

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

**AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE HUMANA NA OPERAÇÃO DE UMA
COOPERATIVA DE BENEFICIAMENTO DE LATICÍNIOS**

MARCOS ALEXANDRE NUNES D'ALBUQUERQUE

JOÃO PESSOA

2018

MARCOS ALEXANDRE NUNES D'ALBUQUERQUE

**AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE HUMANA NA OPERAÇÃO DE UMA
COOPERATIVA DE BENEFICIAMENTO DE LATICÍNIOS**

Dissertação de mestrado submetida ao
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
de Produção da Universidade Federal da
Paraíba – UFPB.

Orientadora: Prof.^a Dra. Maria de Lourdes Barreto Gomes

JOÃO PESSOA

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

D137a D'albuquerque, Marcos Alexandre Nunes.
AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE HUMANA NA OPERAÇÃO DE UMA
COOPERATIVA DE BENEFICIAMENTO DE LATICÍNIOS / Marcos
Alexandre Nunes D'albuquerque. - João Pessoa, 2018.
117 f.

Orientação: Maria de Lourdes Barreto Gomes.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Confiabilidade humana. 2. Ergonomia. 3. Análise da
atividade. 4. Cooperativismo. I. Gomes, Maria de
Lourdes Barreto. II. Título.

UFPB/BC

MARCOS ALEXANDRE NUNES D'ALBUQUERQUE

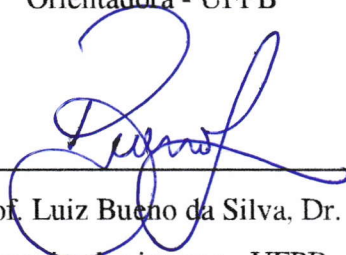
**AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE HUMANA NA OPERAÇÃO DE UMA
COOPERATIVA DE BENEFICIAMENTO DE LATICÍNIOS**

BANCA EXAMINADORA



Prof.ª Maria de Lourdes Barreto Gomes, Dra.

Orientadora - UFPB



Prof. Luiz Bueno da Silva, Dr.

Examinador interno - UFPB



Prof.ª Leila Amaral Gontijo, Dra.

Examinadora externa à instituição - UFSC



Prof. Fábio Moraes Borges, Dr.

Examinador externo ao programa - UFPB

JOÃO PESSOA

2018

Dedico este trabalho aos meus pais, Heitor e Maria Teresa, pelo exemplo de retidão, honestidade e, em especial, pelas oportunidades que me proporcionaram para alcançar a melhor formação acadêmica possível. À minha amada esposa Márcia Trovão, pelo apoio incondicional nos momentos mais difíceis e pela compreensão nos momentos de ausência. Aos meus filhos, Heitor Trovão e Miguel Trovão, que a cada dia fazem com que minha vida tenha um novo sentido.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as conquistas alcançadas.

A minhas irmãs, Márcia Andréa e Ana Teresa, minhas sobrinhas Mariana e Heloisa, cunhados Marçal Junior, Márcio Trovão e Nivaldo, que mesmo estando distantes sei que torceram muito pelo sucesso desse projeto.

A minha sogra, Maria do Livramento, pelos cuidados dispensados aos meus filhos sempre que necessitei.

A minha orientadora, professora Lourdinha, pela dedicação para proporcionar-me um grande aprendizado acadêmico, pela paciência nos momentos mais difíceis e, em especial, por acreditar em mim.

Ao professor Fábio Moraes Borges pelo companheirismo e inestimáveis ensinamentos, essenciais para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos professores da banca examinadora, professor Luiz Bueno e professora Leila Amaral Gontijo, pelas valiosas contribuições.

À Ana Araújo, pela permanente disponibilidade para atender nossas demandas e pela gentileza das palavras e atitudes.

Aos colegas de mestrado, com os quais compartilho esta conquista.

Ao aluno da graduação João Carlos Lima Moraes, pelo auxílio na coleta de dados durante a pesquisa de campo.

Aos funcionários da cooperativa, sempre solícitos e atenciosos.

Ao CNPq, fonte de financiamento para realização da pesquisa.

RESUMO

A automatização dos processos produtivos, presente em indústrias que apresentam alta uniformidade na produção de bens ou serviços, é caracterizada pela baixa flexibilidade do sistema produtivo e pela elevada interdependência entre os processos e os produtos gerados. Apesar dessa automatização sugerir uma diminuição na relevância do papel dos trabalhadores dentro do sistema produtivo, ocorrem diversas situações inesperadas, não previstas na prescrição das tarefas, as quais requerem a intervenção dos operadores para manter a estabilidade operacional e assegurar a continuidade do processo produtivo. Esta dissertação aborda tal questão ao identificar as ações de confiabilidade humana introduzidas pelos operadores para assegurar o regular funcionamento dos setores de pasteurização do leite, produção de coalhada láctea e laboratório de análises físico-químicas. Trata-se de uma pesquisa qualitativa quanto à abordagem do problema, de natureza aplicada no que se refere ao resultado e descritiva sob o ponto de vista dos objetivos. O estudo de caso foi desenvolvido em uma fábrica de beneficiamento de laticínios onde foi dada ênfase na etapa da Análise Ergonômica do Trabalho (AET) que lida com a Análise da Atividade, utilizando-se como instrumentos de pesquisa a observação direta, o registro das situações de trabalho e restituições do operador por meio das verbalizações contextualizadas. A análise dos dados coletados foi fundamentada em trabalhos científicos com foco no tema do estudo e na análise do discurso. Os resultados indicam que um conjunto de ações é implementado pelos trabalhadores através de sua capacidade de antecipação e previsão e de sua experiência. Estes atributos do operador são utilizados para construir um modelo mental do sistema durante o curso da ação, os quais são determinados pelo nível de experiência adquirida pelo trabalhador, por seus conhecimentos e pelas suas habilidades. O operador confronta a prescrição das tarefas definidas para sua função e assume o papel de agente de confiabilidade do sistema ao assegurar a continuidade da operação, recuperar falhas ou minimizar as consequências de um evento indesejado, garantindo o funcionamento do processo produtivo e a qualidade do produto.

Palavras-chave: Confiabilidade humana. Ergonomia. Análise da atividade. Cooperativismo.

ABSTRACT

The automation of productive processes, present in industries with high uniformity in the production of goods or services, is characterized by the low flexibility of the production system and the high interdependence between the processes and the products generated. Although this automation suggests a decrease in the relevance of the workers role within the production system, there are several unexpected situations, not foreseen in the prescription of tasks, which require the intervention of the operators to maintain operational stability and ensure the continuity of the production process. This dissertation addresses this issue by identifying the actions of human reliability introduced by operators to ensure the regular functioning of the milk pasteurization, milk curd production and physicochemical analysis laboratory. It is a qualitative research on the approach to the problem, applied in terms of results and descriptive from the point of view of objectives. The case study was carried out in a dairy processing plant where emphasis was given to the Work Ergonomics Analysis (WEA) stage which deals with the Activity Analysis, using as direct research instruments the recording of situations and refunds of the operator through contextualized verbalizations. The analysis of the collected data was based on scientific studies focused on the theme of the study and discourse analysis. The results indicate that a set of actions is implemented by workers through their ability to anticipate and predict and their experience. These attributes of the operator are used to construct a mental model of the system during the course of action, which are determined by the level of experience gained by the worker, his knowledge and his abilities. The operator confronts the prescription of the tasks defined for its function and assumes the role of system reliability agent by ensuring the continuity of the operation, recovering faults or minimizing the consequences of an undesired event, ensuring the operation of the production process and the product quality.

Key-words: Human reliability. Ergonomics. Activity analysis. Cooperativism.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de delimitação da pesquisa	25
Figura 2 – Objetivos antagônicos da ergonomia	34
Figura 3 – Da tarefa à atividade	35
Figura 4 – Variabilidade	37
Figura 5 – A regulação dos modos operatórios em função do esforço.....	39
Figura 6 – Mapa conceitual - Ergonomia e confiabilidade humana.....	49
Figura 7 – Classificação da pesquisa	52
Figura 8 – Fluxo da revisão sistemática da literatura	56
Figura 9 – Cronologia dos artigos sobre confiabilidade humana	57
Figura 10 – Diagrama de processamento do leite.....	68
Figura 11 – Máquina empacotadeira em sacos de 01 litro	69
Figura 12 – Diagrama de processamento da coalhada	71
Figura 13 – Processo de envasamento da coalhada	72
Figura 14 – Indicadores de temperatura das etapas de pasteurização	78
Figura 15 – O operador verifica a temperatura da tubulação com o tato (77°C)	78
Figura 16 – O operador verifica a temperatura da tubulação com o tato (5°C)	78
Figura 17 – Operador demonstrando o funcionamento do termógrafo	80
Figura 18 – Rolo de filme plástico aberto na máquina de envasamento	82
Figura 19 – Filme plástico dobrado e selado na vertical por uma resistência elétrica	82
Figura 20 – Filme plástico selado na parte inferior pela máquina de envasamento.....	82
Figura 21 – Fita adesiva aplicada na cabeça impressora da máquina de envasamento.....	83
Figura 22 – Ajustes da temperatura das resistências de fechamento do saco plástico	84
Figura 23 – Filme plástico aberto no centro	84
Figura 24 – Operador checando o peso do saco de leite	85
Figura 25 – Acionamento da válvula de enchimento dos sacos de leite	85
Figura 26 – Válvulas acionadas no preparo da coalhada.....	86
Figura 27 – Controle de temperatura do tanque de fermentação.....	88
Figura 28 – Manômetro da tubulação de vapor de água quente.....	89
Figura 29 – Indicador volumétrico no tanque de fermentação da coalhada.....	91
Figura 30 – Coluna de copos para envasamento da coalhada	93
Figura 31 – Verificando o estado de fechamento da embalagem de coalhada.....	94

Figura 32 – Ajustando os parâmetros da envasadora de coalhada	94
Figura 33 – Colocando amostra de leite no butirômetro	96
Figura 34 – Colocando o butirômetro na centrífuga.....	96
Figura 35 – Fita adesiva na centrífuga	97
Figura 36 – Marcação na planilha de registros dos testes laboratoriais	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características das áreas de especialização da ergonomia	32
Quadro 2 – Etapas da fase coleta de dados.....	59
Quadro 3 – Dimensões de enquadramento das ações de Confiabilidade Humana.....	63
Quadro 4 – Quadro resumo das ações de Confiabilidade Humana	100

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AET	Análise Ergonômica do Trabalho
CH	Confiabilidade Humana
CNCT	<i>Centro Nacional de Condiciones de Trabajo</i>
HEP	<i>Human Error Probability</i>
HEART	<i>Human Error Assessment and Reduction Technique</i>
HFS	<i>Human Factors Society</i>
HRA	<i>Human Reliability Assessment</i>
ICA	<i>International Co-operative Alliance</i>
IEA	<i>International Ergonomics Association</i>
IES	<i>International Ergonomics Society</i>
IT	Instruções de Trabalho
JCR	<i>Journal Citation Report</i>
OCB	Organização das Cooperativas Brasileiras
PNCEBT	Progr. Nac. de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose Animal
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
RAF	<i>Royal Air Force</i>
SELF	<i>Société d'Ergonomie de Langue Française</i>
SIF	Serviço de Inspeção Federal
SST	Saúde e Segurança no Trabalho
THERP	<i>Technique for Human Error Rates Prediction</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	APRESENTAÇÃO DO TEMA E DO PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.2	OBJETIVOS	22
1.2.1	Objetivo geral	22
1.2.2	Objetivos específicos	22
1.3	JUSTIFICATIVA	22
1.4	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	24
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	25
2	REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1	ERGONOMIA	27
2.1.1	Breve evolução histórica	27
2.1.2	Conceitos em ergonomia	31
2.1.3	Abordagem ergonômica do trabalho	39
2.2	CONFIABILIDADE HUMANA	42
2.2.1	Princípios e conceitos	42
2.2.2	Ergonomia e confiabilidade humana no ambiente de trabalho	47
3	METODOLOGIA	51
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	51
3.2	PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS	52
3.3	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	55
3.4	PESQUISA DE CAMPO	58
3.4.1	Procedimentos metodológicos	58
3.4.2	Coleta de dados	59
3.4.3	Análise dos dados	61
4	RESULTADOS	64
4.1	A COOPERATIVA PESQUISADA	64
4.2	PRESCRIÇÃO DAS TAREFAS	66
4.2.1	Pasteurização do leite	67
4.2.2	Preparo da coalhada	70
4.2.3	Laboratório de análises físico-químicas	72
4.3	ANÁLISE DAS ATIVIDADES DE TRABALHO	76

4.3.1 Confiabilidade humana na pasteurização do leite	77
4.3.2 Confiabilidade humana no preparo da coalhada	86
4.3.3 Confiabilidade humana no laboratório de análises físico-químicas	95
4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	99
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	102
5.1 ATENDIMENTO DOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS	102
5.2 RECOMENDAÇÕES	105
REFERÊNCIAS	106
APÊNDICE A – Ficha de caracterização geral da área.....	114
APÊNDICE B – Ficha de descrição da atividade	116
APÊNDICE C – Levantamento do perfil socioprofissional.....	117

1 INTRODUÇÃO

Esta seção apresenta o tema de pesquisa e está dividido em cinco itens. O primeiro contextualiza o problema objeto de estudo, o segundo explicita o objetivo geral e os objetivos específicos elaborados com base no problema de pesquisa exposto. O terceiro item concentra-se na justificativa, ressaltando a relevância da dissertação sobre o tema abordado. O quarto demonstra a delimitação do trabalho e o quinto mostra a estrutura desse projeto, descrevendo de forma sucinta os conteúdos de cada seção.

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA E DO PROBLEMA DE PESQUISA

Abordagens tradicionais de avaliação da confiabilidade humana (*Human Reliability Assessment* – HRA) estimam quantitativamente a probabilidade de erro humano (*Human Error Probability* – HEP) (RONG; TIAN; ZHAO, 2016) por meio de métodos empregados para analisar e avaliar os diversos fatores que interferem no desempenho humano, tais como a técnica de avaliação e redução do erro humano denominada *HEART* – *Human Error Assessment and Reduction Technique* (WILLIAMS, 1988), ou a técnica para previsão de taxa de erro humano intitulada *THERP* – *Technique for Human Error Rate Prediction* (SWAIN; GUTTMANN, 1983). Nesse contexto, as pesquisas sobre confiabilidade humana desenvolveram métodos e técnicas voltados para a análise e medição (quantificação) da confiabilidade humana baseando-se na caracterização da relação entre o erro humano e a confiabilidade humana como termos inversamente proporcionais (BORGES, 2012).

Além de fatores técnicos, como falhas ou avarias, as atividades humanas e os aspectos organizacionais estão desempenhando papéis cada vez mais relevantes em operações industriais modernas (RONG; TIAN; ZHAO, 2016). As investigações de acidentes geralmente apontam para o erro humano como um fator crítico (CHENG; HWANG, 2015), o qual é atribuído a 75% dos acidentes e incidentes que comprometem a segurança de sistemas sociotécnicos complexos (STANTON *et. al*, 2009).

O uso abrangente de processos automatizados tem sido a estratégia de resposta das organizações para reduzir o risco de erro humano. Neste sentido, a automação obteve relativo sucesso quanto à redução do erro humano no nível comportamental na medida em que melhora o desempenho das operações e minimiza a carga de trabalho dos operadores (CHENG; HWANG, 2015). Por outro lado, a automação insere outros problemas de

segurança que em geral são ignorados, resultantes da cognição humana e do contexto social (CACCIABUE, 2004).

Na defesa dos argumentos relativos às formas de automação dos sistemas produtivos, pesquisadores das novas tecnologias, em geral, referem-se paradoxalmente a sistemas tecnocêntricos e a sistemas antropocêntricos.

O projeto baseado em convicções tecnocêntricas relega o papel da atividade humana a um mero resquício da automação. Um inevitável e indesejado componente que precisa desaparecer ou ser restringido minimamente, em função das possibilidades disponibilizadas pelo progresso da tecnologia. Essa representação negativa do trabalho contém razões implícitas, as quais podem ser de ordem técnica e/ou social. Decorrem, ou do impreciso e ineficaz resultado das intervenções humanas suscetíveis a erros, ou dos custos da mão de obra qualificada, que adicionalmente pode comportar-se de forma não subalterna às determinações da cadeia hierárquica (LIMA; SILVA, 2002).

Nesse contexto, o processo de trabalho seria tanto mais confiável, seguro e eficiente, quanto mais restrita se tornasse a atividade humana, ou seja, quanto maior fosse a automatização do sistema. Por suposto, haveria também menos despesas com pessoal e menor susceptibilidade aos contratempos das demandas trabalhistas.

Na concepção antropocêntrica ocorre o inverso, o elemento fiador da confiabilidade do sistema e que incrementa sua eficácia e eficiência global seria o operador, no sentido não exclusivamente de otimização, mas também de otimização (BORGES, 2012). Lima e Silva (2002) afirmam que, até prova em contrário, a atividade humana não somente é necessária, como sempre será, mesmo que seja unicamente para as atividades de manutenção. E mais, os mesmos autores argumentam que os sistemas técnicos devem continuar sendo concebidos utilizando a atividade humana como estrutura basilar.

Borges (2012) destaca que os sistemas de produção denominados sistemas sociotécnicos são compostos por elementos técnicos, mas, também, por elementos humanos ou sociais, os quais devem sempre ser tratados conjuntamente, pois quaisquer alterações em seus componentes, como mudanças nas ferramentas, no *layout*, na tecnologia empregada, ou ainda na composição das equipes e nos turnos de trabalho, geram reflexos diretos e imediatos nos aspectos técnicos da organização e na estrutura social do trabalho.

Para Lima e Silva (2002), a automação de base microeletrônica possibilitou a atribuição de determinadas tarefas que antes eram exclusivas de ferramenteiros experientes, às máquinas, movimento que viabilizou a transferência de certas funções de monitoramento e controle para sistemas informatizados aptos a processar informações e a recuperar a

normalidade dos processos. Na mesma esteira de pensamento, Tubino (2000) explana que nas indústrias com alto volume de produção e baixa variedade, a mão de obra empregada deve encarregar-se, exclusivamente, da condução e manutenção das instalações.

Borges (2012) argumenta, no entanto, que o aumento da quantidade de automatismos trazidos pela evolução tecnológica dos sistemas de produção, ao mesmo tempo em que viabiliza o aumento da produtividade, incrementa a relevância das ações dos trabalhadores. Silva (2011) corrobora com esse argumento ao ressaltar que embora nos sistemas automatizados se pretenda substituir, isolar ou controlar a ação do homem, ainda resta ao operador o papel de averiguar a conformidade das regras de funcionamento, dos procedimentos prescritos nas tarefas, modificar ou acrescentar novas prescrições aos procedimentos padrões, desenvolver novas soluções de organização, antever os resultados, os prováveis distúrbios e as demandas de segurança do sistema.

Os mecanismos criados e/ou utilizados pelos operadores para manter ou recuperar a normalidade do sistema produtivo remetem ao estudo dos aspectos de Confiabilidade Humana (CH), cuja definição está inserida na Nota Técnica de Prevenção (NTP-360) do *Centro Nacional de Condiciones de Trabajo (CNCT)* e aponta para o conjunto de conhecimentos referentes ao prognóstico, análise e mitigação do erro humano, concentrando-se no papel desempenhado pelo operador nas atividades de projeto, operação, manutenção e gestão do sistema sociotécnico (ESPANHA, [199-]).

Para Guérin *et al.* (2001), apesar de uma perturbação inicial do processo ou das condições de produção não provocarem uma consequência direta no resultado do trabalho, na maioria das vezes tal perturbação é identificada pelo operador, que ajusta sua atividade de trabalho de forma a enfrentá-la. Os mesmos autores destacam ainda que a atividade de trabalho, executada através de meios materiais no sentido de se alcançar um resultado, contém inscrito em si traços da atividade de trabalho do operador. E que, apesar desses traços serem de natureza diferente e resultarem de causas variadas, geralmente remete às características da atividade e às dificuldades enfrentadas pelos operadores (GUÉRIN *et al.*, 2001).

Daniellou e Béguin (2007) afirmam que as perdas que ocorrem ao longo do processo produtivo, como falhas na gestão de saúde, do meio ambiente, da segurança ocupacional, além de perdas patrimoniais, de eficiência e de produtividade, nem sempre ficam evidentes nos relatórios gerenciais. Os problemas que surgem, enquanto prejuízos para a saúde e a produtividade, na maioria das vezes se manifestam justamente nas lacunas entre o trabalho prescrito e a atividade.

Desconsiderar os condicionantes e as particularidades das situações de trabalho, os atributos pessoais dos trabalhadores e os impactos resultantes das alterações implantadas na estrutura e na organização dos sistemas produtivos são situações presentes na concepção de novos projetos e, também, na prescrição das atividades dos operadores, ou seja, na definição daquilo que se espera que seja desempenhado pelos trabalhadores: a tarefa.

A tarefa não se traduz necessariamente no trabalho do operador, representa tão somente aquilo que é prescrito pela organização ao trabalhador. Essa prescrição é mandatória ao operador e, portanto, é exterior, tendo em vista que determina e constrange sua atuação. Por outro lado, a definição da tarefa é essencial para que ele possa agir, pois ao definir o que espera que ele execute, a empresa o autoriza. (GUÉRIN *et al.*, 2001).

Para Falzon (2007), os objetivos, os meios disponibilizados, o nível de exigência e os parâmetros a serem respeitados, além de outros atributos, caracterizam a tarefa de modo contínuo, enquanto que de modo instantâneo a tarefa é determinada, por exemplo, por uma instrução específica ou pela carga de trabalho momentânea.

A atividade, por sua vez – fio condutor da análise ergonômica (ABRAHÃO *et al.*, 2009) – resulta do encontro das condições internas com as condições externas (FALZON, 2007). A atividade é conceituada por Abrahão *et al.* (2009) como sendo o resultado das ações e decisões do trabalhador na rota de atingimento dos objetivos determinados na tarefa ou redefinidos de acordo com a realidade.

Para Guérin *et al.* (2001), a atividade de um operador em determinado momento resulta de um compromisso complexo, devido a presença de múltiplos fatores externos aos operadores e internos ao indivíduo. Enfatiza, também, que tais compromissos são atualizados constantemente, tendo em vista a variação dos fatores ao longo do tempo. O afastamento entre a tarefa e a atividade real – simbolicamente, a distância entre “o que é pedido” e “o que a coisa pede” – demonstra concretamente o paradoxo presente no ato de trabalho.

De acordo com estes mesmos autores, para atingir os objetivos de produção, a empresa define meios técnicos e organizacionais. O indivíduo utiliza os meios que dispõe para alcançar os objetivos estabelecidos e, com base em seu estado interno e nos seus conhecimentos, elabora suas próprias estratégias, as quais são alvo de permanente ajuste e de novas orientações. Além disso, no curso da elaboração de seus modos operatórios, os operadores precisam considerar dois constrangimentos subestimados: a variabilidade da produção e os constrangimentos temporais.

O estudo da variabilidade da produção não tem como fim eliminá-la, mas sim compreender, por meio da análise do trabalho, de que forma os trabalhadores encaram a

diversidade e as variações de cenários, além de visar o entendimento dos reflexos sobre a produção e sobre a própria saúde do operador, possibilitando a segregação da “parte de variabilidade aleatória redutível, a parte de variabilidade controlada a considerar na organização do trabalho, e os meios a fornecer aos operadores para enfrentar a variabilidade incontornável” (GUÉRIN *et al.*, 2001, p. 49).

Quanto aos constrangimentos temporais, dependendo das situações de trabalho, a pressão temporal resulta de uma associação entre os constrangimentos relativos às normas de produção, às limitações temporais, ao surgimento de fatos não controlados e a dependência da colaboração de outros indivíduos. Eventualmente, a gestão dos constrangimentos temporais também pode estar ligada à gestão dos constrangimentos referentes ao espaço, na medida em que, por exemplo, numa linha de montagem automotiva o incremento na duração de uma operação se traduzirá no aumento da área ocupada pelo operador.

A ergonomia se apresenta diante de tais questões como uma área de conhecimento que estuda a atividade de trabalho, objetivando desenvolver uma adequada interação entre as pessoas e os sistemas de produção, utilizando métodos para articulação dos aspectos físicos, cognitivos e organizacionais (VIDAL, 2001). Uma bem sucedida análise ergonômica se debruça sobre o trabalho realizado, que é onde se revelam os mecanismos criados e/ou utilizados pelos operadores para manter ou recuperar a normalidade do sistema produtivo.

Quanto à unidade objeto da pesquisa trata-se de uma usina de beneficiamento de laticínios organizada sob a forma cooperativista.

Em uma sociedade marcada pelo individualismo e pela competição, inserida em um sistema capitalista caracterizado pela exclusão de grande parte da população que se vê despossuída de conhecimentos e meios para superar essa condição, a associação organizada de um grupo de indivíduos sob a forma cooperativista apresenta-se como uma alternativa capaz de promover desenvolvimento e bem-estar social.

Registros históricos do cooperativismo moderno indicam que seu início deu-se por iniciativa de 27 tecelões e uma tecelã, fundadores da “Sociedade dos Probos Pioneiros de Rochdale” em dezembro de 1844 na Inglaterra (DINIZ *et al.*, 2010). De acordo com os mesmos autores, o surgimento do cooperativismo ocorreu em contraposição ao capitalismo, motivado pelas transformações no trabalho.

A definição reconhecida internacionalmente do que seja uma cooperativa foi estabelecida pelo seu órgão de representação, a *International Co-operative Alliance* (ICA), em 1995 – ano do centenário da Aliança Cooperativa. De acordo com a ICA, uma organização cooperativa é a associação autônoma de pessoas unidas voluntariamente para

satisfazer suas necessidades e aspirações econômicas, sociais e culturais comuns através de uma empresa de propriedade conjunta e controlada democraticamente.

Esta definição foi incluída tanto nas Diretrizes das Nações Unidas orientadas à criação de um ambiente favorável ao desenvolvimento de cooperativas, em 2001, quanto nas Recomendações sobre a Promoção das Cooperativas (R.193, 2002) da OIT - Organização Internacional do Trabalho (BIRCHALL; KETILSON, 2009).

As demandas que acompanham uma cooperativa não se limitam, portanto, aos aspectos econômicos, incluem as questões social e cultural. Voluntariedade, propriedade conjunta e gestão democrática são atributos fundamentais que igualmente incorporam-se em sua definição e que distinguem a cooperativa de outras formas de associação de pessoas. Na percepção de Charterina (2015), o cooperativismo é fundamentalmente um meio de obter a satisfação de uma necessidade comum de forma compartilhada. É uma opção diante da falta de possibilidades e a obtenção da "força" mediante a "união".

Os sete princípios orientadores das organizações cooperativistas são: adesão voluntária e aberta; controle democrático dos membros; participação econômica dos membros; autonomia e independência; educação, formação e informação; cooperação entre cooperativas; e, preocupação com a comunidade. Birchall e Ketilson (2009) qualificam as cooperativas como empresas pertencentes aos sócios, que podem ser compreendidas como a integração do poder de mercado de pessoas, que isoladamente poderiam obter pouco ou nada e que, ao empreendê-lo, proporcionam meios para sair da pobreza e da impotência.

A capacidade superior de resistência das cooperativas diante de crises, quando comparado com as empresas capitalistas convencionais, é um aspecto ressaltado por Charterina (2015). A autora destaca que as características essenciais e específicas das cooperativas nos permitem refletir sobre os diferentes focos de interesse que as acompanham. De fato, em se tratando de uma reunião de pessoas que compartilham os mesmos interesses e que procuram alcançá-los, a cooperativa assume uma dimensão que atende as pessoas e os benefícios relativos a essas pessoas.

Essa forma de associação, segundo a Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB), é concebida sob os fundamentos da participação democrática, solidariedade, independência e autonomia, o que a distingue fortemente de algumas ações governamentais de auxílio em favor dos necessitados – de caráter isolado, paliativo, descontinuado e não desenvolvimentista – tendo em vista que o sucesso de uma associação cooperativista promove bem-estar social e econômico, transformando adversidades em oportunidades.

Ainda que pareça uma visão utópica, haja vista vivermos em um mundo cada vez mais globalizado, com crescente intensificação das transações comerciais e financeiras entre as nações e entre as corporações, sempre ávidas pela maximização dos lucros, Petriella (2013) acredita na viabilidade de outro modelo de organização social, baseado na solidariedade e na igualdade de oportunidades e não somente no lucro, nos juros ou na otimização da posse de bens de consumo. O autor argumenta que o cooperativismo pode não dar o exemplo ao capitalismo, mas deve ser um exemplo diante do conjunto da sociedade sobre a possibilidade de outro modelo de organização social.

Dos 636 artigos científicos sobre confiabilidade humana publicados na base ISI (*Web of Science*), grande parte do volume de pesquisas utiliza instrumentos para avaliação dos cenários nominais, ou seja, do ponto de vista da ergonomia concentra-se na tarefa, como se observa nos trabalhos de Kirwan, Scannali e Robinson (1996), Kirwan *et al.* (1997), Shorrock e Kirwan (2002), Mosleh e Chang (2004), Bertolini (2007). Outro grupo de pesquisas concentra-se nos aspectos cognitivos e na análise da atividade (FAVERGE, 1970; WISNER, 1987; WILSON, 1994; GUÉRIN *et al.*, 2001; AMALBERTI, 2007) e mais recentemente outras pesquisas discutem a confiabilidade humana na perspectiva da Engenharia de Resiliência (SHORROCK *et al.*, 2001; WREATHALL, 2006; WILSON *et al.*, 2009).

Daniellou e Béguin (2007) ressaltam que uma abordagem ergonômica de análise da atividade não objetiva atenuar a diversidade ou essa variabilidade de situações. Ao contrário, significa um exercício de caracterização para que se possa levar em consideração a diversidade ou variabilidade das situações no âmbito dos sistemas técnicos, da organização e da formação dos operadores.

