. Em seu estudo foram observadas interações entre ritmo e altura de trabalho em seus efeitos sobre a qualidade da montagem, e entre altura de trabalho e carga de memória em seus efeitos sobre os erros.

### 2.2.2.1. Características humanas e taxonomia PIF

As características humanas podem ser entendidas como um esforço multidisciplinar para gerar e compilar informações sobre o ser humano de suas necessidades, capacidades e limitações e aplicar essa informação a equipamentos, sistemas, software, instalações, procedimentos, postos de trabalho, ambientes, treinamento de pessoal e gestão de pessoal para a produção segura, confortável e eficaz desempenho humano.

Essa pode ser uma definição apropriada ao desenvolvimento desse estudo e, dessa forma, sustenta-se que algumas destas características desempenham um papel importante no desenvolvimento do desempenho dos trabalhadores numa linha de montagem. Segundo FAA (2000), há diversos benefícios oriundos desse estudo que varia de acordo com o campo de aplicação onde será efetuado. Por exemplo, a priori, pode-se citar que quando o estudo de fatores humanos é aplicado no início do processo de aquisição dos recursos humanos, pode aumentar a probabilidade do aumento da segurança, do desempenho e da produtividade, conseqüentemente, há uma diminuição da rotatividade do pessoal, custos de treinamento, e torna-se bem integrado no programa de estratégia e planejamento de custos.

Segundo Jr, Geiger e Jaing, (2009), existem diversas características humanas que afetam diretamente ou indiretamente o desempenho e que essas características não são de forma compreensiva. O objetivo desta discussão é a de revelar ao leitor um conjunto de características humanas que são possíveis de modelar e de se inter-relacionar com o desempenho dos trabalhadores. No entanto, esse conjunto concentra-se nas características cognitivas, fisiológicas e psicológicas.

Segundo Másculo e Vidal (2011), para projetos de produtos e processos, as características psicofisiológicas mais importantes estão disponíveis nos livros como: Eastman Kodack (1983), Iida (1990; 2005), Grandjean (1998), Koemer e Grandjean (2005), entre outros. Algumas dessas características serão descritas no decorrer do capítulo.

Para Falzon (2007), a Ergonomia conglomerava vários fatores e características que podem ser analisadas, os quais possam interferir para que a atividade desempenhada num determinado posto de trabalho provoque maior ou menor desempenho do trabalhador, em função das cargas exigidas pela atividade. Algumas dessas características são:

- **Características físicas do trabalhador:** idade, sexo, peso, estatura e condições fisiológicas e de saúde;

- **Características psicossociais do trabalhador:** diferenças individuais, capacidade de aprendizagem, treinamento, experiência profissional, capacidade de entendimento das ordens recebidas;

No entanto, Iida (2005) classificou de forma diferente as características humanas e, segundo ele, elas abrangem as transformações que ocorrem quando o organismo passa do estado de repouso para a atividade e também aquelas transformações de caráter mais duradouro, devido ao treinamento. Em sua obra, o autor expõe que os FH no trabalho se subdividem em:

- **Fatores Fisiológicos do trabalho:** que são considerados pelo autor como ocasiões, durante a jornada de trabalho, em que o rendimento ou desempenho do trabalhador se encontra no ápice, mostrando-se mais apto ao trabalho e há, também, menores riscos de acidentes. O autor cita alguns fatores humanos, tais como: ritmo circadiano, matutinos e vespertinos, alimentação e ritmo biológico, sono, etc.
- **Fatores devido ao conhecimento, aprendizagem e treinamento:** a abordagem do autor sobre esses fatores é que eles são de caráter mais duradouro. Fazendo citações às relações entre a informação e conhecimento, comunicação no grupo de trabalho e aprendizagem.
- **Fadiga:** Provocado por um trabalho contínuo, que tem como consequência uma redução reversível da capacidade do organismo e uma degradação da qualidade dos trabalhadores. Esse fator é causado por um conjunto de fatores como: fisiológicos, psicológicos, ambientais e sociais.
- **Motivação e Monotonia:** o autor expõe esses fatores dizendo que é um processo que se sobrepõe à fadiga, ou seja, é um dos fatores psicológicos da fadiga podendo agravá-la ou aliviá-la.
- **Influência do sexo, idade e deficiências físicas:** que vem tomando espaço no interesse dos pesquisadores cada vez mais, pois, tudo indica que a participação das mulheres, idosos e pessoas especiais na força de trabalho será cada vez maior.

Algumas dessas características como fadiga, fatores fisiológicos, conhecimento, aprendizagem e variação circadiana, proposta por Iida, (2005) foram mencionadas no estudo de Jr, Geiger e Jaing (2009), para eles, o desempenho dessas características tinha um papel importante na resolução de problemas de sequenciamento das atividades manuais.

Segundo Kim e Jung (2003) pesquisando na literatura sobre o tema fatores que influenciam no desempenho humano, sugeriram uma nova taxonomia para esses fatores e a denominaram de conjunto completo PIF (*Performance Influencing factors*). Dois tipos de taxonomias foram investigados no estudo: o primeiro é constituído pelo conjunto detalhado de PIF, que foi desenvolvido principalmente para fatores de análise do erro humano (HEA) cuja descrição dos métodos são apresentadas na Tab. 2.a; e o outro é o conjunto de PIF para a utilização em análise de confiabilidade humana (HRA) e suas metodologias são descritas na Tab. 2.b. Baseado nessas taxonomias já existentes, eles, então, propuseram uma nova abordagem taxonômica dos fatores que influenciam o desempenho dos trabalhadores com cerca de 220 fatores, que foram divididos em quatro conjuntos: humanos, tarefa, sistema e ambiental. No conjunto dos fatores humanos é subdividido em características: cognitivas; fisiológicas e psicológicas; social e pessoal. Após estas divisões dos fatores em grupos e subgrupos, foram detalhados os itens que poderão estar presentes nas atividades e que são fortes candidatos a influenciar no desempenho dos trabalhadores conforme a Tab. 3.

**Tabela 3 - Fatores humanos da taxonomia PFI's**

Grupo	Subgrupo	Detalhes dos Itens
Fatores Humanos	Características Cognitivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- atenção</li> <li>- inteligência</li> <li>- nível de habilidade</li> <li>- conhecimento</li> <li>- experiência</li> <li>- treinamento</li> </ul>
	Características Fisiológicas e Psicológicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sexo / idade</li> <li>- habilidades motoras</li> <li>- deficiência física</li> <li>- impedimento: visão / audição / fala</li> <li>- clareza na fala / uso da língua padrão</li> <li>- cansaço / dor</li> <li>- desconforto</li> <li>- fome / sede</li> </ul>
	Características pessoal e social	<ul style="list-style-type: none"> <li>- atitude</li> <li>- moral / motivação</li> <li>- assunção de riscos normas</li> <li>- autoestima e autoconfiança</li> <li>- sentido de responsabilidade</li> <li>- busca por sensação</li> <li>- capacidade de liderança</li> <li>- sociabilidade</li> <li>- personalidade</li> <li>- antecipação</li> <li>- status</li> <li>- papel / responsabilidade</li> <li>- atitudes com base na influência da família e outro sentido de responsabilidade fora pessoas ou agências</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Kim e Jung, 2003.

Tabela 2.a - PIF taxonomias para HEA

Metodologia	Discrição
CSNI taxonomia (Rasmussen et al., 1981)	A taxonomia CSNI foi desenvolvido para notificação de incidentes e eventos que envolvem falhas humanas. Na taxonomia de PIF, é feita distinção principal entre PSFs e fatores de situação. O grupo PSFs é novamente subdividida em objetivos e intenções subjetivas, a carga mental e recursos e fatores afetivos. Da mesma forma, os fatores de situação são subdivididos em características da tarefa, ambiente físico e as características de tempo de trabalho.
THERP (Swain & Guttmann, 1983)	Swain define PSF ( <i>performance shaping factor</i> ) simplesmente como fatores que influenciam o desempenho humano. Em THERP, 67 PSF são fornecidos e foram classificados em três grupos: PSF estressores, PSF externos e PSF internos. Mais uma vez, esses grupos sofreram uma subdivisão: o PSF externa consiste em três subgrupos: “características situacionais”, “trabalho e instruções de tarefas” e “tarefas e características do equipamento”; o PSF estressores forma subdivididos em “estressores psicológicos” e “estressores fisiológicos”; e o PSF interno inclui “fatores organismos”.
PHECA (Whalley, 1987)	PHECA foi desenvolvido para a análise de erro humano em plantas de processos químicos. A taxonomia é utilizado para a identificação de fatores de concepcao deficientes provocando erros humanos específicos. O conjunto final de PSFs e sua estrutura foi reorganizada com base nas cinco referências do PSF (Swain e Guttmann, Embrey, Singh, AMAS, literatura ergonômica), vários relatórios de incidentes / acidentes de usinas químicas (relatórios de acidentes da empresa, os registros do departamento médico, incidentes relatórios, livros de registro de plantas, registros de supervisor, impressão de computador), e análise de cinco casos de eventos em que várias PIFs estão interligados. Os PSFs são classificados em três grupos, tais como o processo, pessoal e ergonômico.
HEART (Williams, 1988)	HEART fornece 38 EPCs ( <i>error-producing conditions</i> ) como PSFs. EPC é usado para ajustar a probabilidade nominal para obter o HEP final.
Bellamy’s (Bellamy, 1991)	Bellamy categoriza PSFs em oito grupos, tais como: fatores individuais, as características da interface homem-máquina (monitores e controles), as demandas de tarefas, características das tarefas, instruções e procedimentos, estresse, meio ambiente e fatores sócio-técnicos. Assim como em THERP, o grupo estresse de PSFs é organizado separadamente.
Gerdes’ (Gerdes, 1997)	PSF é nomeado IF ( <i>Influence Factor</i> ). No total, 108 IFs foram organizados com base em 32 referências sobre PSF. Todo o FI são classificados em quatro grupos: humano, tarefa, máquina e meio ambiente. E quatro grupos são novamente divididos em vários subgrupos.
K-HPES (KEPRI, 1998)	K-HPES foi desenvolvido para analisar e relatar os acontecimentos humanos induzidas / envolvido em usinas nucleares. Ele analisa as causas de erros cognitivos e tipos por retrospectivamente procurando processos decisórios internos. Ele oferece 33 fatores internos que afetam.

Fonte: Adaptado de Kim e Jung, 2003.

Tabela 2.b - PIF taxonomias para HRA

Metodologia	Discrição
SLIM (Embrey, 1984) e PLG-SLIM (Chu et al., 1994)	No no SLIM original (Embrey, 1984), PSFs são selecionados através do painel de especialistas. O conjunto de PIF sugerido no PLG SLIM é usado na avaliação de eventos de falha humana durante o período de usinas nucleares (Chu et al., 1994), baixo consumo de energia e desligamento. Tanto o original SLIM e PLG SLIM são utilizados para obter o índice probabilidade de sucesso (SLI).
INTENT (Gertman et al., 1992)	Um conjunto de FIP em INTENT é utilizado para a quantificação das ocorrências de erros de intenção. Além disso, o site específico HEP de erros de intenção são determinados usando o HEP superior e os valores de limite inferior.
IDA (Phillips, Humphreys, Embrey e Selby, 1990)	PIF em IDA são representados em uma estrutura hierárquica usando diagrama de influência. HEP são calculados de forma faseada ao topo evento humano
HRMS (Kirwan, 1997)	Em HRMS, as tarefas a serem quantificadas são comparadas com o mesmo tipo de tarefa e com um HEP conhecido, tendo em conta o perfil de PSF. E então, o HEP são modificados de acordo com as diferenças entre os perfis para obter HEP de tarefas a serem quantificados.
Macwan's (Macwan e Mosleh, 1994)	Conjunto de PIFs de Macwan é basicamente para a identificação de erros de diagnóstico ou erros nos processos de formação de intenção. Ele assume que as interações entre um operador e uma planta ocorrer com base em procedimentos operacionais de emergência (EOP). O conjunto PIF é composto por três elementos, isto é, do operador, EOP e planta.
Julius' (Julius, Jorgenson, Parry e Mosleh, 1995)	Julius reorganizou o conjunto PIF com base na taxonomia da Macwan. Da mesma maneira como Macwan, os PIF são classificados no contexto PIF independentes e PIF dependentes. Cada grupo contém três sub-grupos de PIF.
CREAM (Hollnagel, 1998)	Hollnagel fornece nove fatores de contexto chamado CPCs ( <i>common performance conditions</i> ). Ele sugere que a diferença entre as CPC e a PSF convencional é que o primeiro é usado para ajustar ou produzir o HEP, no entanto, o último é usado para a avaliação global da situação da tarefa, bem como a quantificação de HEP

Tabela 2.b (Continuação)

Metodologia	Discrição
INCORECT (Kontogiannis, 1997)	Kontogiannis define PCs ( <i>performance conditions</i> ) como um tipo semelhante de CPCs. Ele sugere, contudo, que os computadores devem ser avaliadas em cada tempo quando a situação varia de um cenário ou se desenvolve de forma que ele pode ser aplicado à estrutura de avaliação de risco dinâmico, tal como a árvore evento dinâmico (Acosta e Siu, 1993), em vez de ser avaliada uma vez numa fase inicial da análise. Ele não incluem fatores compostos como o estresse, carga de trabalho e complexidade da tarefa, uma vez que os efeitos são combinados de várias condições de desempenho.
Taylor-Adams' (Taylor-Adams, 1995)	Taylor-Adams desenvolveu uma taxonomia para análise de PSF na CORE-DATA ( <i>computerized operator reliability and error database</i> ), que é uma base de dados de erro humano para o apoio da HRA. Essa taxonomias foi dividida em cinco elementos relacionados à confiabilidade humana, ou seja, o modo de erro externo, mecanismo de erro psicológico, fatores que moldam o desempenho, a taxonomia de tarefa-equipamento, taxonomia de ação humana. A taxonomia PSF foi desenvolvido com base em PHECA (Whalley, 1987), THERP (Swain & Guttman, 1983), CORAÇÃO (Williams, 1988)
Rogers' (Gibson et al., 1998)	Depois Rogers desenvolveu um novo conjunto de PSFs para CORE-DATA composto por 17 PSFs.
ATHEANA (US NRC, 2000)	ATHEANA fornece um quadro abrangente, cobrindo os erros de comissão (EOC), bem como erros de omissão (EOO). Ele introduz a noção de erro forçando contexto (EFC), em que uma situação é criada quando o erro humano é provável que aconteça.

Fonte: Adaptado de Kim e Jung, 2003.

Observa-se na Tabela 3, que os itens discriminados são apenas do conjunto dos fatores humanos, no qual os subconjuntos são as características: cognitivas, fisiológicas e psicológicas e pessoal e social que estão presentes na taxonomia PIF. Nota-se que os fatores citados por Iida (2005) estão presentes nessa taxonomia exceto o ritmo circadiano, matutino e vespertino.

Em um dado processo específico a ser analisado exige itens específicos que em um processo diferente esses itens possam não estar presentes e, dessa forma, exigem outros. Ou, ainda, a intensidade dos itens possa variar de processo para processo, como por exemplo: uma atividade de controle de qualidade que exija certo grau de atenção em outra atividade, como transporte, a atenção pode ser amenizada, passando a demanda pouca atenção e exigindo talvez outro item em que a atividade de controle não exigia.

Esta constatação exemplificada acima pode ser evidenciada através dos trabalhos que utilizaram a taxonomia PIF. Kim e Jung (2003) selecionaram alguns fatores humanos para serem os possíveis candidatos significativos nas atividades de emergência em usinas nucleares, entre estes fatores estão: conhecimento, experiência, treinamento, competência, stress, responsabilidade, atitude, moral e motivação. Destes listados os que realmente se mostraram representativos, diante do contexto estabelecido pelos autores, foram o treinamento e a experiência que estão presente na característica cognitiva do conjunto fatores humanos da taxonomia PIF.

Em uma situação parecida como a mencionada anteriormente em atividades de emergência em usinas nucleares, Park (2011) desenvolveu um experimento que utilizou como fatores humanos atitude, inteligência, habilidade, etilo cognitivo, conhecimento, experiência e treinamento para identificar quais desses fatores influenciam no desempenho e em segundo momento verificar a inter-relação entre os significativos e a variação do desempenho humano.

Em outros contextos bem diferentes dos anteriores, alguns fatores humanos dessa taxonomia foram estudados como: Khan, Amiotte e DiMattia (2006) afim de calcular a probabilidade de erro humano em operações de emergência em plataforma, selecionaram as seguintes características humanas: o estresse, o treinamento e a experiência, para determinarem a previsão de ocorrência de erro devido a essas variáveis. Bellamy, Geyer e Wilkinson (2008) utilizaram os fatores humanos estresse, experiência, atenção, conhecimento, percepção e habilidades para desenvolverem um modelo funcional que os integrem com outros sistemas de gestão em empresas químicas. Nas indústrias de alimentos do Japão Moriyama e Ohtani, (2009) estudaram o estresse, treinamento, experiência, habilidade, fadiga e

conhecimento para descreverem e verificar uma ferramenta de avaliação de risco. Para a análise de confiabilidade humana Groth e Moslesh (2012) buscaram desenvolver uma hierarquia para os PIF e utilizaram os fatores atenção, conhecimento, habilidade, experiência, memória, autoconfiança, problemas, moral, motivação e atitude em análise de confiabilidade humana.

Por meio de uma revisão bibliografia em diversos domínios tais como: gestão da produção; psicologia; ergonomia; fatores humanos; medicina comportamental; economia; relações industriais; gestão de recursos humanos e entre outros; Baines et al. (2005) identificaram quais os fatores chaves ocasionam as variações no desempenho humano. Nessa seleção as características humanas estão representa pela categoria que o autor denominou de variável individual, além dessa categoria outras duas fazem parte dessa seleção são elas: ambiente físico e ambiente organizacional.

Baines et al. (2005) realizaram uma revisão da literatura pertinente de mais de 800 referências, e em seguida aplicou-se um método de triagem, segundo os quatro critérios: **Relevância geral:** Existe evidência que os fatores considerados estão relacionados com o desempenho humano que exercem atividades manuais e repetitivas?; **Relevância específica:** O fator está relacionado ao trabalho manual e/ou está diretamente relacionado à variação de desempenho humano?; **Robustez:** A literatura é consistente em termos do impacto do fator? São citadas as fontes confiáveis, baseados em estudos empíricos de credibilidade e robustos?; **Mensurabilidade:** O fator pode ser avaliado com segurança?.

Assim, a seleção identificou um total de 65 potenciais fatores para serem incluídos na estrutura teórica (Tab. 4).

**Tabela 4 – Seleção dos fatores chaves que afetam o desempenho humano**

Classificação	Variáveis individuais	Ambiente físico	Ambiente organizacional
15	-	-	Turno de trabalho
14	Habilidades cognitivas	-	Equipe de trabalho
14	Consciência	-	-
13	Extroversão	-	Manutenção
13	Neuroticismo	-	Treinamento
12	Compromisso organizacional	Nível de ruído	Rotação do trabalho
12	Satisfação no trabalho	Temperatura do ar	Comunicação
12	Idade	-	-
11	Atitudes, crenças e valores	-	Diversidade
11	Ética no trabalho	-	-

Tabela 4 - (Continuação)

Classificação	Variáveis individuais	Ambiente físico	Ambiente organizacional
10	Objetivos	-	Estrutura hierárquica
10	-	-	Clima
9	Socialização	Nível de luminosidade	-
9	Abertura	Umidade	-
9	Gênero	Ventilação	-
9	QI	-	-
9	Locus de Controle	-	-
9	Habilidade e Experiência	-	-
8	Estilo de vida	Monóxido de carbono	Liderança
8	Padrões de sono	Ozônio	Sistemas de Pagamento
8	-	-	Recrutamento
8	-	-	Segurança do funcionário
7	Saúde	Frequência da Vibração	-
7	Biorritmo	Luz diária	-
7	Ritmo circadiano	Dióxido de carbono	-
6	Status da família	Frequência de ruído	-
6	Educação	Oxigenação	-
5	Resistência de força	Frequência da luz/coloração	-
5	Atenção	-	-
5	Concentração	-	-
4	SES	Duração do ruído	-
4	Etnia	Iluminação/brilho	-
4	Esquemas	Iluminação/reflexão	-
4	Religião	-	-
4	Adaptabilidade	-	-
3	Dieta	Previsibilidade ruído/constância	-
1	Agilidade/Destreza	-	-
1	Analítica/Criativa	-	-
1	Forma	-	-

Fonte: Adaptado de Baines et al. (2005)

Segundo Baines et al. (2005), as variáveis individuais ou características humanas consideradas mais importante são habilidade cognitiva, consciência, extroversão, neuroticismo, compromisso organizacional, satisfação no trabalho, idade, atitudes, crenças, valores, ética, objetivo, socialização, abertura, gênero, QI, habilidade e experiência. Porém, a escolha das características para

fins de análise da influência no desempenho dos trabalhadores pode variar de atividades para atividades. Essa seleção pode partir da revisão da literatura e de observação *in loco* devido a essa variação entre postos de trabalho.

Um dos fatos relevante na escolha desta taxonomia PIF, para fins de investigação da influência das características humanas (cognitivas, fisiológicas e psicológicas) no desempenho dos trabalhadores, em termos de quantidade de peças produzidas, darem-se devido ao grande número de itens presente para se efetuar experimento dessa natureza e que essa taxonomia reúne diversas outras taxonomias já existentes.