Dentro deste contexto, ganham relevância a investigação e identificação das estratégias colocadas em prática pelos operadores para recuperar ou manter a estabilidade da produção, ou para prevenir a ocorrência de incidentes, as quais normalmente não são contempladas na concepção dos projetos ou na definição da tarefa.

Importa ao presente estudo identificar como o indivíduo se comporta no trabalho e não como se espera que ele devesse se comportar, contribuindo assim para uma mudança de entendimento do papel do ser humano relacionado ao conceito de confiabilidade humana.

Pretende-se favorecer o acesso a um modelo de compreensão do domínio seguro das situações, onde o erro seja apenas uma variável acessória e não um componente vital da regulação desse domínio de situação (AMALBERTI, 2007).

Diante dos assuntos elencados e da relevância de considerar a influência do comportamento humano na operação dos sistemas produtivos, sob pena de desequilíbrio operativo e interrupção da produção é que se faz o seguinte questionamento:

Quais ações e estratégias empregadas pelos operadores de uma usina de beneficiamento de laticínios revelam atributos de confiabilidade humana para assegurar a estabilidade e a continuidade da produção?

Para responder ao problema de pesquisa proposto pretende-se empregar uma abordagem ergonômica com foco na análise da atividade dando ênfase à confiabilidade humana com base na relação entre a tarefa e a atividade.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Identificar quais ações de confiabilidade humana são introduzidas pelos operadores para assegurar o regular funcionamento dos setores de pasteurização do leite, processamento da coalhada e laboratório de análises físico-químicas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar ações e estratégias empregadas pelos operadores na manutenção ou recuperação do sistema produtivo;
- Classificar as ações de confiabilidade humana identificadas de acordo com as variáveis e/ou recursos mobilizados pelo operador;
- Evidenciar o papel do operador como agente de confiabilidade do sistema.

1.3 JUSTIFICATIVA

A crescente automatização de processos industriais, motivada pelo intenso desenvolvimento de novas tecnologias e pela busca constante das corporações pelo aumento da produtividade, sugere uma diminuição na relevância do papel dos trabalhadores dentro do sistema produtivo.

Indústrias caracterizadas pela alta uniformidade da demanda e da produção de bens ou serviços favorecem a automatização tendo em vista que há pouca flexibilidade no sistema e que ocorre elevada interdependência entre os produtos e os processos produtivos (TUBINO, 2000).

Ocorrem, no entanto, situações inesperadas, não previstas na concepção do projeto ou na prescrição das tarefas, as quais requerem a intervenção dos operadores para manutenção da estabilidade operacional, continuidade do processo produtivo, prevenção e previsão da ocorrência de acidentes ou de doenças do trabalho.

Nesse sentido, a impossibilidade de se prever as condutas humanas não é motivo para se proibir o esforço de lucidez, pois “a previsão não visa às condutas propriamente ditas, mas visa às margens de manobra, no interior das quais condutas originais poderão emergir” (DANIELLOU, 2004, p. 191).

Falzon (2015) assevera que a promoção do desenvolvimento dos indivíduos e, igualmente, das organizações, só é possível quando há suficiente margem operacional e liberdade de ação para os indivíduos.

É neste cenário que, de acordo com Tersac e Maggi (2004), ocorre um confronto entre a perspectiva das exigências da tarefa e as atitudes, ou sequências operacionais, realmente adotadas na prática pelos indivíduos. Dentro desse contexto, a identificação do modo como tais intervenções informais podem ser incorporadas na rotina de trabalho dos operários, com base em estratégias de confiabilidade humana, fornece subsídios essenciais para a concepção de projetos futuros ou para a redefinição das prescrições.

Somente a capacidade de regulação da atividade desempenhada pelo sujeito viabiliza a obtenção de resultados, na medida em que o indivíduo age para administrar as variações das condições externas e internas da atividade e, por outro lado, atua para levar em conta os efeitos da atividade (TERSAC; MAGGI, 2004)

Há evidências nas pesquisas realizadas em 1972 por Leplat de que as representações mentais desempenham um papel na regulação das atividades. Tais representações proporcionam uma simulação mental através da qual o operador terá como “organizar mentalmente a solução de certos problemas antes de dar suas respostas, e assim aumentar a estabilidade do sistema” (LEPLAT, 1992 *apud* TERSAC; MAGGI, 2004, p. 92).

Estudos anteriores sobre confiabilidade humana focalizam preponderantemente sistemas de produção complexos que requerem grande processamento de informações em reduzido espaço de tempo, seguindo rígidos procedimentos e protocolos operatórios, como na área de serviços médicos (LYONS, 2009; HABRAKEN *et al.*, 2009; PHIPPS *et al.*, 2008),

refinarias de petróleo (BORGES, 2012; SILVA; CAMAROTTO, 2012), plataformas *off-shore* (SÆTREN; HOGENBOOM; LAUMANN, 2016; NOROOZI *et al.*, 2014) e usinas nucleares (LIU; LI, 2016; JIANG *et al.*, 2015;), por exemplo.

Nestes segmentos de atividade produtiva os dispositivos técnicos geralmente são alvos de maciços investimentos em tecnologias de automatização, baseado na hipótese de que são eles os responsáveis por assegurar a confiabilidade operacional do sistema, relegando, por vezes, a um segundo plano o papel desempenhado pelo operador para assegurar o funcionamento normal dos sistemas produtivos quando mobiliza seus conhecimentos, habilidades e experiência (BORGES, 2012).

Ressalte-se que a disponibilidade de acesso proporcionada pelos gestores da cooperativa para que fossem observadas as situações cotidianas de trabalho dos operadores foi um fator de motivação pessoal para realização da pesquisa, resultado da confiança em que os dados obtidos fossem utilizados para fins de atividade acadêmica e, eventualmente, para aplicação prática na melhoria dos processos produtivos do parque fabril.

Os resultados da pesquisa, caso venham a ser utilizados na prática pelos gestores da cooperativa, podem proporcionar ganhos produtivos através do aprimoramento das atividades dos operadores, da apropriação dos conhecimentos empíricos e das ações de confiabilidade humana utilizadas na prática pelos trabalhadores, incorporando-os aos documentos prescritivos das tarefas e aos processos de treinamento dos novos operários.

Identificar e apropriar-se do conhecimento sobre os modos operatórios criados pelos indivíduos que estão inseridos em determinado sistema produtivo, especialmente quando necessitam enfrentar uma variabilidade sistêmica que conduziria a uma situação anormal, justifica a realização desse estudo.

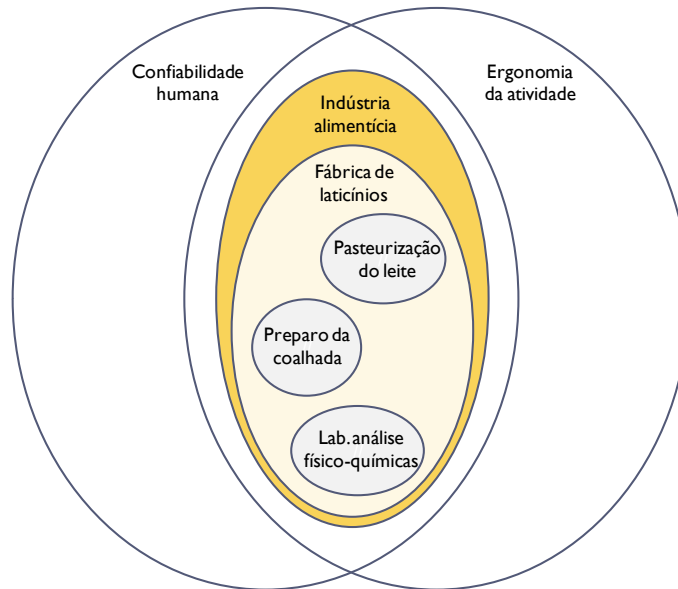
No que se refere à contribuição da pesquisa, o uso dos conhecimentos e da metodologia ergonômica francesa, em especial quanto à análise da atividade, revelaram-se adequados para se investigar as ações de confiabilidade humana implementadas pelos operadores.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O desenvolvimento desta pesquisa se delimita em identificar ações de confiabilidade humana tomando como base os conceitos da ergonomia, particularmente através da aplicação da metodologia da AET. Os instrumentos de coleta dos dados empregados nesta pesquisa

foram aplicados especificamente nos setores de pasteurização do leite, processamento da coalhada e laboratório de análises físico-químicas.

Figura 1 – Diagrama de delimitação da pesquisa



Fonte: o autor.

Ressalte-se que a aplicação dos mesmos instrumentos de pesquisa em outras organizações, sejam ou não do mesmo setor industrial, poderão não ser equivalentes, ainda que se utilizem os mesmos procedimentos metodológicos, tendo em vista que os condicionantes do trabalho em outras plantas ou em outros setores industriais podem indicar diferentes ações e estratégias de resiliência.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação foi estruturada em cinco capítulos cujos assuntos foram assim distribuídos:

- O capítulo I, já apresentado, focalizou o problema de pesquisa por meio de uma introdução com a contextualização do projeto, apresentação do tema abordado e da questão de pesquisa, objetivo geral e objetivos específicos, justificativa – ressaltando-se a relevância da dissertação – delimitação do trabalho e estrutura da dissertação;
- O capítulo II discorre acerca do referencial teórico dos temas que se pretende abordar. Envolve a pesquisa teórica sobre as áreas de conhecimento da confiabilidade humana e da ergonomia em livros e publicações recentes de periódicos científicos;

- O capítulo III esclarece a metodologia utilizada para operacionalizar os objetivos propostos. Dessa forma inclui os procedimentos metodológicos necessários à execução da pesquisa.
- No capítulo IV são apresentados e discutidos os resultados alcançados na pesquisa de campo, no qual são detalhadas as ações de confiabilidade humana identificadas nos setores avaliados.
- No capítulo V são apresentadas as conclusões da dissertação, através do atendimento dos objetivos estabelecidos inicialmente, bem como as recomendações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, discorre-se acerca do referencial teórico relacionado aos temas abordados, por meio da pesquisa teórica sobre as áreas de conhecimento da confiabilidade humana e da ergonomia.

2.1 ERGONOMIA

2.1.1 Breve evolução histórica

Descrições a respeito dos primórdios da ergonomia moderna são geralmente relacionadas ao final da 2ª Guerra Mundial, período em que a *Royal Air Force* (RAF) dispunha de equipamentos sofisticados por meio dos quais se esperava uma fácil condução dos pilotos da aviação. Todavia os equipamentos não eram manobrados com a eficiência e a eficácia esperadas, para o que se buscou, então, compreender este fenômeno, evidenciando-se desta forma a vocação da ergonomia (WISNER, 1994).

O resultado das análises elaboradas por uma equipe multidisciplinar, composta por um engenheiro, um psicólogo e um fisiologista, para diagnosticar o problema e propor soluções, visava organizar e homogeneizar o formato de apresentação das informações para os pilotos de aviões da RAF, de forma a minimizar os erros de leitura dos comandos e, conseqüentemente, as chances de incidentes e acidentes (ABRAHÃO *et al.*, 2009).

A ergonomia, portanto desde as suas origens, tem como alvo adaptar o trabalho, o ambiente e as máquinas ao ser humano. Evidências disso é a denominação *Fitting the Job to the Worker* (“Ajustar o Trabalho ao Trabalhador”, em tradução livre) dada ao simpósio realizado em 1957, em Leiden (Holanda), que levou à criação da Associação Internacional de Ergonomia, bem como o título *L’adaptation de la machine à l’homme* (“A adaptação da máquina ao homem”, em tradução livre) dado por Jean-Marie Faverge, Jacques Leplat e Bernard Guiguet, em 1958, a um dos primeiros livros de ergonomia publicado na França (FALZON, 2015).

A formalização da ergonomia como disciplina iniciou-se em 1949, a partir da criação, na Inglaterra, da *Ergonomics Research Society* (ERS). Posteriormente, em 1959, a *Human Factors Society* (HFS) e a *International Ergonomics Society* (IES) e, em 1963, a *Société*

d'Ergonomie de Langue Française (SELF) foram criadas, respectivamente, nos Estados Unidos e na França (ABRAHÃO *et al.*, 2009).

Um projeto de ergonomia francófônica foi elaborado ainda na década de 1950, o qual se materializou posteriormente, em 1963, por meio da criação da *Société d'Ergonomie de Langue Française* (SELF), ano de seu nascimento oficial. Três fenômenos principais concorrem para a criação da SELF, no início da década de 1960 (LAVILLE, 2007):

a) uma mudança de problemática quanto às questões do trabalho – trata-se de posicionar o homem no centro do trabalho e, portanto, da concepção dos meios de trabalho; e, não mais pensar o trabalho e seus meios técnicos e organizacionais unicamente a partir da lógica dos engenheiros, o que obrigava o trabalhador a conformar-se e a adaptar-se a essa lógica;

b) o papel desempenhado por personalidades do meio universitário, algumas delas inspiradas por valores humanistas que se manifestaram em engajamentos no período da guerra;

c) o suporte de estruturas administrativas e políticas, que incorporam a ideia de que a partir dos trabalhadores, de seu funcionamento e da sua atividade no trabalho é que devem ser concebidas a produção e a segurança, e não inversamente.

Após a 2ª Guerra Mundial, as teorias de Elton Mayo, Maslow e Herzberg sobre as motivações e necessidades do homem, recomendadas para incrementar a produtividade industrial, foram, sobretudo, uma condição imposta pelos Estados Unidos para implementação do plano Marshall de apoio à recuperação da Europa no pós-guerra.

Segundo Laville (2007), ainda no período antecedente ao nascimento oficial da ergonomia após a 2ª Guerra Mundial, surgiram alguns atores que se preocuparam em adaptar os meios de trabalho ao homem: médicos e sanitaristas que descreveram, em primeiro plano, as consequências do trabalho para a saúde e também caracterizaram formas de identificação dos mecanismos de prevenção; engenheiros e organizadores do trabalho que estabeleceram normas e desenvolveram meios técnicos para aumentar a produtividade e substituir o trabalho físico do homem por máquinas; pesquisadores; físicos e fisiologistas na busca da compreensão do funcionamento do corpo humano, com o fim de realizar uma seleção baseada nas características do trabalho.

Desde a Antiguidade na Europa, e no decorrer dos séculos, duas grandes preocupações se desenvolveram e fizeram-se presentes na gênese da ergonomia francófônica, ocorrida em 1963 (LAVILLE, 2007):

a) facilitar e aumentar o rendimento do trabalho humano;

b) identificar suas consequências na saúde.

Bernardino Ramazzini (1633-1714), médico italiano do período da Renascença, descreveu em 1700 no seu livro *De Morbis Artificum Diatriba* (Tratado sobre as Doenças dos Trabalhadores) os perfis de adoecimento de 40 profissões, ampliando posteriormente para 52 profissões na edição aumentada de 1713, o que reforçou o nexos de causalidade entre trabalho e saúde. “Qual é a sua profissão?” foi a pergunta sugerida já naquela época por Ramazzini, para ser feita pelos colegas médicos durante a realização de anamnese. Além disso, recomendou que os locais de trabalho fossem visitados, melhorados e que os trabalhadores fossem alertados a respeito dos riscos. Somente muito tempo depois, tais recomendações foram colocadas em prática e, ainda assim, não universalmente (GOELZER, 2013).

Laville (2007) destaca que, no começo do século XIX, Patissier completou os estudos sobre o saturnismo – qualificado por Mendes e Waissmann (2013) como a intoxicação profissional pelo chumbo – e descobriu a silicose, patologia que, de acordo com Algranti *et al.* (2013), é provocada pela inalação de poeira contendo sílica livre cristalina.

Apesar desse período se caracterizar pela intervenção dos médicos e sanitaristas, preponderantemente por meio de medidas de proteção individual e não quanto à supressão das causas no nível do trabalho, Laville (2007) destaca que Patissier foi além da proteção estritamente individual, recomendando a colocação de dispositivos de proteção nas máquinas (p. ex., envoltório para esmeril) e desenvolvendo pesquisas técnicas que viabilizassem a concepção de máquinas que minimizassem os trabalhos pesados e perigosos (p. ex., máquinas de lavar para as lavadeiras).

O que também caracteriza essa fase é o pouco desenvolvimento dos meios de mensuração, o que levou os médicos a desempenharem um papel relevante por meio da observação fina do trabalho e através do questionamento – prática médica de exame atento dos sinais clínicos das doenças e de indagação dos pacientes. Igualmente requer ênfase a atuação dos engenheiros, que procuraram definir normas e depois propor técnicas para diminuir a carga física, tendo em vista que até o fim do século XIX apenas o trabalho físico era reconhecido e o operário era considerado meramente como um elemento de conversão de energia química em energia física (LAVILLE, 2007).

Nesse contexto, ainda que de forma empírica, o papel dos próprios trabalhadores revelou-se fundamental na medida em que eles mesmos fabricavam suas próprias ferramentas de trabalho ou se faziam muito próximos de quem as fabricava para eles, fato que se evidencia na diversidade de martelos e ferramentas de corte adaptadas ao objeto trabalhado, ajustadas

em relação aos resultados esperados ou às características dos usuários que as utilizavam. Contemporaneamente, Laville (2007) observa que:

...esse papel dos usuários persiste: os meios de trabalho sejam eles ferramentas, sistemas de comando de máquinas, a organização do espaço, ou a organização do próprio trabalho, concebidos por outros, são com frequência modificados, ajustados pelos operadores quando estes podem fazê-lo, para responder às suas características e às exigências de padrão e segurança. (LAVILLE, 2007, p. 21).

Para se assimilar o desenvolvimento da ergonomia como uma disciplina faz-se necessário inseri-la no contexto socioeconômico da época de sua formalização. Naquela época, as indústrias européia e norte-americana passavam por uma adaptação ao cenário do pós-guerra, esforçando-se para aumentar a produção mesmo diante de evidente carência de mão-de-obra qualificada e de matéria-prima (ABRAHÃO *et al.*, 2009).

Desde suas origens, e mais particularmente na década de 1970, a ergonomia se interrogava sobre suas possíveis contribuições e a extensão de suas ações às questões sociológicas e econômicas das empresas.

No entanto, no início da década de 1980, passou-se de uma crise do trabalho a uma crise do emprego, onde as condições de trabalho se tornaram menos prioritárias no rol das preocupações sociais. Na década de 1990, a ergonomia se colocou questões como interações com o contexto social, técnico e econômico e critérios de gestão das empresas. No curso da história do trabalho e das técnicas, da história dos movimentos sociais, da história das ciências e das ideias, a história da ergonomia se entrelaça. Com a constante evolução do trabalho e dos trabalhadores essa história torna-se infundável, na medida em que se colocam novas questões (LAVILLE, 2007).

Falzon (2015) afirma que o objetivo original da ergonomia, qual seja adaptar o trabalho ao homem, por suposto permanece louvável, no entanto, ele coloca em questão se atualmente tal objetivo é suficiente e se fornece respostas adequadas às demandas das pessoas, da sociedade e das organizações. Ressalta que o objetivo da ergonomia quanto ao desenvolvimento dos indivíduos deve se basear na elaboração de cenários ou ações que conduzam a um maior sucesso e à obtenção ou construção do *savoir-faire*, dos conhecimentos e das habilidades. E que igualmente, no tocante ao desenvolvimento das organizações, deve se apoiar na integração de processos reflexivos dentro das próprias organizações, que proporcionem o desenvolvimento da capacidade de inovação dos trabalhadores, concedendo-lhes liberdade de atuação, que inclua a capacidade de construir e reconstruir constantemente as regras de trabalho.

Neste sentido propositivo de uma evolução da prática ergonômica, a ergonomia não pode quedar-se satisfeita com uma visão circunscrita e estática de *adaptação*, abordagem que restringiria seu propósito a projetar sistemas adequados ao trabalho a partir de definições estabelecidas pontualmente em um determinado momento. E mais, projetados para os trabalhadores de acordo com o estado em que eles se encontram em um momento particular e limitada ao modo com as organizações operam “aqui e agora” (FALZON, 2015).

2.1.2 Conceitos em ergonomia

Transformações socioeconômicas e, mormente, a evolução das tecnologias ocorridas no mundo do trabalho modularam o desenvolvimento da ergonomia (ABRAHÃO *et al.*, 2009). A definição adotada no ano 2000 pela *International Ergonomics Association* (IEA) marca uma mudança na visão que a disciplina tem de si mesma, ao mesmo tempo em que distingue ergonomia física, cognitiva e organizacional (FALZON, 2007).

De acordo com a definição validada pela IEA, em 2000, cuja elaboração espelha o resultado do entendimento das diferentes sociedades científicas internacionais (ABRAHÃO *et al.*, 2009), tem-se que:

A ergonomia (ou *Human Factors*) é a disciplina científica que visa a compreensão fundamental das interações entre os seres humanos e os outros componentes de um sistema, e a profissão que aplica princípios teóricos, dados e métodos com o objetivo de otimizar o bem-estar das pessoas e o desempenho global dos sistemas. Os profissionais que praticam a ergonomia, os ergonomistas, contribuem para a planificação, concepção e avaliação das tarefas, empregos, produtos, organizações, meios ambientes e sistemas, tendo em vista torná-los compatíveis com as necessidades, capacidades e limites das pessoas (FALZON, 2007, p. 5).

Enquanto que as áreas de especialização da ergonomia consistem de competências mais aprofundadas em atributos humanos específicos ou em características da interação humana, os campos de aplicação da ergonomia passam por constante evolução e não são excludentes entre si. Novos campos de aplicação frequentemente surgem, ao mesmo tempo em que os campos existentes desenvolvem novas perspectivas (FALZON, 2007).

As áreas de especialização da ciência ergonômica não são setores meramente identificados com os campos de aplicação, elas remetem a formas de competência dos ergonomistas adquiridas pela formação e/ou pela prática. As características de cada área de especialização da ergonomia estão sumarizadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Características das áreas de especialização da ergonomia

Área de especialização	Objeto de estudo	Temas relevantes
Física	Características anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas do homem em sua relação com a atividade física.	As posturas de trabalho, a manipulação de objetos, os movimentos repetitivos, os problemas ósteo-musculares, o arranjo físico do posto de trabalho, a segurança e a saúde.
Cognitiva	Processos mentais, como a percepção, a memória, o raciocínio e as respostas motoras com relação às pessoas e outros componentes de um sistema.	A carga mental, os processos de decisão, o desempenho especializado, a interação homem-máquina, a confiabilidade humana, o estresse profissional, a formação dos operadores e sua relação com a concepção pessoa-sistema.
Organizacional	Otimização dos sistemas sociotécnicos, incluindo sua estrutura organizacional, regras e processos.	A comunicação, a gestão dos coletivos, a concepção do trabalho, a definição dos horários de trabalho, o trabalho em equipe, a concepção participativa, a ergonomia comunitária, o trabalho cooperativo, as novas formas de trabalho, a cultura organizacional, as organizações virtuais, o teletrabalho e a gestão pela qualidade.

Fonte: Adaptado de *International Ergonomics Association* (2000)

Falzon (2007) argumenta que a prática real de um ergonomista tende a ser exercida preferencialmente em determinados campos de aplicação e em certas áreas de especialização. Observa que a maioria dos ergonomistas chega à disciplina depois de ter concluído uma graduação inicial em alguma outra ciência e, ao formar-se posteriormente em ergonomia, esse profissional passa a compreender de forma diferente sua formação inicial, quando se sente mais atraído ou melhor preparado para certos tipos de questões ou problemas.

O interesse do ergonomista não deve se focalizar na atividade de trabalho por si só. Uma melhor compreensão implica em realizar uma avaliação crítica da operação da empresa, a qual só se justifica se houver permissão para realizar uma transformação do trabalho, por meio de uma análise de caráter particular. Neste cenário, a forma como os operadores realizam de fato o trabalho que lhes foi confiado representa o ponto de partida (GUÉRIN *et al.*, 2001).

Com relação ao objeto de estudo da ergonomia tem-se que:

A ergonomia tem por objeto o trabalho, mas é preciso reconhecer que a palavra “trabalho” abrange várias realidades, como mostra seu uso corrente. É utilizada, conforme o caso, para designar as condições de trabalho (trabalho penoso, trabalho pesado...), o resultado do trabalho (um trabalho malfeito, um trabalho de primeira...) ou a própria atividade de trabalho (fazer seu trabalho, um trabalho metódico, estar sobrecarregado de trabalho...) (Guérin *et al.*, 2001, p. 11).

A ergonomia desenvolve uma abordagem holística do homem, onde este é pensado simultaneamente em suas dimensões fisiológicas, cognitivas e sociais. Além disso, não se trata apenas de estudar o sujeito em atividade, mas de produzir conhecimentos úteis à ação,

quer se trate da transformação ou da concepção de situações de trabalho e de seus objetos técnicos (FALZON, 2007).

Leplat e Montmollin (2007) observam que a ergonomia recorre com frequência a um conjunto de disciplinas da biologia humana: antropologia física, anatomia, fisiologia e suas derivações, fisiologia sensorial e muscular, neurofisiologia etc., as quais são requisitadas pelos estudos ergonômicos e variam de acordo com os tipos de atividades estudadas. A dinâmica de mudanças da preponderância de atividades tipicamente musculares para atividades com predominância do componente cognitivo acarreta na modificação das disciplinas envolvidas.

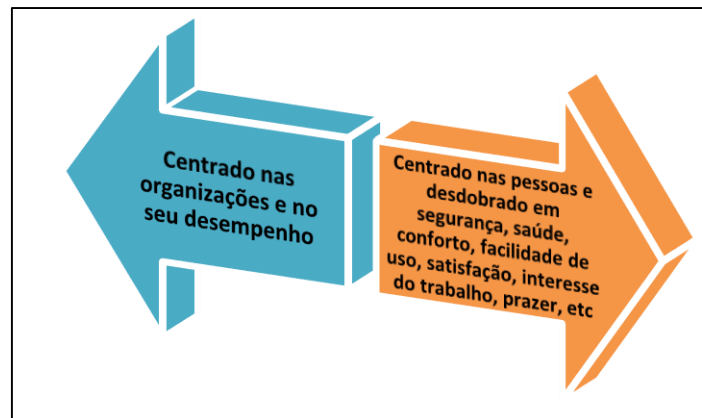
Outro conjunto de disciplinas com as quais a ergonomia se avizinha, sem que isto, no entanto, implique em perda de autonomia e especificidade enquanto disciplina, são a medicina do trabalho, as ciências cognitivas, a psicologia do trabalho, a sociologia do trabalho, a organização do trabalho e as ciências da gestão. Esta lista de disciplinas não é definitiva, tendo em vista que as relações com as ciências da educação na formação dos ergonomistas, ou as relações com a engenharia na construção de um diálogo proveitoso com os responsáveis pela concepção e adequação das condições de trabalho também se fazem presentes na interdisciplinariedade presente na ergonomia (LEPLAT; MONTMOLLIN, 2007).

Como disciplina de engenharia, a ergonomia deve elaborar conhecimentos sobre a ação ergonômica, quais sejam metodologias de análise e intervenção nas situações de trabalho, metodologias de participação na concepção e avaliação dos dispositivos técnicos e organizacionais. Cabe à ergonomia identificar claramente conhecimentos sobre o homem e conhecimentos sobre a ação, concebendo igual relevância a ambos (FALZON, 2007).

De acordo com Abrahão *et al.* (2009), a ergonomia se apresenta como um corpo de conhecimentos a respeito do trabalho e um conjunto de procedimentos sistemáticos de análise, voltados para uma abordagem sistêmica das características da atividade humana. Apontam ainda que a disciplina ergonômica tem como objetivos a transformação do trabalho em suas diversas dimensões e sua adaptação às características e aos limites do ser humano.

Para Falzon (2007), a ergonomia proclama a busca de dois objetivos que convivem de forma tensa (Figura 2).

Figura 2 – Objetivos antagônicos da ergonomia



Fonte: Adaptado de Falzon (2007)

Essa duplicidade de objetivos requer que dois elementos sejam previamente integrados: a noção de regulação e a diferença entre tarefa e atividade.

A noção de regulação, pressupondo a existência de um sistema dinâmico, refere-se a um mecanismo de controle que checa os resultados de um processo com relação a uma produção desejada e ajusta esse processo no tocante à diferença constatada. Neste sentido, a regulação compreende uma dinâmica, dividida sequencialmente, primeiro através da identificação da diferença em relação a um estado pretendido, seguida por um juízo de aceitabilidade que diagnostica essa diferença e, finalmente e se necessário, uma ação, que é a regulação propriamente dita (GUÉRIN *et al.*, 2001).

A tarefa, conforme ensina Falzon (2007), caracteriza-se de modo permanente por objetivos, nível de exigência, meios, critérios a respeitar etc.; por outro lado, caracteriza-se de modo instantâneo por uma instrução específica, pela carga de trabalho momentânea, etc. Enquanto isso, a atividade resulta de um acoplamento entre condições internas e externas.

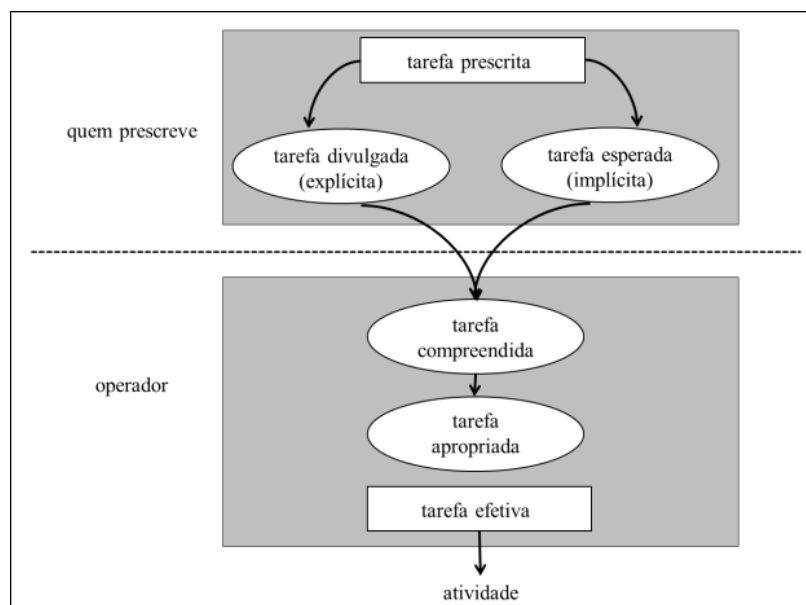
Segundo Falzon (2015), o modelo clássico de regulação da atividade humana parece sugerir que o acoplamento entre a tarefa e o operador seja um processo simples de emparelhamento das características do sujeito com as da tarefa. No entanto, não é este o caso. As características das tarefas, em particular, podem levar a dificuldades neste acoplamento e na mobilização do sujeito: as restrições de trabalho, materiais ou imateriais, podem ser tão intensas que minimizam as margens de manobra; os requisitos prescritos podem estar em desacordo com os desejos do operador, levando-o a realizar um trabalho que vai de encontro com seus próprios padrões de qualidade ou de ética pessoal. Tais dificuldades são agravadas quando essas disparidades e contradições não podem ser discutidas coletivamente dentro da

organização, enclausurando o indivíduo em um embate solitário com a organização e com suas prescrições.

Conceitos básicos em ergonomia relacionados à tarefa, à atividade e à noção de regulação são resumidos esquematicamente na Figura 3 e assim descritos (FALZON, 2007):

- a) Tarefa – o que deve ser feito e que é prescrita pela organização, definida pelo objetivo e pelas condições de sua realização;
- b) Tarefa explícita – tarefa oficialmente prescrita;
- c) Tarefa esperada – prescrição implícita, tarefa que é preciso realmente executar levando-se em conta os acasos técnicos e organizacionais;
- d) Tarefa prescrita – reúne a tarefa explícita e a tarefa esperada;
- e) Tarefa efetiva – constituída pelos objetivos e restrições que o sujeito coloca para si mesmo;
- f) Tarefa compreendida – o que o operador pensa que se pediu a ele para fazer;
- g) Tarefa apropriada – tarefa definida pelo operador a partir da tarefa compreendida;
- h) Atividade – o que é feito, o que o sujeito mobiliza para efetuar a tarefa;
- i) Regulação - consiste em um mecanismo de controle que compara os resultados de um processo com uma produção desejada e ajusta esse processo em relação à diferença constatada.

Figura 3 – Da tarefa à atividade



Fonte: Falzon (2007)

Leplat (2004) afirma que o estudo da complexidade da tarefa deve abranger seu detalhamento, as características do agente que a executa e a finalidade que a tarefa tem para ele, sendo necessário, portanto, caracterizar a relação entre o agente e a tarefa. Neste contexto, a complexidade da tarefa representa a distância existente entre o que deve ser feito e o que o operador tem ao seu dispor para realizá-la, ou seja, a distância entre as exigências da tarefa e as possibilidades do operador. O autor conclui a partir daí que um processamento apropriado pelo agente conduz ao alcance do resultado da tarefa em função de suas capacidades e de competências específicas mobilizadas para realizar seu trabalho.

O entendimento de outros conceitos em ergonomia também é fundamental quando se pretende realizar uma abordagem ergonômica com foco na análise da atividade de trabalho, em busca de respostas para as questões presentes no núcleo das atividades produtivas. Tais conceitos são: variabilidade; carga de trabalho; e, modos operatórios.

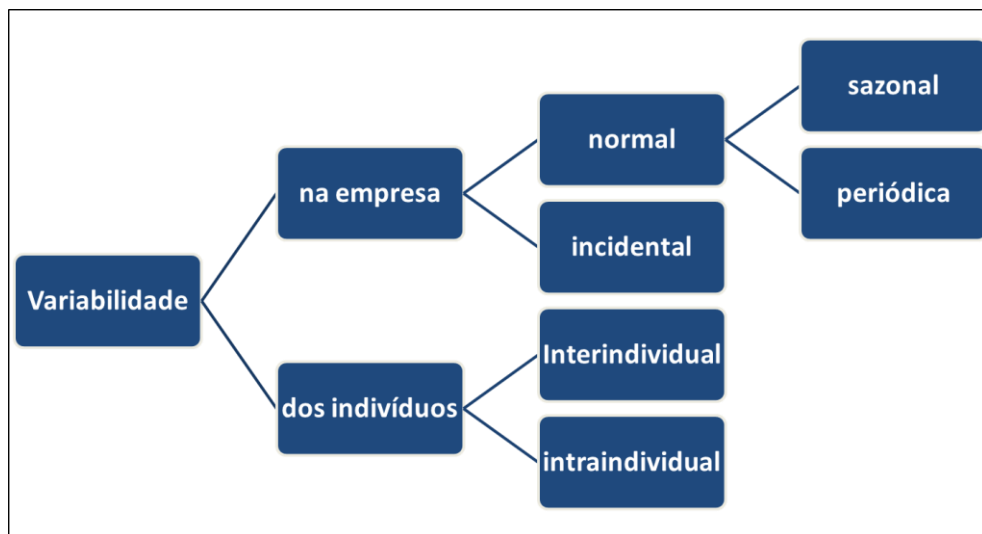
Quanto à questão da variabilidade, geralmente as organizações se estruturam para conter ou pelo menos minimizar os fatores aleatórios na produção ou no fornecimento de serviços, entretanto sempre existirá uma variabilidade importante, indeterminada, a qual pode ser descrita como uma instabilidade implícita ao sistema homem-trabalho. A ergonomia distingue dois gêneros de variabilidades: a variabilidade na empresa e a variabilidade dos indivíduos (GUÉRIN *et al.*, 2001).

Com relação à variabilidade na empresa, duas espécies são apontadas: a variabilidade normal, decorrente do próprio tipo de trabalho realizado e a variabilidade incidental, resultante de episódios aleatórios e desconhecidos. A parcela da variabilidade normal é dita previsível, ou controlada pelo menos parcialmente, e pode ainda ser distinguida em duas categorias – uma do tipo sazonal, no volume da produção, e outra periódica, decorrente da natureza da produção (GUÉRIN *et al.*, 2001).

Relativo ao gênero variabilidade dos indivíduos também é feita uma distinção entre duas espécies: uma interindividual e outra intraindividual. No primeiro caso, a diversidade interindividual é consequência da conclusão de que o “trabalhador médio”, tão ao gosto do taylorismo, não existe. O mesmo posto de trabalho, ocupado por duas pessoas distintas, apresentará duas situações de trabalho específicas: os operadores altos ou baixos adotarão posturas diferentes, os que têm mais experiência farão uso de estratégias diversas daquelas adotadas pelos que são menos experientes. Ainda que o resultado produzido pareça idêntico, os esforços, os raciocínios usados e a fadiga resultante não terão sido equivalentes (GUÉRIN *et al.*, 2001).

Junte-se a essa diversidade entre as pessoas as variações da condição de cada um, ou seja, a variabilidade intraindividual. Essas variações ocorrem, simultaneamente, em escala diária, semanal e trimestral, e ao longo dos anos (GUÉRIN *et al.*, 2001). Estão relacionadas ao ciclo circadiano, às alterações hormonais, à fadiga, à aprendizagem, por exemplo (ABRAHÃO *et al.*, 2009). Um diagrama esquemático dos tipos de variabilidades é demonstrado na Figura 4.

Figura 4 - Variabilidade



Fonte: Adaptado de Guérin *et al.*, 2001

O exercício de revisão da prescrição alimenta a atividade para dar conta das variabilidades. A atividade, por sua vez, materializa-se como a fonte de um processo duradouro e dinâmico de verificação das prescrições, reformando-as a partir do coletivo de trabalho, gerando espaços de discussão e o confronto de lógicas diferentes (BAZET, 2002; CARBALLEDA, 2002; HUBAULT, 2004; SIX, 2002). Vê-se que o ponto de vista da atividade não tem a função de impedir a prescrição, mas sim, de renová-la.

O conceito de carga de trabalho, apesar de tradicional e muito difundido, é problemático, uma vez que faz alusão à ideia de medição do trabalho. Medidas de fadiga, de consumo de oxigênio e de força física são precursoras do conceito de carga de trabalho na visão clássica da ciência, a partir da qual “qualquer conhecimento seria válido se os fenômenos analisados fossem mensuráveis e decompostos em variáveis, a fim de lhes atribuir uma relação de causa e efeito” (ABRAHÃO *et al.*, 2009, p. 65).

Ainda que tenha alguma validade, a definição de carga de trabalho nessa perspectiva é, no entanto, limitada e simplificadora da realidade, porquanto não seja capaz de dar conta de

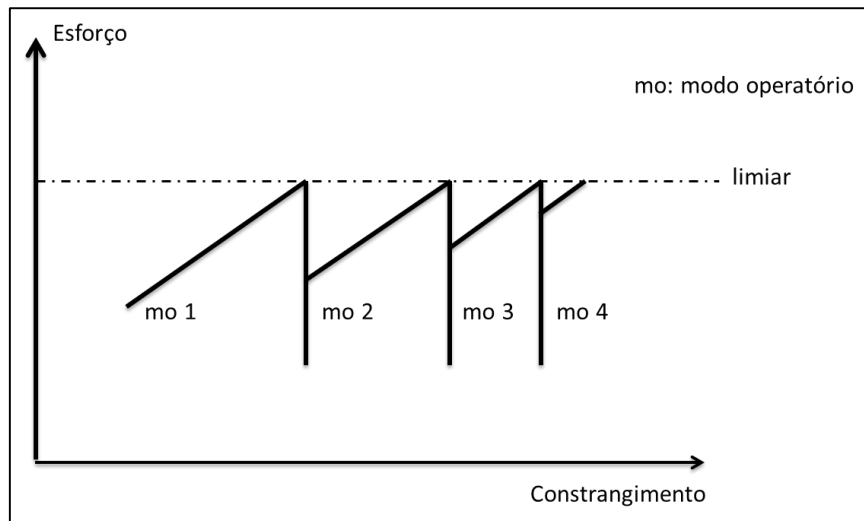
questões fundamentais como das variabilidades, das diferentes estratégias e das inter-relações entre os fenômenos (ABRAHÃO *et al.*, 2009).

Noutra perspectiva, a percepção da carga de trabalho pode ser apreendida através do entendimento da margem de manobra à disposição do operador para elaborar modos operatórios em determinado momento, visando alcançar os objetivos determinados sem, contudo, gerar consequências adversas sobre o seu próprio estado físico ou psíquico. Formular modos operatórios que atendam a esses requisitos e alternar as formas de trabalhar equivale a uma carga de trabalho moderada. Com base nesse pressuposto, deve-se entender, portanto, que uma redução dos possíveis modos operatórios implica em um aumento da carga de trabalho e uma consequente redução na quantidade de possíveis maneiras de se organizar. Em um cenário extremo, no qual nenhum ou um único modo operatório é possível, o objetivo não será alcançado independentemente daquilo que se faça (GUÉRIN *et al.*, 2001).

O outro conceito – modos operatórios adotados pelos indivíduos no trabalho – é o resultado de um compromisso que leva em consideração os objetivos exigidos, os meios de trabalho, os resultados produzidos e as informações de que dispõe o trabalhador sobre os resultados e seu estado interno. De acordo com a situação, a margem de manobra disponível para o operador alcançar os objetivos de produção é maior ou menor. Na maioria das vezes observam-se tentativas por parte dos operadores de antecipar os eventos futuros e planejar o desenvolvimento posterior de sua atividade, planejamento que é normalmente reconsiderado na medida em que novos eventos surgem (GUÉRIN *et al.*, 2001).

Para Spérandio (1972), existe uma relação direta e recíproca entre modo operatório e carga de trabalho, na medida em que a carga de trabalho resulta da aplicação de um determinado modo operatório, ou seja, o constrangimento projeta um esforço. E no sentido contrário, a carga de trabalho motiva a mudança do modo operatório. O modelo de regulação dos modos operatórios em função do esforço proposto por Spérandio está demonstrado na Figura 5.

Figura 5 – A regulação dos modos operatórios em função do esforço



Fonte: Adaptado de Spérandio (1972)

A análise do modelo apresentado por Spérandio, levam Falzon e Sauvagnac (2007) a concluírem que a partir de um conjunto de modos operatórios disponíveis, quando o nível de exigência da tarefa é baixo o operador utiliza um modo pouco operatório que requer maior esforço, embora satisfazendo mais critérios. Na medida em que esse nível de exigência cresce, o esforço aumenta até alcançar um limiar próprio de cada sujeito, momento no qual é desencadeada a escolha de outro modo operatório que exija menos esforço. Esse processo se comporta de maneira cíclica, caso o nível de exigência continue a aumentar.

Falzon e Sauvagnac (2007) apontam que o vínculo entre constrangimento e esforço é mediado pelos recursos disponíveis, os quais influem no esforço demandado. E observam ainda que esse processo não é interminável, pois, quando o conjunto de opções de modos operatórios acaba, a regulação da carga de trabalho torna-se inviável por essa via. Nesse caso, então, um segundo critério de regulação pode intervir, tendo por objeto as próprias exigências da tarefa.

2.1.3 Abordagem ergonômica do trabalho

As análises ergonômicas do trabalho colocam em evidência que a tarefa prescrita não constitui um modelo adequado da atividade e que, além disso, o agente é quem de fato define a tarefa que ele quer executar, denominada como tarefa redefinida (LEPLAT, 2004).

A ação ergonômica, segundo Falzon (2007), visa eliminar ou limitar os efeitos indesejáveis que afetam o operador ou a tarefa. Para tanto, o ergonomista pode buscar transformar as condições internas do agente, por exemplo, formando-o melhor. Ou pode melhorar as condições externas da tarefa modificando os seus constrangimentos, tornando a tarefa mais flexível ou aumentando os recursos do ambiente.

Uma análise ergonômica do trabalho tem como objeto central o exame, através da avaliação das atividades dos trabalhadores, da interação entre o sistema de trabalho e os operadores em todas as suas formas – física, mental, comunicacional, etc. As causas de desempenho degradado podem ser elucidadas e, conseqüentemente as modificações necessárias podem ser elaboradas através da análise das atividades, levando-se em conta simultaneamente as características do trabalho observado dos operadores e os elementos do ambiente de trabalho, considerando-se tanto como eles são apresentados, quanto como são percebidos pelos operadores (MARMARAS; PAVARD, 1999).

Alguns aspectos da análise da atividade são essenciais na abordagem ergonômica do trabalho. Procura-se assimilar a atividade no curso da situação real de trabalho, levando-se em consideração a variabilidade da situação nos seus aspectos humanos, organizacionais e materiais, a caracterização detalhada dos modos operatórios do trabalhador e a organização dinâmica da atividade, especificando conhecimentos informais, regulações internas, estratégias e processos de decisão (LIMA, 1992).

Em uma perspectiva tradicional, na qual a relação homem-máquina é percebida de forma estática, os problemas investigados pela ergonomia restam predominantemente circunscritos ao projeto do posto de trabalho e às funções psicofisiológicas do trabalhador. Nesse contexto, a ergonomia dos fatores humanos ainda pode postular alguma eficácia na melhoria das condições de trabalho, em especial quanto aos atributos de dimensões, posturas e esforços físicos, apresentação de informações (visibilidade, legibilidade) e manuseabilidade de comandos e controles (LIMA; SILVA, 2002).

Tal abordagem tradicional revela-se sobremaneira insuficiente para conseguir capturar as relações dinâmicas existentes entre o indivíduo no trabalho e a situação de trabalho. Lima e Silva (2002) afirmam que são nas situações típicas de trabalho, resultantes da implantação das modernas tecnologias de automação, que a análise da atividade baseada na abordagem da ergonomia francofônica encontra espaço e apresenta uma diversidade de possibilidades.

Abrahão *et al.* (2009) afirmam que a análise da atividade guia o ergonomista através de um olhar diferente por meio do qual se pode desvendar parte dos mistérios subjacentes no

ato de trabalhar dos indivíduos, indo além dos aspectos associados somente à ergonomia dos mobiliários ou artefatos ditos ergonômicos (como cadeiras, teclados e mouses).

A ergonomia francofônica distinguiu-se progressivamente da ergonomia anglo-saxã na medida em que se tornou uma ergonomia centrada na análise da atividade estudada em situação de trabalho, ou seja, a atividade situada em seu contexto técnico e organizacional e nas relações entre os constrangimentos da produção (LAVILLE, 2007).

Wisner (1994) ressalta a familiaridade dos autores franceses da ergonomia com a AET desde a década de 1950 do século passado, com a publicação da obra *L'analyse du travail*, por Ombredane e Faverge, em 1955. E acrescenta que através da AET realiza-se uma observação detalhada de fases críticas das operações, nas quais ocorrem, possivelmente, os erros ou dificuldades e registra-se o conjunto de comportamentos do operador, os quais frequentemente diferem da atividade prescrita pela organização.

De acordo com Menegon, Camarotto e Matusita (1998), o objetivo primordial da AET é estabelecer, na perspectiva dos trabalhadores, um diagnóstico das condições materiais e imateriais, que refletem a situação de trabalho, e das recomendações relativas ao campo da ergonomia.

As abordagens ergonômicas provenientes da corrente francofônica buscam favorecer uma consideração do trabalho real, onde a análise da atividade nas situações de trabalho real é o fio condutor da abordagem ergonômica (DANIELLOU; BÉGUIN, 2007; ABRAHÃO *et al.*, 2009).

De acordo com Marmaras e Pavard (1999), a motivação para uma análise do trabalho inspirada na abordagem dos ergonomistas franceses tem sido a contradição encontrada entre os resultados de estudos experimentais e aquilo que é observado em situações reais de trabalho, o que levou os ergonomistas franceses a retirar-se do laboratório experimental e a transformar as situações reais de trabalho no seu campo de pesquisa predominante.

A análise da atividade proposta pela abordagem da ergonomia francofônica contribui para trazer uma descrição da atividade de trabalho – uma representação de uma situação de trabalho que relacione a atividade, a produção e a saúde dos operadores. Dessa forma, a análise do trabalho modifica a representação dos problemas identificados junto aos interlocutores envolvidos – operadores e gestores da empresa, representantes dos trabalhadores, dentre outros. (GUÉRIN *et al.*, 2001).

2.2 CONFIABILIDADE HUMANA

2.2.1 Princípios e conceitos

A avaliação da confiabilidade humana examina a execução das ações humanas em um determinado sistema, levando-se em conta suas limitações e os aspectos que influenciam o seu desempenho.

Da mesma forma que a confiabilidade técnica é definida como a capacidade que um dispositivo do sistema técnico tem para realizar, sob certas condições e num dado período, uma função desejada, a confiabilidade humana representa a capacidade de realização, pelo operador humano, de uma missão necessária, atuando sob certas circunstâncias e em determinado intervalo de tempo (VILLEMEUR, 1998).

Um dos pioneiros a adaptar o conceito de confiabilidade técnica relativo a máquinas e equipamentos foi Rook (1962) que propôs uma definição acerca da confiabilidade humana associando-a a capacidade do indivíduo para, sob condições bem definidas e respeitando determinado prazo, concluir com sucesso o encargo que lhe foi atribuído.

Já uma noção probabilística de confiabilidade humana é fornecida por Swain e Guttman (1983) como sendo a probabilidade de uma pessoa desempenhar corretamente alguma atividade requerida pelo sistema em determinado período de tempo (se o tempo for um fator limitante) e não desempenhar atividade estranha que possa degradar o sistema.

Observa-se que as definições propostas por estes autores convergem para uma representação da capacidade do indivíduo em assegurar confiabilidade ao sistema através de suas condutas.

Faye (2007) afirma que a confiabilidade humana pode ser definida tanto como uma propriedade quanto como uma disciplina. Como propriedade, a confiabilidade humana representa a capacidade do homem para realizar sua tarefa sem erro. Como disciplina, é o conjunto de conhecimentos sobre a previsão, a análise e a redução do erro humano, enfocando o papel do indivíduo nas operações de projeto, de manutenção e de gestão do sistema sociotécnico.

Importante esclarecer que sistemas sociotécnicos presumem a existência da relação entre as pessoas e a tecnologia (estruturas, ferramentas e processos), ambos presentes simultaneamente nos ambientes de trabalho. Ou seja, estes dois componentes fazem parte do mesmo sistema e, desta forma, não se pode dissociar o sistema técnico da existência do

sistema social, o qual é representado pelas pessoas com suas competências, seus conhecimentos, sua missão e sua cultura (BALBINOTTI, 2013).

Baseado em Pasmore e Sherwood (1978), na abordagem sociotécnica as pessoas, a tecnologia e o trabalho, bem como suas interfaces, são colocados concomitantemente em foco, fazendo com que a análise se aproxime da realidade complexa que resulta das influências recíprocas entre estes três elementos e de suas adaptações mútuas.

Ao modelar fatores técnicos de um sistema é comum se assumir que as entidades são idênticas ou pelo menos semelhantes na maioria dos aspectos. Os indivíduos, entretanto, podem divergir com relação as suas próprias preferências (NAN; SANSAVINI, 2016).

Neste cenário, visando o atingimento de um objetivo primordial, que é identificar como o trabalhador mantém ou restabelece o estado normal do sistema, deve-se proceder ao exame das condições que permitem um adequado relacionamento entre o elemento humano e os componentes tecnológicos e organizacionais, e não somente observar os aspectos relacionados ao funcionamento ideal do sistema técnico.

O estabelecimento de conceitos relativos ao tema confiabilidade humana pressupõe a existência de uma relação entre as atitudes e comportamentos do ser humano e a manutenção ou restabelecimento do estado normal de operação dos sistemas produtivos nos casos de “desfuncionamento”.

Cabe aqui citar a abordagem de Vidal (2001) sobre este estado de “desfuncionamento” operacional e sua distinção em relação a uma perspectiva binária de operação do sistema produtivo, restrita a duas situações possíveis: o estado de funcionamento ideal e a situação de pane ou parada.

Quando em “desfuncionamento”, determinado equipamento ou sistema se desregula, porém, continua funcionando ainda que de modo insatisfatório, porquanto, embora se encontre fora dos parâmetros de aceitação, não está interrompido ou bloqueado. Neste estado, o processo ao invés de funcionar, “desfunciona”, resultado que leva a uma situação de disfunção (VIDAL, 2001).

Neste mesmo contexto, segundo Borges (2012) o estado desejável, ou seja, o estado normal, é aquele livre de quaisquer disfunções, sejam elas minoritárias ou relevantes. Eventos que alteram o estado normal do sistema, muito embora nem sempre conduzam à interrupção da produção devido à presença de anormalidades, requerem alguma intervenção no sistema sociotécnico.

Ainda que a degradação presente não chegue a interromper o fluxo produtivo, o restabelecimento do estado normal de funcionamento do sistema é imperativo para que não se

estabeleça o que Wynne (1988) designou por Anormalidade Normal, estado no qual os desfuncionamentos vão gradativamente se convertendo em normalidade sem que se perceba de maneira explícita, comprometendo lentamente as condições de segurança.

As experiências iniciais de quantificação da confiabilidade humana, em meados da década de 1960, foram elaboradas na indústria química com a finalidade de se introduzir nas estimativas de cálculo da confiabilidade dos elementos técnicos uma parcela correspondente à confiabilidade do operador, bem como estipular probabilidades de erros visando estabelecer uma estimativa *a priori* da confiabilidade humana.

As transformações ocorridas no contexto do desenvolvimento industrial, a partir da década de 1960, deram um impulso nas pesquisas e no uso da expressão confiabilidade em função do aumento da criticidade das falhas, da dificuldade dos projetistas em antecipar as demandas emergentes dos novos sistemas e dos custos associados à manutenção e à complexidade ascendente dos sistemas produtivos, notadamente em sistemas de risco elevado, evidenciados pelo crescimento das dimensões das empresas e pelas rápidas transformações tecnológicas.

Nesta época, foi amplamente aplicado e difundido o método de avaliação THERP (*Technique for Human Error Rates Prediction*), que conjuga o emprego de árvores de probabilidade com as causas e fatores de contribuição à insegurança, denominados Fatores de Modelagem de Desempenho, os quais às vezes são chamados de condição de desempenho comum ou condições de produção de erro (AKYUZ; CELIK, 2015). No entanto, esta técnica de avaliação considera o homem unicamente como elemento de insegurança ou, como definem Neboit *et al.* (1990), como uma fonte de não confiabilidade.

Contrapondo a visão de que o operador representa um elemento de não confiabilidade do sistema, alguns autores o posicionam como um agente de confiabilidade (QUEINEE; TERSSAC, 1987 *apud* SILVA, 2011), que reage às variabilidades e implementa modos operatórios não previstos nas prescrições das tarefas para conseguir dar conta das instabilidades do sistema.

Estudos em ergonomia desenvolvidos em 1967 por Faverge realçam a vinculação entre confiabilidade e segurança nas organizações. Posteriormente, também Faverge em 1970, dá ênfase ao papel de agente de confiança desempenhado pelo homem, na medida em que atribui exclusivamente a este ator do sistema a capacidade singular de adaptar seu comportamento às variações que se manifestam nas situações de trabalho.

Os patronos desta corrente de pensamento argumentam que o cometimento de “erros” pelo homem resulta, principalmente, da necessidade dele ter que enfrentar uma situação não

ideal (KEYSER, 1982 *apud* SILVA, 2011). Por exemplo, a obsolescência de equipamentos que não indicam corretamente parâmetros críticos de estabilidade do sistema, ou ainda, modificações realizadas no *layout* da planta industrial que bloqueiam o acesso do trabalhador a dispositivos de proteção que precisam ser operados rapidamente em situações de emergência.

Enquanto usualmente colocam-se em evidência os erros humanos, os verdadeiros elementos responsáveis pela interrupção do sistema ou pela ocorrência de um acidente permanecem ocultos.

A permanência de um sistema produtivo em operação requer a implementação de uma complexidade de ações que nem sempre o sistema técnico é capaz de dar conta. De certa forma, o sistema técnico estará sempre desatualizado diante da infinidade de variáveis externas não previstas em sua lógica pré-programada, rígida e limitada, que se baseia em fatos e eventos do passado. Não há garantias de que a análise do passado seja suficiente para abarcar todas as variabilidades futuras possíveis.

Ao contrário do sistema técnico, que é apto para processar informações internas por meio de seus automatismos, o sistema humano tem a capacidade de receber dados do ambiente externo e utilizá-los para tomar decisões, afastando-se, desta forma, da tarefa prescrita formalmente. A capacidade de antecipação do sistema humano, atributo ausente no sistema técnico, decorre do cruzamento de diversas informações que proporcionam ao operador uma representação mental eficaz do estado do sistema (BORGES, 2012).

Neboit *et al.* (1990) apontam três campos com os quais a confiabilidade humana está ligada. No campo da qualidade, a confiabilidade e, portanto, a confiabilidade humana, muitas vezes aparece como um componente essencial, uma vez que o erro pode se converter em fracasso e degradar a qualidade do produto. Noutro campo, em ergonomia, o desafio é melhorar a eficiência global dos sistemas. No entanto, é, sobretudo, no campo da segurança que a noção de confiabilidade humana é mais utilizada, porque a investigação centra-se no erro que pode ter consequências catastróficas. Por este motivo, há vasta literatura sobre acidentes e incidentes relacionados com a confiabilidade humana.

O interesse pelas pesquisas sobre confiabilidade cresceu com o início da operação de plantas nucleares empregadas na geração de energia elétrica, o que justificou sobejamente a preocupação em se garantir a segurança das instalações nucleares por meio de sistemas de proteção, àquela época baseados na previsão de possíveis acidentes através do método de árvore de falhas. Esta sistemática de análise estabelecia barreiras físicas sequenciais para evitar os acidentes, criando um aparato operacional no qual a barreira subsequente pudesse

minimizar a gravidade do acidente, ou na melhor das hipóteses garantir a segurança no caso de falha da barreira anterior (SILVA, 2011).

Usinas nucleares são notadamente sistemas complexos de segurança crítica cuja tendência é a digitalização que, por sua vez, repercute no modo como o ser humano interage com tais sistemas. Diante da insuficiência de pesquisas a respeito das mudanças provocadas sobre a experiência do operador, em função da evolução tecnológica ocorrida nas salas de controle de usinas nucleares, Liu e Li (2016) compararam salas de controle convencionais e digitais de usinas nucleares sob a perspectiva da complexidade de tarefas, obtendo nas salas de controle digitais resultados que sugerem experiências de maior complexidade e aumento da carga de trabalho dos operadores, elementos que podem reduzir sua confiabilidade. Observa-se, mais uma vez, o enfoque voltado para a análise da tarefa.

Neste mesmo contexto das usinas nucleares, mas concentrando-se na análise da atividade e, notadamente, na análise da comunicação e interação entre os operadores da sala de controle, Carvalho, Vidal e Carvalho (2007) apontam que a segurança e a disponibilidade de sistemas sociotécnicos de alta criticidade dependem de operadores humanos, seja através da confiabilidade humana, seja por meio da habilidade em lidar adequadamente com eventos inesperados.

Os autores concluíram que as diversas interações redundantes e contínuas entre os operadores, embora ocorram através de trocas verbais vagas e porosas, permitem evitar, detectar e reverter erros ou falhas de sistema por meio de antecipação e regulação. Tais ações são fundamentais para obtenção da estabilidade e da segurança do sistema.

Interpretações das definições sobre confiabilidade humana por vezes levam ao entendimento que, da mesma forma que a falha sistêmica mensura a confiabilidade técnica, a mensuração da confiabilidade humana pode ser obtida através da quantificação do erro humano, que, de acordo com Wickens, Gordon e Liu (1998), representa um comportamento inapropriado do indivíduo, o qual reduz o nível de eficiência ou de segurança de um sistema, podendo resultar ou não em acidentes ou danos.

Percebe-se a existência de uma relação implícita de dependência entre os fatores de desempenho do sistema e o erro humano, como exemplifica Hollnagel (1998) a respeito do reflexo de uma carga de trabalho excessiva sobre o nível de estresse do indivíduo.

O termo “erro humano”, usualmente associado a um comportamento inapropriado do indivíduo que trabalha diretamente com o sistema – o operador –, em geral aparece na linha de frente das investigações de acidentes, desconsiderando-se muitas vezes os eventuais erros

de projeto e as falhas da estrutura organizacional. Neste sentido, Borges (2012) ressalta a importância de se eliminar o conceito estrito do termo “erro humano”.