Com base no levantamento teórico apresentado neste capítulo, observou-se que é grande o número de variáveis dos fatores humanos a ser consideradas num estudo de relação com o desempenho. Constatou-se, também, que existem diversos trabalhos voltados em analisar o desempenho dos trabalhadores em função dos fatores influentes e que grandes partes desses trabalhos avaliam o erro humano como medida de desempenho. Porém, observa-se que existe uma folga em modelar fatores humanos com as outras medidas de desempenho existentes.

Com o intuito de diminuir essa folga, tomou-se como medida de desempenho a quantidade de peças produzidas e identificou-se uma série de características humanas da taxonomia PIF que podem influenciar o desempenho. Diante disso, escolheu-se por identificar quais dessas características pode influenciar essa medida de desempenho numa atividade de uma linha de montagem e essa identificação será feita com a utilização de modelagem matemática através de modelos lineares generalizados (MLG).

### **2.3. Modelagem matemática**

No item anterior verificaram-se os fatores humanos que podem influenciar no desempenho dos trabalhadores. A modelagem matemática da influência das características cognitivas, fisiológicas e psicológicas no desempenho pode ser uma tarefa difícil, pois essas características podem ser variáveis de diferentes naturezas ou tipologias. Os modelos de regressão linear generalizados podem ser uma saída para este problema, pois eles podem ser aplicados a qualquer tipo de variável independentes (contínuas, discretas, dicotômicas, ordinal ou nominal).

A verificação das relações entre uma variável resposta, dita dependente, e um conjunto de variáveis explicativas, chamadas de independentes é muito utilizada pelos modelos de regressão. Johnson e Wichern (1992) tiveram essa opinião ao considerar que a regressão é uma metodologia estatística usada para estudar relações e fazer a predição de valores de uma ou mais variáveis respostas a partir de uma coleção de valores de variáveis explicativas, podendo ser utilizada para avaliar os efeitos das variáveis explicativas nas respostas.

Os modelos MLG são ajustados aos dados pelo método de máxima verossimilhança, proporcionando não apenas estimativas dos coeficientes de regressão, mas, também, estimando os erros padrões dos coeficientes. Para a construção desses modelos, leva-se em consideração que eles apresentam três componentes: **componente aleatória**, que identifica a distribuição de probabilidade da variável dependente; **componente sistemática**, que especifica a estrutura linear das variáveis independentes, também, é conhecida como preditor linear; e a **função de ligação**, que relaciona a média da variável dependente à estrutura linear das variáveis independentes, sendo uma função monótona e diferenciável (MCCULLAGH e NELDER, 1989; CORDEIRO e ANDRADE, 2009; BERG, 2007; e AGRETI, 2002).

Esses modelos apresentam a forma do sistema de equações (1).

$$\eta = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_N X_N = \mathbf{X}^T \boldsymbol{\beta} \quad (1)$$

$$g(\eta) = \mu$$

$$\mu = E(Y/X)$$

$Y \sim \text{Exp}(y, \Theta, \Phi)$ , onde  $\Theta$  e  $\Phi$  são parâmetros especificados para cada distribuição de probabilidade.

No geral, os MLG podem ser aplicados a situações em que a variável resposta segue uma distribuição da família exponencial. Fazem partes dessa família as distribuições de probabilidade: normal, gamma, normal inversa, binomial, poisson, etc. Na teoria, esses modelos permitem modelar relações não-lineares de variáveis, desde que seja possível empregar uma função matemática que admita transformar a relação não linear em uma relação de natureza linear. Essa função usada nos MLG's é chamada de função de ligação e para cada distribuição citada anteriormente existem as funções de ligações específicas (Tab. 5).

**Tabela 5 - Relação das funções de ligações**

Distribuição de Probabilidade	Normal Inversa	Normal	Gamma	Binomial	Poisson
Função de Ligação	log	log	log	log	log
	inverse	inverse	inverse	inverse	sqrt
	identity	identity	identity	identity	identity
	1/m^2				

Fonte: Elaboração própria.

A escolha da componente aleatória ou da função de distribuição de probabilidade utilizada para a construção dos modelos depende da variável resposta há ser considerada e pode ser escolhida através da análise do perfil do comportamento através do histograma. A estrutura da componente sistemática pode ser feita, a princípio, utilizando a estrutura linear das variáveis independentes como se apresentavam no questionário e em seguida podem ser feitas combinações entre duas variáveis com intuito de melhorar o coeficiente de determinação do modelo ou o pseudo-R<sup>2</sup>. Posteriormente, escolhe a função de ligação que se associa a componente aleatória escolhida para a construção dos modelos.

A medida de qualidade do ajuste do modelo a uma realidade investigada é chamada de coeficiente de determinação e ele considera o quanto o comportamento dos dados é próximo de um comportamento linear e o quanto os valores observados estão dispersos. O cálculo desse coeficiente pode ser feito usando os dados da variável dependente e o modelo ajustado (Equação 2). Esse coeficiente de determinação indica o percentual da variação da variável dependente que pode ser explicada pelas variáveis independentes investigadas num modelo linear.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2} \quad (2)$$

$\hat{y}_i$ ,  $y_i$  e  $\bar{y}$  são, respectivamente, o valor ajustado pelo modelo, o valor observado na realidade e a média dos valores observados.

Nos MLG existem dois testes de hipóteses a serem feitos: o Qui-Quadrado que verifica a hipótese de que todos os coeficientes são nulos e o Wald que verifica separadamente se cada um dos coeficientes é diferente de zero.

Sendo  $x_c^2$  a estatística de teste Qui-Quadrada calculada com base nos dados, se  $x_c^2 > x_{p-1}^2$  para um nível de significância especificado, rejeita-se a hipótese de teste (não significância) e os coeficientes podem conjuntamente ser considerados significantes. O teste estatístico de Wald depende apenas do coeficiente estimado e do erro-padrão da estimativa. Sendo  $Z_c$  a estatística de teste calculada usando os dados, rejeita-se a hipótese de não significância do coeficiente  $\beta_i$  se  $Z_c > Z_\alpha$ .

O procedimento de análise da escolha do melhor modelo, entre os modelos considerados consistentes, partiu do cálculo do pseudo- $R^2$ . O pseudo- $R^2$  utilizado foi o Nagelkerke- $R^2$ . Essa medida indica a proporção da estatística (*Deviance*) que o modelo é capaz de explicar. Essa medida varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo do valor 1, melhor é considerado o ajuste do modelo em relação aos dados. Porém, um valor acima de 0,7 indica que a variável dependente tem um comportamento que pode ser bem explicado pelas variáveis independentes que constam no modelo.

Segundo Cordeiro e Lima Neto (2004), procedimento para analisar a adequação do modelo aos dados pode ser feita por verificação de ferramentas gráficas como, avaliação dos gráficos dos resíduos, a observação de pontos influentes (valores que influenciam na estimativa da média da variável dependente) e de alavanca generalizada entre outros. Portanto, além do pseudo- $R^2$  outras medidas de estatística de análise de adequação foram utilizadas para escolher o melhor modelo que representasse o desempenho dos trabalhadores em função das características cognitivas, fisiológicas e psicológicas.

Para os MLG, os resíduos são utilizados para verificar a adequação dos modelos. McCullagh e Nelder (1989) definem vários tipos de resíduos. Entretanto, Pierce e Schafer (1989), citados por Lee e Nelder (1998), mostraram que, para o caso das distribuições da família exponencial, o resíduo *deviance* é o que mais se aproxima da distribuição normal e recomendam o resíduo *deviance studentizado* para verificar a adequação do modelo.

## **CAPÍTULO 3: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Este capítulo tem como propósito apresentar a metodologia adotada para desenvolvimento desta pesquisa. Iniciará com a classificação da pesquisa em relação aos pontos de vista: da natureza, da forma de abordagem do problema, do objetivo e dos procedimentos técnicos. Posteriormente, caracteriza-se a população e expõem-se os tipos de ferramentas utilizadas para coleta, modelagem e análise dos dados. Aborda-se, portanto, todos os procedimentos metodológicos adotados durante a realização desse trabalho, bem como as variáveis estudadas.

### **3.1. Classificação da pesquisa**

Na literatura que aborda os aspectos metodológicos de uma pesquisa científica, pode-se encontrar diferentes formas de classificação das pesquisas. Porém, as formas clássicas de classificação propostas por Silva e Menezes (2005) são as que serão trabalhadas nessa pesquisa.

#### **3.1.1. Do Ponto de vista da natureza**

Segundo Silva e Menezes (2005), do ponto de vista da natureza, as pesquisas podem ser classificadas em:

**Pesquisa Básica:** objetivando gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista.

**Pesquisa Aplicada:** objetivando gerar conhecimentos para aplicação práticas dirigidas à solução de problemas específicos.

Em se tratando desse tipo de classificação, quanto à natureza, essa pesquisa pode ser classificada como pesquisa básica, pois, busca adicionar conhecimento novo em relação às características cognitivas, fisiológicas e psicológicas e sua influência no desempenho dos trabalhadores no caso específico de uma fábrica de calçados sem fins aplicativos.

### 3.1.2. Do ponto de vista da forma de abordagem do problema

Para Silva e Menezes (2005), as pesquisas podem ser classificadas do ponto de vista da forma de abordagem do problema como:

**Pesquisa Quantitativa:** considera que tudo pode ser quantificável, significando que as opiniões e informações possam ser traduzidas em números para classificá-las e analisá-las, requerendo o uso de recursos e de técnicas estatísticas.

**Pesquisa Qualitativa:** a relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito é considerada, isto é, dissociação do vínculo entre a subjetividade do sujeito e do mundo objetivo não pode ser traduzido em números. A atribuição de significados e a interpretação dos fenômenos são básicas no processo de pesquisa qualitativa não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. É descritiva. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem.

Com relação à classificação dessa pesquisa, do ponto de vista da forma de abordagem do problema, trata-se de uma pesquisa quantitativa, pois, através da ferramenta estatística modelos de lineares generalizados - MLG buscará verificar a existência da correlação entre as características cognitivas, fisiológicas e psicológicas e o desempenho dos trabalhadores.

### 3.1.3. Do ponto de vista do objetivo

Segundo Gil (2002), as pesquisas podem ser classificadas quanto aos objetivos da seguinte forma:

**Pesquisa Exploratória:** visando uma maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolvendo levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão. No geral assume as forma de pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

**Pesquisa Descritiva:** que visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados: questionário e observação sistemática. Assume, em geral, a forma de levantamento.

**Pesquisa Explicativa:** visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Aprofunda o conhecimento da realidade porque explica a razão, o “porquê” das coisas. Quando realizada nas ciências naturais, requer o uso do método experimental, e nas ciências sociais requer o uso do método observacional. Assumindo, em geral, a formas de pesquisa experimental e *expost-facto*.

Do ponto de vista dos objetivos, essa pesquisa classifica-se como Explicativa e Descritiva. Explicativa porque visa identificar quais características cognitivas, fisiológicas e psicológicas que contribuem para o desempenho dos trabalhadores. Descritiva porque visa estabelecer as relações entre os fatores humanos e o desempenho dos trabalhadores, através da ferramenta estatística modelos de lineares generalizados, nas linhas de montagem de uma fábrica de calçados.

#### 3.1.4. Do Ponto de vista dos procedimentos técnicos

Para Gil (2002), as pesquisas científicas podem ser classificadas de acordo com os procedimentos técnicos como:

**Pesquisa Bibliográfica:** elabora-se a partir de material já publicado, constituído de livros, artigos de periódicos e, atualmente, com material disponibilizado na Internet.

**Pesquisa Documental:** elabora-se a partir de materiais que não receberam tratamento analítico.

**Pesquisa Experimental:** determina-se um objeto de estudo, seleciona-se as variáveis capazes de influenciá-lo, define-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

**Levantamento:** quando envolve a interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer.

**Estudo de caso:** quando envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

**Pesquisa Expost-Facto:** quando o “experimento” se realiza depois dos fatos.

**Pesquisa-Ação:** concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. Os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

**Pesquisa Participante:** desenvolve a partir da interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas.

Com relação à classificação, quanto aos procedimentos técnicos utilizados, essa pesquisa pode ser classificada como bibliográfica, experimental e estudo de caso. Bibliográfica, porque grande parte do estudo será organizado e desenvolvido com base em publicações realizadas em trabalhos acadêmicos, livros, periódicos, anais de eventos e *sites* relativos a características cognitivas, fisiológicas e psicológicas, desempenho humanos e Indústria de Calçados. Experimental, porque se determinou um objeto de estudo (desempenho dos trabalhadores), selecionaram-se as variáveis capazes de influenciá-lo (características cognitivas, fisiológicas e psicológicas), definiram-se as formas de controles (uma única atividade da linha de montagem a ser analisada, os dias para serem coletados os dados de terças a quintas-feiras, um único tipo de calçado e os dois turnos a serem estudados), e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. Quanto ao procedimento de coleta de dados é um estudo de caso, porque será feito numa empresa de calçados no estado da Paraíba.

### **3.2. Estudo de caso**

A opção pela realização do estudo de caso se deu pelo fato de acessibilidade e conveniência da organização estudada, em virtude de restrições de liberação de dados e de respondentes na empresa, bem como a importância social desempenhada por esta entidade na comunidade. Segundo Godoy (1995), num estudo de caso, é possível analisar amplamente um ambiente, levando em consideração os fenômenos ocorridos num determinado tempo, bem como entender como e porque estes fenômenos ocorrem.

#### **3.2.1. Ambiente estudado**

A empresa estudada foi criada em 1907 e iniciou suas operações através de um único calçado. Atualmente, é fabricante de várias marcas e detentora de uma das marcas mais

conhecida no Brasil e no exterior. É uma empresa de capital nacional pertencente a um grupo empresarial de São Paulo que compete em diversos mercados e segmentos que compreendem artigos esportivos, calçados e têxteis industriais. Sua sede está localizada no sudeste, mas, possui filiais espalhadas em estados do Norte e Nordeste e escritórios fora do país. No estado da Paraíba possui fábricas localizadas em diferentes cidades como Campina Grande, Guarabira, João Pessoa, Santa Rita e outras.

A filial escolhida situa-se no município de Santa Rita, na Paraíba. No capítulo precedente, discussão dos resultados, haverá uma complementação detalhada sobre o perfil da fábrica escolhida, assim como do setor foco desse estudo.

### **3.3. Variáveis e indicadores**

Perante os fatores abordados no objetivo geral e nos objetivos específicos desta pesquisa, e no decorrer da Revisão Bibliográfica, pôde-se estabelecer duas dimensões: desempenho dos trabalhadores e as características cognitivas, fisiológicas e psicológicas que influenciam o desempenho, que abordam as questões essenciais a que este estudo se propôs a responder. Na Tab. 6 são expostas as variáveis e os indicadores que serão analisadas para alcançar os objetivos desse estudo.

Essas variáveis escolhidas para fins de análise foram determinadas através da Revisão Bibliográfica que selecionou as principais variáveis analisada pelos autores (Kin e jung 2003; Groth e Mosleh, 2012; Khan, Amyotte e DiMattia, 2006; Park, 2011; Moriyama e Ohtani, 2009; Bellamy, Geyer e Wilkinson, 2008; Baines et al, 2005) e por observações em equipe, feita por um grupo formado por alunos da disciplina Planejamento e Análise de Experimentos do curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal da Paraíba do Campus de João Pessoa com auxílio de entrevistas despadronizadas e não-estruturadas feitas com funcionários da empresa estudada, ou seja, o responsável pelo estudo ergonômico da empresa e o líder de produção da linha de montagem que estão a muito tempo na empresa e que são providos de conhecimentos práticos a respeito das atividades desempenhadas na fábrica.

Tabela 6 - Variáveis e Indicadores

<b>Dimensão 1 - Desempenho dos Trabalhadores</b>	
Valores alcançados dos desempenhos pelos trabalhadores da atividade de colagem dos tênis nas linhas de montagens dos calçados.	
Variáveis	Indicadores
Desempenho dos Trabalhadores	quantidade de peças produzidas
<b>Dimensão 2 - Fatores Humanos que Influenciam no Desempenho</b>	
Valores dos fatores humanos de acordo com a percepção dos trabalhadores.	
Variáveis	Indicadores
Características Cognitivas, Fisiológicas e Psicológicas	inteligência
	conhecimento
	experiência
	treinamento
	sexo
	idade
	dor
	idade
	habilidade
	motivação

Fonte: Elaboração própria.

Na Tabela 6 as características cognitivas, fisiológicas e psicológicas são encontradas na segunda dimensão e são consideradas variáveis independentes. Elas são mensuradas de acordo com a percepção dos funcionários, que serão questionados no dia dia de seu trabalho através da ferramenta de coleta de dados. O desempenho que está na primeira dimensão representa a variável dependente ou resposta. Ela é mensurada através da quantidade de peças por minutos.

O Quadro 2 representa a matriz das observações feita no desempenho em função do dias de aplicação da ferramenta de coleta de dados e do número de trabalhadores que participaram da pesquisa.

**Quadro 2 - Matriz de observação do desempenho dos trabalhadores**

		Desempenho dos trabalhadores							
		Dias de observações							
		D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>6</sub>	D <sub>7</sub>	D <sub>8</sub>
Trabalhador	T <sub>1</sub>	O <sub>11</sub>	O <sub>12</sub>	O <sub>13</sub>	O <sub>14</sub>	O <sub>15</sub>	O <sub>16</sub>	O <sub>17</sub>	O <sub>18</sub>
	T <sub>2</sub>	O <sub>21</sub>	O <sub>22</sub>	O <sub>23</sub>	O <sub>24</sub>	O <sub>25</sub>	O <sub>26</sub>	O <sub>27</sub>	O <sub>28</sub>
	T <sub>3</sub>	O <sub>31</sub>	O <sub>32</sub>	O <sub>33</sub>	O <sub>34</sub>	O <sub>35</sub>	O <sub>36</sub>	O <sub>37</sub>	O <sub>38</sub>
	T <sub>4</sub>	O <sub>41</sub>	O <sub>42</sub>	O <sub>43</sub>	O <sub>44</sub>	O <sub>45</sub>	O <sub>46</sub>	O <sub>47</sub>	O <sub>48</sub>
	T <sub>5</sub>	O <sub>51</sub>	O <sub>52</sub>	O <sub>53</sub>	O <sub>54</sub>	O <sub>55</sub>	O <sub>56</sub>	O <sub>57</sub>	O <sub>58</sub>
	T <sub>6</sub>	O <sub>61</sub>	O <sub>62</sub>	O <sub>63</sub>	O <sub>64</sub>	O <sub>65</sub>	O <sub>66</sub>	O <sub>67</sub>	O <sub>68</sub>
	T <sub>7</sub>	O <sub>71</sub>	O <sub>72</sub>	O <sub>73</sub>	O <sub>74</sub>	O <sub>75</sub>	O <sub>76</sub>	O <sub>77</sub>	O <sub>78</sub>
	T <sub>8</sub>	O <sub>81</sub>	O <sub>82</sub>	O <sub>83</sub>	O <sub>84</sub>	O <sub>85</sub>	O <sub>86</sub>	O <sub>87</sub>	O <sub>88</sub>
	T <sub>9</sub>	O <sub>91</sub>	O <sub>92</sub>	O <sub>93</sub>	O <sub>94</sub>	O <sub>95</sub>	O <sub>96</sub>	O <sub>97</sub>	O <sub>98</sub>
	T <sub>10</sub>	O <sub>101</sub>	O <sub>102</sub>	O <sub>103</sub>	O <sub>104</sub>	O <sub>105</sub>	O <sub>106</sub>	O <sub>107</sub>	O <sub>108</sub>
	T <sub>11</sub>	O <sub>111</sub>	O <sub>112</sub>	O <sub>113</sub>	O <sub>114</sub>	O <sub>115</sub>	O <sub>116</sub>	O <sub>117</sub>	O <sub>118</sub>
	T <sub>12</sub>	O <sub>121</sub>	O <sub>122</sub>	O <sub>123</sub>	O <sub>124</sub>	O <sub>125</sub>	O <sub>126</sub>	O <sub>127</sub>	O <sub>128</sub>

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se no Quadro 2 como está organizados as observações feitas no desempenho do trabalhadores, bem como, o total de observações feitas. Essas observações  $O_{ij}$ , onde  $i = 1, 2, 3, \dots, 12$  e  $j = 1, 2, 3, \dots, 8$ , são utilizadas como variáveis resposta da modelagem matemática e é estimada pelo quociente da quantidade de peças no tempo  $O_{ij} = \frac{Qnt}{t}$ .

### 3.4. Ferramenta de coleta de dados

Após todo o levantamento bibliográfico e o estabelecimento das variáveis e indicadores, a fase seguinte foi a elaboração de questionários estruturados que facilitaram o levantamento dos dados da pesquisa. Esse instrumento de coletas de dados foi direcionado aos trabalhadores da atividade de colagem da linha de montagem de tênis da empresa estudada e foi aplicado no local de trabalho, por isso, o questionário teve que ser reduzido para não empatar por muito tempo o trabalhador de sua atividade.

O questionário aplicado teve dois enfoques principais, o desempenho dos trabalhadores e os fatores humanos que influenciam o desempenho dos trabalhadores nas suas atividades do dia a dia. E para fins de análise, o instrumento foi dividido em duas partes: caracterização dos respondentes, ou seja, os fatores humanos dos trabalhadores; e desempenho

humano e seu meio de mensuração, que foi avaliado pela quantidade produzida em função do tempo (ver Apêndice 1). A construção destes foi fundamentada a partir de outras dissertações e tese (Paiva, 2010; Corrêa, 2005; Ribeiro, 2012; Killesse, 2005; Soares, 2008) que passaram por bancas examinadoras e publicações.