As definições de confiabilidade humana e a implementação de modelos de análise (*Human Reliability Analysis*, do inglês) carregam intrinsecamente uma correspondência entre acidentes e erro humano, relação esta que foi assumida por muito tempo como sendo algo indubitável, mas que contemporaneamente ainda assim continua sendo aceita.

Os paradigmas de análise que logram investigar o acidente evidenciam conclusões que desconsideram a hipótese da interferência do ser humano como sendo um fator de confiabilidade do sistema. Não raramente enquadram como erro humano quaisquer atitudes do operador que divergem da tarefa esperada, ou seja, da prescrição.

2.2.2 Ergonomia e confiabilidade humana no ambiente de trabalho

A abordagem ergonômica tem como traços marcantes o foco no ser humano em atividade visando-se entender sua relação com o ambiente laboral, compreender os constrangimentos presentes no trabalho e as consequentes regulações experimentadas pelo trabalhador, associado à utilização de recursos formais e, eventualmente, aqueles não prescritos, os quais ele mobiliza para atingir os objetivos de uma tarefa. Nestes aspectos, tal abordagem representa igualmente as características que são utilizadas pelo operador para proporcionar confiabilidade ao sistema. Esta proximidade de visões evidencia a convergência entre os elementos da confiabilidade humana que proporcionam confiabilidade ao sistema e os aspectos basilares da ergonomia.

A partir da representação da realidade presente num contexto específico de trabalho, o operador utiliza as competências que dispõe para tentar harmonizar lógicas discordantes presentes nos sistemas de produção, tais como aumento de produção com garantia da segurança, ou incremento produtivo *versus* preservação da saúde, ou ainda garantia da segurança e preservação da saúde (BORGES, 2012). É neste contexto que o operador reinventa seu trabalho por meio da redefinição da tarefa, comportamento que se revela através da implementação de modos operatórios particulares.

Endsley (2006) define a expressão “consciência da situação” como sendo a assimilação dos elementos do ambiente em um determinado tempo e espaço, bem como o entendimento do seu significado e do seu estado em um futuro próximo. Observa-se, portanto, que há uma correspondência e entre a consciência da situação e a competência humana para

representar mentalmente, de forma eficaz, a realidade atual do sistema, que conduza à tomada de decisões adequadas com base na representação da situação e nos fatores internos.

Definição equivalente no campo de conhecimento da ergonomia é fornecida por Garrigou *et al.* (1995), que conceitua a Representação como sendo uma espécie de diálogo estabelecido entre os saberes fixados na memória, as características de atividades anteriores – moduladas pelo trabalho, formação e histórico profissional – e determinada situação experimentada aqui e agora.

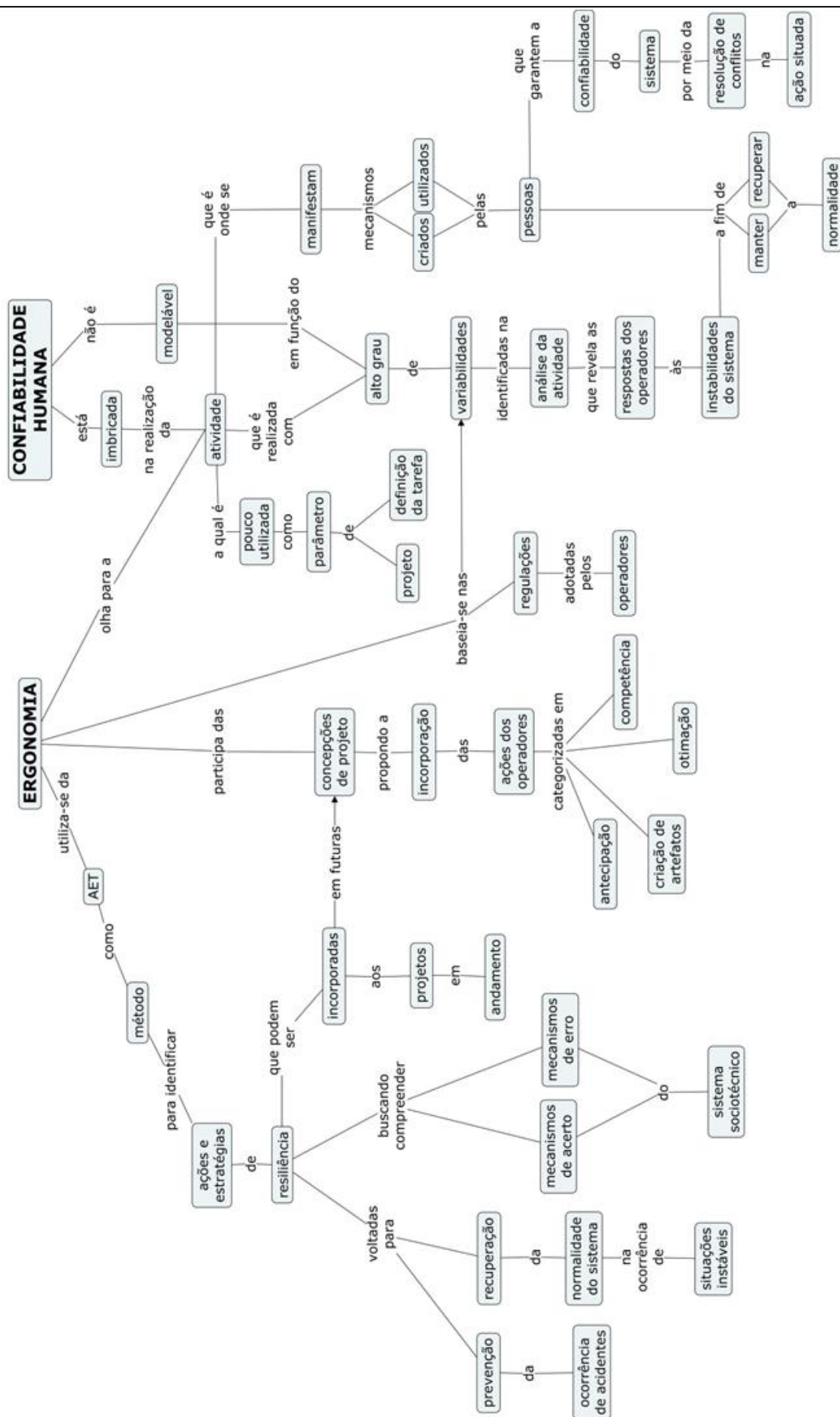
Mais uma vez os caminhos da ergonomia e da confiabilidade humana se cruzam.

Ainda neste sentido, ao admitir as oscilações do desempenho normal do sistema com sendo uma necessária acomodação para enfrentar a inevitável complexidade do mundo real, Hollnagel (2006) aproxima mais uma vez a confiabilidade humana de um dos conceitos basilares da ergonomia, relativo à inevitável lacuna entre a prescrição da tarefa e a atividade, ou seja, entre o que se espera do executor e o que de fato ele realiza.

A importância atribuída ao ser humano como mobilizador de ajustes para preenchimento desta lacuna, a qual está inserida nos princípios da ergonomia, encontra amparo nas correntes de pensamento da confiabilidade humana que defendem o papel do elemento humano como um agente de confiabilidade do sistema (FAVERGE, 1970; LLORY, 2002).

Os aspectos comuns a esta representação do papel do ser humano para a ergonomia e confiabilidade humana estão esquematizadas em um mapa conceitual apresentado em seguida (Figura 6).

Figura 6 - Mapa conceitual das áreas de conhecimento da ergonomia e confiabilidade humana



Fonte: O autor

A representação no formato de mapa conceitual indica a ocorrência de uma similaridade de conceitos entre as áreas de conhecimento da Ergonomia e da Confiabilidade Humana no tocante aos aspectos da análise da atividade, das variabilidades enfrentadas pelo indivíduo e do espaço para as regulações empregadas pelos operadores no curso da ação, em resposta às instabilidades.

A partir da análise da Figura 6, observa-se que, através da análise da atividade, a Ergonomia busca identificar ações e estratégias de resiliência do operador, as quais requerem uma transformação da situação de trabalho de forma a adaptar as atividades às exigências da tarefa. De maneira similar, a Confiabilidade Humana se materializa na execução das atividades, que é onde se manifestam os mecanismos criados ou utilizados pelas pessoas para restabelecer a confiabilidade do sistema.

3 METODOLOGIA

A obtenção de resultados consistentes em um estudo de cunho científico está diretamente associada à definição da estratégia de pesquisa, a qual consiste na escolha da unidade de análise e do objeto da pesquisa, na correta definição da abordagem a ser empregada, na aplicação da linha de pensamento mais apropriada acerca das áreas de conhecimento associadas ao objeto de estudo, além do emprego de instrumentos de pesquisa adequados. A metodologia empregada deve auxiliar o pesquisador na validação da pesquisa por meio de uma adequada resposta à questão de pesquisa (THEN, 1996).

Nesta seção são apresentadas as opções metodológicas escolhidas para operacionalizar os objetivos de pesquisa propostos, as quais se prestam a apontar o caminho percorrido ao longo da pesquisa em direção do atingimento dos objetivos estabelecidos. Estão indicadas a classificação da pesquisa, os pressupostos metodológicos, o detalhamento da pesquisa bibliográfica – incluindo-se os passos seguidos na revisão sistemática da literatura – os procedimentos metodológicos e os instrumentos que foram empregados nas etapas de coleta e análise dos dados obtidos em campo.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

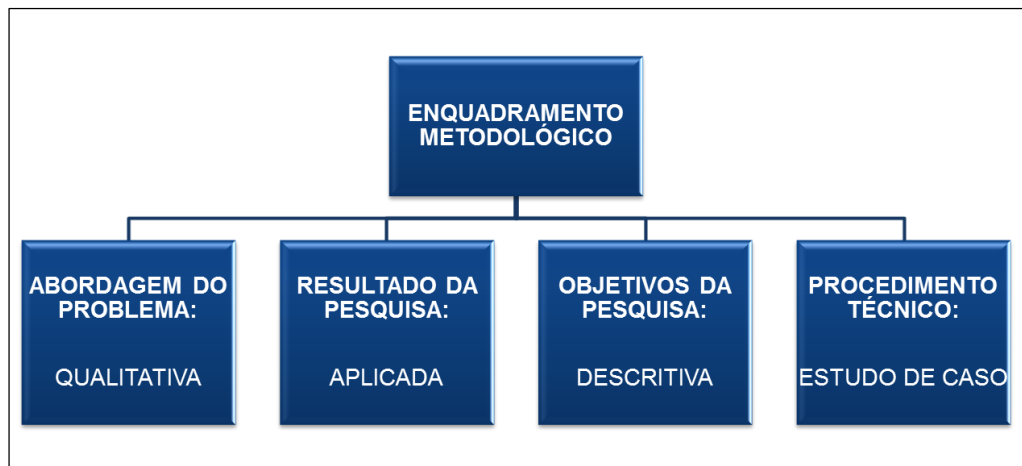
Com relação ao enquadramento metodológico, foi realizada uma pesquisa qualitativa quanto à abordagem do problema e de natureza aplicada no que se refere ao resultado, tendo em vista que se objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009).

Do ponto de vista dos objetivos foi realizada uma pesquisa descritiva, em razão de que os fatos foram observados, registrados, avaliados e ordenados sem manipulá-los, isto é, sem a interferência do pesquisador.

Acerca do procedimento técnico, o estudo de caso foi a opção mais adequada para se investigar de forma aprofundada um fenômeno contemporâneo no contexto da vida real (CAUCHICK MIGUEL; SOUSA, 2012).

As características do enquadramento metodológico estão esquematizadas na Figura 7.

Figura 7 – Classificação da pesquisa



Fonte: Adaptado de Silveira e Córdova (2009)

3.2 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS

É incomum que indivíduos distintos ao seguirem estritamente as mesmas regras atuem da mesma maneira, ou seja, os seres humanos podem diferir em suas próprias preferências, posto que se trate de entidades heterogêneas (NAN; SANSAVINI, 2016).

Durante muito tempo, tais variações foram assumidas como desvios razoavelmente aceitáveis com relação à tarefa prescrita – que supostamente deveria ser única – porém, seriam igualmente temerários, pois colocaria em risco a qualidade dos produtos. Entretanto, os resultados de numerosas análises do trabalho realizadas por ergonomistas francófonos e os trabalhos desenvolvidos por psicólogos e antropólogos americanos, sob o ponto de vista da cognição situada, “tornam obrigatória a adoção de outro ponto de vista” (WISNER, 2004, p. 38).

Neste sentido, buscou-se entender os porquês dos acontecimentos a partir do significado das ações e não em função das consequências dos atos ou do resultado final. O interesse do pesquisador concentrou-se em apurar o desenrolar dos acontecimentos que conduzem aos resultados, em especial buscou-se compreender como se chegou a eles e não em avaliar exclusivamente os resultados. A proposta da pesquisa foi privilegiar a importância dos “meios” e não mais, exclusivamente, dos “fins”.

De acordo com Abrahão *et al.* (2009), a busca dos ergonomistas é por compreender de que forma os processos mentais, ou seja, aqueles baseados na cognição humana, se manifestam nas situações de trabalho, as quais implicam na tomada de decisões e resultam nas ações empregadas pelos operadores. Os mesmos autores concluem que, a partir desta

compreensão, o conteúdo e as condições de trabalho podem ser melhorados por meio da transformação de muitas das tarefas.

A abordagem ergonômica focalizada na análise da atividade, a qual se assemelha à abordagem de pesquisa escolhida – qualitativa – concentra-se nas representações que o trabalhador concebe a cada momento sobre o estado do sistema e naquilo que o indivíduo de fato executa no seu labor.

Martins (2012) ressalta que a ênfase da abordagem qualitativa não é direcionada à estrutura das organizações ou aos elementos da estrutura do objeto de estudo, é sim voltada ao uso de técnicas de interpretação que conduzam à descrição, decodificação, tradução ou outros termos pertinentes ao entendimento dos fatos e não à frequência de ocorrência das variáveis de certo fenômeno, o que neste último caso seria algo mais voltado à abordagem quantitativa. É neste ponto que se aproximam a perspectiva ergonômica de análise da atividade e a abordagem de pesquisa qualitativa.

Para o ergonomista é de grande importância compreender como as pessoas percebem e agem com base nas informações que captam no ambiente à sua volta. Como determinado trabalhador assimila, interpreta e estrutura as informações do contexto para cumprir suas tarefas, por exemplo, alterando o ritmo de trabalho para resolver os problemas que surgem de acordo com a necessidade (ABRAHÃO *et al.*, 2009).

Martins (2012) aponta que na pesquisa qualitativa preocupa-se com a obtenção de informações sob a perspectiva do indivíduo e com o entendimento dos acontecimentos a partir do significado das ações, sem um condicionamento quanto à frequência de ocorrência das variáveis de determinado fenômeno. Aqui a preocupação reside em interpretar o ambiente no qual os acontecimentos se passam, daí a implicação na qual o ambiente da pesquisa foi o ambiente natural dos indivíduos pesquisados.

Bryman (1989) afirma que uma das particularidades da pesquisa qualitativa, e que colide frontalmente com as características da abordagem quantitativa, é justamente a proximidade com o evento estudado. Quanto a este aspecto, houve um claro afastamento da abordagem quantitativa, que tem como características marcantes o isolamento do objeto de estudo em relação às influências externas (AMARATUNGA *et al.*, 2002) e a mensuração de variáveis de pesquisa (MARTINS, 2012).

Neste sentido, a abordagem qualitativa do problema de pesquisa e a perspectiva da ergonomia de origem francesa apresentam novamente uma região de fronteira, na medida em que focalizam a observação do indivíduo em atividade, sem direcionar o objeto da observação, sem intervir no que ele executa e sem isolar o objeto de estudo, o que permite

certa flexibilidade nas observações do trabalho e na escolha dos caminhos da pesquisa visando-se compreender como os indivíduos interpretam o ambiente laboral e como se relacionam com ele.

Martins (2012) argumenta, no entanto, que o usufruto de tal flexibilidade não significa que seja permitido afrontar o rigor e o uso controlado do método científico, nem desconsiderar a orientação teórica das áreas de conhecimento envolvidas na pesquisa por meio de uma abordagem desprovida de qualquer estrutura. Trata-se de, respeitando-se os limites da pesquisa científica, conferir certo nível de liberdade a partir da qual se outorgue ao pesquisador a possibilidade de modificar a evolução do estudo em direção ao atingimento dos objetivos estabelecidos.

Apesar desta possível flexibilidade, Bryman (1989) destaca, por outro lado, que o pesquisador qualitativo não estará livre de encontrar dificuldades, por exemplo, quanto à obtenção de acesso às organizações para realização de estudos mais aprofundados. Com relação a este obstáculo a ser superado, Martins (2012) relata que:

O acesso às organizações e aos indivíduos que nela trabalham nem sempre é facilitado aos pesquisadores. Por indivíduos, aqui, entende-se desde trabalhadores até diretores e outros profissionais que não são empregados da organização, como fornecedores, por exemplo. (MARTINS, 2012, p. 52)

Uma das formas de ultrapassar este obstáculo, indicada por Buchanan, Boddy e McCalman (1988) e por Crompton e Jones (1988), é a apresentação de explicações transparentes sobre os propósitos da pesquisa, assim como uma preparação prévia do pesquisador para lidar com as reservas e preocupações da empresa quanto ao conteúdo das informações que serão utilizadas e quanto à confidencialidade.

Além disso, de acordo com Bryman (1989), o problema de acesso não se encerra com a entrada na organização, pois o pesquisador necessita igualmente de acesso às pessoas, que com frequência se preocuparão, ou com as razões do pesquisador estar lá, ou com a hipótese de terem seu trabalho avaliado. Nesta mesma esteira de pensamento, Borges (2012) destaca que, para se realizar uma observação eficaz das atividades, o pesquisador deverá dispor de elevado relacionamento e interação com o objeto de pesquisa, os quais sejam capazes de influenciar o nível de confiança dos trabalhadores no pesquisador.

Almeja-se que tal interação se materialize através do entendimento por parte dos operadores da real finalidade da pesquisa. Que seja percebida como uma investigação científica, portanto desprovida de interesses punitivos, organizacionais ou normativos, o que fatalmente resultará, sob o ponto de vista dos trabalhadores, na percepção de uma imagem

honestas, neutras e sem vieses do pesquisador. De acordo com Borges (2012), a construção de um sólido grau de confiança repercute em um elevado nível de naturalidade dos trabalhadores enquanto são observados durante a execução de suas atividades.

Na aproximação com o fenômeno estudado durante a pesquisa de campo, o pesquisador qualitativo precisa ter consciência de que, ao observar, também é observado e que, portanto, pode influenciar os indivíduos pesquisados de alguma forma. Isso requer uma administração das situações vivenciadas durante a realização da pesquisa, de modo a se evitar tanto a omissão de fatos e dados, o que empobreceria as informações coletadas, quanto à ocorrência de vieses na pesquisa (MARTINS, 2012).

3.3 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

O ponto de partida dos estudos de cunho científico é a revisão teórica, a qual resulta da seleção criteriosa do referencial bibliográfico (GOHR *et al.*, 2013).

A construção do referencial teórico do presente trabalho foi desenvolvida por meio de rastreamento bibliográfico em livros de autores conceituados, teses, dissertações e artigos de congressos, além da utilização de técnicas de revisão sistemática da literatura, com o intuito de se obter artigos científicos publicados recentemente em periódicos de elevado fator de impacto.

De acordo com Gohr *et al.* (2013) a revisão sistemática da literatura visa ordenar e simplificar a construção deste referencial bibliográfico, conferindo agilidade e confiabilidade à pesquisa, além de selecionar fontes relevantes sobre o tema a ser pesquisado de maneira rápida e eficaz.

A base *Web of Science (ISI)* foi utilizada como fonte de dados de publicações científicas, considerando-se que esta é a base que dá origem ao *Journal Citation Report (JCR)*, isto é, ao fator de impacto dos periódicos (LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2012).

A revisão sistemática da literatura teve como ponto de partida a definição do tema “Confiabilidade Humana a partir da abordagem ergonômica da atividade”. Foram utilizados os critérios de seleção empregados por Silva (2011), como meio de seleção de artigos científicos recentes sobre este tema.

Com base neste direcionamento, foram rastreados inicialmente os artigos científicos nos quais constava a expressão “*human reliability*” no campo assunto (rótulo de campo = TS (*topic*)). O resultado obtido foi de 1227 documentos.

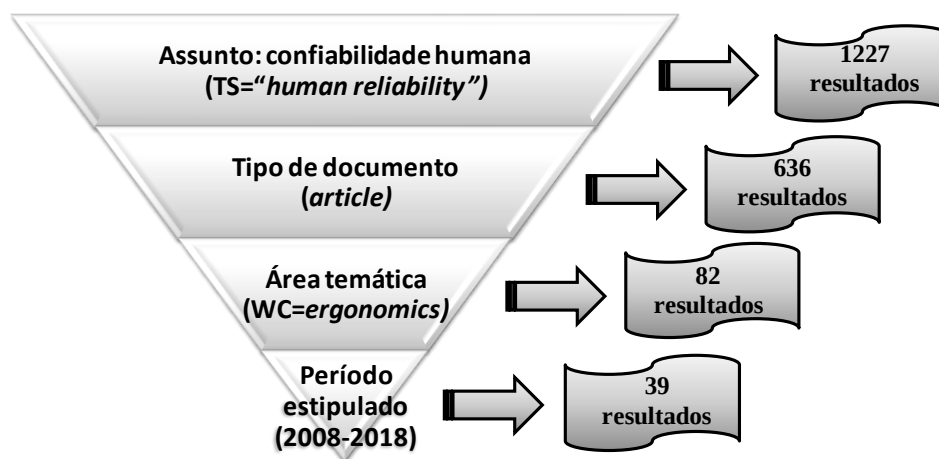
Em seguida refinou-se a busca anterior por tipo de documento (*document type*), selecionando-se apenas os artigos científicos (Tipo de documento: (*Article*)). Esta restrição teve o propósito de confiar elevada conotação científica aos conteúdos pesquisados, tendo em vista que artigos publicados em periódicos acadêmicos já atenderam, obrigatoriamente, às normas requeridas para publicação nos periódicos acadêmicos indexados na base *Web of Science (ISI)* e passaram pela avaliação rigorosa de outros pesquisadores. Nesta seleção foram alcançados 636 artigos.

Sobre este montante de 636 resultados, foi feito um novo recorte utilizando-se como critério de seleção a área temática. Foram filtrados somente os artigos que se enquadravam na área temática “*ergonomics*” (rótulo de campo = WC (Categoria *Web of Science*)). Após a aplicação deste novo este recorte, 82 artigos foram selecionados.

Finalmente, o período de busca foi confinado na janela de tempo de 2008 a 2018, ou seja, somente para as publicações realizadas nos últimos 10 anos (Tempo estipulado=2008-2018), resultando em 39 trabalhos.

A Figura 8 demonstra esquematicamente a aplicação dos quatro filtros de busca utilizados na revisão sistemática da literatura.

Figura 8 – Fluxo da revisão sistemática da literatura

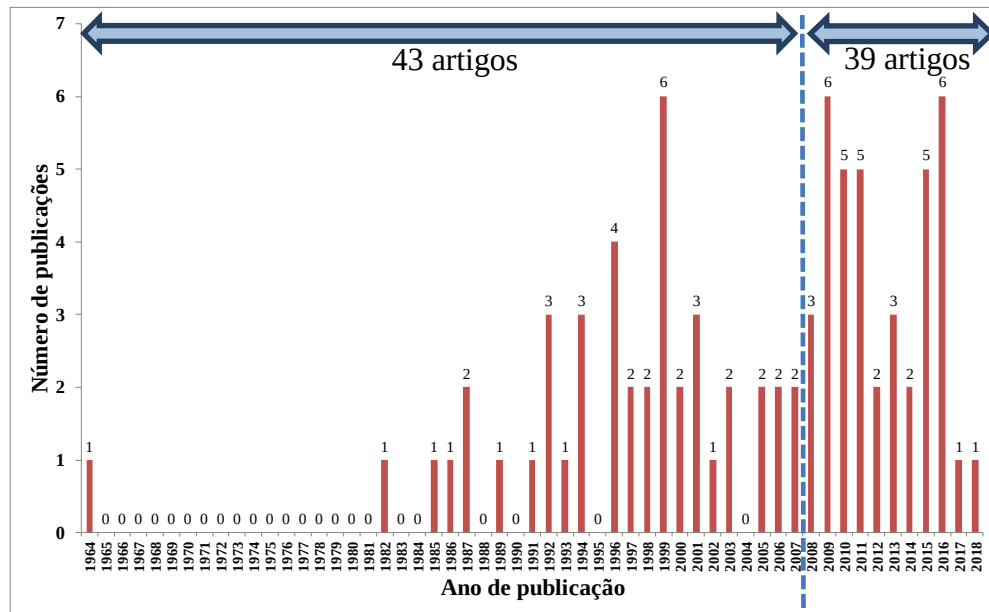


Fonte: O autor

Duas considerações merecem ser destacadas a respeito dos 82 trabalhos selecionados no terceiro estágio da revisão sistemática e dos 39 artigos filtrados na etapa final. A primeira consideração é que ao se analisar a evolução cronológica de publicação destes trabalhos, observa-se que nos primeiros 43 anos, no período compreendido entre 1964 e 2007, foram publicados 43 trabalhos, enquanto que nos últimos 10 anos, na janela temporal de 2008 a

2018, houve praticamente o mesmo volume de publicações, totalizando 39 artigos. Conclui-se, portanto, que na última década vem sendo dada maior importância a pesquisas desta natureza. Estes dados podem ser melhor visualizados na Figura 9.

Figura 9 – Cronologia dos artigos sobre confiabilidade humana (área temática “*ergonomics*”)



Fonte: Web of Science

A segunda consideração refere-se ao enfoque das pesquisas. A verificação dos títulos e resumos deste conjunto de 82 publicações indica uma predominância de investigação dos aspectos de confiabilidade humana tendo como principais objetos o erro humano e a tarefa dos operadores, o que diverge dessa proposta de pesquisa que se concentrou na observação, registro e análise da atividade realizada.

Enfim, a sustentação teórico-conceitual para o desenvolvimento da pesquisa baseou-se na análise dos artigos, obtidos através da revisão sistemática da literatura sobre a temática da confiabilidade humana na perspectiva da análise ergonômica da atividade, conjugada com a pesquisa documental em livros de autores conceituados, teses, dissertações e artigos em congressos nas áreas de conhecimento da ergonomia e da confiabilidade humana, os quais foram utilizados para definir os contornos do que foi investigado e para evidenciar o nível de evolução (estado-da-arte) sobre o tema a ser estudado (CAUCHICK MIGUEL; SOUSA, 2012).

3.4 PESQUISA DE CAMPO

3.4.1 Procedimentos metodológicos

Após a escolha da modalidade de abordagem adotada e do objeto de pesquisa, foram definidos os procedimentos metodológicos aplicados na pesquisa. Tais definições são necessárias devido a possibilidade de alguém desejar reproduzir a pesquisa para homologar a autenticidade dos resultados alcançados.

Na fase de planejamento da pesquisa de campo optou-se pela realização de um estudo de caso único, no qual foi dada ênfase na etapa da Análise Ergonômica do Trabalho (AET) que lida com a análise da atividade, materializada através da observação direta e registro da situação de trabalho tal qual ela acontece em seu ambiente natural e realizada pelas pessoas que de fato lá estariam independentemente da pesquisa, respeitando-se o tempo e as condições reais de realização da atividade.

Foram feitas observações abertas de modo a permitir uma compreensão do que é realmente realizado e viabilizar o estabelecimento de vínculos entre os constrangimentos da situação de trabalho, a atividade desempenhada pelos operadores e os reflexos resultantes para a continuidade da produção, para a segurança do sistema e para a saúde do trabalhador.

Quanto à unidade de análise, optou-se pela realização do estudo na usina de beneficiamento de laticínios de uma cooperativa agropecuária localizada na região semiárida do cariri paraibano. A pesquisa de campo foi realizada especificamente nos setores de pasteurização do leite, processamento da coalhada e no laboratório de análises físico-químicas.

A opção por esses três recortes adicionais se justifica com base em que o leite é o produto com maior volume de vendas, representando, portanto, elevada importância para a sustentabilidade financeira da cooperativa.

Além disso, o laboratório de análises físico-químicas possui elevada importância para a operação da fábrica, o que igualmente requer uma atenção diferenciada do pesquisador, tanto por ser responsável pela garantia da qualidade de produtos elaborados para consumo humano, quanto por ser alvo de fiscalizações de órgãos responsáveis pela segurança sanitária, o que poderia levar à aplicação de multas e, no pior cenário, à interdição do estabelecimento e consequente interrupção do sistema produtivo.

3.4.2 Coleta de dados

Após a seleção do caso, foram determinados os métodos e técnicas para coleta dos dados na etapa da pesquisa de campo. Foram empregadas múltiplas fontes de evidência, de forma a se conferir a maior validade construtiva possível ao estudo e a minimizar as chances de subordinação à subjetividade do pesquisador (GIL, 2002).

Socorrendo-se do que preconiza a abordagem qualitativa de pesquisa, não foram estabelecidos *a priori* quais operadores ou quais funções que fariam parte da amostra. Dependendo das situações encontradas na unidade objeto da pesquisa, foi utilizado mais de um operador da mesma área analisada, por exemplo.

Dentre as técnicas específicas utilizadas na coleta de dados, além da pesquisa em documentos da organização, destacam-se o emprego de formulários e, em especial, a observação direta (PRODANOV; FREITAS, 2013).

A fase de coleta de dados da pesquisa de campo pode ser dividida em duas etapas, a fim de bem caracterizar os procedimentos utilizados, conforme mostrado no Quadro 2:

Quadro 2 – Etapas da fase coleta de dados

FASE: Coleta de dados		
ETAPA	ATIVIDADE(S)	OBJETO(S) DE ESTUDO
1 ^a	- Pesquisa documental.	- Documentos que prescrevem a tarefa do operador (Ordem de Serviço, Instruções de Trabalho (IT), Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), Plano de Cargos, etc.).
2 ^a	- Observação da atividade <i>in loco</i> ; - Caracterização do ambiente de trabalho (preenchimento da Ficha de Caracterização Geral da Área); - Identificação dos modos operatórios (preenchimento da Ficha de Descrição da Atividade); - Registro de imagens (fotos e filmagens); - Estímulo às verbalizações simultâneas.	- Operador em atividade.

Fonte: O autor

A etapa inicial da fase de coleta de dados consistiu na pesquisa documental disponível na organização. Através da investigação de Ordens de Serviço, de Instruções de Trabalho (IT) e do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) foram identificadas quais são as tarefas prescritas. A avaliação destes documentos viabilizou o mapeamento das tarefas prescritas aos operadores, ou seja, foi possível identificar aquilo que se espera que o operador desempenhe.

Na segunda etapa, o objeto de estudo foi o operador durante a atividade de trabalho. O núcleo principal da coleta de dados foi a observação direta dos operadores durante a realização do trabalho, que se prestou a coletar dados referentes às ações empregadas por esses operadores para dar conta da continuidade da produção (BORGES, 2012).

O objetivo alcançado aqui foi obterem-se os dados necessários para a discussão da dissertação, utilizando-se da observação *in loco* dos operadores em atividade, do preenchimento de Ficha de Caracterização Geral da Área (FCGA), além da identificação dos modos operatórios por meio de registros na Ficha de Descrição da Atividade (FDA).

A observação da atividade foi realizada ao longo de três rodadas da pesquisa de campo que ocorreram nas seguintes datas: em 24/jul/2017 (das 14h às 17h) e 25/julho/2017 (das 05h30 às 17h); no dia 05/set/2017 (das 02h às 08h); e, no dia 12/dez/2017 (das 06h às 11h). Foram feitos registros em 98 fotografias e em vídeo, totalizando 04 horas e 05 minutos de filmagens.

A Ficha de Caracterização Geral da Área (Apêndice A) foi um instrumento de pesquisa importante para qualificar os locais onde ocorreu a observação da atividade situada. O uso deste instrumento de pesquisa objetivou caracterizar o ambiente produtivo no qual o trabalhador foi observado em atividade, caracterizar o produto gerado no setor, bem como fazer uma descrição geral do processo de produção, mapear e descrever aspectos da organização do trabalho.

Outro instrumento de pesquisa importante para a coleta de dados foi a Ficha de Descrição da Atividade (Apêndice B). Neste documento foram anotadas as atividades desempenhadas de fato pelo operador, descrito o processo produtivo, indicado o seu local de execução e identificadas as máquinas e os equipamentos utilizados durante a atividade. Através deste instrumento foi possível segmentar cronologicamente o trabalho dos profissionais, associando-se uma imagem a cada momento da atividade.

A Ficha de Descrição da Atividade serviu de base para a autoconfrontação dos operadores, outro importante instrumento de pesquisa empregado durante a coleta dos dados.

Em meio às sessões de observação da atividade foram obtidas verbalizações simultâneas dos operadores no decorrer da jornada de trabalho, com o propósito de gerar explicações no próprio contexto da atividade, tendo em vista que:

[...] a atividade não pode ser reduzida ao que é manifesto e, portanto, observável. Os raciocínios, o tratamento das informações, o planejamento das ações só podem ser realmente apreendidos por meio das explicações dos operadores (GUÉRIN *et al.*, 2001, p. 165).

O pesquisador questionou os operadores durante o curso do trabalho com o objetivo de ampliar a compreensão dos fatos observados. Outra forma de verbalização partiu de instruções prévias, do tipo “*Indique os momentos em que há um problema, quando você sai dos procedimentos-padrão*”, cujo objetivo foi a identificação da variabilidade e das informações pertinentes para o operador (GUÉRIN *et al.*, 2001).

Finalmente, foi aplicado um questionário de levantamento de perfil sócioprofissional (Apêndice C) dos trabalhadores observados na pesquisa de campo. O uso de tal instrumento de pesquisa se justifica em função dos aspectos da variabilidade interindividual, os quais distinguem a tomada de decisões e a forma de atuação dos indivíduos menos experientes, quando comparado com aqueles que têm mais experiência.

3.4.3 Análise dos dados

A análise dos dados coletados envolveu a transcrição dos diálogos entre os operadores, a transcrição dos diálogos entre o operador e o pesquisador, bem como das verbalizações simultâneas registradas em vídeo.

Foram realizadas autoconfrontações, cujo objetivo foi o de restituir os eventos na ótica de quem o executou (o operador) e confirmar ou descartar as percepções registradas pelo pesquisador durante a observação direta e registro das atividades.

A autoconfrontação cruzada, que reúne os operadores e o pesquisador, permite o diálogo interno e fortalece o intercâmbio entre profissionais (BONNEMAIN; PERROT; KOSTULSKI, 2015). Segundo Abrahão *et al.* (2009), a análise da atividade de trabalho exclusivamente através dos gestos e dos movimentos do trabalhador revela-se uma conduta limitada devido à exclusão da subjetividade envolvida na ação.

Wisner (1994) ensina que ao confrontar suas próprias atividades, o operador frequentemente explica certos aspectos que restaram obscuros na reconstituição das atividades cognitivas realizadas durante o período observado e, portanto, esclarecem-se alguns hiatos,

como: “por qual razão determinado botão que foi pressionado?”; “por que um índice foi checado?”; “qual o motivo de um questionamento feito a um colega?”.

Nesse sentido, as interpretações do pesquisador foram validadas, ou refutadas, pelos próprios operadores que executaram as atividades.

Após a coleta dos dados, a pesquisa de campo evoluiu para a análise dos dados registrados durante a observação da atividade. Neste processo de análise dos dados da pesquisa, Bardin (2010) foi utilizada como referência para realização da análise de conteúdo, definido pela autora como um conjunto de técnicas de análise das comunicações por meio do uso de procedimentos sistemáticos, que objetiva a descrição do conteúdo das mensagens observadas que darão suporte à análise e interpretação dos dados da pesquisa.

Através da sistemática proposta por esta autora, este conjunto de técnicas de organização das informações e análise das comunicações permitiu descrever o conteúdo das mensagens observadas, as quais colaboraram para o entendimento da atividade investigada.

Coube ao pesquisador revisar as fotos e vídeos para identificar os momentos que representam ações de confiabilidade dos operadores.

Por fim, com o propósito de classificar as ações de confiabilidade implementadas pelo trabalhador, foram empregados nesta pesquisa os critérios de enquadramento utilizados na tese de doutoramento de Borges (2012). O enquadramento das ações de confiabilidade humana, para cada situação observada *in loco*, foi determinado em função das variáveis e/ou recursos mobilizados pelo operador, conforme definições e critérios especificados no Quadro 3.

Quadro 3 – Dimensões de enquadramento das ações de Confiabilidade Humana

DIMENSÃO	DEFINIÇÃO	VARIÁVEIS E/OU RECURSOS MOBILIZADOS PELO OPERADOR
COMPETÊNCIA	Refere-se à utilização da experiência adquirida pelo operador no processo produtivo e ao uso de indicadores informais ou não mensuráveis, de aspectos subjetivos para diagnosticar eficientemente o estado de operação do sistema.	- Percepção de odores ou ruídos não usuais; - Aspecto incomum dos equipamentos ou instrumentos; - Comportamento de motores quanto à vibração e temperatura, por exemplo; - Sinais emitidos pelos colegas de trabalho.
CRIAÇÃO DE ARTEFATOS	É a construção de instrumentos e meios, utilizados pelo operador para completar sua ação, quando há uma dificuldade ou mesmo impossibilidade de realizá-la com os meios que são fornecidos ou que estão disponíveis.	- Quaisquer artifícios ou materiais comuns não prescritos pela organização, que são adaptados pelo operador para aferir níveis ou promover alterações na atividade que permitam a execução de uma ação necessária.
OTIMAÇÃO	Recurso empregado pelo operador quando ele se vale da própria experiência em detrimento de uma informação fornecida por um equipamento não confiável, seja em função do histórico de falhas, seja pelo elevado conhecimento tácito que o operador dispõe.	- Experiência do operador frente aos determinantes técnicos; - Conferência presencial de parâmetros técnicos medidos remotamente.
CORREÇÃO DE FALHAS EM EQUIPAMENTO	É a correção de problemas nas máquinas e equipamentos pelos operadores, para regular os incidentes e recolocar os automatismos e mecanismos em funcionamento.	- Acionamento manual de dispositivos/equipamentos que deveriam operar no modo automático.

Fonte: Adaptado de Borges (2012)

Durante a análise da atividade foi dada a devida atenção aos fatores que afetam a confiabilidade humana, os quais podem ser definidos como uma ausência de conhecimentos para reconhecer e associar sinais do sistema (GUÉRIN *et al.*, 2001), ou a inexperiência e impossibilidade de antever o estado futuro do sistema (BELLIÉS, 2002), ou ainda a existência de conflitos competitivos ou cooperativos na representação partilhada (TEIGER, 1993; HUTCHINS, 1991 *apud* SANTOS; ZAMBERLAN; PAVARD, 2009) que podem prejudicar o operador na compreensão do estado atual do sistema e, conseqüentemente, na adequação do curso da ação.

Exemplos de tais fatores são as mudanças promovidas no ambiente de trabalho, sem o envolvimento e a participação do operador, que o impedem de se valer dos sentidos para captar informações externas que comprometem a manutenção da estabilidade do sistema de ou, o que é mais grave, de intervir rapidamente em situações de emergência.

4 RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados da pesquisa e está estruturada em três itens. O primeiro discorre sobre a caracterização da cooperativa pesquisada quanto aos aspectos organizacionais e produtivos, o segundo item minudencia as tarefas prescritas aos operadores, as quais servem como referência para a realização da Análise da Atividade e identificação das ações de confiabilidade humana colocadas em prática pelos operadores.

Por fim, no terceiro item são apresentados os fatos observados na Análise da Atividade que demonstram ações e estratégias mobilizadas pelos operadores para manter o sistema em funcionamento. A seção foi estruturada desta forma no sentido de favorecer a compreensão dos resultados obtidos na presente pesquisa.

4.1 A COOPERATIVA PESQUISADA

Mesmo diante dos desafios de colocar em prática os valores cooperativos da *International Co-operative Alliance* (ICA) – autoajuda, autorresponsabilidade, democracia, igualdade, equidade e solidariedade – uma combinação de fatores contribuiu ao longo dos últimos 20 anos para a estabilidade da cooperativa agropecuária de beneficiamento de laticínios pesquisada: a disponibilidade das lideranças locais para a gestão da cooperativa; a existência de um projeto consciente e coletivo de longo prazo; a ação coletiva e solidária dos cooperados; e, a ausência de interesses políticos-eleitoreiros dos membros da organização.

Constituída no ano de 1997, a partir da iniciativa de 20 produtores de leite da região Nordeste do Brasil, a cooperativa surgiu com o objetivo precípua de eliminar a figura do intermediário na cadeia de comercialização do leite e proporcionar aos produtores locais a continuidade da atividade pecuária leiteira.

A sede administrativa da cooperativa está localizada no município de Campina Grande (Estado da Paraíba, Brasil), onde também há um ponto de apoio e distribuição dos produtos. A usina de beneficiamento de laticínios, local onde foi realizada a pesquisa de campo, está instalada na zona rural e ocupa uma área total de 10.000m², sendo 6.000m² de área construída, além de um departamento de ração e de um laboratório veterinário.

A cooperativa conta com cerca de 340 produtores de leite, dos quais 240 são cooperados, gera 278 empregos diretos e possui uma capacidade de processamento de até 60

mil litros de leite diariamente, os quais são armazenados e coletados em 50 tanques de resfriamento distribuídos em toda a região produtora.

Na unidade objeto desta pesquisa, o tipo de processo em manufatura é classificado como processo de produção em massa, devido à produção de bens em alto volume e variedade moderadamente estreita, composta por atividades essencialmente repetitivas e previsíveis (SLACK *et al.*, 1996).

O processo produtivo pesquisado é desenvolvido na usina de beneficiamento de laticínios da cooperativa, caracterizado por uma divisão de etapas produtivas típica do modelo taylorista/fordista, a qual já se encontra num estágio de automação industrial relativamente avançado e com uma estrutura produtiva que proporciona maior segurança na manipulação dos produtos, mas que, por outro lado, gera impacto quanto à necessidade de novos saberes, competências e condutas da força de trabalho.

Nesse caso específico, por se tratar de uma indústria de laticínios, é requerido, adicionalmente, um maior rigor operativo dos indivíduos quanto ao processamento dos insumos da produção e quanto às condições de conservação e destinação do produto final, em função das exigências de controle sanitário que são demandadas para assegurar a qualidade da produção para o consumo humano.

O principal insumo produtivo é o leite bovino, a partir do qual cerca de 30% a 40% é destinado à produção de leite pasteurizado e o restante é utilizado para produção de bebida láctea, iogurte, coalhada, doce de leite, queijo coalho, queijo manteiga e requeijão cremoso.

O controle de qualidade dos produtos inicia-se com a preservação da sanidade do rebanho próprio e do rebanho dos fornecedores locais, por meio de campanhas de vacinação contra febre aftosa e raiva. Além disso, a cooperativa aderiu ao PNCEBT (Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose Animal), para o qual dispõe de um laboratório veterinário credenciado junto ao Ministério da Agricultura, equipado com o instrumental necessário para garantir, ainda na sua origem, que o leite produzido esteja livre da brucelose e da tuberculose.

No laboratório veterinário são realizados diversos testes com o objetivo de avaliar as características físico-químicas e microbiológicas do leite, além de identificar a eventual existência de fraudes na matéria-prima. Dentre outros, são realizados testes de gordura, acidez, extrato seco total, extrato seco desengordurado, densidade, fosfatase alcalina, peroxidase e crioscopia.

Além dos testes já mencionados, são realizadas semanalmente análises de amostras de leite cru refrigerado, coletadas nos tanques isotérmicos de armazenamento da usina, para

identificar a presença de resíduos de antibióticos, de elementos anormais (urina, sangue, pus e leucócitos), de alcalinos (hidróxido de sódio e bicarbonato de sódio), de conservantes (cloretos, ácido bórico ou boratos e peróxido de hidrogênio) e de reconstituintes (açúcares e amido). No laboratório de microbiologia, também são realizadas análises para detecção da presença de coliforme total, coliforme fecal, bactérias mesófilas, bolores e leveduras.

Por fim, diariamente são realizadas análises organolépticas (sabor, aroma e textura) de todos os produtos, além dos controles diários por amostragem de pesagens e verificação da aparência e das condições de envasamento.

4.2 PRESCRIÇÃO DAS TAREFAS

As tarefas prescritas representam a referência utilizada pelo pesquisador para, a partir daí, realizar a Análise da Atividade por meio da observação dos operadores em ação no seu ambiente natural de trabalho. Desta forma, é pertinente descrever brevemente a prescrição das tarefas nos setores escolhidos para realização da pesquisa, com a ressalva de que alguns itens da prescrição não foram apresentados e descritos, pois não interferem na diferença entre a tarefa prescrita e a atividade realizada.

Algumas razões justificam a escolha dos setores de pasteurização do leite, preparo da coalhada e o laboratório de análises físico-químicas para realização da pesquisa.

O funcionamento regular e ininterrupto do setor de pasteurização do leite é de fundamental importância para a cooperativa devido à relevância da comercialização do leite pasteurizado em sacos de um litro para os negócios da cooperativa e em função da dependência dos outros setores da fábrica quanto ao recebimento do leite pasteurizado para elaboração dos demais produtos.

Quanto à escolha do setor de preparo da coalhada, apesar da máquina de envasamento automático do produto ser a mais moderna do parque fabril, foi observado que ainda assim há intensa intervenção do operador ao longo do processo, fato que por si só vai de encontro aos objetivos da pesquisa.

No caso do laboratório de análises físico-químicas, apesar de não ser um setor diretamente relacionado com o processamento dos produtos elaborados na fábrica, é o setor responsável pela garantia de qualidade da produção. Daí a importância e a justificativa para realização da pesquisa também neste setor da fábrica.

4.2.1 Pasteurização do leite

O principal insumo utilizado na fábrica da cooperativa é o leite proveniente diretamente das fazendas da região e/ou dos tanques de expansão cadastrados no S.I.F. (Serviço de Inspeção Federal). O S.I.F. é o órgão responsável por assegurar a qualidade de produtos de origem animal comestíveis e não comestíveis destinados ao mercado interno e externo, o qual atua visando garantir produtos com certificação sanitária e tecnológica para o consumidor brasileiro, respeitando as legislações nacionais e internacionais vigentes (BRASIL, 2018). Todos os produtos de origem animal sob responsabilidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento precisam ser registrados e aprovados pelo S.I.F.

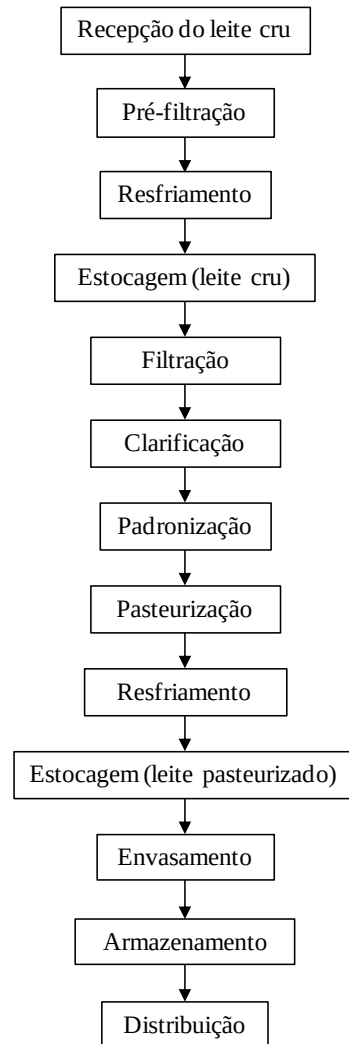
Do total de leite processado, cerca de 30% a 40% é destinado à comercialização em sacos plásticos de polietileno de um litro e o restante é utilizado na produção dos demais itens derivados do leite, a saber: queijos, bebida láctea, iogurte, doce de leite, requeijão e coalhada.

No caso do leite resfriado, embalado em sacos plásticos de polietileno para distribuição ao mercado atacadista e varejista (panificadoras, supermercados, restaurantes, hotéis e comércio varejista em geral), a rotulagem contém a identificação do tipo de produto e da empresa (nome, endereço e CNPJ), tabela nutricional, lista de ingredientes, conteúdo da embalagem, nacionalidade do estabelecimento, SIF de origem, número de registro do rótulo no S.I.F., data de produção, prazo de validade, temperatura de conservação e expressões referentes a exigências da legislação oficial (ex.: Ministério da Saúde).

O produto final tem validade de seis dias, quando estocado entre 0°C e 7°C, e deve possuir características sensoriais (cor, sabor e odor), pH, temperatura, acidez, densidade a 15°C, lipídios (gordura), extrato seco total, extrato seco desengordurado e índice crioscópico que atendam os padrões oficiais do Ministério da Agricultura, os quais são estabelecidos no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do produto. Para tal, sistematicamente são feitas análises físico-químicas e análises microbiológicas do leite e derivados, além da execução de um controle de distribuição no qual toda a movimentação interna do produto acabado é realizada em ambientes com temperatura controlada entre 0°C e 7°C e a distribuição ao mercado consumidor é realizada nessa mesma temperatura por meio de caminhões frigoríficos equipados com sistemas de refrigeração.

A Figura 10 demonstra esquematicamente cada etapa a ser percorrida, desde o recebimento do leite até a destinação para consumo:

Figura 10 – Diagrama de processamento do leite



Fonte: Controle de Qualidade da cooperativa

Na etapa de recepção, o leite cru refrigerado procedente das fazendas leiteiras da região e/ou dos tanques de expansão cadastrados no Serviço de Inspeção Federal é transportado até a usina de beneficiamento da cooperativa por caminhões graneleiros refrigerados a uma temperatura máxima de 7°C.

Nas etapas seguintes, antes de seguir para os tanques de estocagem, ocorre a pré-filtração, na qual o leite cru passa por uma peneira de aço inoxidável e por um filtro de linha previamente higienizado para a remoção das impurezas. Em seguida ocorre novo resfriamento através da passagem do leite por um trocador de calor que baixa sua temperatura a 5°C. A partir daí, o leite cru é estocado por no máximo 48 horas em tanques isotérmicos a uma temperatura máxima de 5°C, até que a pasteurização seja realizada.

Antes da etapa de padronização, a remoção de impurezas menores do leite é realizada por um filtro de linha instalado antes do pasteurizador. Em seguida, o leite é transferido para a

padronizadora onde é feita a clarificação através da retirada das microimpurezas, por meio de centrifugação. Na sequência é realizada a padronização para um teor de gordura na faixa entre 3,0% e 3,2% (para a produção do leite pasteurizado) ou padronizado para um teor de gordura de no máximo 0,5% (para a produção do leite pasteurizado desnatado).

Na etapa de pasteurização, após o leite ser bombeado através de tubulações em inox, o mesmo entra na seção de pré-aquecimento do pasteurizador para elevação de sua temperatura até 50°C e, em seguida, vai para a padronizadora. Depois disso, retorna para outra seção de aquecimento do pasteurizador onde é aquecido até a faixa de 72°C a 77°C durante 15 segundos. Nesta etapa há um controle de pasteurização automática por meio de válvulas de contra fluxo e termográfico gravador de temperatura em disco gráfico.

O resfriamento se dá por meio da passagem imediata do leite pela seção de resfriamento do pasteurizador, de forma a atingir uma temperatura de 7°C. O leite pasteurizado segue através de tubulações de aço inox para ser estocado em um tanque-pulmão isotérmico com capacidade de 1.000 litros, onde é mantido a uma temperatura máxima de 7°C.

A partir do tanque-pulmão o leite pasteurizado pode ser bombeado através de tubulações de inox e bombas sanitárias até as máquinas empacotadeiras (Figura 11), que são dotadas de lâmpadas germicidas e datadores, para ser envasado em filme plástico de polietileno montado em sacos de um litro, ou ser bombeado para os demais setores da fábrica onde são produzidos queijos, bebida láctea, iogurte, doce de leite, requeijão e coalhada.

Figura 11 – Máquina empacotadeira em sacos de 01 litro



Fonte: Pesquisa direta

Finalizado o processo de envasamento, o leite pasteurizado é armazenado em câmaras frigoríficas, onde permanecerá a uma temperatura máxima de 7°C até o momento da liberação para distribuição pelo controle de qualidade. A distribuição é realizada em caminhões frigoríficos providos de carrocerias tipo baú revestidos isotermicamente, dotados de sistema de refrigeração e controle automático de temperatura.

4.2.2 Preparo da coalhada

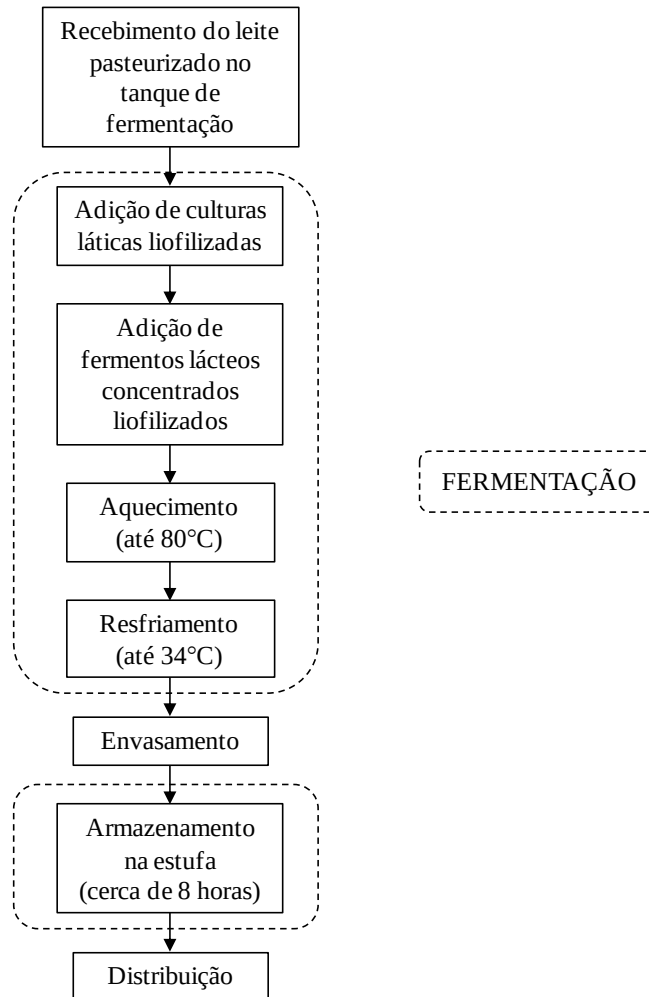
A elaboração da coalhada ocorre em uma sala da fábrica com cerca de 80 metros quadrados, onde se encontram o tanque de fermentação e a máquina de envasamento do produto. Neste setor operam quatro trabalhadores, sendo um deles no período que vai das 4 às 10 horas da manhã e os outros três operadores laboram no turno das 6 horas da manhã ao meio dia. Diariamente são produzidos entre 1500 e 2000 litros do produto, dependendo da demanda comercializada.

O processo de fabricação se inicia com o recebimento do leite pasteurizado no tanque de fermentação, no qual o operador adiciona culturas lácticas liofilizadas, além de fermentos lácteos concentrados liofilizados para inoculação direta no leite. Essa mistura é aquecida de forma controlada até 80°C, num processo de elevação de temperatura das paredes do tanque de fermentação que dura cerca de vinte minutos. Imediatamente após o aquecimento, o operador inicia o processo de resfriamento, também controlado, até a temperatura de 34°C, o qual leva cerca de quarenta minutos até que se chegue a essa temperatura.

Quando é alcançada a temperatura de 34°C, aguarda-se a conclusão do processo de fermentação do leite pasteurizado, o que ocorre após quinze minutos. A partir daí, se iniciam os procedimentos de envasamento da coalhada e colocação das embalagens lacradas na estufa durante cerca de oito horas. Após este período na estufa, as embalagens são transferidas para a câmara fria, onde ficarão armazenadas até o transporte para os pontos de venda ao consumidor.

A Figura 12 demonstra esquematicamente as etapas realizadas durante o processamento da coalhada:

Figura 12 – Diagrama de processamento da coalhada



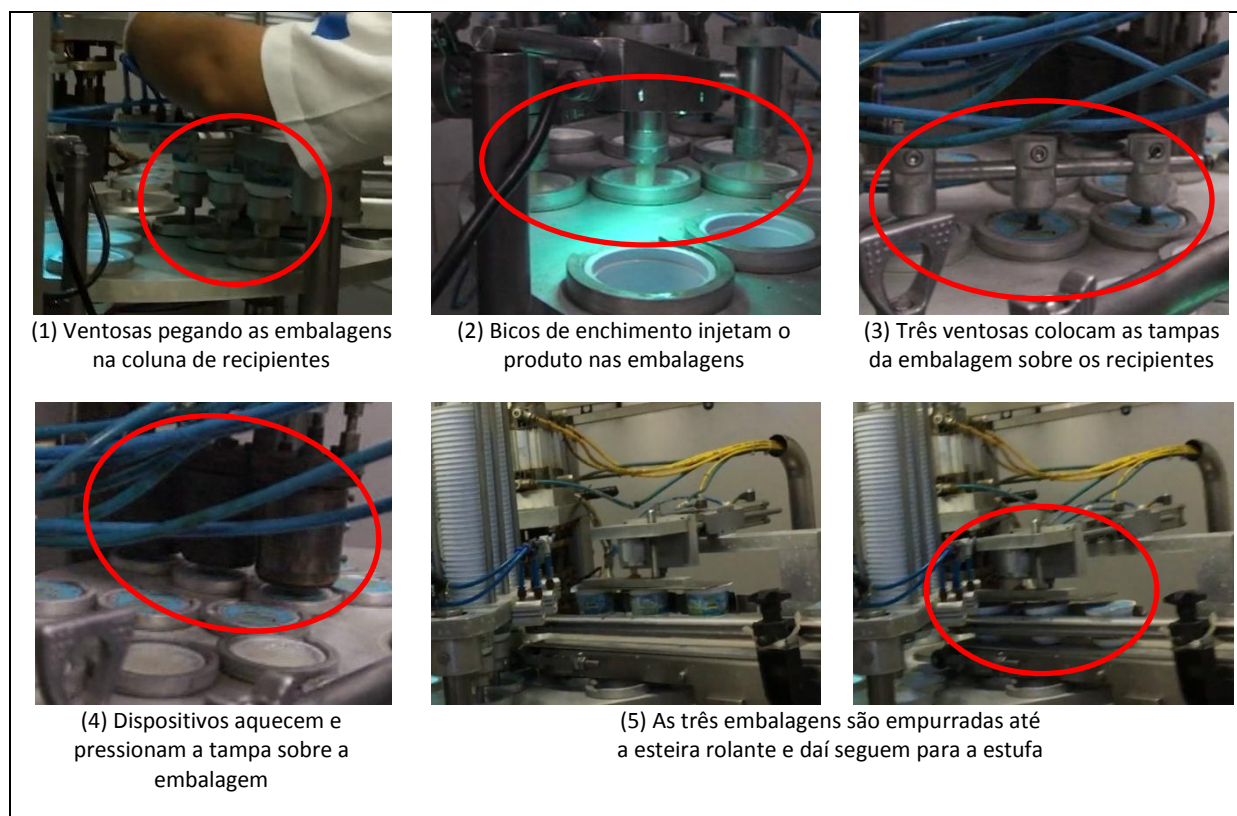
Fonte: O autor

O envasamento do produto em embalagens individuais de 140 gramas é realizado por uma envasadora automática, que possui uma bandeja giratória na qual são dispostas três embalagens lado a lado. A capacidade produtiva da máquina de envasamento é de 93 unidades por minuto.