As perguntas abordadas nos exemplares dos questionários foram subjetivas e objetivas, com o intuito de coletar a maior quantidade possível de informações dos respondentes. Os questionamentos objetivos referentes aos fatores humanos foram definidos essencialmente em alternativas predefinidas para aferir as características cognitivas, fisiológicas e psicológicas dos respondentes. As questões são perguntas de múltiplas escolhas que variam de duas a quatro respostas. Dessa forma, as variáveis antes qualitativas tornaram-se quantitativas e podendo, estas, receber um processo de mensuração e análise estatística.

Em se tratando da mensuração do desempenho dos trabalhadores, o questionário expõe um campo onde se deve colocar o valor observado da quantidade produzida pelo respondente através da contagem dos itens trabalhados em determinado tempo marcado no cronometro (3 min).

Para efeito de controle dos outros fatores (Tarefa, Ambientais, Organizacionais e Sistema) que influenciam no desempenho, esta pesquisa buscou através do levantamento dos dados garantindo que eles não interfiram no desempenho. Contudo, escolheu-se uma atividade que fosse manual, o optou pelas terças-feiras à quintas-feiras para fazer a entrevista e medir o desempenho dos trabalhadores, evitando os dias que precedem e antecedem o fim de semana, pois evita que o desempenho do trabalhador seja afetado por variáveis externas. Outro controle efetuado foi a escolha de uma única linha de montagem para se efetuar o experimento, evitando assim, diferença no desempenho coletado devido aos diferentes tipos de calçado produzido pelas diferentes linha de montagem que a empresa manipula.

Por último, como o desempenho deste trabalho é avaliado pela quantidade de peças produzidas num determinado tempo, optou-se por medir no intervalo curto evitando que outros fatores interfiram no desempenho dos trabalhadores, tais como: uma parada na linha, falta de material, entre outros fatores que não sejam os fatores humanos. Dessa forma, garantimos que os sujeitos pesquisados estão submetidos às mesmas condições ambientais, de tarefa, sistema e organizacionais.

### 3.5. Tratamento e análise dos dados

Os dados colhidos foram organizados de forma sistêmica para uma análise detalhada, buscando os objetivos da pesquisa. O processo de tratamento dos dados constou inicialmente da tabulação e organização das informações obtidas no questionário (ver Apêndice 1) elaborado especificamente para esta pesquisa com o auxílio de planilha eletrônica do software Excel<sup>®</sup>. Posteriormente, utilizou-se o software R x64 2.15.0<sup>®</sup> para efetuar os cálculos estatísticos e gerar uma tabela do resultado dos cálculos.

Portanto, para fins de tratamento dos dados, pretendeu-se explorar, descrever e analisar as relações entre as variáveis através de estudos descritivo-correlacional, seguindo duas etapas:

- **Análise descritiva dos entrevistados e dos parâmetros que leva em consideração o tempo.**

Procurou-se com a análise descritiva dos entrevistados (idade e gênero) e dos parâmetros que leva em consideração o tempo (tempo na função, tempo de processamento, e desempenho) conhecer suas características.

Para efetuar a descrição das principais características dos entrevistados e dos parâmetros aplicou-se estatística descritiva. Dessa forma, foi possível conhecer melhor as variáveis investigadas na análise de correlação, observando como os dados estão organizados e sumarizados a partir das medidas de tendência central e de dispersão com auxílio de gráficos para visualizar com uma maior facilidade.

- **Análise da relação entre as variáveis desempenho e fatores humanos.**

A análise da relação entre a variável dependente Y (desempenho do trabalhador) e as variáveis independentes  $X_i$  (características cognitivas, fisiológicas e psicológicas), encontradas na Tab. 6, foi realizada através da construção e análise dos modelos de regressões utilizando modelos lineares generalizados (MLG) com auxílio do software R.

Na construção dos modelos, primeiramente, foi escolhida a função de distribuição de probabilidade através da análise do perfil de comportamento da variável dependente utilizando o histograma. Posteriormente construiu a estrutura da componente sistemática utilizando a relação linear da variável dependente com todas as variáveis independentes isoladamente e

associou as funções de ligação a cada função de distribuição escolhidas. A partir da análise do  $p_{\text{valor}}$  referente às variáveis independentes, verificou-se a significância delas no modelo.

Através do pseudo- $R^2$  verificou que os modelos gerados não poderiam ser considerados bons o suficiente para explicar essa relação. Com o intuito de melhorar esse poder de explicação dos modelos foram feitas combinações entre duas variáveis e estruturou uma nova relação linear para a componente sistemática, dessa forma, o pseudo- $R^2$  apresentou um valor satisfatório.

Algumas medidas de adequação dos modelos foram utilizadas para analisar adequação dos modelos gerados, a saber: (1) verificação dos pressupostos de normalidade dos resíduos através dos testes de Shapiro Wilk, Lilliefors e do gráfico qqnorm; (2) verificação do desvio em relação aos dados originais, através da função desvio; (3) a análise do comportamento dos dados referentes às variáveis independentes ajustados; (4) análise do desvio residual dos valores ajustados para variável dependente em relação aos valores observados e (5) a distância dos cook.

## **CAPÍTULO 4: APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Este capítulo tem como escopo apresentar e discutir os resultados alcançados na pesquisa seguindo os procedimentos metodológicos esboçados. A princípio, será apresentado um pouco do campo de pesquisa onde se efetuou o estudo e posteriormente uma análise descritiva dos dados dos trabalhadores entrevistados. Em seguida, construíram-se os modelos considerados consistentes para representar o desempenho em função dos fatores humanos (FH). Prosseguiu-se com uma análise dos modelos construídos e escolhendo o melhor modelo dentre os considerados consistentes e finalizou-se esse capítulo com um comentário sobre a natureza das relações dos FH com o desempenho em termos de quantidade de peças produzidas.

### **4.1. Campo de pesquisa**

A empresa analisada é composta de duas áreas principais: administração e produção. O setor administrativo ocupa uma área física independente do prédio da produção, que por sua vez, possui um galpão de armazenagem onde são estocados os produtos acabados.

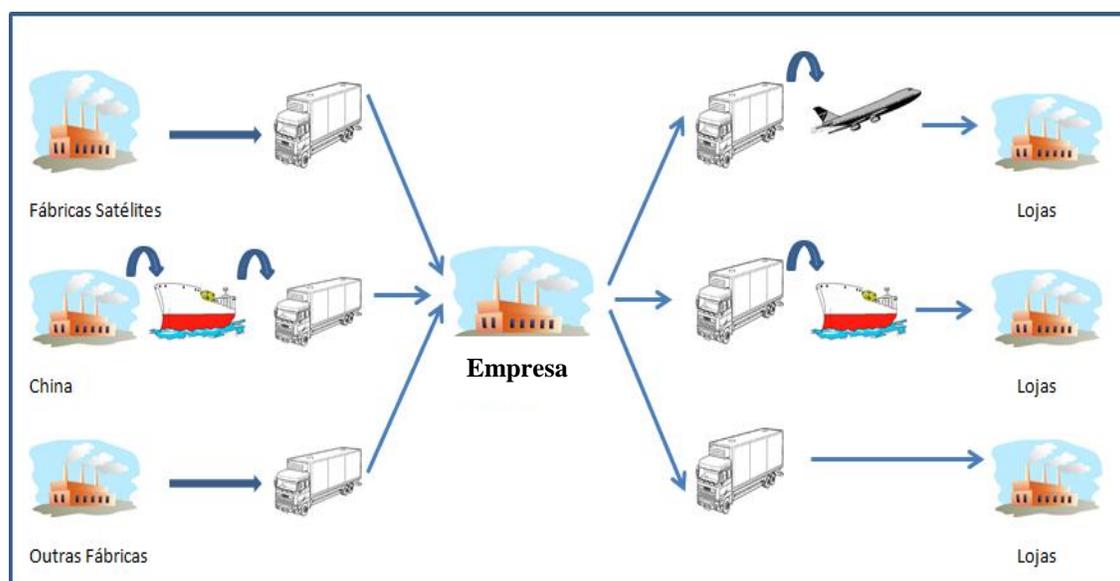
A jornada de trabalho da organização é de 8h diárias, de segunda a sexta e este período é dividido em turnos. O primeiro turno, começa às 5:20 e finaliza-se às 13:40; o segundo segue das 13:40 às 22:00 e o último inicia-se às 22:00 até às 5:20 do dia seguinte. A forma de pagamento da organização é mensal e a assiduidade é realizada por meio de ponto eletrônico. A maioria dos funcionários possui o ensino fundamental ou médio, todos com qualificação adequada para atividades determinadas.

O trabalhador da organização tem diversos benefícios, como: plano de saúde, refeições, transporte e área de lazer. Já em relação ao serviço de pessoal, a empresa desfruta de uma estrutura definida por lei, com banheiros, bebedouros, vestiários, áreas de convivência e refeitório.

A empresa dispõe, também, de uma gestão ambiental onde os serviços relacionados ao licenciamento ambiental são conduzidos por uma empresa terceirizada com o objetivo de realizar o tratamento dos resíduos gerados no processo produtivo (couro, papel, plástico e madeira), onde os resíduos de borracha e EVA são inseridos novamente no processo produtivo.

O sistema de produção da empresa pode ser dividido em três subsistemas: o de suprimento, responsável pela aquisição de matérias, peças e componentes para a fabricação dos tênis; o de fabricação, que está localizado no prédio da produção, na qual são realizadas as atividades de confecção das solas de borrachas e montagem dos tênis; e o de distribuição, que compreende desde a disposição adequada dos produtos acabados no galpão de armazenagem até a expedição dos mesmos às lojas, conforme a Fig. 6.

**Figura 6 - Sistema de Produção da Empresa Estudada**

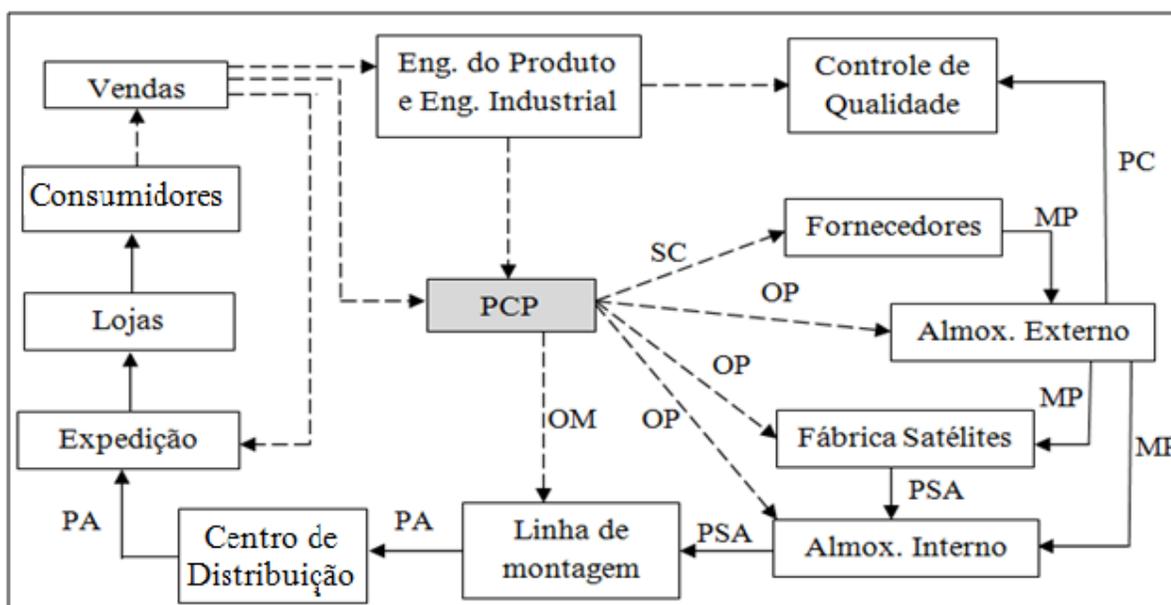


Fonte: Elaboração própria.

A empresa estudada trabalha com um sistema híbrido (MRP e JIT). Cabe ao PCP a elaboração do planejamento mestre da produção, planejamento e controle de acordo com capacidade instalada, planejamento e controle de estoques, emissão de ordens de fabricação, bem como a elaboração da programação e manipulação do MRP.

A Figura 7 foi adaptada a partir do modelo proposto por Russomano (2000) e representa a configuração da função de Programação e Controle da Produção (PCP) na organização estudada.

Figura 7 - Representação básica do PCP dentro do processo de produção



Fonte: Elaboração própria.

PA- Produto Acabado  
 PSA- Produto Semiacabado  
 OM- Ordem de Montagem  
 SC- Solicitação de compra  
 MP- Matéria-Prima  
 OP- Ordem de Produção  
 PC- Peças Compradas  
 ----- Informações  
 ——— Materiais

O PCP da empresa utiliza o MRP para gerir suas atividades de solicitação de compra SC de matérias-primas junto aos fornecedores nacionais e internacionais que enviam as MP para o almoxarifado externo que faz um tratamento de entrada padronizado e as estocam. Posteriormente, são emitidas as OP's liberando as MP's para as fábricas satélites ou almoxarifado interno da empresa. Da mesma forma, as OP's são emitidas para liberarem os PSA que seguem para as linhas de montagens que recebem a OM, em seguida os PA que saem das linhas de montagem seguem para o centro de distribuição e dela partem para a expedição final dando saída da fábrica.

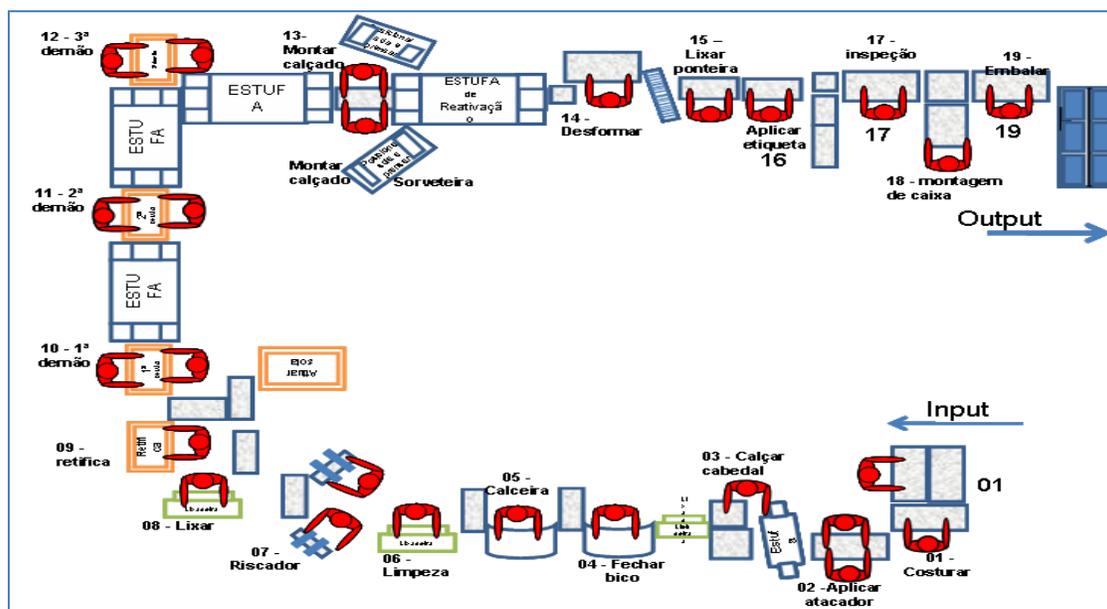
Durante o levantamento dos dados tomou-se certos cuidados para que o experimento fosse controlado de forma que a variável dependente "desempenho do trabalhador" sofresse, unicamente, variação devido os fatores humanos e isso implicou no levantamento e análise dos dados do mesmo artigo (tênis), na mesma célula (linha de montagem dos tênis) e no

mesmo posto da linha de montagem escolhida (colagem dos tênis). Portanto, será descrito no próximo item as configurações da linha de montagem como, também, do posto de trabalho que foi analisado durante a pesquisa.

#### 4.2. Posto de trabalho analisado

A configuração física da linha de montagem escolhida para efeito de análise está esboçada na Fig. 8. Nesta, são expostos os recursos humanos, as máquinas e instalações específicas utilizadas para a transformação do material desde a entrada (*input*) até a saída (*output*) do produto acabado. A linha de montagem do calçado estudado opera em dois turnos, manhã e tarde e comporta cerca de 30 trabalhadores (homens e mulheres) por turno nas seguintes funções: operários, que executam uma atividade na montagem dos tênis; manipulador, responsável pela alimentação e evacuação de materiais dos postos de trabalho; e por um líder de produção, responsável pelo gerenciamento e acompanhamento das atividades.

Figura 8 - Layout da linha de montagem



Fonte: Elaboração própria.

O posto de trabalho escolhido para análise trata-se da aplicação da cola no solado e no cabedal dos tênis (postos 10, 11 e 12 da Fig. 8). A escolha deste posto se deu pelo fato de comportar o maior número de funcionários numa mesma atividade (6 trabalhadores por turno,

dentre homens e mulheres) facilitando o levantamento dos dados para análise. Dessa forma, foi possível executar com mais acuracidade o levantamento dos dados para a pesquisa sem burlar as limitações impostas de que o experimento fosse analisado em um único posto de trabalho para que o desempenho fosse afetado unicamente por fatores humanos.

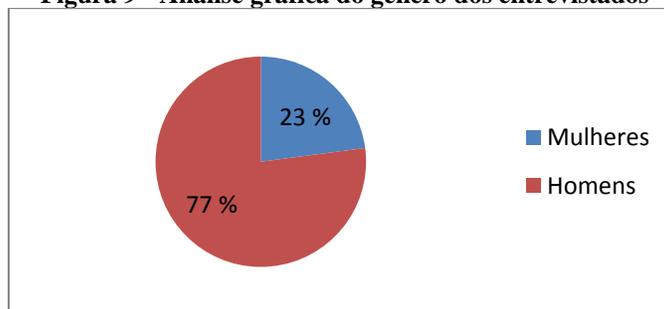
### 4.3. Estatística descritiva dos dados levantados dos trabalhadores

O objetivo dessa seção é apresentar uma descrição das informações dos trabalhadores examinados neste estudo, baseando-se nos dados vinculados às variáveis gênero, idade, tempo na função e tempo médio de processamento e desempenho. Esta análise permitiu conhecer melhor cada parâmetro dos entrevistados a partir das observações feitas utilizando gráficos (gráfico de caixa, histograma e gráfico tipo pizza) e medidas de tendência central e de dispersão. Nos Apêndices 2 e 3 encontram-se todas as rotinas utilizadas no software R para cada item dessa seção em diante.

#### 4.3.1 Gênero e idade

Analisando o gênero dos trabalhadores pesquisados, uma amostra de 12 entrevistados está dividida em 9 do sexo masculino e 3 do sexo feminino. Apesar da predominância masculina neste segmento produtivo, escolheu-se esta atividade por apresentar trabalhadores de ambos os sexos, tornando-se uma boa variável de interesse investigativo quanto à modelagem do desempenho.

**Figura 9 - Análise gráfica do gênero dos entrevistados**

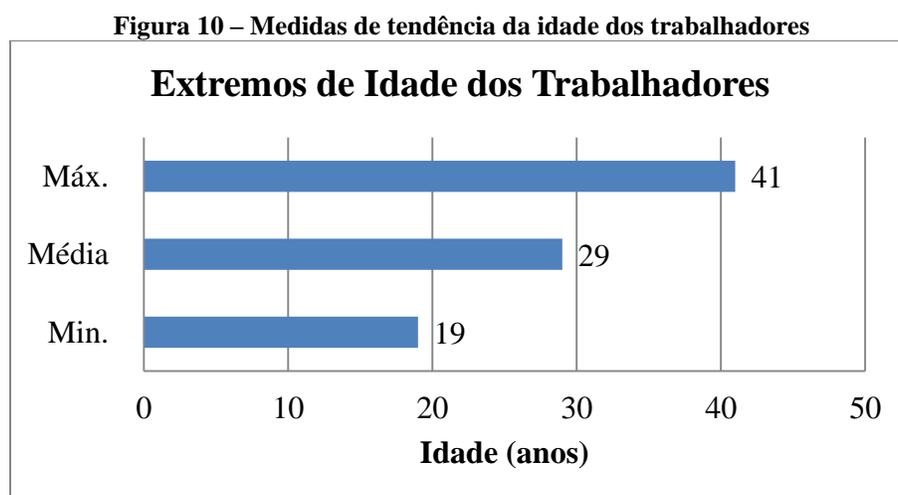


Fonte: Pesquisa direta (2012).