Em cada passo do movimento giratório da bandeja ocorrem as seguintes etapas do processo de envasamento: (1) três ventosas pegam as embalagens nas colunas onde estão dispostos os recipientes vazios e as coloca na bandeja giratória; (2) no passo seguinte, três bicos de enchimento injetam o produto proveniente do tanque de fermentação nas embalagens; (3) em seguida, outras três ventosas colocam as tampas da embalagem sobre os recipientes; (4) três dispositivos que aquecem e pressionam a tampa sobre a embalagem fazem o fechamento do recipiente preenchido com a coalhada; (5) no último passo de giro da bandeja, as três embalagens são empurradas até a esteira rolante, são colocadas em caixas de

papelão e armazenadas na estufa. A Figura 13 ilustra esta sequência de ações executadas pela máquina de envasamento da coalhada.

Figura 13 – Processo de envasamento da coalhada



Fonte: Pesquisa direta

4.2.3 Laboratório de análises físico-químicas

Ao chegar à plataforma de recepção do leite cru, ele é submetido imediatamente à análise de determinadas características: teste de acidez Dornic, teste de densidade a 15°C, percentual de gordura, crioscopia, avaliação do leite por enzimas (fosfatase alcalina e peroxidase) e análise de resíduo de antibiótico. A realização dos principais testes em laboratório pode ser descrita da seguinte forma:

a) Teste de acidez Dornic (°D) – é empregado para determinar a acidez do leite e do soro de leite por meio de reação de neutralização dos compostos com caráter ácido presentes no leite por um volume definido de solução Dornic em presença do indicador fenolftaleína. Consiste em pipetar 10 ml de leite para o becker e pingar 3 a 4 gotas de fenolftaleína, titulando em seguida contra a solução Dornic. O ponto final da titulação será indicado pela cor levemente róseo e a leitura será feita em °D (graus Dornic). Para se expressar o resultado

em % de ácido láctico (al), utiliza-se a fórmula $\% al = \frac{^{\circ}D}{100}$. Caso o resultado de acidez láctica resulte na faixa entre 0,15% e 0,18% o leite é considerado bom; fora desta faixa o leite ou o soro de leite é classificado como anormal e, portanto, será rejeitado;

b) Teste de densidade a 15°C – objetiva identificar fraudes a partir da verificação do quanto pesa um litro de leite. Para tanto é utilizado um termolactodensímetro e o teste consiste em colocar uma amostra do leite na proveta, em superfície plana, mergulhar o termolactodensímetro, girar 360°, esperar estabilizar e fazer a leitura na escala do equipamento. O leite é considerado bom caso a densidade se encontre entre 1028 e 1034 g/l.

c) Determinação do teor de gordura no leite – é realizada por meio do tratamento de uma amostra de leite com ácido sulfúrico e álcool isoamílico. Coloca-se 10 ml de ácido sulfúrico no butirômetro e uma amostra de 11 ml de leite ou 5 ml de creme sobre o ácido. Em seguida, adiciona 1 ml de álcool isoamílico, limpa o gargalo do butirômetro com papel absorvente, coloca a rolha e fecha o butirômetro. Ao final, agita vigorosamente a mistura até a completa dissolução da amostra e centrifuga por 5 minutos. A leitura é feita diretamente na escala do butirômetro e o leite será considerado bom se o teor de gordura for de no mínimo 3%.

d) Crioscopia – permite a descoberta de fraudes pela adição de água ao leite. O teste se dá por meio da medição do ponto de congelamento da amostra de leite com relação ao ponto de congelamento da água. Uma amostra de 2,5 ml de leite é colocada no tubo para crioscópio e inserida no crioscópio eletrônico que indicará o resultado em um visor. Se o resultado ficar entre -0,530 e -0,540 o leite está aprovado, no entanto, caso o resultado fique abaixo de -0,530 há presença de água adicionada ao leite.

e) A avaliação do leite por enzimas, denominada fosfatase alcalina e peroxidase, objetiva avaliar o quanto foi aquecido o leite na pasteurização. No leite cru estão presentes a fosfatase alcalina e a peroxidase, enquanto após a pasteurização a fosfatase alcalina deve estar ausente e a peroxidase fracamente positiva.

Para realizar o teste de fosfatase alcalina, o preparo do reativo de trabalho é feito previamente, conforme a bula do *kit* de testes, misturando-se o conteúdo de 4 ml do R1 (reagente 1) ao conteúdo de 1 ml do R2 (reagente 2). O procedimento consiste em pipetar para um tubo de ensaio 1ml (20 gotas) do reativo de trabalho o equivalente a 0,1ml (2 gotas) do leite pasteurizado, misturar e deixar em repouso durante 6 minutos em temperatura ambiente. Se o leite estiver cru ou mal pasteurizado ocorrerá a produção de P-Nitrofenol de cor

amarelada, caso contrário não será produzida mudança de cor indicando que o leite foi pasteurizado adequadamente.

O procedimento da peroxidase consiste em transferir 10ml da amostra de leite para um tubo de ensaio, aquecer em banho-maria a 45°C por 5 minutos para ativação da enzima, acrescentar 1ml da solução de guaiacol a 1% pelas paredes do tubo de ensaio e, em seguida adicionar 3 gotas da solução de peróxido de hidrogênio a 3%. É necessário aguardar no mínimo 5 minutos para observar o resultado, que será róseo salmão caso o leite esteja cru, ou haverá o desenvolvimento de um alo de coloração salmão indicando que o leite está pasteurizado, ou ainda resultará na cor branca apontando que o leite foi aquecido excessivamente.

f) A pesquisa de antibióticos identifica a presença de resíduos deste medicamento no leite proveniente das fazendas. Neste teste é utilizado *kit* Charm MRL Test, incubador com regulador de temperatura e temporizador para o *kit* Charm. O operador deve ligar o aparelho, regulá-lo na temperatura desejada (55°C), esperar a sua estabilização, que é indicada quando a luz vermelha do equipamento se apaga. Em seguida, deve colocar o leite na tira MRL, fechar a tira e a tampa do incubador para iniciar o cronômetro. Depois de 8 minutos, quando o incubador soar um alarme e a luz indicativa de *test complete* se acender, o operador deve remover a tira MRL e comparar visualmente a linha de teste (T) com a linha de controle (C).

Se a linha de teste (T) for mais escura ou da mesma cor da linha de controle (C), significa que o resultado do teste foi negativo (ausência de antibiótico). Caso contrário, se a linha de teste (T) for mais clara do que a linha de controle (C) ou não aparecer, há presença de antibiótico no leite.

No laboratório de análise físico-química são realizados testes com base na Instrução Normativa 62, de 29/12/2009, do Ministério da Agricultura, a qual regulamenta as técnicas de produção, identidade e qualidade do leite cru refrigerado e do leite pasteurizado, além da regulamentação das técnicas de coleta de leite cru refrigerado e seu transporte a granel.

Dentre as exigências da Instrução Normativa, as principais são a manutenção da refrigeração do leite dentro da propriedade rural a 4°C pelo menos duas horas após a ordenha, o transporte da matéria-prima em caminhões isotérmicos, ou seja, que conservem a temperatura, teor de proteína do leite de pelo menos 2,9% e contagem de células somáticas obedecendo ao limite de 600.000 UFC/ml de leite cru refrigerado, pois um resultado acima deste indica que o animal está com alguma inflamação da glândula mamária (mastite). Além disso, a contagem bacteriana também deve ficar dentro do limite de 600.000 UFC/ml de leite cru refrigerado, para assegurar o padrão de higiene e de qualidade do leite. Deve ser realizada

pesquisa de resíduos antibióticos e averiguado o teor de sólidos totais e não-gordurosos, a densidade relativa, a acidez e o teor de gordura, que também devem ficar dentro dos padrões estabelecidos.

Também são realizadas, duas vezes por semana, análises de elementos anormais (pus, sangue, urina), detecção da presença de conservantes (peróxido de hidrogênio), neutralizantes (NaOH e bicarbonato de sódio), reconstituintes (amido e açúcar) e sais (cloretos e boratos). A execução os testes mencionados acima pode ser descrita da seguinte forma:

a) Pesquisa de elementos anormais – objetiva verificar a qualidade do leite baseado na identificação de resíduos incomuns, como urina, sangue e pus:

- O teste para verificação da presença de urina consiste em colocar 5ml de leite, 5ml de Reagente U1, 5ml de Reagente U2 e 5ml de Reagente U3 em um tubo de ensaio e agita-lo. O resultado positivo para presença de urina no leite se dá quando a coloração se torna rósea.
- O procedimento que indica a presença de sangue no leite consiste em medir 0,9ml de leite, 10ml de água destilada, 1ml de reativo de Mayer e 4 gotas de peróxido de hidrogênio em um tubo de ensaio. A coloração vermelha indica a presença de sangue no leite, enquanto que a cor branca aponta para ausência de sangue no leite.
- Quanto à avaliação da presença de pus, é colocado em um tubo de ensaio 1ml de leite, 10ml de água destilada, 1ml de hidróxido de amônio e 1 gota de Fucsina de Ziehl. A formação de filamentos, grumos ou véu avermelhado que não se desfazem com leve agitação indicam a presença de pus no leite, enquanto que um aspecto líquido aponta para ausência deste elemento anormal.

b) Teste para detecção da presença de conservantes (peróxido de hidrogênio): consiste em misturar partes iguais de uma amostra de leite e guaiacol (2ml de cada) em um tubo de ensaio. O resultado será positivo para presença de peróxido de hidrogênio se a mistura ficar na cor salmão e será negativo, indicando ausência de peróxido de hidrogênio no leite, se continuar branco.

c) Teste para detecção de neutralizantes (NaOH e bicarbonato de sódio):

- A presença de hidróxido de sódio (NaOH) é identificada medindo-se 5ml de leite em tubo de ensaio e pingando 4 gotas de azul de bromotimol. Caso a mistura se apresente na cor esverdeada há presença de hidróxido de sódio no leite, caso contrário tal mistura ficará amarela.
- O teste para bicarbonato de sódio é realizado misturando-se 5ml de leite a 10ml de álcool absoluto em um tubo de ensaio. Em seguida, após filtrar a mistura, acrescentam-se 6 gotas de ácido rosólico a 1%. A presença de bicarbonato de sódio no leite é indicada pela cor

vermelho-carmim da mistura; a cor alaranjada aponta para ausência de bicarbonato de sódio no leite.

d) Teste para detecção de reconstituintes (amido e açúcares);

- A avaliação para detectar presença de amido no leite é realizada colocando-se 10ml de leite em tubo de ensaio. Em seguida, deve-se aquecer até a fervura, resfriar e adicionar 5 gotas de lugol. Caso a mistura se apresente na cor azul há presença de amido no leite, caso contrário tal mistura ficará levemente amarela.

- O teste para presença de açúcares se dá através da colocação de partes iguais (2ml) de uma amostra de leite e ácido clorídrico. A mistura deve ser agitada, até ocorrer a dissolução, e deixada em banho-maria durante 2 minutos. O resultado deve ser na cor marrom claro, indicando ausência de açúcares no leite; caso a mistura fique escura (tendendo a preto) haverá presença de açúcares.

e) Teste para detecção da presença de sais (cloretos e boratos):

- A avaliação para detectar presença de cloretos consiste misturar partes iguais (2ml de cada) de uma amostra de leite, Reagente A e Reagente B em tubo de ensaio. A cor amarela indica a presença de excesso de cloretos, enquanto que a mistura na cor de tijolo representa quantidade normal de cloretos (0,14% a 0,16%).

- Para o teste de presença de boratos ou ácido bórico, em um tubo de ensaio deve-se medir 5ml de amostra de leite, acrescentar 3 gotas de fenolftaleína e titular com NaOH 0,1N. Após a mistura ficar levemente rósea, deve ser adicionado 1ml de glicerina líquida. A presença de ácido bórico ou boratos é indicada pela cor branca, enquanto que a cor rósea atesta ausência deste elemento no leite.

Caso seja aprovado nas análises laboratoriais, o leite cru será recebido e estocado em tanque isotérmico a uma temperatura máxima de 5°C, lá permanecendo até o momento de seu processamento. Além disso, mensalmente, são enviadas amostras ao PROGENE (Recife/PE) para análise de Contagem Bacteriana Total (CBT), Contagem de Célula Somática (CCS) e composição.

4.3 ANÁLISE DAS ATIVIDADES DE TRABALHO

Esta seção mostra os fatos observados na Análise da Atividade que seguem na direção dos objetivos de pesquisa, os quais foram percebidos pelo pesquisador e analisados previamente com o auxílio de registros fotográficos e em vídeo, além das entrevistas de confrontação com os operadores (verbalização). São analisadas as ações e estratégias

mobilizadas pelos operadores para manter o sistema em funcionamento nos três setores onde a Análise da Atividade foi desenvolvida.

4.3.1 Confiabilidade humana na pasteurização do leite

O funcionamento regular e ininterrupto do setor de pasteurização do leite tem fundamental importância para as atividades da fábrica de laticínios, tendo em vista a representatividade do percentual de leite pasteurizado comercializado em sacos de um litro e em função da dependência dos outros setores da fábrica quanto ao recebimento do leite pasteurizado para elaboração dos demais produtos da cooperativa. Tais fatos motivaram o pesquisador a proceder com a Análise da Atividade neste setor da fábrica da cooperativa.

A seguir são apresentados os resultados obtidos a partir da Análise da Atividade dos operadores que realizam a pasteurização do leite:

a) CHECANDO A TEMPERATURA

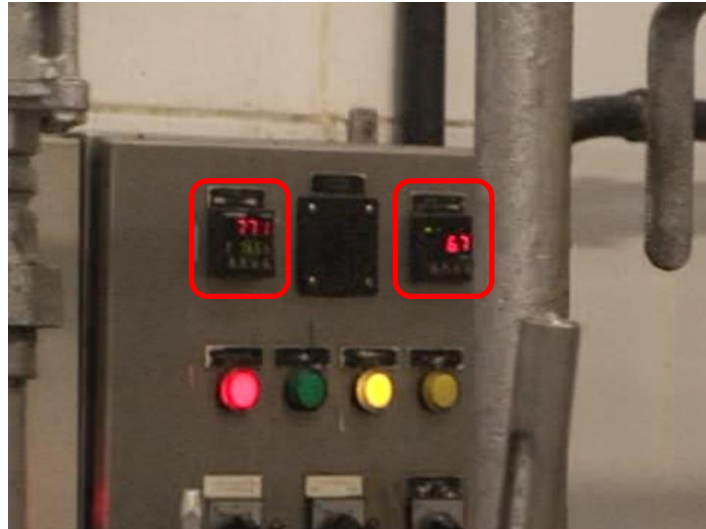
O processo de pasteurização do leite está fortemente relacionado ao controle das temperaturas de aquecimento e resfriamento do leite, de forma que o produto nem seja aquecido de forma insuficiente, a ponto de continuar cru, nem seja sobreaquecido acima dos padrões estabelecidos, o que resultaria em uma superpasteurização.

Embora nos painéis haja visores mostrando a temperatura em cada fase da pasteurização, como mostrado na Figura 14, o operador usa o conhecimento que dispõe quanto às características dos equipamentos para monitorar o andamento do processo, checando a temperatura da tubulação através do tato, conforme se observa na Figura 15 e na Figura 16. O operador coloca a mão na tubulação aquecida e nas serpentinas de resfriamento para identificar alguma anormalidade que possa comprometer o processo de pasteurização.

Nesta ação o operador justifica da seguinte forma como verifica a temperatura de passagem do leite pela tubulação aquecida e pelas serpentinas de resfriamento:

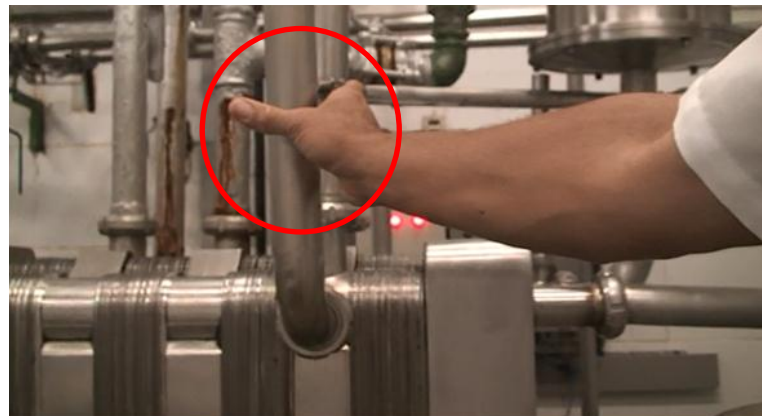
“Aqui é a parte de aquecimento do leite, temperatura de 77 graus [toca na tubulação diretamente com a mão]. (...) E ali tá gelando bem [toca, novamente com a mão, na serpentina que resfria o leite a 5°C].”

Figura 14 – Indicadores de temperatura das etapas de pasteurização



Fonte: Pesquisa direta

Figura 15 – O operador verifica a temperatura da tubulação com o tato (77°C)



Fonte: Pesquisa direta

Figura 16 – O operador verifica a temperatura da tubulação com o tato (5°C)



Fonte: Pesquisa direta

Uma condição de aquecimento das serpentinas, ou de resfriamento, diferente daquela indicada nos visores do painel de temperaturas seguramente ocasionará problemas na pasteurização do leite. Ao usar o próprio sentido do tato para checar as temperaturas, o operador “cria” um sistema de redundância de informações a partir do qual confronta as informações disponibilizadas pelos instrumentos, configurando desta forma o uso de um recurso complementar com caráter de apoio à tomada de decisões e ao emprego de ações.

Trata-se, portanto, do uso da experiência do operador para verificar os determinantes técnicos e, se necessário, tomar uma decisão mesmo diante de um processo com relativa automação. Neste caso, pouco importará se os dados disponíveis forem divergentes da representação mental concebida pelo operador para manter o estado do sistema (FADIER, 1996).

Nesta situação, o requisito segurança é negligenciado pelo operador em prol da identificação de possíveis anormalidades durante a pasteurização do leite, algo que, sob o ponto de vista da Saúde e Segurança no Trabalho (SST), será interpretado como um desvio de procedimento ou como uma condição insegura, que, entretanto, revela-se essencial para garantir a estabilidade do sistema, na medida em que o uso do conhecimento sensorial fornece ao operador uma melhor representação do estado de funcionamento do pasteurizador. Como afirma Patiès (2006), o uso de determinada habilidade pelo operador diante de uma possível situação adversa, visando garantir a operação normal do sistema, pode temporariamente acarretar em insegurança para si ou para os demais membros da organização.

b) APRIMORANDO O DISCO DO TERMÓGRAFO

O controle das temperaturas na etapa de pasteurização do leite é essencial para que não ocorra aquecimento excessivo resultando em superpasteurização, nem haja aquecimento insuficiente a ponto do leite permanecer cru.

No entanto, não basta controlar o processo!

É necessário apresentar as evidências de que realmente se faz o controle, pois regularmente são realizadas fiscalizações presenciais por técnicos do Ministério da Agricultura que, dentre outras verificações, checam se a pasteurização do leite está sendo realizada dentro da faixa de temperatura especificada, ou seja, entre 72°C e 77°C.

Durante as fiscalizações do Ministério da Agricultura, é fundamental demonstrar para o auditor através de evidências que tal controle da temperatura de aquecimento da pasteurização do leite foi realizado adequadamente.

O registro contínuo da temperatura de aquecimento do produto se dá através do uso de um termógrafo que consiste em um conjunto composto por conversor eletromecânico, um ponteiro e um disco de papel que registra a informação recebida do sensor de temperatura instalado na serpentina de aquecimento do leite. O movimento do ponteiro sobre o disco de papel giratório registra continuamente os valores da temperatura durante o aquecimento do leite na etapa de pasteurização (Figura 17).

Figura 17 – Operador demonstrando o funcionamento do termógrafo



Fonte: Pesquisa direta

Ocorre que, em determinados intervalos de tempo, o termógrafo registra temperaturas fora da faixa especificada para a correta pasteurização do leite, as quais são questionadas pelos inspetores do Ministério da Agricultura durante a fiscalização.

A falta de uma justificativa adequada resulta na aplicação de multas e as reincidências podem implicar, em casos extremos, inclusive na interdição do setor. Em função disso, a forma encontrada pelo operador para justificar ao fiscal o que ocorre nestas janelas de tempo, nas quais o termógrafo registra uma queda na temperatura de pasteurização, consiste em anotar diretamente no disco de papel do termógrafo qual evento motivou determinada queda de temperatura, algumas vezes abaixo de 60°C.

Quando questionado como é feito este apontamento, o operador responde:

“Todo dia repõe um disco. Quando tá fazendo a limpeza [das tubulações], a temperatura é mais baixa, em torno de 60 graus. Aí, no final do processo escreve no disco mesmo [o operador demonstra na própria mão como faz]: “pasteurização”, “limpeza” ou “equipamento parado”, entende?... Anota no disco, depois. (...) Naquele tempo *alí* foi feito uma limpeza [refere-se a determinado intervalo de tempo registrado no disco do termógrafo], por isso que a temperatura *tá* mais baixa, porque o normal é *tá* entre 72 e 77 [graus] na pasteurização (...)

Antes a gente não fazia, aí os fiscais chegavam aqui e diziam: o que é isso aqui, porque que isso aqui baixou? Aí quando eles chegam aqui, uma das primeiras coisas que ele faz é ir atrás desses discos, pra ver como é que tá lá as anotações, certo?”

Trata-se, portanto, de uma solução criada pelo operador para evitar a interrupção do processo produtivo em decorrência das fiscalizações de órgãos externos. Embora o procedimento não esteja especificado na prescrição das tarefas do operador, esta conduta foi incorporada à rotina diária de atividades do setor. Aqui, o operador criou um meio para completar a ação de registro das temperaturas de pasteurização no temógrafo, evidenciando que o leite foi processado no padrão adequado às exigências das normas que regulamentam o produto e, por extensão, cumprir as exigências do órgão fiscalizador.

c) AJUSTANDO OS SACOS DE LEITE PASTEURIZADO

Após a pasteurização, o leite pode ser enviado para um tanque-pulmão com capacidade para armazenar mil litros, ou ser enviado diretamente para outros setores da fábrica, onde são elaborados os queijos, iogurte, bebida láctea, doce de leite, requeijão e coalhada, ou ainda ser embalado pelas máquinas de envasamento em sacos plásticos de polietileno de um litro.

As máquinas envasadoras do leite dispõem de um rolo de filme plástico aberto, como demonstrado na Figura 18, e de uma lâmpada germicida que esteriliza o filme plástico durante a montagem dos sacos, evitando a contaminação da embalagem no momento do envasamento.

A montagem dos sacos plásticos é realizada automaticamente dobrando-se o filme plástico e utilizando-se resistências elétricas para selar a embalagem na vertical, como se observa na Figura 19. Em seguida, outra resistência elétrica sela o filme plástico na parte inferior e corta-o (Figura 20). Um bico de tubulação enche a embalagem com o leite pasteurizado, outra resistência elétrica sela o filme na parte superior do saco e corta-o neste ponto. Desta forma é montado o saco plástico e preenchido com leite pasteurizado para comercialização no varejo. A máquina de envasamento possui também uma cabeça impressora que registra o lote e a data de envasamento do produto em cada um dos sacos plásticos de um litro de leite.

Figura 18 – Rolo de filme plástico aberto na máquina de envasamento



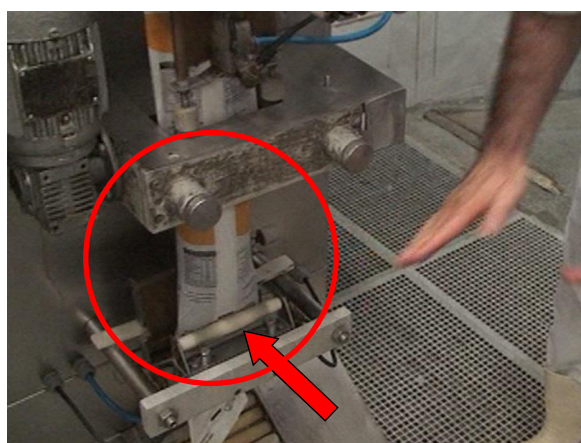
Fonte: Pesquisa direta

Figura 19 – Filme plástico dobrado e selado na vertical por uma resistência elétrica



Fonte: Pesquisa direta

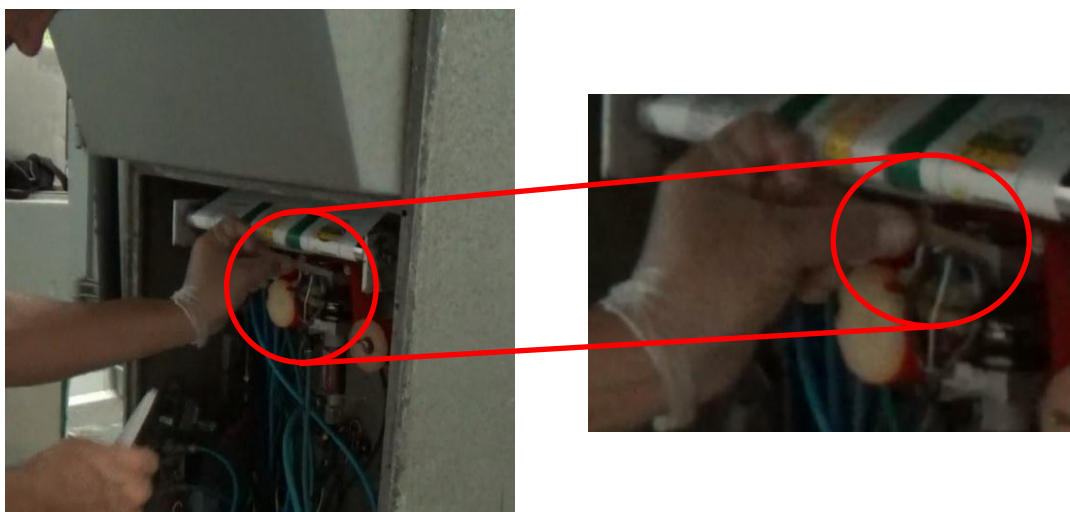
Figura 20 – Filme plástico selado na parte inferior pela máquina de envasamento



Fonte: Pesquisa direta

Apesar do automatismo do processo, em determinadas ocasiões o operador se vê obrigado a empregar artifícios não previstos nos procedimentos prescritos, que, no entanto, tornam-se imprescindíveis para manter a continuidade da operação do sistema. Esta situação foi identificada na máquina de envasamento no momento em que o operador aplica uma fita adesiva para fixar a cabeça de impressão, a qual registra o lote e a data de envasamento do produto em cada um dos sacos de leite, conforme se observa na Figura 21.

Figura 21 – Fita adesiva aplicada na cabeça impressora da máquina de envasamento



Fonte: Pesquisa direta

Questionado o operador sobre a aplicação deste artifício, ele relatou o que segue:

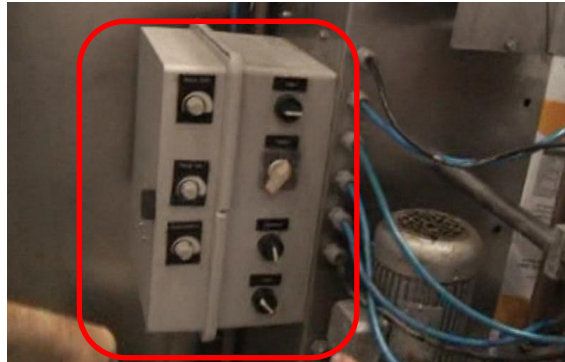
“É que essa máquina já tá meio “cansada”, sabe? [referindo-se ao elevado tempo de uso do equipamento] (...)

Ele *tá se soltando* [referindo-se à cabeça de impressão]. Se não colocar [o adesivo], ele se solta [referindo-se novamente à cabeça de impressão].”

Outra intervenção aplicada pelo operador na máquina de envasamento dos sacos de um litro de leite pasteurizado ocorre durante a montagem dos sacos. O operador verifica constantemente o estado de fechamento da embalagem e ajusta a temperatura da resistência elétrica que sela o filme plástico na vertical, além de ajustar a temperatura das resistências que fazem o fechamento inferior e superior do saco plástico de polietileno.

Arguido pelo pesquisador sobre como e onde é feito este ajuste de temperatura, o operador acionou os comandos que fazem esta regulagem no painel da máquina de envasamento, conforme se visualiza na Figura 22.

Figura 22 – Ajustes da temperatura das resistências de fechamento do saco plástico



Fonte: Pesquisa direta

Além disso, ele demonstrou de que forma o saco plástico se abre na vertical, caso a temperatura da resistência elétrica não esteja regulada adequadamente (Figura 23).

Figura 23 – Filme plástico aberto no centro



Fonte: Pesquisa direta

O operador expressou desta forma a justificativa para que houvesse sua intervenção nesta operação automática de montagem dos sacos plásticos durante envasamento do leite pasteurizado:

“Porque se *tiver* muito quente ele fura [referindo-se ao saco plástico] e se *tiver* frio ele se abre. *Aí* tem que ter uma temperatura ideal. (...)”

Quando eu *tô* trabalhando, *aí* a gente faz assim [o operador puxa o centro do saco que está sendo montado na máquina de envasamento para checar se está aberto ou fechado].

Se ele [o saco plástico] *tiver* abrindo é porque *tá* frio e se *tiver* muito quente, ele [o saco plástico] começa a furar.”

Trata-se da correção de problemas nas máquinas e equipamentos pelos operadores, para regular os incidentes e recolocar os automatismos e mecanismos em funcionamento.

Por fim, ainda que o processo de envasamento do leite pasteurizado seja automático, para se assegurar a padronização e a não contaminação do produto, foi observado que se torna imprescindível a intervenção do operador a todo instante para se alcançar este fim. É o que ocorre igualmente durante o enchimento dos sacos de leite pasteurizado. Não se trata de uma opção! Ele tem que fazê-lo para manter a continuidade da operação do sistema.

Para garantir que o ajuste da máquina de envasamento não saia do padrão esperado e, portanto, que o peso do saco de leite pasteurizado permaneça dentro da janela que vai de 1,025 kg a 1,035 kg, o operador verifica por amostra do peso dos sacos e repetidamente aciona uma válvula da tubulação que libera o leite pasteurizado para o interior dos sacos. Como se observa na Figura 24, os sacos são pesados em uma balança digital posicionada ao lado do posto de trabalho e, na medida em que o operador percebe que está ocorrendo variação significativa no peso dos sacos de leite, ele aciona a válvula de enchimento posicionada no alto da máquina de envasamento (Figura 25).

Figura 24 – Operador checando o peso do saco de leite



Fonte: Pesquisa direta

Figura 25 – Acionamento da válvula de enchimento dos sacos de leite



Fonte: Pesquisa direta

4.3.2 Confiabilidade humana no preparo da coalhada

a) ACIONAMENTO DAS VÁLVULAS DO TANQUE DE FERMENTAÇÃO

O processo de elaboração da coalhada se inicia com o recebimento do leite pasteurizado no tanque de fermentação, que possui capacidade para armazenar dois mil litros de leite. São adicionadas ao leite pasteurizado culturas lácticas liofilizadas, fermentos lácteos concentrados liofilizados para inoculação direta no leite e, após dez minutos de espera, são realizadas as etapas de aquecimento a 80° C e resfriamento até 34° C.

Estas etapas de aquecimento/resfriamento são executadas pelo operador através do acionamento sequencial de oito comandos de válvulas de entrada/saída de vapor de água aquecida proveniente da caldeira, de água fria e de água natural. A Figura 26 demonstra onde estão dispostas as válvulas acionadas pelo operador.

Figura 26 – Válvulas acionadas no preparo da coalhada



Fonte: Pesquisa direta

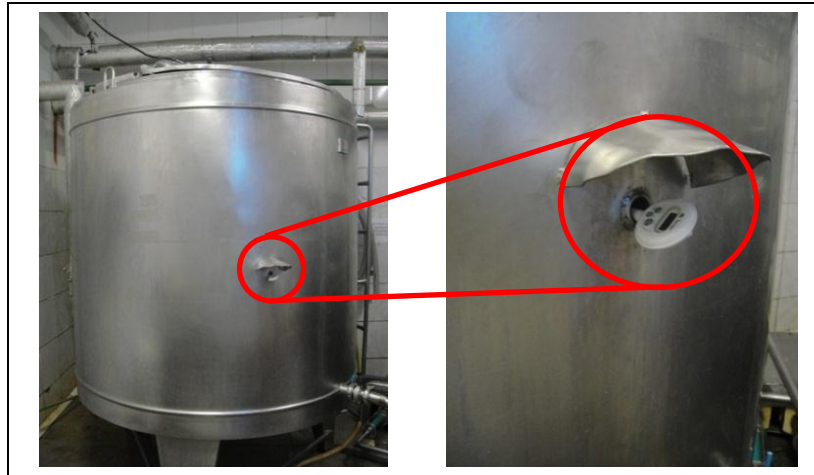
Ocorre que toda a sequência de acionamento das válvulas para iniciar o aquecimento e, em seguida, para resfriar a coalhada é executada com base na experiência do operador, pois não há identificação da sequência de acionamento das válvulas, ou ainda a identificação de cada uma delas, seja com uma numeração, seja por meio de um código de cores.

O processo de aquecimento a 80° C se inicia com a abertura de duas válvulas que permitem a circulação do vapor de água nas paredes do tanque de fermentação. Em seguida, o operador libera o fluxo de outra válvula a qual permite a chegada do vapor de água proveniente da caldeira até o tanque de fermentação. Quando questionado sobre a forma como ele atua, o operador relatou assim:

“Aí eu abro aqui [referindo-se à válvula que libera o vapor proveniente da caldeira], *aí* eu abro esses dois [referindo-se às duas válvulas de entrada e retorno do tanque de fermentação], porque se eu deixar esses dois fechados vai estourar, porque *tá* sem saída. Abro esses dois e abro mais ou menos na metade desse [válvula que libera o fluxo de vapor proveniente da caldeira], aí eu monitoro aqui [referindo-se ao termômetro colocado na parede do tanque]. Quando chega em 80 [graus], o que é que eu faço? Eu fecho o vapor e fecho as duas entradas”.

Atingida a temperatura de 80°C, o operador inicia imediatamente o processo de resfriamento da mistura até 34°C, novamente utilizando o conhecimento adquirido e sua experiência para comandar as válvulas que injetam água gelada nas paredes do tanque de fermentação. O operador abre a válvula de retorno, que permite a circulação de água gelada pelas paredes do tanque de fermentação, assegura-se que a válvula de drenagem esteja fechada, para não permitir que a água gelada escoe das paredes do tanque, aciona a válvula da tubulação que libera o fluxo de água gelada e, novamente, monitora a queda da temperatura através do termômetro inserido na parede do tanque de fermentação (Figura 27).

Figura 27 – Controle de temperatura do tanque de fermentação



Fonte: Pesquisa direta

A temperatura de resfriamento, no entanto, não pode cair abaixo de 34°C. Trata-se de uma operação que requer o controle e atuação direta do operador do tanque de fermentação, de forma que, após chegar a 34°C, as válvulas sejam novamente acionadas para estabilizar a mistura nessa temperatura durante todo o processo de embalagem da coalhada.

Para tal, após verificar no termômetro que a mistura chegou a 34°C, o operador fecha a válvula da tubulação de entrada da água gelada, fecha a válvula de circulação de água gelada e abre a válvula de drenagem, com o fim de esvaziar as paredes do tanque de fermentação que estavam preenchidas com água gelada. E justifica a realização do procedimento desta forma:

“Aqueci até 80 [graus], aí eu deixei cair para 34 [graus]. Aí agora eu tenho que desligar de todo jeito, senão passa do ponto [referindo-se à temperatura cair abaixo de 34°C] (...)

Mesmo fechando aqui [aponta para a circulação de água gelada], sem “arriar” [deixar água gelada escoar das paredes do tanque] ela vai resfriar mais um pouco [o que é indesejado], porque as paredes tá com água fria”.

Nessa verbalização, o operador está se referindo a retirar toda água gelada das paredes do tanque de fermentação para que a temperatura da mistura não caia além do desejado. Ele então abre a válvula de drenagem e também abre a válvula de entrada de água natural, de forma que a circulação de água natural pelas paredes do tanque remova a água gelada que ainda reste no interior do tanque e, assim, estabilize em 34°C. O operador mantém o sistema com circulação de água natural durante cerca de cinco minutos, depois disso fecha a válvula de entrada de água natural, fecha a válvula de drenagem e descreve a operação dessa forma:

“Eu abri aqui [aponta para a válvula de entrada da água natural] já *pra* dar um “empurrão” na que tá gelada [a água gelada], *pra* não baixar muito a temperatura, porque o correto é 34 [graus]. Em 34 [graus] fecha”.

Todo esse processo descrito leva cerca de uma hora e durante todo esse tempo o operador atua constantemente para que não haja falha no preparo da coalhada. Ele se vale do conhecimento e da experiência adquirida para cumprir a sequência correta de acionamento das válvulas do tanque de fermentação, as quais não possuem qualquer identificação, de forma que o aquecimento ocorra na temperatura adequada e que o aquecimento e o resfriamento se deem no limite de temperatura recomendada. Em especial na etapa de resfriamento durante o preparo da coalhada não pode haver uma redução da temperatura abaixo de 34°C, o que requer uma atuação precisa do operador para remover toda água gelada do tanque no momento certo.

b) DISPENSANDO O MANÔMETRO

Neste mesmo processo de fermentação do leite para preparo da coalhada há um manômetro instalado na tubulação do vapor de água quente, logo após a válvula que comanda a abertura/fechamento da entrada de vapor no tanque de fermentação (Figura 28).

Figura 28 – Manômetro da tubulação de vapor de água quente



Fonte: Pesquisa direta

Esse dispositivo é de fundamental importância para a segurança de toda a estrutura utilizada na produção da coalhada, pois indica a pressão que está sendo aplicada na tubulação do vapor de água quente. Foi observado durante a Análise da Atividade, no entanto, que o operador dispensava o monitoramento do manômetro durante as manobras das válvulas do tanque de fermentação.

Questionado se tal instrumento de medição encontrava-se com defeito, o operador respondeu que pouco observa a indicação do ponteiro do manômetro porque já conhece a posição de abertura na qual a válvula deve ser colocada, de forma que não supere 20 psi (do inglês, *pound force per square inch*) de pressão sobre a tubulação.

Não se trata da realização de um procedimento de forma temerária por parte do operador, mas sim de fazer escolhas e tomar decisões baseadas na representação do modelo de operação normal concebido por ele, a partir de informações obtidas no curso da ação. É o operador utilizando sua experiência para operar o sistema, ainda que disponha de instrumentos de medição para assegurar a confiabilidade do sistema e a segurança operacional.

Neste cenário, resta evidente a diferença entre a tarefa prescrita e a atividade realizada, na medida em que o operador faz uso de um aspecto não mensurável, como é o caso do posicionamento da válvula, para diagnosticar de forma eficiente o estado das transformações de determinado processo produtivo.

Arguido sobre como procedia para não extrapolar a pressão sobre a tubulação e não comprometer a segurança do sistema, o operador se manifestou da seguinte forma:

“Esse aqui [referindo-se ao manômetro] é só pra saber quando o vapor tá aberto demais, porque tem um limite de abrir ele [a válvula]. Se abrir demais, ele [o ponteiro do manômetro] vai subir. O máximo que ele pode subir é até 20 [psi] (...) Mas eu geralmente já “peguei a medida” que dá pra ficar aberto sem atingir os 20 [psi] (...) Se passar de 20 [psi] pode ser que estoure a tubulação. Mas eu já “peguei a posição” [referindo-se à posição limite da válvula enquanto estiver aberta]”.

Utilizar sua experiência para manter a estabilidade do sistema, em detrimento dos determinantes técnicos disponíveis, representa um fator de Confiabilidade Humana do operador na medida em que ele utiliza ao longo do curso da ação a experiência adquirida no processo produtivo.

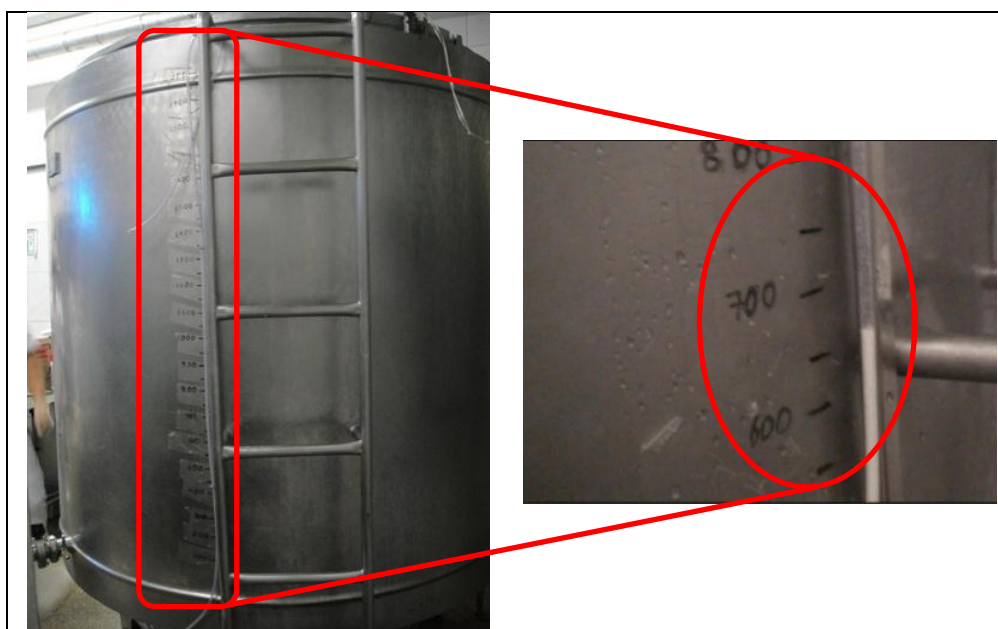
c) A MAGUEIRA MEDIDORA

A quantidade de leite pasteurizado que é processada diariamente no preparo da coalhada depende da demanda de distribuição do produto ao mercado. Arguido pelo pesquisador sobre como realizava o controle do volume de coalhada produzido diariamente, o operador respondeu o que segue:

“A mangueirinha do nível é *quem* vai medir ali! [apontando para a escala volumétrica feita com adesivos e para a mangueira instalada na lateral externa do tanque de fermentação]”.

Como não há indicador volumétrico no tanque, os operadores desenvolveram um artefato que permite medir e controlar o volume de leite disposto no tanque de fermentação, através da colocação de fitas adesivas com a marcação volumétrica na escala da centena de litro de leite. Além disso, foi estendida uma mangueira do topo à base, a qual foi inserida no tanque de fermentação possibilitando assim a indicação da altura da coluna de leite em seu interior, conforme se observa na Figura 29.

Figura 29 – Indicador volumétrico no tanque de fermentação da coalhada



Fonte: Pesquisa direta

Para Borges (2012), a impossibilidade ou, como neste caso, a dificuldade para desempenhar determinada atividade utilizando-se dos meios disponibilizados conduz os operadores a desenvolver artefatos ou a usar artifícios que permitam o curso da ação. Além

disso, de acordo com o autor, estes artefatos representam mais de que artifícios que auxiliam na execução das atividades do operador; tornam-se por vezes indispensáveis, sem os quais a tarefa prescrita tornar-se-ia inexecutável.

d) INTERVINDO A TODO INSTANTE

A máquina de envasamento da coalhada em recipientes plásticos de 140 gramas trabalha de forma automática, embalando 93 unidades por minuto. O processamento ocorre sem o contato direto do operador com a coalhada, assegurando-se dessa forma que não haja contaminação do produto e que envasamento ocorra de forma padronizada.

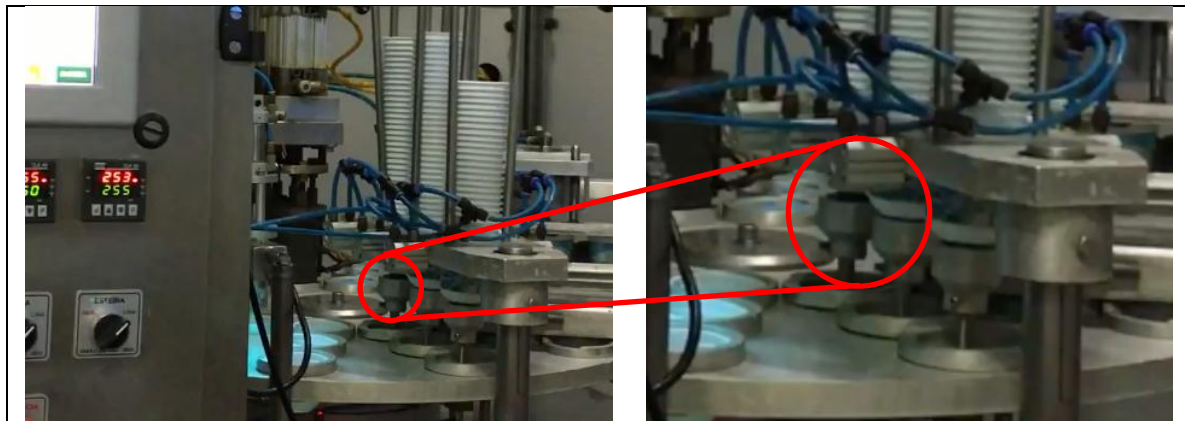
Ocorre que, apesar da automatização do equipamento que opera de forma sequencial e sincronizada em cada uma das etapas descritas na seção de prescrição da tarefa, foi observado pelo analista durante a Análise da Atividade que a todo instante é requerida a intervenção do operador ao longo do processamento.

Ainda na primeira etapa, quando as três ventosas pegam as embalagens nas colunas de recipientes vazios, a atenção do operador se volta constantemente para o posicionamento adequado das embalagens de forma que todas as ventosas alcancem os recipientes.

Caso uma das embalagens não seja alcançada pela ventosa não haverá desperdício do produto, pois há sensores na máquina de embalagem que detectam a falta do recipiente abaixo do bico de enchimento e, portanto, a coalhada não será liberada nessa posição que está sem o recipiente. No entanto, nessa circunstância há perda de eficiência do processo e desperdício de energia na operação da máquina, pois o ciclo de envasamento nessa posição será todo percorrido sem que haja produto sendo embalado.

É nesse momento que há intervenção do operador para ajustar a coluna de recipientes de forma que as três embalagens sejam alcançadas pelas ventosas que colocam os recipientes vazios na esteira de produção (Figura 30).

Figura 30 – Coluna de copos para envasamento da coalhada



(01) Ventosa da esquerda não alcança a coluna de embalagens



(02) Intervenção do operador na coluna de embalagens não alcançada pela ventosa

Fonte: Pesquisa direta

Além da intervenção manual na coluna de copos, o operador também ajusta os tempos de sucção das ventosas e o tempo de abertura da pinça, que libera individualmente cada recipiente. O operador relata dessa forma em que consiste sua ação:

“O vácuo do copo é a “puxada” [referindo-se ao tempo de sucção da ventosa], (...) *pra* ela [ventosa] puxar mais suave ou com mais pressão.

Aí a pinça é *pra* abrir, *pra* liberar o copo [referindo-se a liberação do copo pela coluna], se ela [pinça] tiver atrasada não vai liberar, porque a ventosa vai subir e ela [pinça] vai *tá* fechada ainda. Quando a ventosa sobe, ela [pinça] já tem que *tá* abrindo (...)

Vejo no visual. Esses ajustes *tudinho* aqui é no visual.”

Outra intervenção realizada pelo operador no equipamento de envasamento da coalhada consiste no ajuste do tempo de soldagem das tampas de alumínio sobre os recipientes preenchidos com o produto. Durante a Análise da Atividade, o analista observou que regularmente o operador verifica o estado de fechamento da embalagem (Figura 31) e ajusta o processo na tela *touchscreen* do equipamento (Figura 32).

O analista perguntou ao operador como é feito o controle de fechamento das embalagens, ao que ele assim respondeu:

“Pode ver que ela trabalha... Nem todas as três não são iguais não [apontando para a tela *touchscreen* onde ele ajusta o tempo de solda em milissegundos], porque o tempo de cada uma é diferente (...)

Porque tem uma [cabeça de soldagem] que sela melhor do que a outra, porque a cartilagem tá melhor do que a outra”.

Figura 31 – Verificando o estado de fechamento da embalagem de coalhada



Fonte: Pesquisa direta

Figura 32 – Ajustando os parâmetros da envasadora de coalhada



Fonte: Pesquisa direta

Novamente o operador utiliza sua experiência e o conhecimento que tem quanto à operação da máquina para intervir no processamento, que embora seja automatizado, requer a inserção do fator de Confiabilidade Humana para assegurar o regular funcionamento da máquina e, assim, mitigar desperdícios.

A todo instante o operador faz escolhas e toma decisões com base na representação do modelo de operação normal concebido por ele, baseado nas informações obtidas no curso da ação e em função das situações adversas enfrentadas. Demonstra-se, de acordo com Dekker (2005) e Crandall, Klein e Hoffman (2006), que a ação humana é essencial na operação de sistemas complexos.

4.3.3 Confiabilidade humana no laboratório de análises físico-químicas

a) O ADESIVO ANTIVIBRAÇÃO

Os testes realizados no laboratório de análises físico-químicas são essenciais para garantir o controle de qualidade do leite cru – principal insumo da fábrica – e dos produtos elaborados a partir do processamento do leite. Tais testes dependem da correta execução das técnicas laboratoriais e do funcionamento adequado dos equipamentos e acessórios empregados no laboratório. No entanto, ocorre que determinados equipamentos apresentam falhas que comprometem a eficácia dos testes físico-químicos. Um fato que exemplifica esta situação se passa com a centrífuga utilizada na medição do teor de gordura do leite.

A análise laboratorial se inicia com o uso de um bico de papagaio para colocar 10 ml de ácido sulfúrico em um butirômetro para leite; em seguida, a técnica-química acrescenta uma amostra de 11 ml de leite ao ácido (Figura 33) e 1 ml de álcool isoamílico; fecha o butirômetro com uma rolha emborrachada; uniformiza a mistura colocada no butirômetro; e, coloca o butirômetro na centrífuga durante cinco minutos para que seja feita a separação da gordura do leite (Figura 34).

Figura 33 – Colocando amostra de leite no butirômetro



Fonte: Pesquisa direta

Figura 34 – Colocando o butirômetro na centrífuga



Fonte: Pesquisa direta

A centrífuga consiste em uma bandeja rotativa para colocação de até dez amostras. Como só havia uma amostra a ser analisada para determinação do teor de gordura, neste caso a operadora colocou outro butirômetro na posição diametralmente oposta, contendo água no mesmo volume da amostra a ser analisada, de forma que houvesse um equilíbrio de forças durante a centrifugação. Ocorre que, durante a Análise da Atividade, foi observado que a operadora utiliza como artefato uma fita adesiva entre a tampa e a base da centrífuga (Figura 35).

Figura 35 – Fita adesiva na centrífuga



Fonte: Pesquisa direta

Questionada sobre a finalidade da aplicação da fita adesiva, a operadora verbalizou da seguinte forma:

“Eu coloco isso aqui [fita adesiva] porque tá fazendo muito barulho. Muito barulho”.

A aplicação deste artefato representa a maneira empregada pela operadora para estabilizar o equipamento durante os cinco minutos nos quais permanece em alta rotação e, simultaneamente, reduzir o ruído gerado pela centrífuga em funcionamento, o que compromete a comunicação da técnica-química com os operadores que se dirigem ao laboratório para realizar testes no soro do leite e nos demais produtos elaborados na fábrica.

b) MARCAÇÃO DE CONTROLE NA PLANILHA

O controle de qualidade do leite, o qual é recebido na plataforma da fábrica da cooperativa, envolve a realização dos seguintes testes: temperatura, densidade a 15°C, percentual de gordura, extrato seco total, extrato seco desengordurado, acidez Dornic, redutase, crioscopia, presença de antibiótico, formol, hidróxido de sódio, bicarbonato de sódio, ácido bórico, peróxido de hidrogênio, cloretos, açúcar e amido.

Foi observado pelo analista, durante a etapa de Análise da Atividade, que a operadora do laboratório faz uma marcação na planilha de registro dos resultados sempre que inicia os testes de algum dos produtores (Figura 36).

Figura 36 – Marcação na planilha de registros dos testes laboratoriais

Fonte: Pesquisa direta

A operadora realiza todas as análises físico-químicas de determinada amostra cujos resultados são qualitativos, ou seja, os quais têm como resposta “Ausente” ou “Presente” e ao final registra todos os resultados desta natureza na planilha de controle. Por exemplo, os testes quanto à presença de antibióticos, formol, açúcar ou amido.

Quando se trata de testes cujos resultados são quantitativos, a operadora faz uma marcação com um ponto ou com um sinal de menos ao iniciar a realização do teste (Figura 36), para somente ao final da análise daquela amostra registrar o resultado numérico na planilha de controle. Questionada sobre a finalidade da marcação da planilha com uma vírgula ou com um ponto, a operadora verbalizou da seguinte forma:

“Porque depois que eu terminei tudo [todos os testes qualitativos da amostra] aí eu já coloco “Ausente” [referindo-se ao resultado do teste], entendeu?

Esse aqui é porque eu fui anotando na hora [referindo-se à marcação com um ponto na planilha], porque senão eu me esquecia, porque é número [o resultado], senão vai que eu esqueço, né? (...)

Aí se eu esquecer é retrabalho, eu tenho que fazer de novo”.

Em determinados momentos, quando a quantidade de amostras sendo testadas é superior à média, a utilização deste artifício não prescrito nos procedimentos minimiza a possibilidade da operadora registrar o resultado do teste da amostra de leite de um produtor equivocadamente para outro produtor.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

De forma a propiciar um melhor entendimento dos resultados alcançados, a relação de ações de confiabilidade humana identificadas na operação dos setores pesquisados foi classificada de acordo com as dimensões de enquadramento apresentadas no Capítulo 3 (Quadro 3, página 63 da dissertação).

Tal classificação das ações de confiabilidade humana, identificadas durante a observação da atividade, seguiu os critérios de enquadramento empregados na tese de doutoramento de Borges (2012), os quais se baseiam nas variáveis e/ou nos recursos mobilizados pelo operador para assegurar a estabilidade e a continuidade da produção. Os resultados da presente dissertação de mestrado foram consolidados em um quadro resumo e estão apresentados a seguir (Quadro 4):

Quadro 4 – Quadro resumo das ações de Confiabilidade Humana

SETOR	AÇÃO DE CH	DIMENSÃO DE ENQUADRAMENTO DAS AÇÕES DE CH	VARIÁVEIS E/OU RECURSOS MOBILIZADOS PELO OPERADOR	DESCRIÇÃO DA AÇÃO DE CH	
Pasteurização do leite	Sentindo a temperatura	OTIMAÇÃO	Conferência presencial, através do tato, de um parâmetro técnico medido remotamente	O operador se vale de sua experiência para checar com o tato a temperatura de pasteurização do leite, verificando de forma presencial um parâmetro técnico medido remotamente	
	Aprimorando o disco do termógrafo	CRIAÇÃO DE ARTEFATOS	Registro manual no próprio disco do termógrafo dos eventos nos quais houve queda acentuada na temperatura de pasteurização	O operador desenvolve um meio para complementar a ação de registro das temperaturas de pasteurização no termógrafo	
	Ajustando os sacos de leite pasteurizado	CRIAÇÃO DE ARTEFATOS	Uso de material comum (fita adesiva), não prescrito pela organização, para permitir a execução de uma ação necessária (impressão do lote e data de embalagem)	O operador aplica uma fita adesiva para fixar a cabeça de impressão que registra o lote e a data de envasamento do leite em sacos de um litro	
		CORREÇÃO DE FALHAS EM EQUIPAMENTO	Acionamento manual repetitivo dos comandos que ajustam a temperatura das resistências de fechamento dos sacos de um litro de leite	Durante a montagem dos sacos de leite, o operador verifica constantemente o estado de fechamento da embalagem e ajusta a temperatura da resistência elétrica que sela o filme plástico na vertical e nas partes superior e inferior	
		CORREÇÃO DE FALHAS EM EQUIPAMENTO	Acionamento manual repetitivo da válvula que regula o volume de leite injetado nos sacos de um litro	Durante o enchimento dos sacos de leite, o operador ajusta constantemente a válvula que injeta o leite nos sacos de um litro	

Quadro 4 – Classificação das ações de Confiabilidade Humana (continuação)

SETOR	AÇÃO DE CH	DIMENSÃO DE ENQUADRAMENTO DAS AÇÕES DE CH	VARIÁVEIS E/OU RECURSOS MOBILIZADOS PELO OPERADOR	DESCRIÇÃO DA AÇÃO DE CH	
Preparo da coalhada	Acionamento das válvulas do tanque de fermentação da coalhada	COMPETÊNCIA	Uso da experiência adquirida para operar o equipamento eficientemente durante o aquecimento e o resfriamento do produto	O operador cumpre toda a sequência de acionamento/desligamento das sete válvulas do tanque de fermentação da coalhada sem que haja indicação de cores ou marcação numérica da sequência	
	Dispensando o manômetro	OTIMAÇÃO	Uso da experiência do operador frente a um determinante técnico	O operador se vale de seu elevado conhecimento tácito para ajustar a posição da válvula de entrada do vapor, dispensando a indicação de pressão no manômetro	
	A mangueira medidora	CRIAÇÃO DE ARTEFATOS	Uso de materiais comuns (mangueira plástica e fita adesiva), não prescrito pela organização, para permitir a execução de uma ação necessária (controle do volume de produção da coalhada)	O operador aplica uma fita adesiva e uma mangueira plástica na lateral do tanque de fermentação para medir o volume de leite no seu interior	
	Intervindo a todo instante	CORREÇÃO DE FALHAS EM EQUIPAMENTO	Ajuste manual repetitivo da coluna de embalagens vazias da coalhada que deveria operar de modo automático	Durante o envasamento da coalhada, o operador ajusta constantemente a posição da coluna de copos para que a embalagem vazia seja alcançada pela ventosa	
		CORREÇÃO DE FALHAS EM EQUIPAMENTO	Ajuste repetitivo de parâmetros no painel <i>touchscreen</i> da máquina de envasamento da coalhada	Durante o envasamento da coalhada, o operador ajusta constantemente o tempo de soldagem das tampas de alumínio	
Laboratório de análises físico-químicas	O adesivo antivibração	CRIAÇÃO DE ARTEFATOS	Uso de material comum (fita adesiva), não prescrito pela organização, para permitir a execução de uma ação necessária (centrifugação adequada da amostra de leite durante a medição de gordura)	O operador aplica uma fita adesiva na tampa da centrífuga para reduzir a vibração do equipamento	
	Marcação de controle na planilha	CRIAÇÃO DE ARTEFATOS	Uso de artifício para registrar corretamente os resultados quantitativos das análises laboratoriais	O operador faz uma marcação com ponto ou sinal de menos na planilha onde registra os resultados dos testes, para a minimizar a chance de registrar erroneamente os resultados quantitativos medições laboratoriais	

Fonte: O autor

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo apresenta as conclusões obtidas a partir dos resultados alcançados na pesquisa, bem como as recomendações acerca de aspectos complementares que não tenham sido especificados no presente trabalho. Na primeira seção são elencadas as conclusões da dissertação por meio da constatação do atendimento dos objetivos específicos, enquanto que na segunda seção são apresentadas recomendações para trabalhos futuros relacionados ao tema da confiabilidade humana e que possam complementar o conteúdo dessa dissertação.

5.1 ATENDIMENTO DOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O propósito da pesquisa foi alcançado a partir do cumprimento dos objetivos específicos estabelecidos no capítulo I deste trabalho, os quais serão detalhados a seguir.