A Figura 9 apresenta uma estratificação percentual quanto ao sexo dos entrevistados, de um total de 96 observações feitas em diferentes dias, 23% eram mulheres e 77%

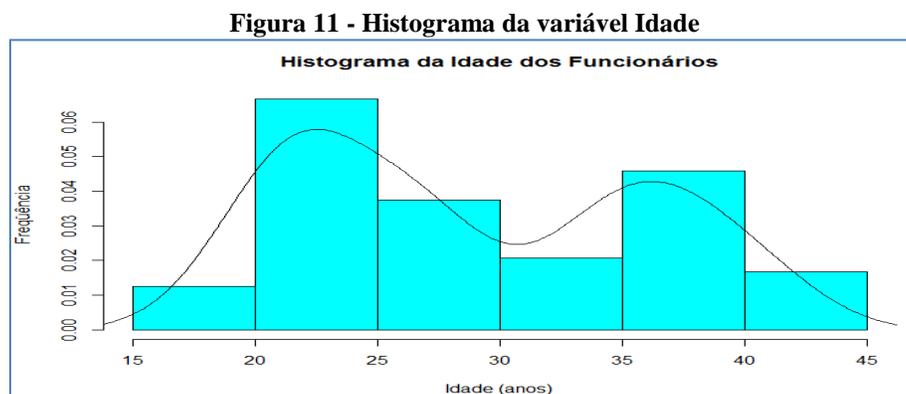
foram homens. Esses números são divergentes dos apresentados quanto ao gênero da amostra pesquisada, pois, teve dias que faltaram trabalhadores de um dos sexos e entraram outros para substituir essa falta.

Para efeito de análise descritiva da idade dos trabalhadores o que se pode especificar é que na atividade escolhida têm-se tanto trabalhadores com idade inferior quanto como superior aos 30 anos. Algumas medidas de tendências da idade podem ser examinadas pela Fig. 10.



Fonte: Pesquisa direta (2012).

Observa-se na Figura 10 que a idade máxima dos trabalhadores é de 41 anos e a mínima de 19 anos, sendo que a média está em 29 anos. A discrepância encontrada referente a idade justifica a escolha desta variável para fins de análise com relação a variação do desempenho, pois, encontramos nesta atividade uma situação favorável devido a essa variação muito grande da idade mínima e máxima.



Fonte: Pesquisa direta (2012).

A Figura 11 mostra uma frequência alta do número de trabalhadores em duas faixas: a mais acentuada frequência está entre 20 e 25 anos e a segunda está entre 35 e 40 anos, porém, dentre os entrevistados 58% dos operários possui idade de até 30 anos. Se levar em consideração que o desempenho dos indivíduos cresce até 30 e depois começa um declínio após essa idade (IIDA, 2005), há um equilíbrio do número de trabalhadores entre essa idade e conseqüentemente esse posto escolhido apresenta condições ideais para modelar essa característica com o desempenho.

Segundo Klein et al. (2000) e Snel e Cremer (1995), muitas evidências sugerem que o desempenho diminui com o aumento da idade. Ambas as faculdades cognitivas e físicas mostram uma diminuição no desempenho de aproximadamente 1% por ano de idade, após a idade de vinte anos (SALTHOUSE, 2000). Portanto, pode ser mais uma evidência que essa variável deve ser investigada na modelagem.

Com relação ao nível de escolaridade dos trabalhadores, constatou-se que todos os participantes (100%) possuem ensino médio completo, dessa forma, esse parâmetro não foi analisado em profundidade com relação à modelagem, pois, o desempenho não varia devido à escolaridade já que esse parâmetro é constante.

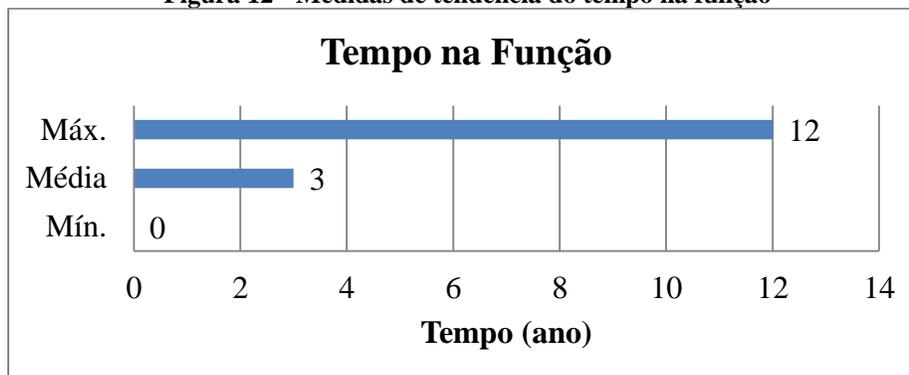
Assim, sendo conhecido os parâmetros gênero e idade dos entrevistados prosseguiu-se com a análise estatística descritiva dos dados dos trabalhadores entrevistados através dos parâmetros que leva em consideração o tempo.

#### **4.3.2 Parâmetros com relação ao tempo**

As variáveis que levam em consideração o tempo são: de processamento, na função e o desempenho dos trabalhadores que leva em consideração a quantidade de peças produzidas no tempo. Essas variáveis sofreram uma análise descritiva para uma apreciação inicial antes de verificar a natureza da relação através de modelos de lineares generalizados (MLG).

Perguntou-se aos trabalhadores da atividade sobre o tempo em que eles estão na função. Essa característica sofreu uma análise descritiva e averiguou-se que os trabalhadores estão na mesma função, em média, há 3 anos.

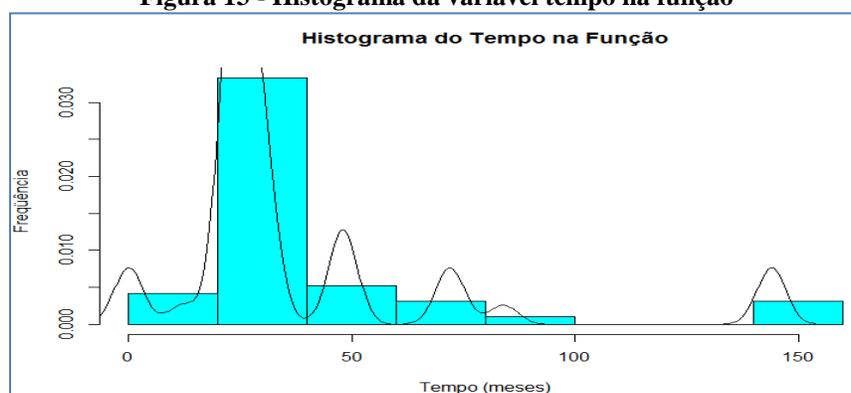
**Figura 12 - Medidas de tendência do tempo na função**



Fonte: Pesquisa direta (2012).

Na Figura 12, nota-se que, além da média de 3 anos de permanência, teve um único indivíduo que estava em fase de treinamento, portanto, não tinha nem um mês na função, e o tempo máximo de estabilidade na função foi de 12 anos.

**Figura 13 - Histograma da variável tempo na função**



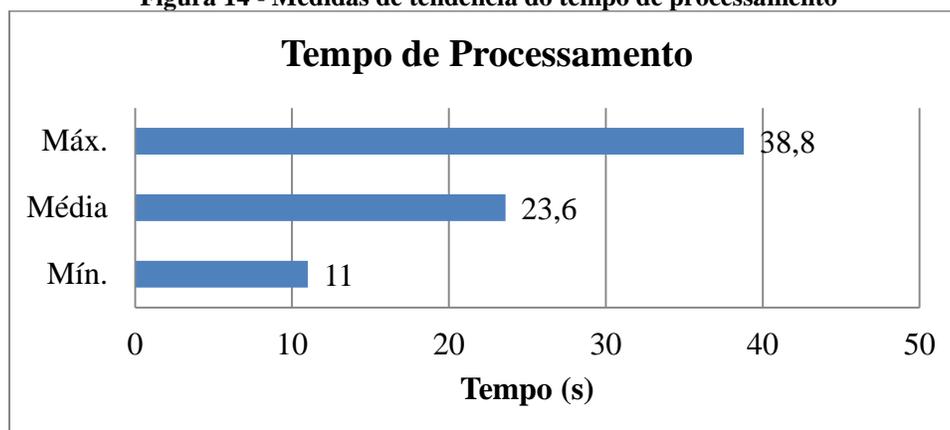
Fonte: Pesquisa direta (2012).

Na Figura 13, observa-se que a maioria dos trabalhadores, aproximadamente 93%, trabalha até 5 anos. Este fato indica certa rotatividade da mão de obra, que segundo Kehrle e Moutinho (2005) é intrínseca ao setor calçadista, acarretando em custos com a capacitação de nova força de trabalho, redução de produtividade e qualidade, e aumento nos prazos de entrega de produtos acabados.

A atividade selecionada apresenta trabalhadores com nenhuma, pouca e muita experiência ou tempo na função. Esta ocorrência pode ser um indício para inclusão dessa característica para fins de análise do modelo, pois, temos três situações distintas que podem acarretar na variação do desempenho. Para Mummolo et al. (2004), a experiência e habilidade influencia no desempenho, principalmente, no início da atividade.

Outra variável levada em consideração é o tempo de processamento das peças, que pode ser caracterizado pela característica habilidade dos trabalhadores e por sua vez também sofreu uma análise descritiva prévia. Avaliou-se essa característica em termos do tempo médio (s) necessário para o trabalhador executar uma atividade de colagem dos tênis.

**Figura 14 - Medidas de tendência do tempo de processamento**

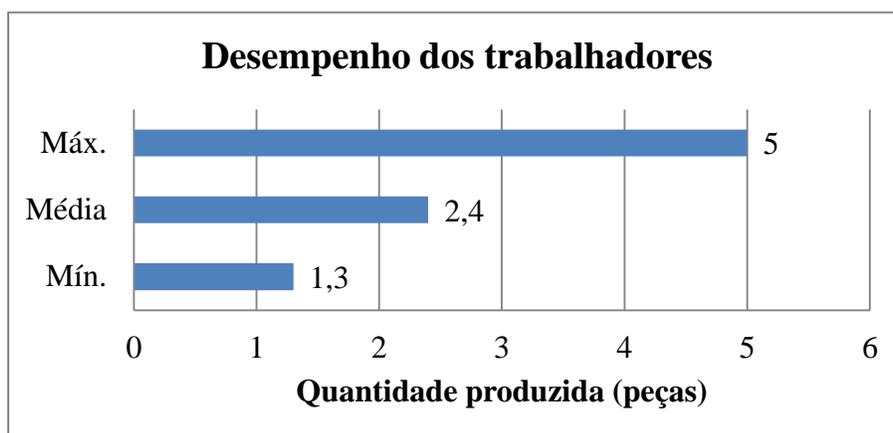


Fonte: Pesquisa direta (2012).

A Figura 14 apresenta as medidas de tendência da variável tempo de processamento, e o tempo máximo que um trabalhador obteve para completar a atividade foi de 38,8 e o mínimo de 11 segundos. Em média, os trabalhadores executaram a atividade de colagem dos tênis em 23,6 segundos. Para Digiesi et al. (2009), o comportamento de um trabalhador pode ser afetado pela habilidade e que o comportamento pode resultar em uma variabilidade de desempenho durante o turno de trabalho. Portanto, essa variável será avaliada no modelo porque nesta atividade ela teve uma variação muito grande entre o tempo mínimo e o máximo e, dessa forma, merece uma análise para verificar se ela realmente tem uma influência no desempenho.

A variável resposta do modelo, desempenho do trabalhador, foi medida em termos de quantidade de peças (tênis) produzida por três minutos sendo representada pelo parâmetro Prod, posteriormente, calculou-se a quantidade de peças por minuto. A estatística descritiva dos dados do desempenho pode ser observada na Fig. 15 por meio de algumas medidas de tendência.

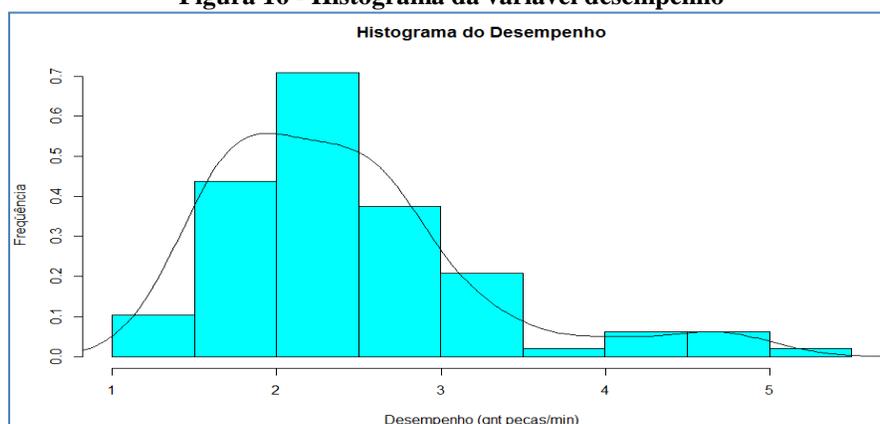
**Figura 15 – Medida de tendência da variável desempenho dos trabalhadores**



Fonte: Pesquisa direta (2012).

Observa-se, na Figura 15, que a quantidade média de peças produzidas por minuto foi de aproximadamente 2,4, com uma quantidade mínima 1,3 e a máxima foram de 5 peças. Outra forma de visualizar os valores do desempenho dos funcionários é através do gráfico na Figura 16, que mostra os histogramas do parâmetro Prod com a sua linha de tendência.

**Figura 16 - Histograma da variável desempenho**



Fonte: Pesquisa direta (2012).

Nota-se, visualmente através da na Figura 16, que o desempenho apresenta uma configuração próxima das distribuições: normal, normal inversa e *gamma*. Esta é uma primeira análise que se faz na construção do modelo, em que a variável de interesse sofre um reconhecimento visual do seu perfil no histograma, para tentar descobrir que distribuição de probabilidade utilizará na modelagem. Para confirmar se distribuição normal é a mais apropriada na modelagem será necessário fazer os testes de normalidade: Shapiro Wilk e o de Lillitefors.

**Figura 17 - Resultado dos testes de normalidades do desempenho**

```

Shapiro-Wilk normality test
data: Prod
W = 0.8734, p-value = 1.527e-07

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data: Prod
D = 0.1754, p-value = 1.019e-07

```

Fonte: Pesquisa direta (2012).

O resultado apresentado na Figura 17 dos testes de normalidade (Shapiro Wilk e Lilliefors) indica que a variável dependente não tem um perfil de distribuição normal, pois, o  $p_{\text{valor}} < 0,05$ , mostrando que se pode rejeitar a hipótese  $H_0$  que afirma que os dados coletados do desempenho segue uma distribuição normal. Portanto, através do histograma da Fig. 16, concluiu-se que o desempenho segue uma distribuição normal inversa e gama. Porque, além do perfil observado no gráfico, trata-se de uma variável contínua e as únicas distribuições possíveis para modelar seria essas duas apresentadas e a normal, sendo que esta última descartou-se através dos testes de normalidade.

Com a conclusão dos procedimentos de análise descritiva e a descoberta das distribuições de probabilidades admissíveis para a modelagem matemática da variável dependente, “desempenho dos trabalhadores”. Prossegue-se com a construção e análise dos modelos propostos na modelagem do desempenho dos trabalhadores em função das características cognitivas, fisiológicas e psicológicas.

#### 4.4. Construção e análise do modelo

Após o resultado e conclusão da estatística descritivas dos entrevistados, construíram-se e analisaram-se os modelos de lineares generalizados (MLG), que relaciona a variável dependente (desempenho dos trabalhadores) em função das variáveis independentes (características cognitivas, fisiológicas e psicológicas). A Fig. 18 chamada de “caracterização1” exibe parte dos dados coletados, ou seja, parte das características humanas e do desempenho utilizados para a construção e análise do modelo.

**Figura 18 – Caracterização do desempenho e das características humanas**

	Prod	TP	TR	Sexo	Id	TF	TN1	TT	SH	SD	Prob
1	2.67	19.2	1	1	28	27	1	3	1	2	1
2	1.67	31.2	2	1	25	12	1	1	2	1	0
3	2.00	32.0	1	1	37	30	1	1	2	2	0
4	2.00	27.7	1	1	24	30	1	3	2	1	1
5	1.67	32.5	2	2	35	32	1	1	2	2	0
6	3.00	16.7	1	1	32	48	1	1	1	2	0
7	2.67	14.3	2	2	32	24	1	1	1	2	0
8	3.33	16.3	1	1	40	84	1	1	1	2	0
9	3.33	18.8	2	1	21	20	1	2	1	2	0
10	2.00	25.6	1	1	21	24	1	3	2	2	1

Fonte: Pesquisa direta (2012).

O total de observações feitas durante o levantamento dos dados foi 96 e as variáveis independentes (TP, Sexo, Id, TF, TN1, TT, SH, SD e Prob) e dependente (Prod) podem ser visualizadas na primeira linha da Fig. 18. Para efeito explicativo das abreviações feitas nas variáveis, o Quad. 3 traz todas as abreviações e identifica as respectivas variáveis com suas dimensões.

**Quadro 3 - Identificação das abreviações das variáveis coletadas**

Abreviação	Variável	Dimensão
Prod	Desempenho	peças/min
TP	Tempo de processamento	segundo
Sexo	Sexo	Masculino ou Feminino
Id	Idade	ano
TF	Tempo na função	mês
TN1	Treinamento	Se foi treinado ou não
TT	Tempo de treinamento	mês
SH	Motivação	Motivado ou Desmotivado
SD	Dor	Sente dor ou não
Prob	Problema	Está com problema ou não

Fonte: Pesquisa direta (2012).

Observou-se através da análise estatística descritiva (histograma) e através dos testes de normalidade (Shapiro Wilk e o de Lillitefors) que a variável dependente “desempenho dos trabalhadores” (Prod) possui distribuições: normal inversa e gama. A partir desta constatação tornou-se possível modelar todas as variáveis na forma isolada como se apresenta no questionário. Com a utilização da distribuição normal inversa geraram-se 28 modelos com as funções de ligação: *log*, *inverse*, *identity* e  $1/m^2$  e para a distribuição gama foram gerados 20 modelos empregando as funções de ligação: *log*, *inverse* e *identity*. Contudo, o melhor modelo

obtido possui três variáveis independentes e apresentou-se um pseudo- $R^2$  igual a 0,42 caracterizando modelos com ajustes insatisfatórios.

Com o intuito de alcançar um ajuste melhor dos dados para satisfazer o objetivo da pesquisa, foram feitas algumas combinações nas variáveis independentes melhorando o pseudo- $R^2$ . Essas combinações entre duas possíveis variáveis independentes, tais como: uma variável contínua com uma variável categórica e entre duas variáveis categóricas. Dessa forma, conseguiu-se melhorar o ajuste do modelo e, conseqüentemente, chegou-se ao alcance do objetivo da pesquisa.

#### 4.4.1. Construção dos modelos

A partir destas combinações construiu-se modelos utilizando a distribuição normal inversa (*inverse.gaussian*) que admite as funções de ligações *log*, *inverse*, *identity* e  $1/m^2$  e a distribuição gamma (*Gamma*) que, por sua vez, admite as funções de ligações *log*, *inverse*, e *identity*. Dessa forma, foram construídos vários modelos considerados consistentes para duas distribuições com se apresenta na Tab. 7.

**Tabela 7 - Relação da quantidade de modelos gerados**

Distribuição de Probabilidade	Função de Ligação	Quantidade de Modelos
Normal Inversa	log	17
	inverse	21
	identity	22
	$1/m^2$	18
Gamma	log	17
	inverse	16
	identity	26

Fonte: Pesquisa direta (2012).

Observa-se na Tabela 7 a quantidade de modelos gerados para cada distribuição de probabilidade e suas respectivas funções de ligação. Com as variáveis combinadas foram gerados 137 modelos que se somam aos 48 já modelados que tiveram um ajuste muito baixo.

Após as combinações das variáveis, dos 137 modelos gerados, 7 destes apresentaram ajuste bastante satisffeito com o pseudo- $R^2$  superiores a 0,81 e o número de variáveis independentes significativas presentes nos modelos, também aumentou. Os resultados da construção dos modelos representativos do desempenho dos trabalhadores em função das características cognitivas, fisiológicas e psicológicas são expostos nos itens 4.4.1.1. e 4.4.1.2 desta secção.

#### **4.4.1.1. Construção do modelo com a distribuição normal inversa**

Para essa distribuição de probabilidade e suas funções de ligações foram gerados 4 modelos que apresentaram um bom ajuste. O Quad. 3 apresenta os resumos dos melhores modelos para cada função de ligação dessa distribuição com seus respectivos pseudos- $R^2$ .

Em uma primeira análise, percebe-se que todos os modelos do Quadro 4 apresentaram um pseudo- $R^2$  acima de 0,81 mostrando serem modelos bem ajustados, acima de 0,7, diferente dos modelos gerados com todas as variáveis isoladas na forma como se apresenta no questionário. Os modelos com variáveis combinadas apresentaram, além do ajuste melhor, como também, o número de variáveis significativas presente nos modelos que passaram de 3 para mais de 10 variáveis por modelo. As características significativas dos modelos estão presentes no Quad. 4, assim como o valores dos pseudos- $R^2$  de cada modelo.

#### **4.4.1.2. Construção do modelo com a distribuição gama**

A modelagem do desempenho dos trabalhadores em função das características cognitivas, fisiológicas e psicológicas utilizando a distribuição de probabilidade gama e suas funções de ligações teve a possibilidade de construir três modelos considerados representativos e que apresentaram um bom ajuste. O Quad. 5 apresenta os resumos dos melhores modelos para cada função de ligação dessa distribuição com seus respectivos pseudos- $R^2$ .

Fazendo uma análise preliminar, percebe-se, igual aos modelos da distribuição normal inversa, que todos os modelos do Quad. 5 apresentaram um pseudo- $R^2$  acima de 0,81 mostrando ser modelos bem ajustados. Assim como os modelos da distribuição normal inversa, esses modelos gama apresentaram, além de um bom ajuste, um número maior de variáveis

significativas no modelo que os modelos gama gerados com todas as variáveis na forma como se apresenta no questionário.

Conhecido os modelos das distribuições gama e normal inversa, modelos esses considerados representativos e bem ajustados, partiu-se para a etapa seguinte em busca do objetivo desta pesquisa. Essa etapa consta em analisar os modelos representativos e escolher o melhor modelo para prever o desempenho dos trabalhadores em função dos fatores humanos e assim, descobrir que características cognitivas, fisiológicas e psicológicas, levantadas no questionário, influenciam o desempenho numa linha de montagem do setor de calçados.

**Quadro 4 - Resumo dos melhores modelos da distribuição normal inversa**

Família	Link	Modelo	Pseudo-R <sup>2</sup>
inverse.gaussian	log	M1=glm(Prod~TP+TF+Sexo*SD+Id*TF+TN1+TT+Prob-SD,inverse.gaussian(link="log"),data=x)	0.8594
	identity	M2=glm(Prod~TP+TF+Sexo*SD+Id*TF+TT+Prob-SD,inverse.gaussian(link="identity"),data=x)	0.8169
	inverse	M3=glm(Prod~TP+TF+Sexo*SD+Id*TF+TN1+SH+Prob-SD,inverse.gaussian(link="inverse"),data=x)	0.8728
	1/m^2	M4=glm(Prod~TP+TF+Sexo*SD+Id*TF+TN1+SH*SD+Prob-SH-SD,inverse.gaussian(link="1/mu^2"),data=x)	0.8605

Fonte: Pesquisa direta (2012).

**Quadro 5 - Resumo dos melhores modelos da distribuição gamma**

Família	Link	Modelo	Pseudo-R <sup>2</sup>
Gamma	log	Mod1=glm(Prod~TP+TF+Sexo*SD+Id*TF+TN1+TT+Prob-SD,Gamma(link="log"),data=x)	0.87323
	inverse	Mod2=glm(Prod~TP+TF+Sexo*SD+Id*TF+TN1+SH+Prob-SD,Gamma(link="inverse"),data=x)	0.88829
	identity	Mod3=glm(Prod~TP+TF+Sexo*SD+Id*TF+TT+Prob-SD,Gamma(link="identity"),data=x)	0.82089

Fonte: Pesquisa direta (2012).

#### 4.4.2. Análise e escolha do melhor modelo

Após a primeira análise dos modelos que consistiu em verificar o valor do pseudo- $R^2$ , percebe-se que aqueles modelos dos Quad. 3 e 4 quando colocado em um *ranking* em ordem decrescente dos valores dos seus pseudos- $R^2$  apresenta a seguinte ordem: Mod2, Mod1, M3, , M4, M1, Mod3 e M2.

Depois do procedimento de escolha dos modelos considerados consistentes, o passo seguinte na seleção do melhor modelo foi verificação dos pressupostos do modelo através da normalidade dos resíduos: teste de Shapiro Wilk, teste de Lilliefors e o gráfico qqnorm. Para isso, verificou-se o comportamento dos dados referentes às variáveis independentes ajustados e o desvio residual dos valores ajustados para variável dependente em relação aos valores observados para cada modelo dos Quad. 3 e 4.

A forma de analisar os pressupostos dos modelos através da normalidade dos resíduos pode ser feita utilizando o teste de Shapiro Wilk, o teste de Lilliefors e o gráfico qqnorm. A Tab. 8 exibe os resultados do teste Lilliefors e Shapiro Wilk ao se verificar os desvios residuais dos valores ajustados para variável dependente em relação aos valores observados.

**Tabela 8 - Resultado dos testes Lilliefors e Shapiro Wilk**

Modelo	Lilliefors	Shapiro Wilk
M1	0,3944	0,2774
M2	0,5083	0,3842
M3	<b>0,0088</b>	<b>0,03815</b>
M4	0,04401	<b>0,01405</b>
Mod1	0,1919	0,1769
Mod2	0,05149	<b>0,02459</b>
Mod3	0,5809	0,4629

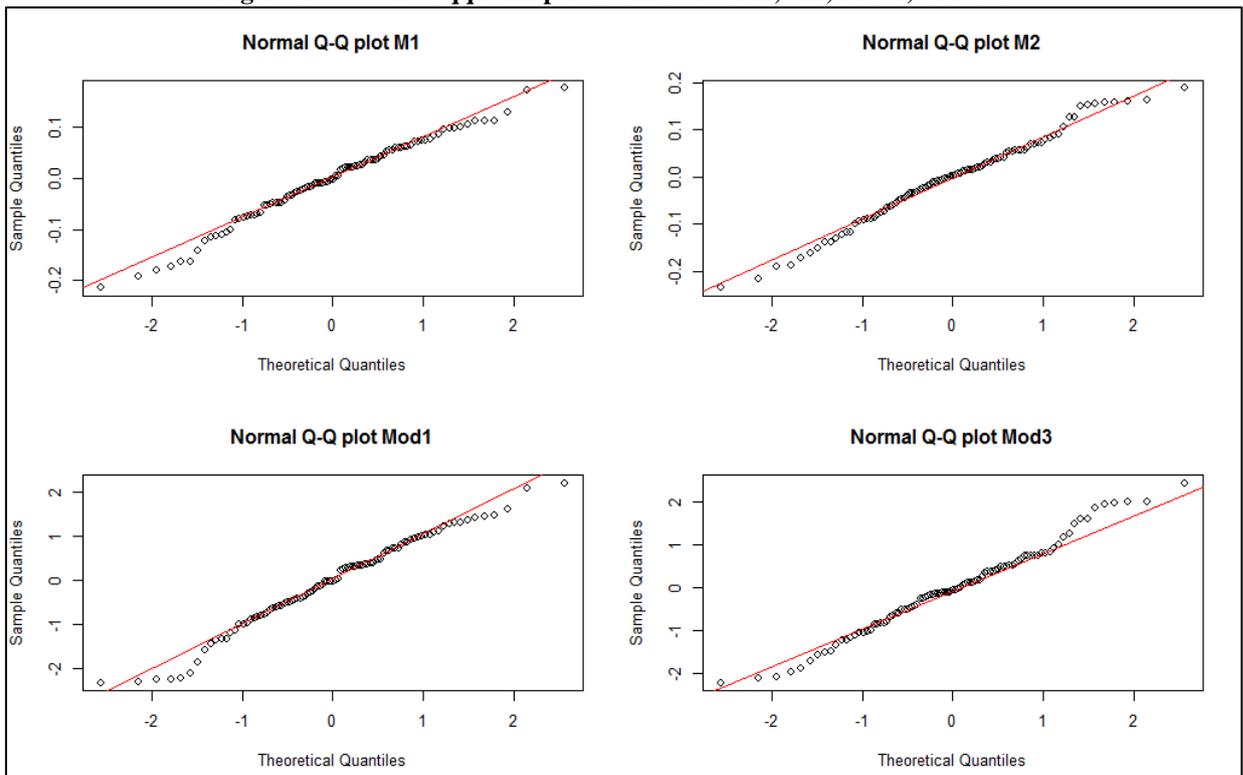
Fonte: Pesquisa direta (2012).

Percebe-se na Tabela 8 que os modelos M1, M2, Mod1, Mod2 e Mod3 possuem os  $p_{\text{valores}} > 0,05$  para os testes Lilliefors e Shapiro Wilk, então os resultados dos testes mostram-se que não podemos rejeitar a hipótese nula, que afirma que os resíduos desses modelos seguem uma distribuição normal. Analisando os demais modelos, têm-se: os M3 apresentaram os  $p_{\text{valores}} < 0,05$  para o teste Lilliefors e Shapiro Wilk; os M4 e Mod2 apresentaram o  $p_{\text{valores}} < 0,05$  para o teste Shapiro Wilk. Dessa forma, pode-se inferir que para esses a hipótese nula de que os resíduos seguem uma distribuição normal pode ser rejeitada.

Portanto, os modelos M3 e M4 como distribuição normal inversa e Mod2 com distribuição gamma não satisfizeram o pressuposto de que os resíduos estão normalmente distribuídos. No entanto, os M1 e M2 (com distribuição normal inversa e função de ligação log e identidade, respectivamente) e os Mod1, e Mod3 (com distribuição gamma e função de ligação log, inversa e identidade respectivamente) satisfizeram o pressuposto de normalidade dos resíduos. Portanto, os modelos M1, M2, Mod1, e Mod3 são os que continuaram a ser analisados pelo pressuposto de normalidade dos resíduos.

Uma forma de visualizar o pressuposto de normalidade dos resíduos é através do gráfico de normalidade qqnorm. Na Fig. 19, pode-se observar o gráfico dos quatro melhores modelos M1, M2, Mod1, Mod2 e Mod3 plotados.

**Figura 19 - Gráfico qqnorm para os modelos M1, M2, Mod1, e Mod3**



Fonte: Pesquisa direta (2012).

Os gráficos qqnorm, da Figura 19, indicam que os quatro modelos M1, M2, Mod1, e Mod3 apresentaram uma uniformidade nos dados que seguem uma tendência linear e, portanto, pode-se concluir que os resíduos desses quatro modelos seguem uma distribuição normal. Através dos resultados do pressuposto de normalidade dos resíduos, os modelos M3, M4 e Mod2 foram descartados das etapas seguintes de análise dos modelos, pois, não satisfizeram o pressuposto de normalidade dos resíduos.

A partir desta constatação torna-se importante seguir com a análise da escolha do melhor modelo, somente os quatro (M1, M2, Mod1, e Mod3) que satisfizeram o pressuposto. Dessa forma, a etapa seguinte de verificação dos resíduos em relação aos dados originais só interessam a esses modelos.

O desvio residual em relação aos dados de origem pode ser verificado através da função desvio. O resultado da análise da função desvio, para os quatro modelos consistentes e aprovados nos testes de normalidade dos resíduos, é apresentado na Tab. 9.

**Tabela 9 - Valores da Função Desvio**

Modelo	Valor da Função Desvio
M1	90.33099
<b>M2</b>	<b>87.98317</b>
Mod1	88.43143
<b>Mod3</b>	<b>86.52613</b>

Fonte: Pesquisa direta (2012).

A estimativa dos valores da função desvio para cada modelo pode ser observado na Tab. 8. Vale ressaltar que o modelo que é considerado melhor para prever os valores da variável dependente é aquele com menor valor da função desvio (Gilberto, 2010).

Portanto, percebe-se que o modelo Mod3 pertencente à distribuição gamma e com função de ligação *identity* apresentou o menor valor da função desvio, seguido de M2 da distribuição normal inversa com funções de ligações *identity*. Dessa forma, conclui-se que o Mod3 pode ser considerado o que apresenta o melhor ajuste dentre os modelos que satisfizeram o pressuposto de normalidade. No entanto, não se descartou o M2, pois apresenta o segundo menor valor da função desvio dos modelos e, conseqüentemente, eles continuaram sendo submetidos às etapas da análise de adequação dos modelos.

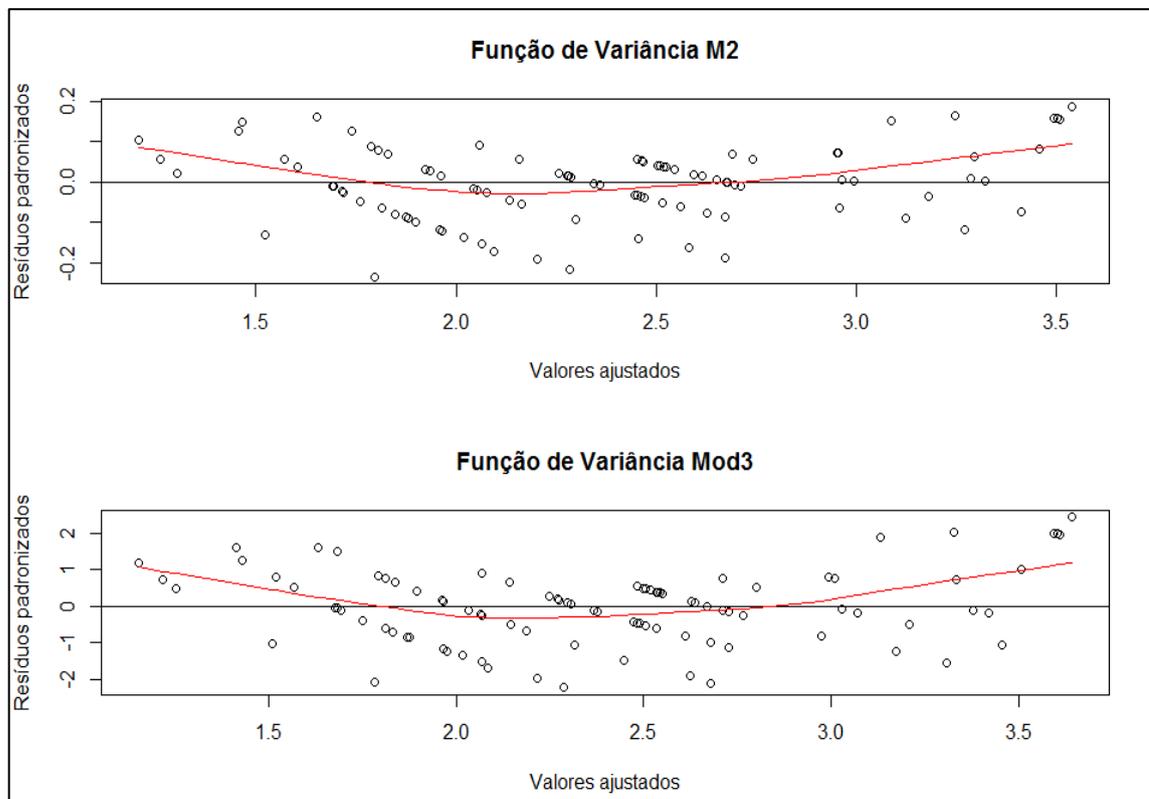
Um das principais ferramentas capazes de avaliar a consistência do modelo é a análise de resíduos. No caso do MLG, são definidos quatro tipos diferentes de resíduos capazes de avaliar o ajuste do modelo: o desvio residual, resíduo *working*, resíduo de Pearson e resíduo resposta. Dentre eles, analisou-se o desvio residual (*deviance residual*), que é capaz de detectar observações atípicas que influenciam o processo de ajuste do modelo e o resíduo de Pearson por ser uma versão aprimorada (*rescaled*) do resíduo *working* (S-PLUS 7, 2005).

A estatística de Pearson ou Qui-quadrado  $\chi^2$  é bastante utilizada para avaliar o ajuste do modelo capaz de comparar a distribuição observada com a determinada pelo modelo

através da expressão que utiliza a função de variância estimada para a distribuições em questão (Schmidt, 2003). A consistência do modelo matemático precisa ser ratificada através da avaliação dos gráficos dos resíduos, de pontos aberrantes (valores de observação mal ajustados) e a distância de Cook, as quais serão apresentadas a seguir.

Avaliaram-se graficamente os resíduos através da plotagem: da função variância e da função de ligação. Um gráfico importante na análise de adequação dos modelos é o que verifica a função de variância ou dos valores ajustados versus valores dos resíduos padronizados (Fig. 20).

**Figura 20 - Gráfico da função variância**

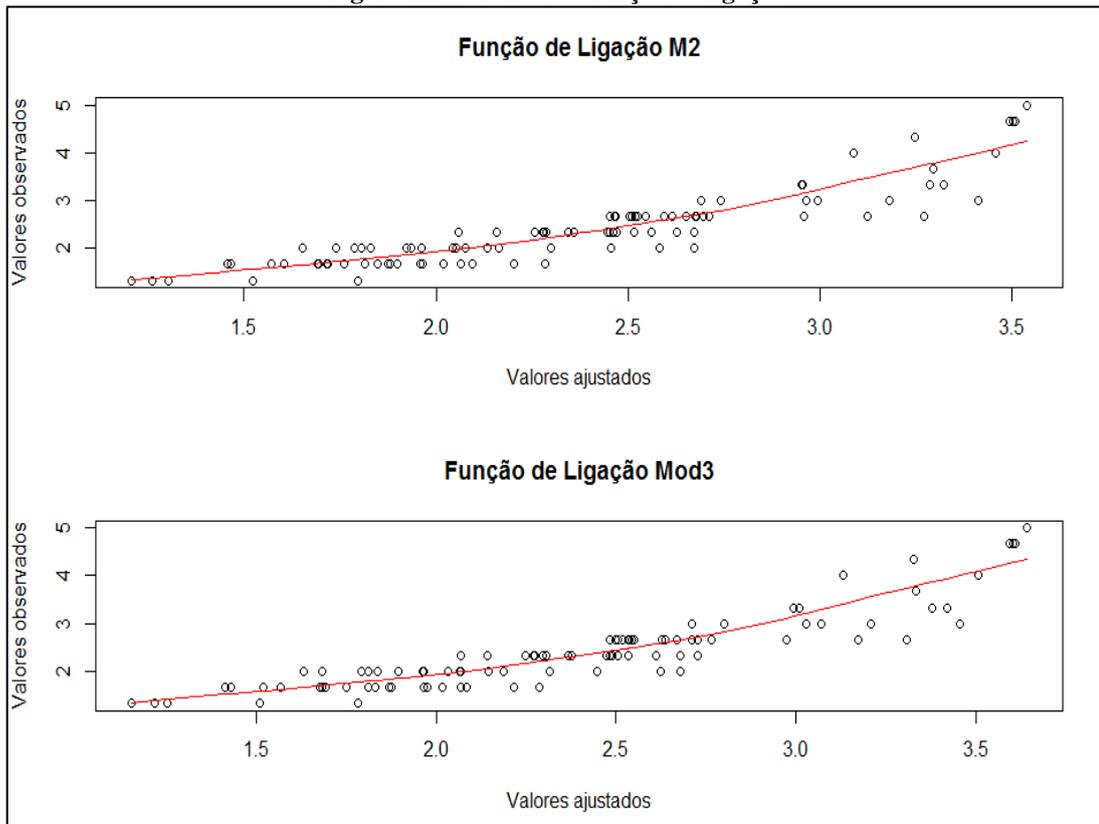


Fonte: Pesquisa direta (2012).

Através dos gráficos dos valores ajustados versus resíduos padronizados da Figura 20, observa-se que os valores residuais apresentam um padrão de comportamento aleatório em relação aos valores ajustados. A linha resultante (linha vermelha) do amortecimento (*lowess*) é aproximadamente horizontal e próxima da reta horizontal de ordenada zero, dando indícios que a função de ligação é correta.

Outro gráfico importante na análise de adequação dos modelos é o que verifica a função de ligação, formado pelos valores ajustados versus os valores observados como se pode ver no gráfico da Fig. 21.

**Figura 21 - Gráfico da função de ligação**

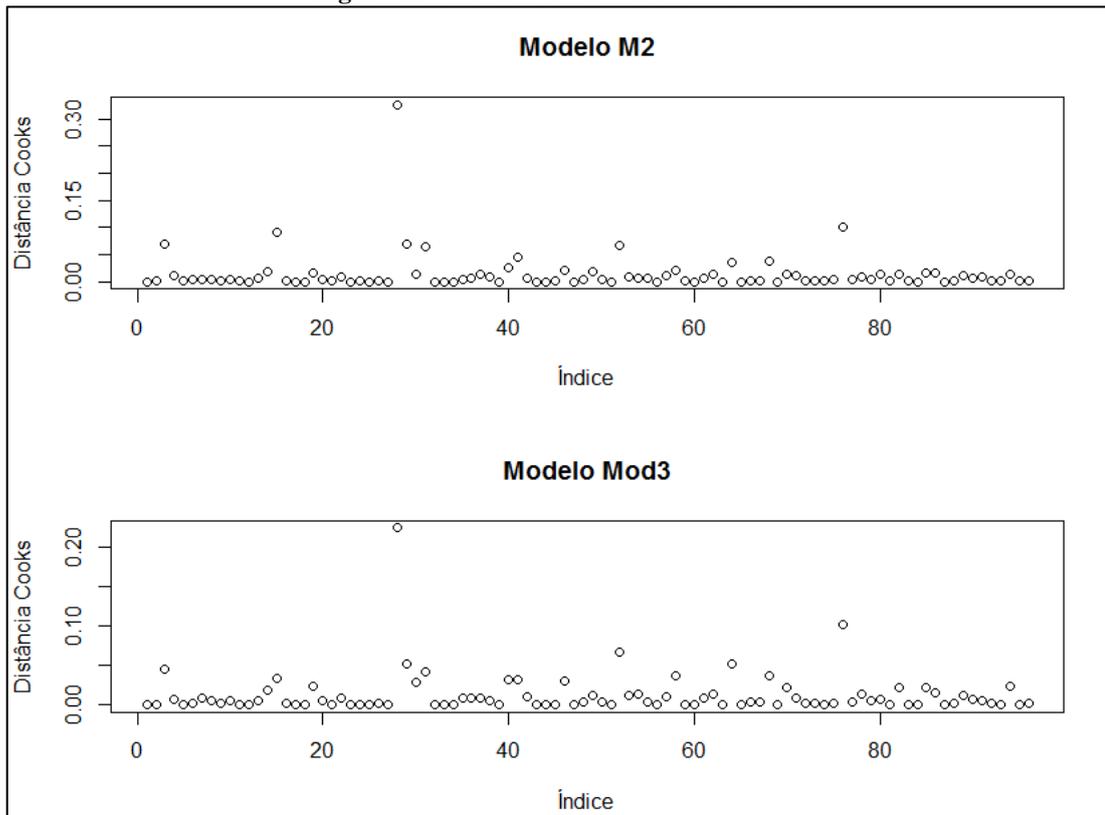


Fonte: Pesquisa direta (2012).

Na Figura 21, observa-se nos dois gráficos que os valores ajustados apresentam um padrão de comportamento próximo do linear, como se pode observar na linha de amortecimento (*lowess*) que é aproximadamente linear. Portanto, há indício de que a variância não varia com os valores observados da variável dependente, ou seja, temos um indício de homocedasticidade, caracterizando assim um modelo bem ajustado.

A distância de cook consiste em estudar o comportamento de alguma medida particular de influência segundo pequenas perturbações (influência local) nos dados ou no modelo. Isto é, verificar a existência de pontos que modificam o modelo causando variações desproporcionais nos resultados. A distância de cook desejável tem que ser inferior a 1.

**Figura 22 - Gráfico da distância dos Cooks**

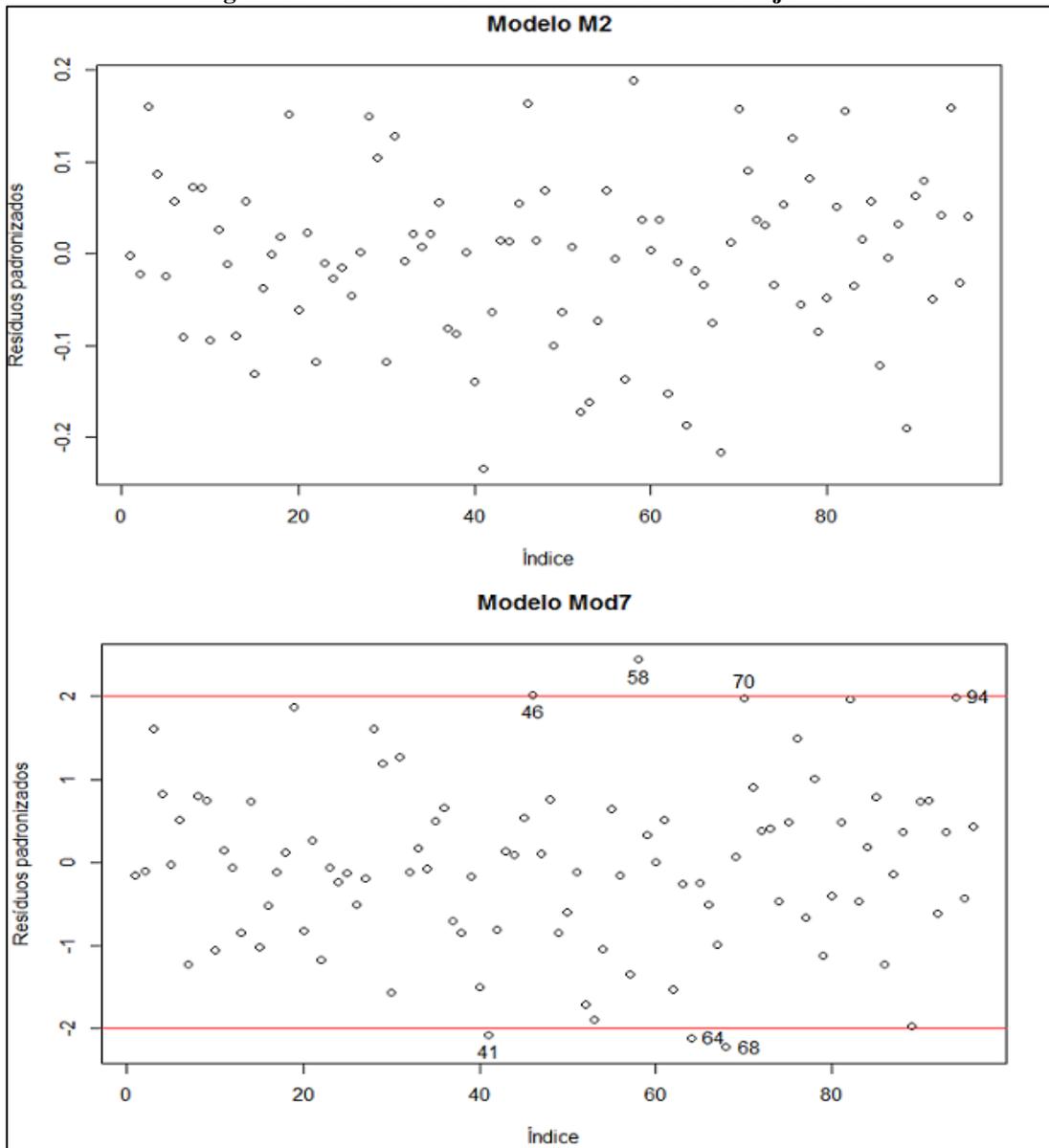


Fonte: Pesquisa direta (2012).

A Figura 22 demonstra os gráficos da distância de Cook dos modelos M2 e Mod3, e pode-se notar que não existem pontos acima do valor 1. Portanto, nos modelos em questão não existem pontos de influência local, que é mais um indício de um bom ajuste dos modelos.

Prosseguiu-se a análise de adequação com a verificação do gráfico do desvio residual versus valor ajustado para identificar se existem pontos aberrantes no modelo M2 escolhido como o melhor para prever o desempenho dos trabalhadores. Um modelo bem ajustado possui o gráfico com os pontos o mais próximo possível de zero no intervalo entre  $-2$  e  $2$  (BAXTER et al., 1997).

**Figura 23 - Gráfico do desvio residual versus valor ajustados**



Fonte: Pesquisa direta (2012).

Os gráficos da Figura 23 indicam que não há pontos aberrantes no modelo M2 e que há pontos aberrantes no modelo Mod7, pois, há sete pontos (41, 46, 58, 64, 68 70 e 94), deste modelo, que estão fora do limite  $[- 2 \text{ e } 2]$ . Portanto, essa análise é outro indício que o modelo M2 é mais ajustado que o Mod3, pois, ele não tem pontos que podem exercer peso desproporcional nas estimativas dos parâmetros.

Passado a etapa de construção e análise dos modelos que consistiu em analisar os pressupostos de normalidade dos resíduos dos modelos considerados consistentes, da escolha do melhor modelo e da verificação da adequação deste aos dados obtidos, é de grande importância investigar a relação das características cognitivas, fisiológicas e psicológicas que realmente estão presentes no modelo M2 escolhido como sendo o melhor.

#### 4.5. Análise das variáveis do modelo representativo

Considerando o modelo M2 como o melhor a relacionar o desempenho dos trabalhadores em função das características cognitivas, fisiológicas e psicológicas, faz-se necessário analisar as variáveis consideradas significativas que estão envolvidas no M2 através dos coeficientes e os seus respectivos  $p_{\text{valor}}$ . Esses pontos analisados podem ser visualizados na Tab. 10 onde se encontra discriminados todas as variáveis envolvidas no modelo representativo.

**Tabela 10 - Valores dos coeficientes e dos  $p_{\text{valor}}$  das variáveis do modelo M2**

Variável	Coeficientes	$P_{\text{valor}}$
Intercepto	5.0313	< 2e-16
TP	-0.07461	< 2e-16
TF	-0.03285	0.00473
Sexo	-0.40615	0.00427
Id	-0.03182	0.00356
TT	0.08994	0.00665
Prob	-0.18036	0.00326
Sexo:SD	0.25171	1.08e-05
TF:Id	0.00088	0.00478

Fonte: Pesquisa direta (2012).

Percebe-se, na Tabela 10, as combinação das variáveis (Sexo:SD e TF:Id) que foram feitas para melhorar os ajustes dos modelos que gerados, como também, as outras variáveis consideradas significativas ao M2. Dessa forma, o modelo representativo M2 possui um pseudo- $R^2$  de 0,8169 que é considerado um bom ajuste.

As variáveis presentes na Tabela 10 são as características cognitivas, fisiológicas e psicológica que são significantes para o desempenho dos trabalhadores que foi mensurado em termos de quantidade de peças. O  $p_{\text{valor}}$  do teste de Wald para cada variável do modelo M2 está exposto, assim como os valores dos seus coeficientes.

Para verificar a significância estatística dos coeficientes de regressão ajustados utiliza-se um teste de hipótese (TADANO et al., 2006). A hipótese estatística a ser testada é designada por  $H_0$ , chamada hipótese nula, expressa por uma igualdade. A hipótese alternativa é dada por uma desigualdade (FONSECA; MARTINS, 1996).

O teste de hipótese possui várias finalidades, uma delas é verificar se o coeficiente de regressão estimado para as variáveis pode ser desprezado. Neste caso, consideram-se as hipóteses  $H_0: \beta_i = 0$  e  $H_1: \beta_i \neq 0$ . A rejeição da hipótese nula ocorre quando  $p_{\text{valor}} < \alpha$  do teste de Wald indicando que o valor encontrado para o coeficiente de regressão é

estatisticamente significativo, ou seja, a variável explicativa considerada influencia nos resultados da variável resposta. Percebe-se, na Tab. 8, que as variáveis do modelo M2 apresentam um  $p_{\text{valor}} < \alpha$  mostrando que são variáveis significativas, para o nível de significância de  $\alpha = 5\%$  ou 0,05. A variável que se mostrou menos significativa foi a interação TF:Id, mas, mesmo assim, essa variável apresenta um p-valor inferior a 0,03 sendo significativa.

## **CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este capítulo tem o desígnio de expor as conclusões e as recomendações futuras. As conclusões foram baseadas nos objetivos da pesquisa, tendo como foco os resultados obtidos com a metodologia proposta para o alcance dos objetivos pleiteados, para encerrar esta secção foram feitas recomendações para eventuais pesquisas futuras.

### **5.1. Conclusões**

As informações coletadas neste trabalho permitiram desenvolver modelos que evidenciam o relacionamento do desempenho dos trabalhadores com os FH deste posto de trabalho da empresa. Contudo, houveram algumas limitações foram impostas e de grande importância para que a ideia original do trabalho não sofresse influência de outros fatores, tais como: da tarefa, do sistema, ambientais e organizacionais. Essas limitações foram importante e não comprometeram os resultados propostos e alcançados, mas houve uma grande dificuldade na sua elaboração e que graças aos especialistas em estatística e em experimentos da UFPB, esses fatores foram inoculados.

Outra variável que dificultou essa pesquisa foi o tempo necessário para levantar os dados deste estudo, uma vez que no levantamento exigiu que cada funcionário tivesse que, por um momento, abandonar seu posto de trabalho para responder os questionários. Por isso, foi necessário construir um questionário que fosse o mais curto e preciso possível, porque tiveram que ser feitas várias observações em diversos dias.

Dentro das limitações citadas, este trabalho que propôs estudar a influência dos FH (características cognitivas, fisiológicas e psicológicas) no desempenho dos trabalhadores (quantidade de peças no tempo), atingiu todos os objetivos e obteve algumas conclusões e recomendações a serem feitas. Estas decorrem da análise dos dados coletados nas entrevistas formais e informais e de observações feitas durante as visitas no setor de manufatura da empresa analisada.

Diante do exposto, as conclusões a serem feitas abrangem o objetivo geral que é de verificar quais características cognitivas, físicos e psicológicos exercem influência no desempenho dos trabalhadores em termo de quantidade de peças numa linha de montagem de tênis com a utilização do modelo de lineares generalizado. Para tanto, isso foi possível devido ao cumprimento dos objetivos específicos. Pois, os dois primeiros desses objetivos que

implicou em selecionar e mensurar essas características de uma taxonomia PIF que influenciam no desempenho e, no entanto, ficou evidente que o conjunto selecionado e medido foi satisfatório para a construção de modelos considerados consistentes que explicam a variável dependente desempenho.

Como se percebe nos resultados que alguns modelos gerados tiveram o pseudo- $R^2$  acima de 0,80 que são considerados modelos bem ajustados, em que as características selecionadas e mesuradas conseguem explicar boa parte da variação do desempenho. Contudo, estimou-se 7 modelos das distribuições normal inversa e gama com suas funções de ligações. Então, através da análise dos resíduos, escolheu-se o modelo representativo que levou em conta alguns critérios de ajustes aos dados da amostra e o melhor modelo apresentou um pseudo- $R^2$  igual a 0,81.

Dentre as variáveis independentes (as características humanas) selecionadas para a construção dos modelos lineares generalizados, as que realmente fizeram parte do melhor modelo, ou seja, as que apresentaram de forma significativa com  $p_{\text{valor}} < 0,05$  foram: tempo de processamento, tempo na função, sexo, idade, tempo de treinamento, problemas e as interações sexo com a dor e tempo na função com a idade. Com o tempo de treinamento apresentando o maior  $p_{\text{valor}}$  dentre as outras variáveis, porém, inferior a 0,006 mostrando ser uma variável significativa.

Concluindo, existe uma relação entre as características humanas listadas acima que foram retiradas da taxinomia proposta por Kim e Jung, (2003), e o desempenho em termo de quantidade de peças produzidas e que essa relação pode ser explicada utilizando modelos de lineares generalizados. Desta forma, pode-se considerar a inclusão dessas características em modelos como um desafio ainda a ser superado. Apesar das pesquisas existentes, ainda há muito a se fazer. Uma das grandes limitações continua sendo a dificuldade de mensurar essas características, tais como: características psicológicas e emocionais, para sua posterior inclusão em modelos dessa natureza. Além disso, ressalta-se que a coleta de dados em empresas altamente dependentes de mão de obra é uma tarefa altamente difícil de ser realizada.

## 5.2. Recomendações futuras

Escolheu-se aqui por analisar a influência das características humanas (cognitivas, fisiológicas e psicológicas), porém, existem outros fatores, tais como: da tarefa; organizacionais; ambientais; e do sistema, que segundo a literatura poderiam exercer impacto no desempenho dos trabalhadores em diferentes atividades.

Outra escolha feita neste estudo diz respeito ao desempenho dos trabalhadores, que foi mensurado pela quantidade de peças produzidas. Na literatura referente ao desempenho humano, são muitas as formas de se medir essa variável e notou-se que grande parte dos trabalhos publicados em periódicos internacionais avalia o erro humano como desempenho. Portanto, são poucos os trabalhos que levam em consideração as outras formas de desempenho dos trabalhadores e, conseqüentemente, são trabalhos que merecem destaques.

Diante do exposto, e com um intuito de ampliar os conhecimentos adquiridos nesta pesquisa a respeito do assunto, até mesmo complementando os resultados obtidos, recomenda-se o desenvolvimento das seguintes propostas para pesquisas futuras:

- Desenvolver um estudo comparativo em outra linha de montagem que exerça atividades diferentes em contexto industriais distintos;
- Desenvolver um estudo comparativo em outra linha de montagem que exerça a mesma atividade sendo em outro país com culturas e crenças diferentes a que este estudo foi submetido;
- Investigar outros fatores, além dos fatores humanos aqui investigados, em um estudo semelhante com condições parecidas;

## REFERÊNCIAS

- ABERGO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA. 2012. Disponível em: [www.ergonomianotrabalho.com.br/abergo.html](http://www.ergonomianotrabalho.com.br/abergo.html).
- ABICALÇADOS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE CALÇADOS. **Resenha Estatística da Indústria Calçadista**. 2011. Disponível em: [http://www.abicalcados.com.br/documentos/resenha\\_estatistica/Industria%20de%20Calcados%20do%20Brasil\\_2011.PDF](http://www.abicalcados.com.br/documentos/resenha_estatistica/Industria%20de%20Calcados%20do%20Brasil_2011.PDF).
- AEP- ASSOCIAÇÃO EMPRESARIAL DE PORTUGAL. **Manual de formação PME – Gestão de Recursos Humanos**. 2004. Disponível em: [http://pme.aeportugal.pt/Aplicacoes/Documentos/Uploads/2004-10-15\\_16-28-07\\_AEP-Gestao-rh.pdf](http://pme.aeportugal.pt/Aplicacoes/Documentos/Uploads/2004-10-15_16-28-07_AEP-Gestao-rh.pdf).
- AGRESTI, Alan. **Categorical data analysis**. Jonh Wiley: New Jersey, 2002.
- ALVAREZ, D. 2007. **Ergonomia Brasileira, Cronologia**. Disponível em: [http://www.uff.br/ergonomia/ergonomia\\_cronologia.htm](http://www.uff.br/ergonomia/ergonomia_cronologia.htm).
- BAINES, et al. Towards a theoretical framework for human performance modelling within manufacturing systems design. **Simulation Modelling Practice and Theory**, V. 13, p. 486-504, 2005.
- BAINES, T. S.; BENEDITTINI, O. Modelling human performance within manufacturing systems design: from a theoretical towards a practical framework. **Journal of Simulation**, V.1, p. 121-130, 2007.
- BARACH, P.; SMALL, S.D., 2003. Reporting and preventing medical mishaps: lessons from non-medical near miss reporting systems. **British Medical Journal**. V. 320, p. 759 – 763, 2003.
- BARBER, F. e STRACK, R. The surprising economics of a “people business”. **Harvard Business Review**, V. 83, n. 6, p. 81 – 90. 2005.
- BARBOSA, E.T. e TEMOCH, C. A. R. “Inserção das Indústrias de Calçados do Estado da Paraíba no Mercado Internacional”. **Congresso do Instituto Franco-Brasileiro de Administração de Empresas IFBAE**. 2007, Porto Alegre - RS, Brasil.
- BATALHA, MO., organizador. **Introdução à Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro. Elsevier 2008.
- BAXTER, L. A. et al. Comparing estimates of the effects of air pollution on human mortality obtained using different regression methodologies. **Risk Analysis**, v. 17, p. 273-278, 1997.
- BEARD, J. W. e PETERSON, T. O. A taxonomi for the Study of Human Factors in Management Information Systems (MIS). In Carey, Jane M. (Edutor). **Human Factors in Management Information Systems**. New Jersey, Ablex Publishing Corporation. p. 7 – 25, 1988.

- BELLAMY, L. J. The quantification of human fallibility. **Journal of Health and Safety**. V. 6, p. 13 - 22, 1991.
- BELLAMY, Linda J.; GEYER, Tim A.W. e WILKINSON, John. Development of a functional model which integrates human factors, safety management systems and wider organisational issues. **Safety Science**, V. 46, p. 461 – 492, 2008.
- BERG, Daniel. Bankruptcy Prediction by Generalized Additive Models. In: **Applied Stochastic Models in Business and Industry**, V. 23, p. 129 – 143, 2007.
- BERNHARDT, W.; SCHILLING, A. Simulation of group work processes in manufacturing, in: **Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference**, Atlanta, Georgia, p. 888–891, 1997
- BERTOLINI, M. Assessment of human reliability factors: A fuzzy cognitive maps approach. **International Journal of Industrial Ergonomics**. V. 37, p. 405 – 413, 2007.
- BONNEY, M.; HEAD, M.; RATCHEV, S. e; MOUALEK, I. A manufacturing system design framework for computer aided industrial engineering. **International Journal Production Research**. V. 38, p. 4317 – 4327, 2000.
- BRANDÃO, H. P. e GUIMARÃES, T. A. Gestão de Competências e Gestão de Desempenho: tecnologias distintas ou instrumentos de um mesmo construto?. **RAE - Revista de Administração de Empresas**. V. 41, n. 1, p. 8 – 15, 2001.
- BUNTING, A.J. e BELYAVIN, A.J. Modelling Human Performance in Semi-Automated Systems in People in control - **International conference on human interfaces in control rooms, cockpits and command centres**. p. 21 – 25, (IEE CP), 1999.
- CACCIABUE, P.C. Human factors impact on risk analysis of complex Systems. **Journal of Hazardous Materials**, V.. 71, p. 101 – 116, 2000.
- CARAYON, P. Human factors in patient safety as an innovation. **Applied Ergonomics**. V. 41 p. 657 – 665, 2010.
- Celika, M. e Cebib, S.. Analytical HFACS for investigating human errors in shipping accidents. **Accident Analysis & Prevention**. V. 41, p. 66 – 75, 2009.
- CHADWICK, Liam e FALLON, Enda F.. Human reliability assessment of a critical nursing task in a radiotherapy treatment process. **Applied Ergonomics**, V. 43, p. 89 – 97, 2012.
- CHIAVENATO, I. e CERQUEIRA NETO, E. P. **Administração estratégica em busca do desempenho superior: uma abordagem além do *Balanced Scorecard***. São Paulo. Saraiva. 2003.
- CHIAVENATO, I. **Gestão de Pessoas: o novo papel dos recursos humanos**. Rio de Janeiro. Elsevier. 2005.
- CORDEIRO, G. M. e LIMA NETO, E. A. **Modelos Paramétricos**. In: XVI Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística. Águas de Lindóia, São Paulo, 2004.

CORDEIRO, G. M. Livro Texto do VII SINAPE – Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística. Campinas, São Paulo. **UFPE/ABE**. 1986.

CORDEIRO, Gauss M. e ANDRADE, Marinho G. de. Transformed generalized linear models. In: **Journal of Statistical Planning and Inference**, V. 139, p. 2970 – 2987, 2009.

CULVERHOUSE, Phil F. Human and machine factors in algae monitoring performance, **Ecological Informatics**. V. 2, p 361–366, 2007.

DAHAN, D. e LAUGHERY, K.R. The Integrated Performance Modelling Environment-Simulating Human-System Performance. In: **Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference**, Atlanta, Georgia, pp. 1141– 1145, 1997.

DAS, B. Development of a comprehensive industrial work design model. **Human Factor Ergonomic Manufacture**. V. 9, p. 393 – 411, 1999.

DEACON, T.; AMYOTTE, P.R.; KHAN, F.I. e MACKINNON, S.. Framework for human error analysis of offshore evacuations. **Safety Science**, V. 51, p. 319 – 327, 2013.

**DICIONÁRIO HOUAISS DA LÍNGUA PORTUGUESA**. Desempenho. Rio de Janeiro: Objetiva. 2009.

DIGIESI, S. et al. The Effect of Dynamic Worker Behavior on Flowtime Performance. **International Journal of Production Economics**, V. 120, p. 368 - 377, 2009.

DUL, J e WEERDMEEESTER. B. **Ergonomia Prática**. 2 ed. São Paulo. Edgard Blucher Editora. 2004.

EASTMAN KODACK COMPANY. Ergonomia design for people at work. Belmont: Lifetime learning, 1983, v.1 e 2.

FAA - FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **System Safety Handbook**. cap. 17: Human Factors Engineering and Safety. 2000.

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

FERREIRA, Aurélio B. de H. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 2ª ed. Revista e Ampliada. Rio de Janeiro. Nova Fronteira. 1998.

FLEURY, Aafonso. C. C. e FLEURY, Maria. T. **Estratégias empresariais e formação de competências**. 3 ed. São Paulo. Atlas. 2004.

FONSECA, J. S. e MARTINS, G. A. **Curso de Estatística**. São Paulo: Atlas, 1996.

FULD Leonard M. **Administrando a Concorrência**. Rio de Janeiro: Record, 1988

FURNHAM, A. **Personality at Work**. Routledge, London, 1992.

GERDES, G. **Identification and analysis of cognitive errors: application to control room operators**. Tese de doutorado. 1997

GIAHI, S. K. e LOWE, K. Increasing human reliability in the chemical process industry using human factors techniques. **Trans IChemE, Process Safety and Environmental Protection**. vol. 84, p. 200 – 207, 2006

GIBSON, W.H., MEGAW, E.D., YOUNG, M.S. e LOWE, E.. A taxonomy of human communication errors and application to railway track maintenance. **Cognition, Technology & Work**. V. 8, p. 57 – 66, 2006.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo. Atlas. 2002

GILBERTO A. Paula. Modelos de regressão com apoio computacional. Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: [http://people.ufpr.br/~lucambio/CE225/2S2011/texto\\_2010.pdf](http://people.ufpr.br/~lucambio/CE225/2S2011/texto_2010.pdf)

GODOY, A. S.. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **In Revista de Administração de Empresas**. V. 35, n. 2, p. 57 – 63, 1995.

GORDON, R. P. E.. The contribution of human factors to accidents in the offshore oil industry. **Reliability Engineering and System Safety**. V. 61, p. 95 – 108, 1998.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia – Adaptando o Trabalho ao Homem**, 4ª ed., Bookman, Porto Alegre, 1980.

GROTH, Katrina M. e MOSLEH, Ali. A data-informed PIF hierarchy for model-based Human Reliability Analysis. **Reliability Engineering and System Safety**, V. 108, p. 154 – 174, 2012.

GROTH, M. Katrina e MOSLEH, Ali. A data-informed PIF hierarchy for model-based Human Reliability Analysis. **Reliability Engineering and System Safety**, V. 108 p. 154 – 174, 2012.

GRUMAN, J. A. e SAKS, A. M.. Performance management and employee engagement. **Human Resource Management Review**, V. 21, p. 123-136, 2011.

HAKALA, David. **16 Ways to Measure Employee Performance**, HR World, 2008. Disponível em: <http://www.hrworld.com/features/16-ways-measure-performance-021908/>

HAMILTON, W.I. e CLARKE, T.. Driver performance modelling and its practical application to railway safety. **Applied Ergonomics**. V. 36, p. 661 – 670, 2005.

HARBI, M. A. S. Al; KIM, A. R; JANG, Inseok; SEONG P. H; SHIROUZU, Shigenori; KATAYAMA, Sotetsu e KANG, H. Gook. Effects of soft control in the nuclear power plants emergency operation condition. **Annals of Nuclear Energy**, V 54, p. 184 – 191, 2013.

HENDRICK, Hal W.. Macroergonomia: Uma nova Proposta para Aumentar Produtividade, Segurança e Qualidade de Vida no Trabalho. **2º Congresso Latino Americano e 6º Seminário Brasileiro de Ergonomia**. Florianópolis. Tradução de Francisco S. Másculo. 1993.

HEO, Gyunyoung e PARK, Jinkyun. A framework for evaluating the effects of maintenance – related human errors in nuclear power plants. **Reliability Engineering and System Safety**, V. 95, p. 797 – 805, 2010.

HERINGER, B. H. F. e MOLINA, V. L. I.. Comunicação Organizacional: ferramenta gerencial estratégica para o desempenho humano dos colaboradores. In: **SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO**. 7, São Paulo. Anais. São Paulo: SEMEAD. 2004.

ICHNIEWSKI, C. e SHAW, K. The effects of human resource management systems on economic performance: An international comparison of US and Japanese plants. **Management Science**, V.45, p. 704 – 721, 1999.

IIDA, I. **Ergonomia – Projeto e Produção**. 2ª Ed., São Paulo, Editora Edgard Blucher Ltda, 2005.

JASTRZEBOWSKI, W. An outline of ergonomics, or the science of work. **Central Institute for Labour**, 1857.

JIANG, J.; ZHANG, L.; WANG, Y; ZHANG , K.; YANG, D. e HE, W.. Association rules analysis of human factor events based on statistics method in digital nuclear power plant. **Safety Science**, V. 49, p. 946 – 950, 2011.

Johnson, R. A. e Wichern, D. W.. **Applied multivariate statistical analysis**. 3 ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992.

JOU, Yung-Tsan; YENN, Tzu-Chung; LIN, Chiuhsiang Joe; TSAI, Wan-Shan e HSIEH, Tsung-Ling. The research on extracting the information of human errors in the main control room of nuclear power plants by using Performance Evaluation Matrix. **Safety Science**, V. 49, p. 236 – 242, 2011.

JR., Emmett J. Lodree, GEIGER, Christopher D. e JIANG, Xiaochun. Taxonomy for integrating scheduling theory and human factors: Review and research opportunities. **International Journal of Industrial Ergonomics**. V. 39, p. 39 – 51, 2009.

KARIUKI, S. G. e LOWE, K.. Increasing Human Reliability In The Chemical Process Industry Using Human Factors Techniques. **Process Safety and Environmental Protection**. V.. 84, p. 200 – 207, 2007.

KARIUKI, S.G. e LOWE, K.. Integrating human factors into process hazard analysis. **Reliability Engineering and System Safety**, V. 92, p. 1764 – 1773, 2007.

KEHRLE, L; MOUTINHO, L Competitividade presente e esperada de arranjos produtivos de calçados na Paraíba. In **Revista de Economia Contemporânea**. v. 9, n. 3, set./dec. Rio de Janeiro, 2005.

KEPRI. Development of Korean HPES (human performance enhancement system) for nuclear power plants. **TR.95ZJ04.J1998.21**, Taejon, Korea.1998.

KHAN, Faisal I.; AMYOTTE, Paul R. e DIMATTIA, Dean G.. HEPI: A new tool for human error probability calculation for offshore operation. **Safety Science**, V. 44, p. 313 – 334, 2006.

KIM, D.S.; BEAK, D.H. e YOON, W.C.. Development and evaluation of a computeraided system for analyzing human error in railway operations. **Reliability Engineering and System Safety**. Vol. 95, p. 87–98, 2010.

KIM, J. W. e JUNG, W. A taxonomy of performance influencing factors for human reliability analysis of emergency tasks. Elsevier, **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**. V. 16, p. 479 - 495. 2003.

KIRWAN, B.; GIBSON, W.H. e HICKLING, B.. Human error data collection as a precursor to the development of a human reliability assessment capability in air traffic management. **Reliability Engineering and System Safety**. Vol. 93, p. 217 – 233, 2008.

KLEIN, C.; FISCHER, B.; HARTNEGG, K.; HEISS, W. H.; ROTH, M. Optomotor and neuropsychological performance in old age. **Experimental Brain Research**. V135, p. 141–154, 2000.

KOEMER, H. J. e GRANDEJEAN, E. **Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. Tradução de Lia Buarque de Macedo Guimarães. 5. Ed. Porto Alegre: Book-man, 2005

KONTOGIANNIS, T. e MALAKIS, S.. A proactive approach to human error detection and identification in aviation and air traffic control. **Safety Sciences**. V. 47, p. 693 – 706, 2009.

KROEMER, K. H. E. e GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia – adaptando o trabalho ao homem**. 5.a ed. Porto Alegre. Bookman, 2005.

LAHOZ, Manoela de A. e CAMAROTTO, João A. Performance indicators of work activity. **IOS Press**. V. 41, p. 524-531, 2012.

LAUGHERY, K. R. e BRELSFORD, J. W.. Receiver characteristics in safety communications. Em: **Proceedings of the human factors society 35th annual meeting**. p. 1068 – 1072. Santa Mônica, CA.: Human Factors and Ergonomic Society. 1991.

LEE, Y. e NELDER, J.A. Generalized linear models for analysis of quality improvement experiments. **The Canadian Journal of Statistics**, V. 26, p. 95 – 105, 1998.

LEWIN, K. **A Dynamic Theory of Personality: Selected papers**. Translated by D.K. Adams and K.E.Zener, McGraw Hill Book Company Inc., London, 1935.

LUCENA, M.D. da S. **Avaliação de desempenho**. São Paulo. Atlas. 1992.

MÁRIO Vidal, Ergonomia Cognitiva. Notas de aulas PROCAD, 2011.

MARRAS, J. P. **Administração de recursos humanos: do operacional ao estratégico**. 3 ed. São Paulo: Editora Futura. 2000.

MÁSCULO, F. S.. **Ergonomia, Higiene e Segurança do Trabalho**. Cap. 6 In “Introdução à Engenharia de Produção”. Organizado por Batalha. Rio de Janeiro: Elsevier. 2008.

MÁSCULO, F. Soares e VIDAL, M. Cesar. **Ergonomia: trabalho adequado e eficiente**. Rio de Janeiro, Elsevier Editora. 2011.

McCULLAGH P. & NELDER. J. A. **Generalized Linear Models**, 2 ed. London: Chapman & Hall, 1989.

MELO, Maria Bernadete Fernandes Vieira de. **Influência da cultura organizacional no sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho em empresas construtoras**. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: 2001. Tese de doutorado.

MILLER, D.P.; SWAIN, A.D. **Human error and human reliability**. In: G. Salvendy (Ed.), *Handbook Hum. Fact.*, Wiley-Interscience, New York, 1987.

MITAL, Anil e KARWOWSKI, Waldemar. **Workspace, equipment and tool design**. New York, Elsevier, 1991

MONTMOLLIN, M. **L'intelligence de la tâche: éléments d'ergonomie cognitive**. Berna, Peter Lang, 1986.

MORIYAMA, Tetsu e OHTANI, Hideo. Risk assessment tools incorporating human error probabilities in the Japanese small-sized establishment. **Safety Science**, V. 47, p. 1379 – 1397, 2009.

MORIYAMA, Tetsu OHTANI, Hideo. Risk assessment tools incorporating human error probabilities in the Japanese small-sized establishment. *Safety Science*, V. 47 p. 1379 – 1397, 2009.

MUMMOLO, G.; MOSSA, G.; DIGIESI, S. Learning and tiredness phenomena in manual operation performed in lean automated manufacturing systems: a reference model. In: **International IMS Intelligent Manufacturing Systems Forum 2004**, Cernobbio, CO, Italy, pp. 341–346, 2004.

O'CONNOR, P.; O'DEA, A.; FLIN, R. e BELTON, S.. Identifying the team skills required by nuclear power plant operations personnel. **International Journal of Industrial Ergonomics**. V.38, p.1028 – 1037, 2008.

O'HARA, J.M.; HIGGINS, J.C. e BROWN, W.S.. Identification and evaluation of human factors issues associated with emerging nuclear plant technology. **Nuclear Engineering and Technology**. V.41, p. 225 – 236, 2009.

ØIEN, K.. A framework for the establishment of organizational risk indicators. **Reliability Engineering and System Safety**. V. 74, p. 147 – 167, 2001.

OPM – Office of Personnel Management. *A Handbook for Measuring Employee Performance: Aligning Employee Performance Plans with Organizational Goals*. 2011

PARK Jinkyun. Scrutinizing inter-relations between performance influencing factors and the performance of human operators pertaining to the emergency tasks of nuclear power plant – An explanatory study. **Annals of Nuclear Energy**. V. 38, p. 2521 – 2532, 2011.

PARKER, S.K.; WALL, T.D.; CORDERY, J.L. Future work design research and practice: Towards an elaborated model of work design. **Journal Occupational and Organizational Psychology**, V. 74, p. 413 – 440, 2001.

PENG-CHENG, Li; GUO-HUA, Chen; LI-CAO, Dai e LI, Zhang. A fuzzy Bayesian network approach to improve the quantification of organizational influences in HRA frameworks. **Safety Science**, V. 50, p. 1569 – 1583, 2012.

PENG-CHENG, Li; GUO-HUA, Chen; LI-CAO, Dai e LI, Zhang. Fuzzy logic-based approach for identifying the risk importance of human error. **Safety Science**, V. 48, p. 902 – 913, 2010.

PETERSON, T. O. e AMN, R. B. Self-efficacy: the foundation of human performance. **Performance Improvement Quarterly**. V. 18, n. 2, p. 5 – 14, 2005.

PHIMISTER, J.R.; OKTEM, U.; KLEINDORFER, P.R. e KUNREUTHER, H.. Near-miss incidente management in the chemical process industry. **Risk Analysis**. Vol. 23, p. 445 – 459, 2003.

PIERCE, D. A., e SCHAFER, D. W.. Residuals in generalized linear models. **Journal of the American Statistical Association**, V. 81, p. 977 – 986, 1986.

PIRES, S.. **Gestão da cadeia de suprimentos (supplychain management): conceitos, estratégias, práticas e casos**. São Paulo. Atlas. 2004.

RASMUSSEN, J.; PEDERSEN, O. M.; MANCINI, G.; CARNINO, A.; GRIFFON, M. e GAGNOLET, P. **Classification system for reporting events involving human malfunctions**, RISO-M-2240. Denmark: RISO National Laboratory, 1981.

SALTHOUSE, T.A. Aging and measures of processing speed. **Biological Psychology**. V. 54, p. 35–54, 2000.

SANTOS, I. J. A. L. dos; GRECCO, C.H. dos S.; MOL, A. C. A. e CARVALHO, P. V. R. The use of questionnaire and virtual reality in the verification of the human factors issues in the design of nuclear control desk. **International Journal of Industrial Ergonomics**. V. 39, p. 159 – 166, 2009.

SCHMIDT, B. The Modelling of Human Behaviour. **SCS-Europe BVBA**, Ghent, Belgium, 2000.

SCHMIDT, C. M. C. **Modelo de regressão de Poisson aplicado à área da saúde**. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2003.

SCHÖNBECK, M.; RAUSAND, M. e ROUVROYE, J. Human and organizational factors in the operational phase of safety instrumented systems: A new approach. **Safety Science**. V. 48, p. 310 – 318, 2010.

SEBRAE – SERVIÇO DE BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. 2012. Disponível em: [www.sebrae.com.br](http://www.sebrae.com.br)

SHAIKH, S.; COBB, S. V. G.; GOLIGHTLY, D.; SEGAL J. I. e HASLEGRAVE C. M.. **Investigating the effects of physical and cognitive demands on the quality of performance under different pacing levels.** IOS Press, V. 12, p. 1051 – 9815, 2012.

SHOR, Jacob e RAZ Tzvi . Assessing the impact of human factors on data processing inspection errors. **Computers & Industrial Engineering**, V. 14, p. 503 – 512, 1988.

SIEBERS, P.O. **The Impact of Human Performance Variation on the Accuracy of Manufacturing System Simulation Models.** Tese de doutorado. Cranfield University, Cranfield, UK, 2004.

SIEBERS, P.O. **Worker Performance Modeling in Manufacturing Systems Simulation.** Chapter in J-P. Rennard (Eds.) Handbook of Research on Nature. Inspired Computing for Economy and Management. Pennsylvania: Idea Group Publishing, 2006.

SILVA, D. G.; PERIRA, E. M.; CARDOSO, F. F.; GARCIA, F. M. e CARDOSO, G. F. **Ergonomia e Segurança do Trabalho.** Uniasselvi – Centro Universitário Leonardo Da Vinci, NEAD – Núcleo de Ensino a Distância. Capivari de Baixo – Santa Catarina. 2011.

SILVA, E. L. da e MENEZES, E. M.. **Metodologia de Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. 3. Ed. Florianópolis. 2005.

SNEL, J.; CREMER, R. **Work and Aging: A European Perspective.** Taylor and Francis, 1995

SPECTOR, P. E. **Psicologia nas organizações.** São Paulo. Saraiva. 2005.

S-PLUS 7. **Guide to Statistics.** Seattle, Washington: Insightful Corporation, 2005. (v. 1).

STANTON, N.A.; SALMON, P.M.. Human error taxonomies applied to driving: a generic driver error taxonomy and its implications for intelligent transport systems. **Safety Sciences.** V. 47, p. 227 – 237, 2009.

STOFFEL, I. **Administração do desempenho: metodologia gerencial de excelência.** Rio de Janeiro. Qualitymark. ABRH - Nacional. 2000.

STONE, D.L.; EDDY, E.R. A model of individual and organizational factors affecting quality-related outcomes. **Journal Quality Management.** V. 1, p. 21 – 48, 1996.

SWAIN, A. e GUTTMANN, H. E. **Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications,** NUREG/CR-1278. USA: US NRC. 1983.

TADANO, Y. S.; UGAYA, C. M. L.; FRANCO, A. T. **Avaliação do impacto do ciclo de vida: efeitos dos poluentes e das condições meteorológicas na saúde da população de Araucária.** In: RAA 2006 ENCONTRO DE PRHS REGIÃO SUL, 2006, Curitiba. Anais... Curitiba, 2006.

TESTA, M. **Pensar em Saúde.** Porto Alegre. Artes Médicas. 1992.

TORIIZUKA, T. Application of performance shaping factor (PSF) for work improvement in industrial plant maintenance tasks. **International Journal of Industrial Ergonomics.** V. 28, p. 225 – 236, 2001.

VAURIO, Jussi K.. Human factors, human reliability and risk assessment in license renewal of a nuclear power plant. **Reliability Engineering and System Safety**, V. 94, p. 1818 – 1826, 2009.

VICENZI, D.A; WISE, J.A; MOULOUA, M. e HANCOCK, P.A. Human Factors in Simulation and Training. **Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group**, p. 189-199, 2009.

WHALLEY, S. P. **Factors affecting human reliability in the chemical process industry**. Tese de doutorado, Aston University, 1987.

WILLIAMS, J. C. A data-based method for assessing and reducing human error to improve operational performance. In: **Proceedings of the IEEE Fourth Conference on Human Factors and Power Plants**, Monterey, California. p. 436 – 450, 1988.

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



## APÊNDICE 2: ROTINA DO SOFTWARE R USADA PARA ANÁLISE DESCRITIVA

Importando e anexando o banco de dados salvo com o nome "caracterização.txt".

```
x = read.table("caracterização.txt",header=T)
```

```
x
```

```
attach (x)
```

Instalando o pacote necessário.

```
Require(MASS)
```

Obtendo os valores da média, mediana, 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> quartis, os valores máximos e mínimos das variáveis: Idade, Produtividade, tempo de processamento e tempo na função.

```
summary(x)
```

Construindo o histograma das variáveis: Idade, Produtividade, tempo de processamento e tempo na função.

- Produtividade:

```
truehist(x$Prod, col=5, main="Histograma do Desempenho", xlab="Desempenho (qnt  
peças/3min)", ylab="Frequência")
```

```
lines(density(x$Prod, n=300))
```

- Tempo de processamento:

```
truehist(x$TP, col=5, main="Histograma do Tempo de Processamento", xlab="Tempos (s)",  
ylab="Frequência")
```

```
lines(density(x$TP, n=300))
```

- Idade:

```
truehist(x$Id, col=5, main="Histograma da Idade dos Funcionários", xlab="Idade (anos)",  
ylab="Frequência")
```

```
lines(density(x$Id, n=300))
```

- Tempo na Função:

```
truehist(x$TF, col=5, main="Histograma do Tempo na Função", xlab="Tempo (meses)",  
ylab="Frequência")
```

```
lines(density(x$TF, n=300))
```

Construindo o gráfico de caixas das variáveis: Idade, Produtividade, tempo de processamento e tempo na função.

- Produtividade:

```
boxplot(Prod, xlab = "Prod", ylab = "Peças/min", main = "Variável Desempenho")
```

- Tempo de processamento:

```
boxplot(TP, xlab = "TP", ylab = "segundos", main = "Variável Tempo de Processamento")
```

- Idade:

```
boxplot(Id, xlab = "Id", ylab = "Anos", main = "Variável Idade")
```

- Tempo na Função:

```
boxplot(TF, xlab = "TF", ylab = "meses", main = "Variável Tempo na Função")
```

### APÊNDICE 3: ROTINA DO SOFTWARE R USADA PARA CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DOS MODELOS

**Passo 1:** Importando e anexando o banco de dados salvo com o nome "caracterização1.txt".

```
x = read.table("caracterização1.txt",header=T)
x
attach (x)
```

**Passo 2:** Instalando o pacote necessário.

```
library(boot)
library(nortest)
library(languageR)
library(glmML)
library(MASS)
library(bbmle)
library(lattice)
library(fmsb)
```

**Passo 3:** Verificando a distribuição da variável dependente.

- Pelos testes de normalidade: Shapiro Wilk e o de Lilliefors.

```
lillie.test(Prod)
shapiro.test(Prod)
```

- Pelo histograma:

```
truehist(x$Prod, col=5, main="Histograma do Desempenho", xlab="Desempenho (qnt
peças/3min)", ylab="Frequência")
lines(density(x$Prod, n=300))
```

**Passo 4:** Construção dos modelos:

A. Família: inverse.gaussian

a. Link: log

#Modelo Global

```
M1 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH*SD + Prob,
inverse.gaussian (link = "log"), data = x)
summary (M1)
```

#Retirando: SD:SH, pois apresentava o maior  $p_{valor}$  acima de 0,05.

```
M1 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH + Prob, inverse.gaussian
(link = "log"), data = x)
summary (M1)
```

#Retirando: SD, pois apresentava o maior  $p_{valor}$  acima de 0,05.

```
M1 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH + Prob - SD,
inverse.gaussian (link = "log"), data = x)
summary (M1)
```

#Retirando: SH, pois apresentava o maior  $p_{valor}$  acima de 0,05.

```
M1 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + Prob - SD, inverse.gaussian
(link = "log"), data = x)
summary (M1)
```

```

Call:
glm(formula = Prod ~ TP + TF + Sexo * SD + Id * TF + TN1 + TT +
     SD + Prob, family = inverse.gaussian(link = "log"), data = x)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.205567 -0.046539 -0.002683  0.053873  0.161377

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.5052661  0.2900177   8.638 2.68e-13 ***
TP           -0.0369773  0.0020447  -18.085 < 2e-16 ***
TF           -0.0210677  0.0064904   -3.246 0.001669 **
Sexo        -0.1445300  0.0619664   -2.332 0.022016 *
Id           -0.0190469  0.0059172   -3.219 0.001816 **
TN1         -0.2149414  0.1078876   -1.992 0.049513 *
TT            0.0372696  0.0138184    2.697 0.008415 **
Prob        -0.0948165  0.0273038   -3.473 0.000809 ***
Sexo:SD      0.1024528  0.0245882    4.167 7.33e-05 ***
TF:Id        0.0005582  0.0001747    3.195 0.001957 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for inverse.gaussian family taken to be 0.006013216)

Null deviance: 3.80058  on 95  degrees of freedom
Residual deviance: 0.54318  on 86  degrees of freedom
AIC: 35.301

Number of Fisher Scoring iterations: 5

```

Percebe-se que todas as variáveis presentes no modelo (M1) possuem  $p_{\text{valor}} < 0,05$ , ou seja, Essa variáveis apresenta um efeito significativo e portanto esse modelo é consistente para explicar a variável dependente Prod utilizando a família *inverse.gaussian* e link *log*.

#### b. Link: identity

```
#Modelo Global
```

```
M2 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH*SD + Prob,
inverse.gaussian (link = "identity"), data = x)
```

```
summary (M2)
```

```
#Retirando: SD:SH, pois apresentava o maior p_valor acima de 0,05.
```

```
M2 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH + Prob, inverse.gaussian
(link = "identity"), data = x)
```

```
summary (M2)
```

```
#Retirando: SD, pois apresentava o maior p_valor acima de 0,05.
```

```
M2 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH + Prob - SD,
inverse.gaussian (link = "identity"), data = x)
```

```
summary (M2)
```

```
#Retirando: TN1, pois apresentava o maior p_valor acima de 0,05.
```

```
M2 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + SH + TT + Prob - SD, inverse.gaussian
(link = "identity"), data = x)
```

```
summary (M2)
```

```
#Retirando: SH, pois apresentava o maior p_valor acima de 0,05.
```

```
M2 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TT + Prob - SD, inverse.gaussian (link =
"identity"), data = x)
```

```
summary (M2)
```

```

Call:
glm(formula = Prod ~ TP + TF + Sexo * SD + Id * TF + TT + Prob -
     SD, family = inverse.gaussian(link = "identity"), data = x)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.225454 -0.059155  0.001278  0.050573  0.184765

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  5.0313206  0.3420027  14.711 < 2e-16 ***
TP          -0.0746109  0.0047160 -15.821 < 2e-16 ***
TF          -0.0328578  0.0113330  -2.899  0.00473 **
Sexo        -0.4061568  0.1384096  -2.934  0.00427 **
Id          -0.0318231  0.0106209  -2.996  0.00356 **
TT           0.0899450  0.0323491   2.780  0.00665 **
Prob        -0.1803665  0.0596107  -3.026  0.00326 **
Sexo:SD      0.2517113  0.0538669   4.673  1.08e-05 ***
TF:Id        0.0008873  0.0003064   2.896  0.00478 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for inverse.gaussian family taken to be 0.008035039)

Null deviance: 3.80058 on 95 degrees of freedom
Residual deviance: 0.70695 on 87 degrees of freedom
AIC: 58.598

Number of Fisher Scoring iterations: 7

```

Percebe-se, na Figura 3, que todas as variáveis presentes no modelo (M2) possuem  $p_{\text{valor}} < 0,05$ , ou seja, Essa variáveis apresenta um efeito significativo e portanto esse modelo é consistente para explicar a variável dependente Prod utilizando a família *inverse.gaussian* e link *identity*.

c. Link: inverse

#Modelo Global

```

M3 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH*SD + Prob,
inverse.gaussian (link = "inverse"), data = x)
summary (M3)

```

#Retirando: SD:SH, pois apresentava o maior  $p_{\text{valor}}$  acima de 0,05.

```

M3 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH + Prob, inverse.gaussian
(link = "inverse"), data = x)
summary (M3)

```

#Retirando: SD, pois apresentava o maior  $p_{\text{valor}}$  acima de 0,05.

```

M3 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH + Prob - SD,
inverse.gaussian (link = "inverse"), data = x)
summary (M3)

```

#Retirando: TT, pois apresentava o maior  $p_{\text{valor}}$  acima de 0,05.

```

M3 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + SH + Prob - SD, inverse.gaussian
(link = "inverse"), data = x)
summary (M3)

```

```

Call:
glm(formula = Prod ~ TP + TF + Sexo * SD + Id * TF + TN1 + SH -
     SD + Prob, family = inverse.gaussian(link = "inverse"), data = x)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.251638 -0.045542  0.007363  0.035804  0.152931

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -3.947e-01  1.218e-01  -3.241  0.001696 **
TP           1.523e-02  9.404e-04  16.194 < 2e-16 ***
TF           9.501e-03  2.942e-03   3.229  0.001759 **
Sexo         6.484e-02  2.928e-02   2.214  0.029445 *
Id           8.319e-03  2.457e-03   3.385  0.001074 **
TN1          1.428e-01  4.233e-02   3.374  0.001113 **
SH           3.865e-02  1.541e-02   2.508  0.014012 *
Prob         3.265e-02  1.245e-02   2.623  0.010316 *
Sexo:SD      -4.495e-02  1.226e-02  -3.667  0.000424 ***
TF:Id        -2.454e-04  7.865e-05  -3.120  0.002464 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for inverse.gaussian family taken to be 0.005343989)

Null deviance: 3.80058  on 95  degrees of freedom
Residual deviance: 0.49181  on 86  degrees of freedom
AIC: 25.762

Number of Fisher Scoring iterations: 2

```

Percebe-se, na Figura 4, que todas as variáveis presentes no modelo (M3) possuem  $p_{\text{valor}} < 0,05$ , ou seja, Essa variáveis apresenta um efeito significativo e portanto esse modelo é consistente para explicar a variável dependente Prod utilizando a família *inverse.gaussian* e link *inverse*.

d. Link:  $1/\mu^2$

#Modelo Global

```

M4 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH*SD + Prob,
inverse.gaussian (link = "1/mu^2"), data = x)
summary (M4)

```

#Retirando: SH, pois apresentava o maior  $p_{\text{valor}}$  acima de 0,05.

```

M4 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH*SD + Prob - SH,
inverse.gaussian (link = "1/mu^2"), data = x)
summary (M4)

```

#Retirando: SD, pois apresentava o maior  $p_{\text{valor}}$  acima de 0,05.

```

M4 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH*SD + Prob - SD -SH,
inverse.gaussian (link = "1/mu^2"), data = x)
summary (M4)

```

#Retirando: TT, pois apresentava o maior  $p_{\text{valor}}$  acima de 0,05.

```

M4 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + SH*SD + Prob - SH - SD,
inverse.gaussian (link = "1/mu^2"), data = x)
summary (M4)

```

```

Call:
glm(formula = Prod ~ TP + TF + Sexo * SD + Id * TF + TN1 + TT +
     SH * SD + Prob - SH - SD, family = inverse.gaussian(link = "1/mu^2"),
     data = x)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.26917 -0.05342  0.00951  0.04865  0.13635

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -4.593e-01  1.068e-01  -4.301 4.52e-05 ***
TP           1.088e-02  7.878e-04  13.814 < 2e-16 ***
TF           8.377e-03  2.916e-03   2.873 0.005139 **
Sexo        1.311e-01  3.573e-02   3.668 0.000425 ***
Id           6.711e-03  2.157e-03   3.112 0.002530 **
TN1         1.054e-01  3.652e-02   2.888 0.004919 **
TT          -2.563e-03  5.281e-03  -0.485 0.628683
Prob        2.273e-02  1.079e-02   2.107 0.038029 *
Sexo:SD     -7.701e-02  1.610e-02  -4.783 7.20e-06 ***
TF:Id       -2.176e-04  7.787e-05  -2.794 0.006423 **
SD:SH       3.219e-02  9.114e-03   3.531 0.000671 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for inverse.gaussian family taken to be 0.005868395)

Null deviance: 3.80058  on 95  degrees of freedom
Residual deviance: 0.53778  on 85  degrees of freedom
AIC: 36.341

Number of Fisher Scoring iterations: 4

```

Percebe-se, na Figura 5, que todas as variáveis presentes no modelo (M4) possuem  $p_{\text{valor}} < 0,05$ , ou seja, Essa variáveis apresenta um efeito significativo e portanto esse modelo é consistente para explicar a variável dependente Prod utilizando a família *inverse.gaussian* e link  $1/\mu^2$ .

## B. Família: Gamma

### a. Link: log

```
#Modelo Global
```

```
Mod1 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH*SD + Prob, Gamma
(link = "log"), data = x)
summary (Mod1)
```

```
#Retirando: SH:SD, pois apresentava o maior p_valor acima de 0,05.
```

```
Mod1 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH + Prob, Gamma (link =
"log"), data = x)
summary (Mod1)
```

```
#Retirando: SD, pois apresentava o maior p_valor acima de 0,05.
```

```
Mod1 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH + Prob - SD, Gamma
(link = "log"), data = x)
summary (Mod1)
```

```
#Retirando: SH, pois apresentava o maior p_valor acima de 0,05.
```

```
Mod1 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + Prob - SD, Gamma (link =
"log"), data = x)
summary (Mod1)
```

```

Call:
glm(formula = Prod ~ TP + TF + Sexo * SD + Id * TF + TN1 + TT +
     Prob - SD, family = Gamma(link = "log"), data = x)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.257422 -0.069796 -0.001904  0.080704  0.232794

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.7121236  0.2906169   9.332 1.04e-14 ***
TP          -0.0384199  0.0020623 -18.630 < 2e-16 ***
TF          -0.0239975  0.0069123  -3.472 0.000811 ***
Sexo        -0.1406986  0.0662721  -2.123 0.036624 *
Id          -0.0221989  0.0060171  -3.689 0.000393 ***
TN1         -0.2767181  0.1048957  -2.638 0.009897 **
TT           0.0372589  0.0140382   2.654 0.009472 **
Prob        -0.0994086  0.0287292  -3.460 0.000842 ***
Sexo:SD      0.1020769  0.0268938   3.796 0.000274 ***
TF:Id        0.0006343  0.0001857   3.415 0.000975 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Gamma family taken to be 0.01359937)

Null deviance: 9.1011 on 95 degrees of freedom
Residual deviance: 1.2026 on 86 degrees of freedom
AIC: 32.592

Number of Fisher Scoring iterations: 4

```

Percebe-se, na Figura 6, que todas as variáveis presentes no modelo (Mod1) possuem  $p_{\text{valor}} < 0,05$ , ou seja, Essa variáveis apresenta um efeito significativo e portanto esse modelo é consistente para explicar a variável dependente Prod utilizando a família *Gamma* e link *log*.

b. Link: inverse

```
#Modelo Global
```

```
Mod2 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH*SD + Prob, Gamma
(link = "inverse"), data = x)
summary (Mod2)
```

```
#Retirando: SH:SD, pois apresentava o maior  $p_{\text{valor}}$  acima de 0,05.
```

```
Mod2 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH + Prob, Gamma (link =
"inverse"), data = x)
summary (Mod2)
```

```
#Retirando: SD, pois apresentava o maior  $p_{\text{valor}}$  acima de 0,05.
```

```
Mod2 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH + Prob - SD, Gamma
(link = "inverse"), data = x)
summary (Mod2)
```

```
#Retirando: TT, pois apresentava o maior  $p_{\text{valor}}$  acima de 0,05.
```

```
Mod2 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + SH + Prob - SD, Gamma (link =
"inverse"), data = x)
summary (Mod2)
```

```

Call:
glm(formula = Prod ~ TP + TF + Sexo * SD + Id * TF + TN1 + SH +
     Prob - SD, family = Gamma(link = "inverse"), data = x)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.33154 -0.06543  0.00493  0.05764  0.20627

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -4.325e-01  1.169e-01  -3.699  0.000380 ***
TP           1.509e-02  8.753e-04  17.239 < 2e-16 ***
TF           1.008e-02  2.946e-03   3.422  0.000954 ***
Sexo         6.900e-02  3.042e-02   2.268  0.025827 *
Id           9.130e-03  2.334e-03   3.912  0.000182 ***
TN1          1.533e-01  4.012e-02   3.822  0.000250 ***
SH           3.995e-02  1.630e-02   2.451  0.016272 *
Prob         3.341e-02  1.207e-02   2.768  0.006905 **
Sexo:SD      -4.600e-02  1.315e-02  -3.498  0.000746 ***
TF:Id        -2.617e-04  7.862e-05  -3.329  0.001286 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Gamma family taken to be 0.01177124)

Null deviance: 9.1011 on 95 degrees of freedom
Residual deviance: 1.0605 on 86 degrees of freedom
AIC: 20.498

Number of Fisher Scoring iterations: 4

```

Percebe-se, na Figura 7, que todas as variáveis presentes no modelo (Mod2) possuem  $p_{\text{valor}} < 0,05$ , ou seja, Essa variáveis apresenta um efeito significativo e portanto esse modelo é consistente para explicar a variável dependente Prod utilizando a família *Gamma* e link *inverse*.

c. Link: identity

#Modelo Global

```

Mod3 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH*SD + Prob, Gamma
(link = "identity"), data = x)
summary (Mod3)

```

#Retirando: SD

```

Mod3 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH*SD + Prob - SD,
Gamma (link = "identity"), data = x)
summary (Mod3)

```

#Retirando: SH:SD

```

Mod3 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + SH + Prob - SD, Gamma
(link = "identity"), data = x)
summary (Mod3)

```

#Retirando: SH

```

Mod3 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TN1 + TT + Prob - SD, Gamma (link =
"identity"), data = x)
summary (Mod3)

```

#Retirando: TN1

```

Mod3 = glm (Prod ~ TP + TF + Sexo*SD + Id*TF + TT + Prob - SD, Gamma (link =
"identity"), data = x)
summary (Mod3)

```

```

Call:
glm(formula = Prod ~ TP + TF + Sexo * SD + Id * TF + IT - SD +
     Prob, family = Gamma(link = "identity"), data = x)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.29885 -0.08885 -0.00873  0.07057  0.33414

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  5.1624348  0.3353904  15.392 < 2e-16 ***
TP           -0.0796943  0.0051426 -15.497 < 2e-16 ***
TF           -0.0314394  0.0120122  -2.617  0.01045 *
Sexo         -0.4375896  0.1539031  -2.843  0.00556 **
Id           -0.0310668  0.0108823  -2.855  0.00538 **
IT           0.0981832  0.0358220   2.741  0.00744 **
Prob         -0.1951903  0.0680922  -2.867  0.00520 **
Sexo:SD      0.2566504  0.0608191   4.220  5.98e-05 ***
TF:Id        0.0008456  0.0003248   2.603  0.01085 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Gamma family taken to be 0.01958631)

Null deviance: 9.1011  on 95  degrees of freedom
Residual deviance: 1.6947  on 87  degrees of freedom
AIC: 63.605

Number of Fisher Scoring iterations: 6

```

Percebe-se, na Figura 8, que todas as variáveis presentes no modelo (Mod3) possuem  $p_{\text{valor}} < 0,05$ , ou seja, Essa variáveis apresenta um efeito significativo e portanto esse modelo é consistente para explicar a variável dependente Prod utilizando a família *Gama* e link *identity*.

**Passo 5:** Calculando o valor do pseudo- $R^2$  dos modelos considerados consistentes:

NagelkerkeR2(M1)

NagelkerkeR2(M2)

NagelkerkeR2(M3)

NagelkerkeR2(M4)

NagelkerkeR2(Mod1)

NagelkerkeR2(Mod2)

NagelkerkeR2(Mod3)

**Passo 6:** Verificar o comportamento dos dados referentes às variáveis independentes ajustados aos (modelos) melhores modelos.

AJ1=fitted(M1)

AJ2=fitted(M2)

AJ3=fitted(M3)

AJ4=fitted(M4)

AJ5=fitted(Mod1)

AJ6=fitted(Mod2)

AJ7=fitted(Mod3)

**Passo 7:** Verificar o desvio residual dos valores ajustados para variável dependente em relação aos valores observados.

DR1= glm.diag(M1)\$rd

DR2= glm.diag(M2)\$rd

DR3= glm.diag(M3)\$rd

DR4= glm.diag(M4)\$rd

DR5= glm.diag(Mod1)\$rd

DR6= glm.diag(Mod2)\$rd

```
DR7= glm.diag(Mod3)$rd
```

**Passo 8:** Verificar os pressupostos do modelo através da normalidade dos resíduos: teste de Shapiro Wilk, teste de Lilliefors e o gráfico qqnorm.

```
lillie.test(DR1)
```

```
shapiro.test(DR1)
```

```
lillie.test(DR2)
```

```
shapiro.test(DR2)
```

```
lillie.test(DR3)
```

```
shapiro.test(DR3)
```

```
lillie.test(DR4)
```

```
shapiro.test(DR4)
```

```
lillie.test(DR5)
```

```
shapiro.test(DR5)
```

```
lillie.test(DR6)
```

```
shapiro.test(DR6)
```

```
lillie.test(DR7)
```

```
shapiro.test(DR7)
```

```
par(mfrow=c(2,2))
```

```
qqnorm(DR1, main="Normal Q-Q plot M1",); qqline(DR1, col=2)
```

```
qqnorm(DR2, main="Normal Q-Q plot M2",); qqline(DR2, col=2)
```

```
qqnorm(DR5, main="Normal Q-Q plot Mod1",); qqline(DR5, col=2)
```

```
qqnorm(DR7, main="Normal Q-Q plot Mod3",); qqline(DR7, col=2)
```

**Passo 9:** Verificar o desvio em relação aos dados originais utilizando a função desvio para os modelos considerados consistentes.

```
S1=summary(M1)
```

```
S2=summary(M2)
```

```
S5=summary(Mod1)
```

```
S7=summary(Mod3)
```

```
FD1= S1$deviance/S1$dispersion
```

```
FD1
```

```
FD2= S2$deviance/S2$dispersion
```

```
FD2
```

```
FD5= S5$deviance/S5$dispersion
```

```
FD5
```

```
FD7= S7$deviance/S7$dispersion
```

```
FD7
```

**Passo 10:** Verificação da função de ligação.

```
par(mfrow=c(2,1))
```

```
plot(AJ2, Prod, main="Função de Ligação M2", xlab = "Valores ajustados", ylab = "Valores observados")
```

```
lines(lowess(AJ2, Prod), col = "red")
```

```
plot(AJ7, Prod, main="Função de Ligação Mod3", xlab = "Valores ajustados", ylab = "Valores observados")
```

```
lines(lowess(AJ7, Prod), col = "red")
```

**Passo 11:** Verificação da função de variância.

```

par(mfrow=c(2,1))
plot(AJ2, DR2, main="Função de Variância M2", xlab = "Valores ajustados", ylab =
"Resíduos padronizados")
abline(h = 0)
lines(lowess(AJ2, DR2), col = "red")
plot(AJ7, DR7, main="Função de Variância Mod3", xlab = "Valores ajustados", ylab =
"Resíduos padronizados")
abline(h = 0)
lines(lowess(AJ7, DR7), col = "red")

```

**Passo 12:** Distância de Cook.

```

par(mfrow=c(2,1))
plot(cooks.distance(M2), main = "Modelo M2", xlab = "Índice", ylab = "Distância Cooks")
plot(cooks.distance(M7), main = "Modelo Mod3", xlab = "Índice", ylab = "Distância Cooks")

```

**Passo 13:** Identificar pontos aberrantes – Gráfico - desvio residual X fitted values.

```

plot(DR2, xlab = "Índice", ylab = "Resíduos padronizados")
abline(h=-2, col = 2); abline(h=2, col=2)
plot(DR7, xlab = "índice", ylab = "resíduos padronizados")
abline(h=-2, col = 2); abline(h=2, col=2)

```