O primeiro objetivo, voltado a identificar ações e estratégias empregadas pelos operadores para manter ou recuperar a continuidade da produção, foi cumprido a partir dos resultados obtidos na pesquisa de campo e apresentados no capítulo IV.

A análise das situações de trabalho encontradas na fábrica da cooperativa, com foco na observação dos operadores em atividade, conduziu à identificação de um conjunto de ações e estratégias implementadas pelos trabalhadores, nas quais ele emprega sua capacidade de antecipação e previsão, suas habilidades, competência e experiência para conferir confiabilidade ao sistema. De acordo com Borges (2012), tais atributos são utilizados pelo operador para construir um modelo mental do estado do sistema durante o curso da ação, os quais são influenciados pelo nível de experiência do trabalhador, por suas habilidades, pelos conhecimentos e pelos recursos que dispõe.

A avaliação dos aspectos de confiabilidade humana com enfoque na atividade desempenhada na prática pelos operadores foi capaz de revelar ações executadas em situações reais de trabalho que, eventualmente, permaneceriam ocultas no caso de uma análise circunscrita às prescrições das tarefas. Nesse sentido, Carvalho e Menegon (2014) afirmam que as instruções de trabalho não são capazes de antever tudo o que pode ser utilizado no curso da ação, fazendo com que os profissionais sejam provocados a elaborar estratégias para dar conta do compromisso eficaz entre a produção e a segurança, quando da decorrência de imprevistos e riscos.

O foco nas situações de trabalho, o qual é definido como um dos pilares da prática ergonômica, revelou onde se manifestaram os constrangimentos da tarefa e de que forma os

operadores utilizaram suas experiências, habilidades e competência para responder eficazmente diante da escassez de informações disponíveis e diante das limitações enfrentadas enquanto concebiam a representação mental do estado do sistema.

A escolha da abordagem da AET (Análise Ergonômica do Trabalho) com foco na Análise da Atividade, através da observação dos trabalhadores na ação situada, revelou-se adequada para a identificação das ações de confiabilidade humana implementadas pelos operadores.

A abordagem ergonômica da questão de pesquisa através da avaliação do trabalho humano, conjugada com a pesquisa de estudos anteriores que tratam de confiabilidade humana, cumpriu o papel de avizinhar a teoria da prática, o que igualmente justifica a relevância da pesquisa ao contribuir como fonte geradora de novos conhecimentos sobre confiabilidade humana.

A observação da conduta do operador durante a execução da atividade, conjugada com as confrontações (verbalizações), as quais dão sentido às observações, foram elementos essenciais do método de Análise da Atividade para viabilizar a identificação das ações de confiabilidade humana. Algo que seria improvável de se capturar através de métodos probabilísticos de avaliação da confiabilidade humana, devido à subjetividade dos fatores que motivam o operador a por em prática ações voltadas à manutenção da continuidade da produção ou ao restabelecimento da normalidade.

A abordagem de análise da confiabilidade humana empregada no presente estudo, baseada no entendimento do trabalho com ele efetivamente é realizado, diferenciou-se de outras abordagens quantitativas de pesquisa neste tema, as quais buscam primordialmente identificar e quantificar o erro humano e criar barreiras para evitar sua ocorrência. A alta variabilidade das situações de trabalho e a percepção dos aspectos mobilizados pelos operadores não encontrariam espaço nas técnicas de avaliação da confiabilidade humana com abordagem quantitativa.

O segundo objetivo visou classificar as ações de confiabilidade humana identificadas de acordo com as variáveis e/ou recursos mobilizados pelo operador. As ações foram agrupadas por setor pesquisado e categorizadas de acordo com as dimensões especificadas no Quadro 3 da dissertação, a partir da análise das condutas do operador e dos recursos por ele mobilizados para atingir os objetivos de produção.

Do total de dez ações de confiabilidade humana mapeadas na observação das atividades, observa-se que a maior ocorrência se deu com relação à criação de artefatos, por meio dos quais o operador se utilizou de materiais comuns ou de artifícios para executar uma

ação necessária. Os constrangimentos enfrentados na execução da tarefa, ou a impossibilidade de realizá-la com os meios disponíveis, levaram o operador a construir instrumentos e meios para completar sua ação.

Observa-se que quatro ações relacionam-se à correção de falhas em equipamentos que deveriam, em tese, operar de modo automático. No entanto, foram requeridos dos operadores ajustes manuais de dispositivos ou de equipamentos para corrigir problemas, regular os incidentes e recolocar os automatismos em funcionamento normal.

Duas outras ações identificadas referem-se à otimização, nas quais ainda que o operador disponha de equipamentos e informações técnicas ele utiliza seu conhecimento tácito para checar parâmetros medidos remotamente. Foi o que ocorreu na verificação da temperatura de aquecimento durante a pasteurização do leite. Devido à consciência da importância do processo para os objetivos de produção, o operador se valeu de sua experiência para checar com o tato a temperatura de pasteurização do leite, ou seja, ele optou por verificar de forma presencial um parâmetro técnico medido remotamente.

Uma das ações de confiabilidade humana está vinculada à competência do operador no processamento da coalhada. Para que ocorra a fermentação adequadamente, é crucial o controle das temperaturas de aquecimento e de resfriamento do produto. Tal processo ocorre por meio do acionamento das válvulas do tanque de fermentação, no entanto não há qualquer indicação da sequência a ser seguida, nem existe uma marcação de cores que identifique as válvulas do vapor de água ou da água gelada. O operador faz uso da experiência adquirida na operação do equipamento para realizar o aquecimento e resfriamento do produto eficientemente. É de se ressaltar que a liberação do vapor de água sem que as válvulas de retorno da água quente estejam liberadas resulta em acidente.

Finalmente, o terceiro objetivo, que visou evidenciar o papel do operador como agente de confiabilidade do sistema, também foi cumprido.

Ainda que sejam notadamente frequentes as ocasiões nas quais o operador não segue a prescrição das tarefas definidas para sua função, como atestam os resultados apresentados nesta pesquisa, tal fato não representa necessariamente uma ameaça ao funcionamento do sistema. Representa a forma encontrada pelo operador para proporcionar confiabilidade ao sistema, através da modificação de seu modo operatório e baseado em sua experiência, competências e na sua capacidade de antecipação e previsão durante a execução da tarefa.

A variabilidade de reações do operador enquanto contorna as flutuações do sistema é o que confere ao elemento humano o papel de agente de confiabilidade (FAVERGE, 1970; QUEINEE; TERSSAC, 1987 *apud* SILVA, 2011). Dentro desse contexto, baseado nos

resultados apresentados observou-se que o operador assumiu com frequência o papel de agente de confiabilidade do sistema, sendo responsável pela continuidade da operação, seja pela recuperação de falhas, seja pela minimização das consequências de um evento indesejado.

Automatizar processos não é necessariamente o que traz confiabilidade ao funcionamento dos sistemas produtivos. Ficou evidente que, em momentos críticos nos quais o sistema saiu de seu estado normal de operação, o ser humano entrou em ação como agente decisivo de retorno à normalidade do processo.

Verificou-se que mesmo em processos automatizados, nos quais teoricamente a ação do operador deveria ser substituída, na prática foi por meio da ação humana que procedimentos prescritos foram adequados à realidade da situação de trabalho e que foram inventadas soluções para suprir a ineficiência de equipamentos ou instrumentos. Uma ação que exemplifica esta constatação se deu no aprimoramento do disco do termógrafo, onde o operador fez as devidas anotações de eventos ocorridos ao longo do processo de pasteurização do leite no próprio disco de papel, objetivando minimizar os riscos de uma autuação fiscalizatória. Trata-se, portanto, de aumentar a confiabilidade do sistema por meio da confiabilidade humana.

Quando o operador tem em evidência quais são as potenciais variabilidades capazes de interromper o fluxo de produção, menores são os prejuízos decorrentes da paralisação da produção ou há uma menor chance de ocorrência de incidentes e/ou acidentes de trabalho resultantes de falhas dos sistemas operativos.

5.2 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se a ampliação da pesquisa nos demais setores produtivos da fábrica e em outros sistemas de produção, preferencialmente utilizando-se a mesma metodologia, de forma que se possa verificar se há ocorrência de outras ações de confiabilidade humana que possam ser classificadas em dimensões diferentes daquelas apontadas no Quadro 3 desta pesquisa.

Além disso, a análise dos resultados apresentados nesta pesquisa pode servir como fonte de informação para a remodelagem dos processos produtivos existentes na fábrica de laticínios da cooperativa, ou ainda para a elaboração de futuros projetos de equipamentos e de instrumentos.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, J.; SZNELWAR, L.; SILVINO, A.; SARMET, M.; PINHO, D. **Introdução à ergonomia**: da prática à teoria. São Paulo: Blücher, 2009.
- ALGRANTI, E.; DE CAPITANI, E. M.; CARNEIRO, A. P. S.; SALDIVA, P. H. N.; MENDONÇA, E. M. C. Doenças respiratórias relacionadas com o trabalho. In: MENDES, R. (Org.). **Patologia do trabalho**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2013. cap. 38, p. 1229-1290.
- AMALBERTI, R. Da gestão dos erros à gestão dos riscos. In: FALZON, P. (editor). **Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. cap. 17, p. 235-247.
- AMARATUNGA, D.; BALDRY, D.; SARSHAR, M.; NEWTON, R. *Quantitative and qualitative research in the built environment: application of “mixed” research approach*. **Work Study**, v. 51, n. 1, p.17-31, 2002.
- AKYUZ, E.; CELIK, M. *A methodological extension to human reliability analysis for cargo tank cleaning operation on board chemical tanker ships*. **Safety Science**, n. 75, p. 146-155, 2015.
- BALBINOTTI, G. C. **O gerenciamento dos aspectos humanos nas atividades de projetos de processo produtivo na indústria automotiva**: princípios com abordagem sociotécnica e ergonômica. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), 214 p. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2013.
- BARDIN, L. **Análise do conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2010.
- BAZET, I. *Le plan ou la prescription de l’engagement*. In: CONGRÈS DE LA SELF, 37., 2002, Provence. **Actes...** Provence, 2002. p. 162-167.
- BELLIÈS, L. **La conception**: processus d’élaboration et d’évaluation de représentations pour l’action. Tese (Doctorat d’ergonomie). Ecole Pratique des Hautes Etudes, Paris, 2002.
- BERTOLINI, M. *Assessment of human reliability factors: A fuzzy cognitive maps approach*. **International Journal Of Industrial Ergonomics**, [s.l.], v. 37, n. 5, p.405-413, 2007.
- BIRCHALL, J., KETILSON, L. H. **Resilience of the Cooperative Business Model in Time of Crisis**. Geneva: ILO, 2009.
- BONNEMAIN, A.; PERROT, É.; KOSTULSKI, K. *Le processus d’observation, son développement et ses effets dans la méthode des autoconfrontations croisées en clinique de l’activité*. **Activités**, v. 12, n. 12-2, p. 98-124, 2015.
- BORGES, F. M. **Confiabilidade humana e o funcionamento normal de uma refinaria de petróleo**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), 203 p. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, 2012.
- BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. Londres: Unwin Hyman, 1989.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. **Serviço de Inspeção Federal - SIF**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-animal/sif>>. Acesso em: 08 agosto 2018.

BUCHANAN, D.; BODDY, D.; McCALMAN, J. *Getting in, getting on, getting out, and getting back*. In: BRYMAN, A. (ed.). **Doing Research in Organizations**. London: Routledge, 1988, p. 53–67.

CACCIABUE, P. C. *Human error risk management for engineering systems: a methodology for design, safety assessment, accident investigation and training*. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 83, n. 2, p.229-240, 2004.

CARBALLEDA, G. Uma contribuição possível dos ergonomistas para a análise e a transformação da organização do trabalho. In: DUARTE, F. (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002. p. 281-297.

CARVALHO, A. L. DE; MENEGON, N. L. A pertinência dos documentos prescritos nas atividades dos profissionais de manutenção industrial: o caso de uma indústria automobilística. **Gestão e Produção**, v. 21, n. 1, p. 143-155, 2014.

CARVALHO, P. V. R.; VIDAL, M. C. R.; CARVALHO, E. F. DE. *Nuclear power plant communications in normative and actual practice: A field study of control room operators' communications*. **Human factors and ergonomics in manufacturing**, v. 17, n. 1, p. 43-78, 2007.

CAUCHICK MIGUEL, P. A.; SOUSA, R. O método do estudo de caso na engenharia de produção. In.: CAUCHICK MIGUEL, P. A. (coord.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. cap. 6, p. 131-148.

CHARTERINA, A. M. *Las cooperativas y su acción sobre la sociedad*. Revesco. **Revista de Estudios Cooperativos**, v. 117, p.34-49, 2015.

CHENG, C.; HWANG, S. *Applications of integrated human error identification techniques on the chemical cylinder change task*. **Applied Ergonomics**, v. 47, p.274-284, 2015.

CRANDALL, B; KLEIN, G.; HOFFMAN, R. **Working minds: a practitioner's guide to cognitive task analysis**. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2006.

CROMPTON, R.; JONES, G. *Researching white collar organizations: why sociologists should not stop doing case studies*. In: BRYMAN, A. (ed.). **Doing Research in Organizations**. London: Routledge, 1988. p. 68–81.

DANIELLOU, F. Questões epistemológicas levantadas pela ergonomia de projeto. In: DANIELLOU, F. (Coord.). **A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. p. 181-198.

DANIELLOU, F.; BÉGUIN, P. Metodologia da ação ergonômica: abordagens do trabalho real. In: FALZON, P. (editor). **Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. cap. 20, p. 281-301.

DEKKER, S. W. A. *Ten questions about human error: A new view of human factors and system safety*. Lawrence Erlbaum Associates, Taylor & Francis Group, 2005.

DINIZ, L. L., OLIVEIRA, E. P. A. DE; SILVA, E. C. P. DA; FERREIRA NETO, U. A. A história do cooperativismo. In: Moreira, R. M. DA (Org.). **A energia do cooperativismo**. João Pessoa: Sal da Terra, 2010. cap. 1, p. 15-56.

ENDSLEY, M. R. *Situation awareness*. In: KARWOWSKI, W. **International encyclopedia of ergonomics and human factors**. 2 ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006.

ESPANHA. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. NTP 360: Fiabilidad humana: conceptos básicos, [199-].

FADIER, E. *L'intégration des facteurs humains dans la sûreté de fonctionnement: une necessite pour la maîtrise des risques*. Revue REE, v.8, 1996.

FALZON, P. Natureza, objetivos e conhecimentos da ergonomia: elementos de uma análise cognitiva da prática. In: FALZON, P. **Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. Cap. 1, p. 3-19.

FALZON, P.; SAUVAGNAC, C. Carga de trabalho e estresse. In: FALZON, P. **Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. Cap. 11, p. 141-154.

FALZON, P. (Ed.). *Constructive ergonomics: A manifesto*. In: FALZON, P. **Constructive ergonomics**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2015.

FAVERGE, Par J. M. *Plenary Session: The Operator's Reliability and Safety in Industry L'Homme Agent d'infirmité et de Fiabilité du Processus Industriel*. **Ergonomics**, v. 13, n. 3, p.301-327, 1970.

FAYE, H. *Les savoir-faire de résilience: gestion des écarts a la norme en production industrielle*. Tese (Doctorat d'ergonomie), 217 p. Conservatoire National des Arts et Métiers – CNAM, Paris, 2007.

GARRIGOU, A.; DANIELLOU, F.; CARBALLEDA, G.; RUAUD, S. *Activity analysis in participatory design and analysis of participatory design activity*. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v.15, p. 311-327, 1995.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOELZER, B. I. F. A importância da higiene ocupacional para a melhoria das condições e ambientes de trabalho. In: MENDES, R. (Org.). **Patologia do trabalho**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2013. cap. 52, p. 1655-1686.

GOHR, C. F.; SANTOS, L. C.; GONÇALVES, A. M. C.; PINTO, N. O. Um método para a revisão sistemática da literatura em pesquisas de engenharia de produção. In: XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2013, Salvador. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2013.

GUÉRIN, F.; LAVILLE, A.; DANIELLOU, F.; DURAFFOURG, J.; KERGUÉLEN, A.. **Compreender o trabalho para transformá-lo**: a prática da ergonomia. São Paulo: Edgar Blücher, 2001.

HABRAKEN, M. M. P.; VAN DER SCHAAF, T. W.; LEISTIKOW, I. P.; REIJNDERS-THIJSSSEN, P. M. J. *Prospective risk analysis of health care processes: A systematic evaluation of the use of HFMEA™ in Dutch health care*. **Ergonomics**, v. 52, n. 7, p. 809-819, 2009.

HOLLNAGEL, E. **Cognitive reliability and error analysis method**. England: Elsevier Science, 1998.

HOLLNAGEL, E. *Resilience: the challenge of the unstable*. In: HOLLNAGEL, E; WOODS, D. D.; LEVERSON, N. (Org.). **Resilience engineering: concepts and precepts**. Aldershot: Ashgate, 2006.

HUBAULT, F. Do que a ergonomia pode fazer a análise? In: DANIELLOU, F. (Coord.). **A ergonomia em busca de seus princípios**: debates epistemológicos. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. p. 105-140.

JIANG, J.; ZHANG, L; WANG, Y; DAI, L; PENG, Y; Li, P. *Optimal design methods for a digital human-computer interface based on human reliability in a nuclear power plant part 1: Optimization method for monitoring unit layout*. **International Journal Of Industrial Ergonomics**, v. 49, p.90-96, 2015.

KIRWAN, B.; SCANNALI, S.; ROBINSON, L.. *A case study of a human reliability assessment for an existing nuclear power plant*. **Applied Ergonomics**, [s.l.], v. 27, n. 5, p.289-302, out. 1996

KIRWAN, B; KENNEDY, R.; TAYLOR-ADAMS, S.; LAMBERT, B. *The validation of three Human Reliability Quantification techniques — THERP, HEART and JHEDI: Part II — Results of validation exercise*. **Applied Ergonomics**, [s.l.], v. 28, n. 1, p.17-25, fev. 1997.

LACERDA, R. T. DE O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão e Produção**, v. 19, n. 1, p. 59-78, 2012.

LAVILLE, A. Referências para uma história da ergonomia francófona. In: FALZON, P. **Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. Cap. 2, p. 20-32.

LEPLAT, J. Planification de Faction et régulation d'un système complexe. In: LEPLAT, J. (s/d). **L'analyse du travail em psychologie ergonomique**. Toulouse: Octarès Éditions, 1992. p. 87-97.

LEPLAT, J. Aspectos da Complexidade em ergonomia. In: DANIELLOU, F. (Coord.). **A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. p. 57-77.

LEPLAT, J.; MONTMOLLIN, M. As relações de vizinhança da ergonomia com outras disciplinas. In: FALZON, P. **Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. cap. 3, p. 33-44.

LIMA, F. P. A.; SILVA, C. A. D. A objetivação do saber prático na concepção de sistemas especialistas: das regras formais às situações de ação. In: DUARTE, F. (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002.

LIMA, F. P. A. **Ergonomia**. Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Belo Horizonte UFMG/DEP, 1992.

LIU, P.; LI, Z. Z. *Comparison between conventional and digital nuclear power plant main control rooms: A task complexity perspective, part I: Overall results and analysis*. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 51, p. 2-9, 2016.

LYONS, M. *Towards a framework to select techniques for error prediction: Supporting novice users in the healthcare sector*. **Applied Ergonomics**, v. 40, n. 3, p.379-395, 2009.

LLORY, M. O homem como agente de confiabilidade e segurança: a dimensão coletiva do trabalho. In: DUARTE, F. (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002. p. 244-267.

MARMARAS, N.; PAVARD, B. *Problem-Driven Approach to the Design of Information Technology Systems Supporting Complex Cognitive Tasks*. **Cognition, Technology & Work**, v. 1, n. 4, p.222-236, 1999.

MARTINS, R. A. Abordagens Qualitativa e Quantitativa. In: CAUCHICK MIGUEL, P. A. (Coord.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. cap. 3, p. 47-63.

MENDES, R.; WAISSMANN, W. Bases históricas da patologia do trabalho. In: MENDES, R. (Org.). **Patologia do trabalho**. Vol. 1. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2013. cap. 1, p. 3-48.

MENEGON, N. L.; CAMAROTTO, J. A.; MATUSITA, S. M. LER: diagnóstico, projeto e implantação. **Revista Produto e Produção**, v. 2, n. 2, p.44-55, 1998.

MONTMOLLIN, M. **L'ergonomie**. Paris, La Découverte (Coll. Repères), 1990.

MOSLEH, A.; CHANG, Y. H. *Model-based human reliability analysis: prospects and requirements*. **Reliability Engineering & System Safety**, [s.l.], v. 83, n. 2, p.241-253, fev. 2004.

NAN, C.; SANSVINI, G. *Developing an agent-based hierarchical modeling approach to assess human performance of infrastructure systems*. **International Journal Of Industrial Ergonomics**, v. 53, p.340-354, 2016.

NEBOIT, M.; CUNY, X.; FADIER, E.; HO, M.T. *Fiabilité humaine : présentation du domaine*. In: LEPLAT, J.; DE TERSSAC, G. (Ed.). **Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes**. Marseille : Octarès, 1990. p. 23-46.

NOROOZI, A.; ABBASSI, R; MACKINNON, S.; KHAN, F.; KHAKZAD, N. *Effects of Cold Environments on Human Reliability Assessment in Offshore Oil and Gas Facilities*. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, v. 56, n. 5, p.825-839, 2014.

PASMORE, W. A.; SHERWOOD, J. J. **Sociotechnical systems: a sourcebook**. San Diego: Univesity Associates, 1978.

PATIÈS, J. *Complexity, emergency, resilience*. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVERSON, N. (Org.). **Resilience engineering: concepts and precepts**. Aldershot: Ashgate, 2006.

PETRIELLA, A. *Lo cooperativo como herramienta de transformación social*. **Revista Idelcoop**, n. 211, p. 111-130, 2013.

PHIPPS, D. L.; PARKER, D.; PALS, E. J. M.; MEAKIN, G. H.; NSOEDO, C.; BEATTY, P. C. W. *Identifying violation-provoking conditions in a healthcare setting*. **Ergonomics**, v. 51, n. 11, p. 1625-1642, 2008.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Editora Feevale, 2013.

RONG, H.; TIAN, J.; ZHAO, T. *Temporal uncertainty analysis of human errors based on interrelationships among multiple factors: A case of Minuteman III missile accident*. **Applied Ergonomics**, v. 52, p.196-206, 2016.

ROOK, L. W. **Reduction of human error in industrial production**. N° Report STCM, 93-62 (14). Sandia Labs., 1962.

SÆTREN, G. B.; HOGENBOOM, S.; LAUMANN, K. *A study of a technological development process: Human factors—the forgotten factors?* **Cognition, Technology & Work**, v. 18, n. 3, p.595-611, 2016.

SANTOS, V.; ZAMBERLAN, M. C.; PAVARD, B. **Confiabilidade humana e projeto ergonômico de centros de controle de processo de alto risco**. Rio de Janeiro: Synergia, 2009.

SHORROCK, St; KIRWAN, B; MACKENDRICK, H; KENNEDY, R. *Assessing Human Error In Air Traffic Management Systems Design: Methodological Issues*. **Travail Humain**, v. 64, n. 3, p. 269-289, 2001.

SHORROCK, S. T.; KIRWAN, B. *Development and application of a human error identification tool for air traffic control*. **Applied Ergonomics**, v. 33, n. 4, p.319-336, 2002.

SILVA, J. A. P. **Confiabilidade humana**: uma abordagem baseada na análise ergonômica do trabalho na operação de um painel de equipamento. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), 145 p. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, 2011.

SILVA, J. A. P.; CAMAROTTO, J. A. *Human reliability in petrochemical industry: an action research*. **Work**, v. 41, p.3325-3332, 2012.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. A pesquisa científica. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Org.). **Métodos de pesquisa**. Rio Grande do Sul: Editora da UFRGS, 2009. cap. 2, p. 31-42.

SIX, F. *De la prescription à la préparation du travail: la dimension sociale du travail. Exemple du travail des compagnons et de l'encadrement sur les chantiers du Bâtiment*. In: CONGRÈS DE LA SELF, 37., 2002, Provence. **Actes...** Provence, 2002. p. 127-133.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

SPERANDIO, J. C. *Charge de travail et régulation des processus opératoires*. **Le travail humain**, v. 35, n. 1, p. 85-98, 1972.

STANTON, N. A.; SALMON, P.; HARRIS, D.; MARSHALL, A.; DEMAGALSKI, J.; YOUNG, M. S.; WALDMANN, T.; DEKKER, S. *Predicting pilot error: Testing a new methodology and a multi-methods and analysts approach*. **Applied Ergonomics**, v. 40, n. 3, p.464-471, 2009.

SWAIN, A. D.; GUTTMANN, H. E. **Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plants applications**. NUREG/CR-1278. Washington, 1983.

TEIGER, C. *L'approche ergonomique: Du travail humain à l'activité des hommes et des femmes au travail*. **Education permanente**, v. 116, n.3, p. 71-96, 1993.

TERSAC, G. DE; MAGGI, B. O trabalho e a abordagem ergonômica. In: DANIELLOU, F. (Coord.). **A ergonomia em busca de seus princípios**: debates epistemológicos. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. p. 79-104.

THEN, D. S. **A study of organisational response to the management of operational property assets and facilities support services as a business resource-real estate asset management**. Tese (Doutorado em Filosofia), 393 p. Heriot-Watt University, Edinburgh, 1996.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 2000.

VIDAL, M. C. R. Acidentes do trabalho: da visão clássica ao paradigma da complexidade numa perspectiva ergonômica contemporânea. In: XI Congresso Brasileiro de Ergonomia, 2001, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Ergonomia, 2001.

VILLEMEUR, A. **Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels: Fiabilité – Facteurs humains Informatisation**. Paris: Eyrolles, 1998.

WICKENS, C. D.; GORDON, S. E.; LIU, Y. **An introduction to human factors engineering**. New York: Addison Wesley Educational Publishers, 1998.

WILLIAMS, J. C. *A data-based method for assessing and reducing human error to improve operational performance*. In: **Human Factors and Power Plants**. Conference Record for 1988 IEEE Fourth Conference, pp. 436-450, 1988.

WILSON, J. R. *Devolving ergonomics: the key to ergonomics management programmes*. **Ergonomics**, v. 37, n. 4, p.579-594, 1994.

WILSON, JR.; RYAN, B.; SCHOCK, A.; FERREIRA, P.; SMITH, S.; PITSOPOULOS, J. *Understanding safety and production risks in rail engineering planning and protection*. **Ergonomics**, v. 52, n.7, p. 774-790, 2009.

WISNER, A. **Por Dentro do Trabalho: ergonomia, método e técnica**. São Paulo: F.T.D., 1987.

_____. **A inteligência no trabalho: textos selecionados de ergonomia**. São Paulo: Fundacentro, 1994.

_____. *Questões epistemológicas em ergonomia e em análise do trabalho*. In: DANIELLOU, F. (Coord.). **A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. p. 29-55.

WREATHALL, J. *Properties of Resilient Organizations*. In: HOLLNAGEL E.; WOODS, D.; LEVESON, N. (Ed.). **Resilience Engineering**, USA: Ashgate Publishing, 2006.

WYNNE, B. *Unruly technology: practical rules, impractical discourses and public understanding*. **Social Studies os Science**, v. 18, p. 147-167, 1988.

APÊNDICE A – Ficha de caracterização geral da área

	UFPB – UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CT / DEP / PPGEPI - Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção Objeto: Pesquisa de campo Mestrando: Marcos Alexandre Nunes d'Albuquerque
---	--

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA	Nº
--	-----------

LOCAL

AMBIENTE DE PRODUÇÃO

EPI

PRODUTO	

	UFPB – UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CT / DEP / PPGEPP - Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção Objeto: Pesquisa de campo Mestrando: Marcos Alexandre Nunes d'Albuquerque
---	--

DESCRIÇÃO GERAL DO PROCESSO PRODUTIVO	

ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO					
Nº de empregados		Turnos de trabalho			Revezamento
Homens:	Mulheres:				
Descrição:					

Recortes de análise

Elaborado por:	Data da elaboração:
Finalizado por:	Data da finalização:

APÊNDICE B – Ficha de descrição da atividade

	UFPB – UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CT / DEP / PPGEPP - Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção Objeto: Pesquisa de campo Mestrando: Marcos Alexandre Nunes d'Albuquerque
---	--

FICHA DE DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	Nº:
--	------------

Recorte de análise:

<i>Elaborado por:</i>	<i>Data elaboração:</i>	<i>Finalizado por:</i>	<i>Data finalização:</i>

[illegible]

APÊNDICE C – Levantamento do perfil socioprofissional

	UFPB – UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CT / DEP / PPGEPI - Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção Objeto: Pesquisa de campo Mestrando: Marcos Alexandre Nunes d'Albuquerque
---	---

LEVANTAMENTO DO PERFIL SOCIOPROFISSIONAL

I. Identificação da pesquisa

1. Pesquisa nº: _____
2. Data de aplicação: ____/____/____ 3. Hora de início: ____:____ Hora do fim: ____:____
4. Coordenadora da pesquisa: Prof. Dra. Maria de Lourdes Barreto Gomes (PPGEP/UFPB)
5. Nome do aplicador: _____

II. Dados do respondente

6. Nome: _____
7. Naturalidade: _____ 8. Estado civil: _____ 9. Idade: _____
10. Gênero: () M () F 11. Escolaridade: _____
12. Data de admissão: ____/____/____ 13. Função: _____
14. Tempo na função atual: _____
15. Outra função exercida: _____ / Período: _____
16. Outra função exercida: _____ / Período: _____
17. Outra função exercida: _____ / Período: _____

III. Experiência em outra organização

18. Quanto tempo na organização (1) : _____
19. Função exercida na organização (1) : _____
20. Quanto tempo na organização (1) : _____
21. Função exercida na organização (1) : _____
22. Quanto tempo na organização (1) : _____
23. Função exercida na organização (1) : _____

Elaborado por:	Data da elaboração:
Finalizado por:	Data da finalização: