



Universidade de São Paulo

Escola de Engenharia de São Carlos

Departamento de Engenharia de Produção

Julia Maria Torres de Santis

**Ergonomia de concepção para projetos de automação
em processos contínuos: estudo de caso na indústria de
bens de consumo**

São Carlos

2019

Julia Maria Torres de Santis

**Ergonomia de concepção para projetos de automação
em processos contínuos: estudo de caso na indústria de
bens de consumo**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Engenharia de
São Carlos da Universidade de São
Paulo para a obtenção do título de
Engenheira de Produção.

Orientador:

Prof. Associado Fernando César
Almada Santos

São Carlos

2019

Coloque Deus no início....

...e ele cuidará do fim

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela vida, pelas pessoas e pelas oportunidades concedidas a mim por Ele. A trajetória até aqui não foi fácil, grandes desafios e decisões ocorreram. Foi graças as pessoas incríveis, que sabiamente Deus inseriu na minha jornada, que pude superar cada obstáculo com leveza.

Agradeço ao meus pais maravilhosos – Rita de Cássia e José Fernando – por me apresentarem um caminho de conquistas através da ética, do amor, da dedicação e do esforço. Ao meu irmão, Rafael, por ser meu herói e meu exemplo. À minha vó Angelina, por ser o maior símbolo de amor desta família. À toda família, meu muito obrigada pelo incentivo. Tudo foi para e por vocês.

Agradeço a minha amiga Lys, pela infinita disponibilidade em momentos de dúvidas durante os últimos dez anos. Às amigas do CAASO, pelo companheirismo no dia-a-dia e pelos momentos inesquecíveis que vivenciamos. Ao Flávio, sempre serei grata pelo amor e companheirismo.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Almada, por me apresentar um caminho diferente, por ser o intermediador da relação construída com o SimuCAD, e o professor que não mediou esforços para que me tornasse engenheira.

Agradeço ao SimuCAD, nas pessoas do Professor Menegon, Professor Camarotto, Professor Miguel e Professor Tonin, por abrirem as portas para novas experiências. Reconheço o imenso aprendizado profissional e pessoal proporcionado pelos projetos desenvolvidos no laboratório, e a contribuição para minha formação como Engenheira de Produção. Talvez, meio USP e meio Federal.

Por fim, agradeço a USP e o Departamento de Engenharia de Produção.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Julia Maria Torres de Santis
Título do TCC: Ergonomia de concepção para projetos de automação em processos contínuos: estudo de caso na indústria de bens de consumo
Data de defesa: 28/06/2019

Comissão Julgadora	Resultado
Professor Associado Fernando César Almada Santos (orientador)	Aprovado
Instituição: EESC - SEP	
Professor Doutor Nilton Luiz Menegon	Aprovado
Instituição: UFSCar - DEP	
Professor Doutor Luiz Antonio Tonin	Aprovada
Instituição: UFSCar - DEP	

Presidente da Banca: Professor Associado Fernando César Almada Santos

RESUMO

DE SANTIS, J.M.T. ERGONOMIA DE CONCEPÇÃO PARA PROJETOS DE AUTOMAÇÃO EM PROCESSOS CONTINUOS: ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DE BENS DE CONSUMO. 2019. 52p. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

Segundo pesquisa da Confederação Nacional da Industria (CNI), a indústria brasileira apostou na modernização para ganhar eficiência na produção e melhorar a gestão dos negócios. Nesse contexto, os desenvolvimentos em tecnologias da Industria 4.0 tornam-se aliados para projetos de automação e de modernização tecnológica da indústria de processo continuo. Encontra-se na literatura registros de que tais projetos têm apresentado, com frequência, falhas durante a implementação. Isso porque, a Engenharia – na maioria das vezes - desenvolve artefatos com o conhecimento obtido através do trabalho prescrito. A análise da atividade, baseada na Teoria do Curso da Ação mostra que a atividade realizada não é uma simples execução de tarefas. Portanto, o presente estudo tem por objetivo demostrar que o conhecimento trabalho real proporcionado pela Ergonomia, pode-se tornar um aliado estratégico para os desenvolvimentos de Engenharia, no sucesso de projetos de modernização tecnológica.

Palavras-Chave: Ergonomia; Indústria 4.0; Modernização tecnológica; Teoria do Curso da Ação; Análise da Atividade; Trabalho prescrito; Trabalho real; Concepção.

ABSTRACT

DE SANTIS, J.M.T. ERGONOMY OF CONCEPTION FOR AUTOMATION PROJECTS IN CONTINUOUS PROCESSES: CASE STUDY IN THE CONSUMER GOODS INDUSTRY. 2019. 52p. Course Completion Work - School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2019.

According to research from the National Confederation of Industry (CNI), the Brazilian industry invested in modernization to gain efficiency in production and improve business management. In this context, the developments in technologies of Industry 4.0 become allies for automation projects and technological modernization of the continuous process industry. Records are found in the literature that such projects have often presented failures during implementation. This is because, Engineering - most of the time - develops artifacts with the knowledge obtained through the prescribed work. The activity analysis, based on the Course of Action Theory shows that the activity performed is not a simple task execution. So, the present study aims to show that the real work knowledge provided by Ergonomics can become a strategic ally for Engineering developments in the success of technological modernization projects.

Keywords: Ergonomics; Industry 4.0; Technological modernization; Theory of the Course of Action; Activity Analysis; Prescribed work; Real work; Conception.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução industrial do ponto de vista temporal	17
Figura 2 – Os 9 Pilares da Indústria 4.0.....	20
Figura 3 – Pirâmide da automação, ferramentas e ambiente de atuação.....	22
Figura 4 – O signo tetrádico (Theureau, 2014) adaptado pelo autor (2019)	30
Figura 5 – Condução do estudo de caso.....	31
Figura 6 – Folha de processos.....	36
Figura 7 – Representação esquemática da situação	37
Figura 8 – Matriz de limpeza: relações entre produtos e limpezas. Do autor (2019)	38
Figura 9 - Representação esquemática da situação no início do turno (simplificada)	39
Figura 10 - Representação esquemática da situação da troca de variante (usual).....	40
Figura 11 – Representação gráfica do caso de uso SUP-Semanal (hipotético)	47
Figura 12 – Protótipo de telas	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estrutura de criação de um caso de uso (hipotético) para software MES 46

Sumário

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO	14
1.2 JUSTIFICATIVA	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA	17
2.1.1 Da Indústria 1.0 a Indústria 4.0	17
2.1.2 Automação de Processos	21
2.2 ERGONOMIA	24
2.2.1 Ergonomia situada	26
2.2.2 Trabalho: Tarefa e Atividade	26
2.2.3 Ergonomia de concepção	27
2.2.4 Analise da atividade e Teoria do Curso da Ação	28
3 MÉTODOS DE PESQUISA	31
3.1 ESTUDO DE CASO	31
4 ESTUDO DO CASO	33
4.1 CARACTERIZAÇÃO DE EMPRESA	33
4.2 METODOLOGIA	33
4.3 ANÁLISE DA ATIVIDADE	35
4.3.1 Análise de situações de referência e elementos da situação	35
4.3.2 O Curso da Ação	41
4.3.1 Considerações da análise da atividade	44
4.4 CONCEPÇÃO	45
4.4.1 Requisito Funcional MES	45
4.4.2 Atividade futura possível e desenho de telas	47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49

1 Introdução

O uso da tecnologia elevou o patamar de vida e trabalho do homem do século XXI. Funções consideradas extremamente complexas e demoradas como controle de estoque, transporte de material, comunicação com o outro, consulta ao extrato bancário ou exame médico tornaram-se atividades rotineiras e até mesmo simples quando comparadas com o século XX. Pode-se dizer, então, que a tecnologia foi desenvolvida para facilitar a vida do ser humano.

No dia-a-dia, inconscientemente, o ser humano convive com diversos sistemas automáticos. No ambiente fabril as transformações decorrentes do uso de tecnologia muitas vezes não são visíveis por grande parte das pessoas, contudo a função de simplificar tarefas é a mesma. A mecanização e a automação, desde a Revolução Industrial, são implementadas com objetivo de otimizar processos. Isto é, “quando se fala em facilitar os processos produtivos, se está falando num sistema otimizado que é capaz de produzir bens com: menor custo, maior quantidade, menor tempo, maior qualidade” (VILELA; VIDAL,2003, p.1)

Tanto o processo típico de mecanização – transferência de trabalho manual do homem para o trabalho mecânico da máquina (GHINATO, 1996) - quanto a automação, técnica de transformar um processo ou sistema automático, são projetos de modernização tecnológica com grandes investimentos que, frequentemente, não apresentam um resultado satisfatório devido a problemas durante a concepção. Nesse contexto, Francisco Duarte (2002, p. 13), aponta como resultados decepcionantes de tentativas de implementação desses projetos: problemas de saúde e risco de acidentes gerados por inadaptações de um posto de trabalho, divergências entre capacidade nominal e efetivamente gerada, disfunções na partida de instalações e longo tempo de estabilização dos processos, e dificuldade de assegurar qualidade prevista.

É possível se antecipar a esses e tantos outros problemas através da Ergonomia de concepção. Se, no início, a Ergonomia era aplicada para diagnóstico de condições de trabalho, atualmente também é adotada nas fases de desenvolvimento como forma a evidenciar a realidade do trabalho e incentivar a reflexão sobre o trabalho futuro possível ao longo do processo de criação.

Segundo Francisco Duarte (2002, p.13)

O conhecimento da realidade do trabalho vem se tornando uma dimensão estratégica para o êxito desses projetos, na medida em que possibilita antecipar problemas que o futuro corpo técnico irá enfrentar. Ora, é sempre preferível resolver os problemas a frio, enquanto existem margens de manobras para criação de novas soluções

1.1 Objetivo

A análise da atividade pressupõe que o acompanhamento da jornada de trabalho de operadores no controle de processos permite ao ergonomista o entendimento das reais situações de trabalho, das competências adquiridas, dos problemas envolvidos no curso da ação, e as tomadas de decisão. A partir dessas informações, é possível ao ergonomista participar, juntamente com a engenharia, da concepção, desenvolvimento, e implementação de novos métodos de produção.

O objetivo deste trabalho é demonstrar a importância da complementariedade entre ergonomia e engenharia para o desenvolvimento de um *software* de gerenciamento *online* do processo de manufatura, desde os casos de uso do sistema, usabilidade da nova tecnologia, integração com automação, até a revisão dos Procedimentos Operacionais Padrão, do inglês *Standard Operational Procedures* (SOP).

1.2 Justificativa

No atual contexto competitivo, as empresas buscam cada vez mais um conjunto de soluções que agilizam a execução da atividade, conferindo maior eficiência ao processo produtivo. Os projetos de modernização tecnológica baseados nos princípios da Indústria 4.0 tornam-se aliados pois, as “Fábricas inteligentes” através de uma evolução nos conceitos fabris que auxiliam no alcance dos objetivos de desempenho.

Habitualmente os projetos de engenharia centram-se em componentes técnicos, não considerando as reais exigências do trabalho, atual e principalmente, futuro. De acordo com Francisco Duarte (2002, p. 13), frequentemente apresentam resultados decepcionantes e criam dificuldades tanto para os operadores quanto para as empresas.

Portanto, já diz o título da obra dos grandes autores e ergonomistas G. Guérin, A. Laville, F. Daniellou, J. Duraffourg e A. Kerguelen (2001), é preciso compreender o trabalho para transformá-lo (e criá-lo). Técnicas ergonômicas de análise da atividade são capazes de ser alicerce para essa compreensão.

A Teoria do Curso da Ação Método Elementar de Jacques Thureau¹ foi referência teórica do estudo de caso, pois busca identificar os elementos necessários para transformação efetiva da situação de trabalho de forma a contribuir para concepção de situações de trabalho que não

¹ O curso da Ação Método Elementar, Jacques Thureau, Fabrefactum, Belo Horizonte, 2014

prejudicam a saúde dos trabalhadores, possibilitam o exercício das competências individuais e coletivas, e ao mesmo tempo alcance os objetivos econômicos determinados pela empresa.

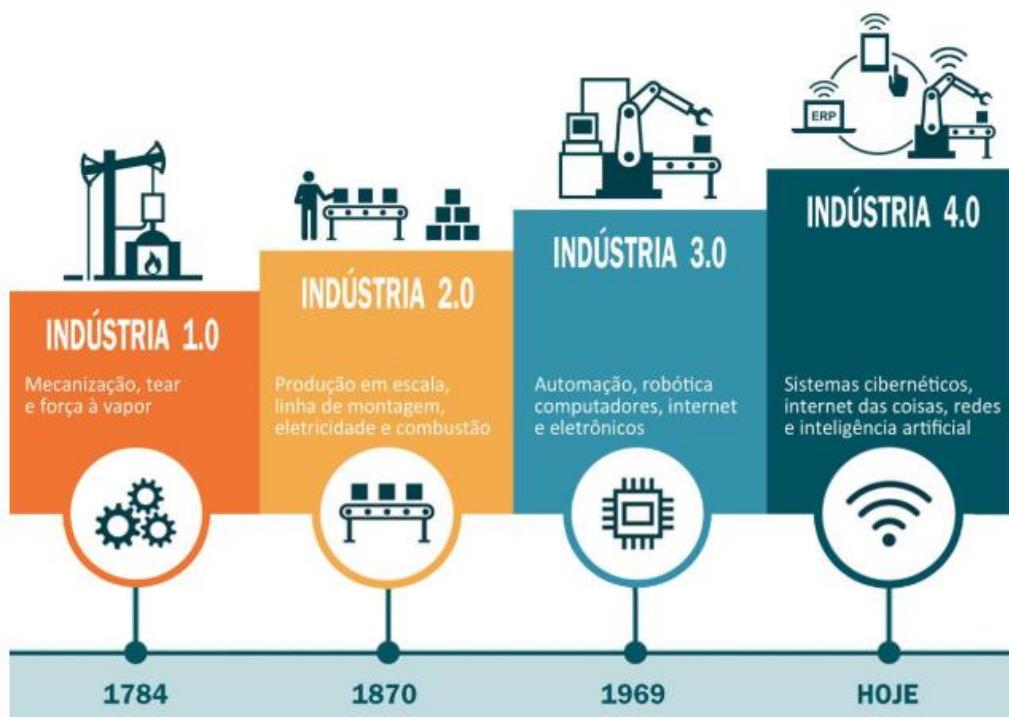
2 Revisão da literatura

2.1 Desenvolvimento da Indústria

2.1.1 Da Indústria 1.0 a Indústria 4.0

A indústria, como conhecida hoje, passou por estágios de descoberta, desenvolvimento e evolução ao longo da história de cada país. Pontuar os eventos mais relevantes desse processo é uma tarefa complexa, mas a Academia aborda conforme a Figura 1.

Figura 1 - Evolução industrial do ponto de vista temporal



Fonte: Alemanha (2016).

Denomina-se indústria 1.0 o período de utilização de máquinas à vapor e força hidráulica. Na Figura 1 caracteriza-se esse período com o processo de mecanização. Uma transição para novos processos de manufatura que o homem deixa de utilizar métodos de produção artesanal e começa a se importar com métodos de produção por máquinas. Segundo Scopel (1995), o trabalho muscular foi, finalmente, substituído pelo trabalho das máquinas.

A indústria 2.0 é qualificada pela produção em massa e utilização da eletricidade nos processos. Em 1870, a primeira esteira de transporte mecanizada por correrias foi o *milestone* da segunda revolução industrial. Segundo a Souza e Rainer (2019), Mestre em História,

inovações como transmissão de energia elétrica a longas distâncias, o uso do petróleo para o motor a combustão, invenção do telegrafo e transportes através estradas de ferro permitiram a indústria alcançar lucros cada vez maiores e dinamizar o processo que se dava entre a obtenção da matéria-prima e a venda do produto ao consumidor final.

As pesquisas e desenvolvimentos em eletrônica foram o marco histórico da 3^a Revolução Industrial. A apresentação do primeiro Controlador Lógico Programável (CLP) pela *Belfort Associates de Massachussets* (MA) permitiu o crescimento acelerado de tecnologias de informação e o uso de eletrônicos, e por consequência o início da automação do processo produtivo.

Rosário (2009, p.18) auxilia no entendimento dos conceitos de mecanização, automatização e automação, descrevendo que:

O conceito de automatização está ligado à realização de movimentos automáticos, repetitivos e mecânicos, sendo, portanto, sinônimo de mecanização, e mecanismos implica ação cega, sem correção. Já automação possui um conceito de conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência ótima pelo uso de informação recebidas do meio sobre o qual atuam. Com base nas informações recebidas, o sistema calcula a ação corretiva mais adequada, ou seja, um sistema de automação comporta-se como operador humano, utilizando informações sensoriais.

Por fim, a Indústria 4.0 ou I4.0, forma abreviada, conceito abordado pela primeira vez durante a Feira de Hannover em 2012 teve origem de um projeto estratégico da alta tecnologia do Governo Alemão que promove a informatização da manufatura. A Quarta Revolução Industrial busca explorar o potencial decorrente do uso da internet, a integração de processos técnicos e processos de negócio, o mapeamento digital e a virtualização do mundo real (SCHRÖDER, 2015).

O fundamento básico da I4.0 consiste na interligação entre máquinas, sistemas e ativos, potenciando a possibilidade de criação de redes inteligentes ao longo de todo o processo produtivo e permitindo o controle de todos os módulos de produção de forma autônoma. Desta forma, as “fábricas inteligentes” passam a ter autonomia para programar manutenções, prever falhas e proceder a mudanças nos processos produtivos (RIBEIRO, 2017, p.7). O autor também cita alguns princípios básicos:

- Digitalização e automatização de todo o processo que permite melhorias no aproveitamento dos recursos humanos e materiais;

- Tratamento de dados em tempo real de forma a identificar todas as etapas do processo no momento em que elas acontecem, garantindo o controle da qualidade e uma maior assertividade na tomada de decisões;
- Monitorização² e rastreabilidade de todos os produtos e processos “track-and-trace” que permitem melhorar o desempenho de inventários, tornando a rede de produção mais eficiente;
- Tomada de decisões efetuada por sistemas *cyber-físicos*, sensores *Manufacturing Execution Systems* (MES) que atuam em função das necessidades, possibilitando uma produção em tempo real, a obtenção de melhores rendimentos na utilização de máquinas, e reduções nos tempos de produção;
- Além disso, as máquinas recebem comandos que vão também fornecer informações sobre o seu ciclo de trabalho, permitindo manutenções preventivas de forma a otimizar os períodos de manutenção;
- Produção de acordo com a procura que permite utilizar apenas os recursos necessários para a realização de cada tarefa, garantindo a otimização na produção e a economia de energia; e
- Maior customização dos produtos, adaptáveis às necessidades dos clientes.

Tal progresso industrial foi e é viável devido aos desenvolvimentos das tecnologias de informação e engenharia que segundo *Boston Consulting Group* são os nove pilares da I4.0 (Figura 2):

1. Robôs autônomos e colaborativos: Já utilizados no contexto industrial, os robôs podem trabalhar sem supervisão humana sendo capazes de desenvolver e coordenar uma série de tarefas logísticas e de produção; como também são capazes de interagir com outras máquinas e com os humanos, se tornando cada vez mais flexíveis e cooperativos;
2. Simuladores: A simulação permite testes e otimização de processos e produtos ainda na fase de concepção, diminuindo custos e tempo de criação ou melhorias;

² ato, processo ou efeito de monitorizar; monitoração, monitoragem, monitoramento.

Figura 2 – Os 9 Pilares da Indústria 4.0



Fonte: BCG

Fonte: BGC (2018)

3. Integração horizontal e vertical de sistemas: integração de sistemas de tecnologia da informação entre todos os envolvidos no processo, indústria, fornecedores e consumidores. A maior coesão entre cliente-empresa com a automatização da cadeia de valor³ por meio da digitalização dos dados;
4. IoT (*Internet of Thinks*) ou Internet das Coisas Industrial: Ligação em rede de objetos físicos, ambientes, veículos e máquinas através de dispositivos eletrônicos com recolha e troca de dados, possibilitando a centralização e automação do controle da produção. Sistemas IoT são denominados Sistemas *cyber-físicos*;
5. Segurança Cibernética: Sistemas operativos conectados demandam proteção de potenciais ameaças. A *cyber-segurança* visa proteção dos dados permitindo cada vez mais interligação entre os diversos sistemas operantes;
6. Computação em nuvem: O acesso de dados em qualquer lugar no mundo é viável hoje através dos desenvolvimentos do recurso em nuvem, do inglês, *Cloud*. Esse possibilitou partilha de informação, além dos servidores da empresa, em milissegundo gerando ganhos em custo e eficiência;

³ Conjunto de atividades criadoras de valor desde as fontes de matéria-prima até o produto final entregue ao consumidor. DA SILVA, Christian Luiz. **Gestão estratégica de custos: o custo meta na cadeia de valor.** Revista da FAE, v. 2, n. 2, 1999.

7. Manufatura aditiva: A impressão 3-D permite não só redução de custo com protótipos e dispositivos, assim como pequenos lotes e produtos customizados;
8. Realidade Aumentada: Sistemas com integração de elementos ou informações virtuais a visualizações do mundo real, permitindo por exemplo identificação de quebra e envio de instrução de reparação por meio de dispositivos moveis; e
9. *Big Data e Analytics*: Gestão extensa de dados que auxiliam a identificar falhas nos processos, otimizar da qualidade da produção, e tornar mais eficiente a utilização de recursos da empresa.

Em resumo, o conceito da I4.0 sustenta-se em uma inovação colaborativa, conexão e flexibilização de toda cadeia de valor, e digitalização de informações e serviços. À vista disso, constata-se que a indústria 4.0 tem como base a automação de processos.

2.1.2 Automação de Processos

Moraes e Castrucci (2007, p. 12), descrevem automação como:

[...] qualquer sistema, apoiado em computadores, que substitua o trabalho humano em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, da rapidez da produção ou da redução de custos, assim aperfeiçoando os complexos objetivos das indústrias e dos serviços.

De acordo com Groover (2011), a automação está intimamente ligada ao uso de sistemas automáticos, usufruindo desses como base para a fabricação de produtos com maior qualidade e com maior *mix* para o atendimento da variada demanda. O autor alerta que nem sempre a automação é a resposta certa para determinadas situações. Deve-se ter um cauteloso cuidado e atenção para aplicação de tecnologias de automação.

Groover (2011) também aponta nove razões para uma empresa buscar a automação em seu sistema produtivo:

1. Aumentar a produtividade;
2. Reduzir os custos de trabalho;
3. Minimizar os efeitos da falta de trabalhadores;
4. Reduzir ou eliminar as rotinas manuais e das tarefas administrativas;
5. Aumentar a segurança do trabalhador;
6. Melhorar a qualidade do produto;
7. Diminuir o tempo de produção;

8. Realizar processos que não podem ser executados manualmente; e
9. Evitar o alto custo da não automação.

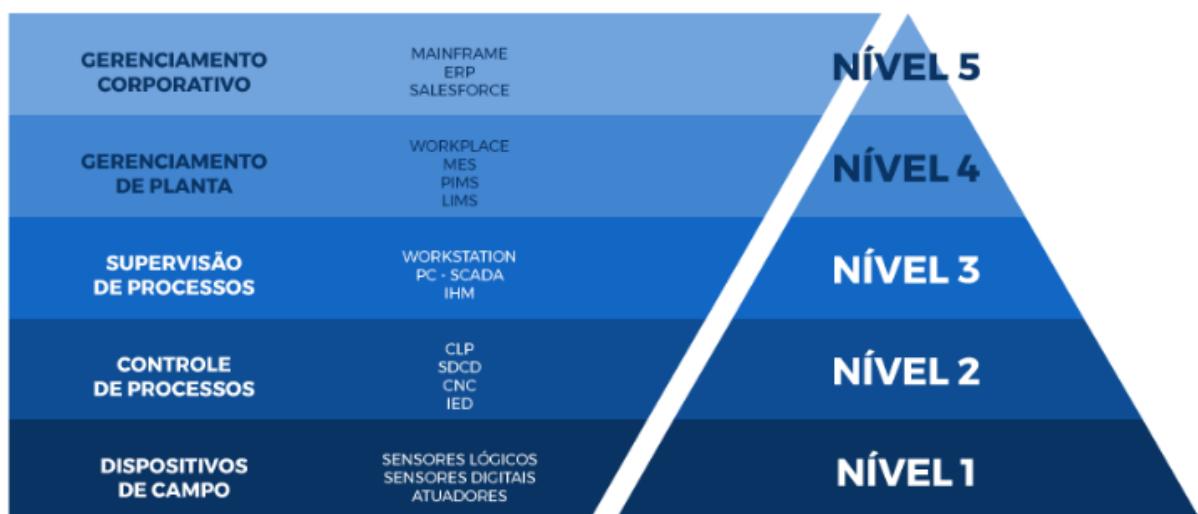
Dentro dessa perspectiva, Rosário (2009, p. 39) afirma

Nem só produtividade e redução de custos são os objetivos da automação. Com mercados cada vez mais competitivos, as pessoas têm cada vez menos tempo para as tarefas do dia-a-dia, e aos poucos, a automação passou a ser utilizada para facilitar ou mesmo para realizar por si só as tarefas.

À vista disso, a automação promove bem-estar dos seus usuários em diferentes níveis dentro de um processo à medida em que substitui ações manuais repetitivas. Esses níveis podem ser encarados como etapas de automação que retornam uma oportunidade de melhoria da tarefa, e por consequência, se bem configurado, gera uma simplicidade na atividade manual do executor.

Os níveis de automação são ponderados na pirâmide da automação criada nos anos 1980. Atualmente baseia-se no modelo da Figura 3, que consta no livro “Engenharia de Automação Industrial”, dos autores Cícero Couto de Moraes e Plínio de Lauro Castrucci⁴ – é um recurso que ilustra de forma gráfica e hierárquica os cinco níveis de controle e de trabalho existentes no setor industrial. É possível identificar certos requisitos de infraestrutura, bem como o tipo e a densidade de informação circulando em cada nível.

Figura 3 – Pirâmide da automação, ferramentas e ambiente de atuação



Fonte: Altus (2018)

⁴ DE MORAES, Cícero Couto; DE LAURO CASTRUCCI, Plínio. **Engenharia de Automação Industrial.** Grupo Gen-LTC, 2000.

Nível de Campo, nível 1, é chamado de “Chão de fábrica”, onde estão as máquinas e dispositivos de campo com pouca inteligência. São executores de tarefas demandadas pelo nível superior, é o nível de aquisição de dados e controle manual na produção.

Nível de Controle, nível 2, equipamentos com alta inteligência para o controle de todos os equipamentos de automação do nível 1 e engloba os controladores digitais, dinâmicos e lógicos, como os Controladores Lógico Programáveis (CLPs) e de supervisão associada ao processo fabril. São os *CLPs* que “delegam” as tarefas para os equipamentos do nível 1. Flexibilidade em aplicações, segurança, facilidade de programação e manutenção são algumas das vantagens da utilização das ferramentas desse patamar da pirâmide.

Nível de Supervisão, nível 3, os *softwares* Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) combinam as informações dos níveis abaixo para monitorar e controlar sistemas em um único local. O banco de dados dos sistemas SCADA transformam-se em informação do processo (gráficos, imagens, alarmes, relatórios, por exemplo) que são repassadas para os níveis administrativos (níveis 4 e 5), agilizando a tomada de decisão na manutenção e operação.

Nível de Planejamento, nível 4, através da consolidação dos dados do nível 3 realiza o planejamento e programação da planta fabril. Baseado na utilização de Sistemas de Gerenciamento do tipo *Manufacturing Execution System* (MES) é um sistema de execução da manufatura no qual a avaliação do processo acontece em tempo real. O armazenamento de informação em base de dados e o acesso e utilização dessa informação através de indicadores, planilhas e agenda permitem o conhecimento exato do que está acontecendo. Dessa forma, é possível gerenciar a planta de forma mais ágil e estratégica, no que se refere ao controle fabril total e logístico de suprimentos.

Nível de Gerenciamento, nível 5, planejamento estratégico e gerenciamento corporativo, responsável pela administração dos recursos da empresa. Sistemas de Planejamento de Recursos da Empresa, do inglês *Enterprise Resource Planning* (*ERP*), são a combinação de *softwares* de gerenciamento com as informações dos outros níveis que tornam possível a tomada de decisão nos processos de manufatura, vendas, compras, finanças, entre outros.

O formato triangular permite destacar que, de fato, a base comporta uma quantidade maior de itens e informações em comparação ao topo. Porém, a medida que se sobe na pirâmide, as informações vão sendo melhor trabalhadas e o fluxo de dados, apesar de diminuir, aumenta em qualidade.

Nos dias atuais, apesar dos obstáculos vivenciados pelo contexto político e econômico brasileiro, o foco das empresas está no desenvolvimento e implementação de projetos inovadores de impactos positivos para a cadeia de valor através das tecnologias dos níveis

gerenciais 4 e 5, diretamente relacionadas aos atributos da Indústria 4.0. Isso porque, “os projetos de modernização tecnológica passam a ser cada vez mais frequentes e decisivos para a sobrevivência das empresas” (DUARTE, 2002, p 13).

Dados da Confederação Nacional da Indústria (CNI) indicam que nos últimos dois anos o número de grandes indústrias brasileiras que utilizam de tecnologias digitais cresceu 10%. No final de 2018 as previsões apontavam que 48% das empresas investiriam em algumas das tecnologias da indústria 4.0 em 2019, como principais justificativas para modernização o ganho de eficiência e melhoria de gestão do negócio.

É nesse contexto que os trabalhos de pesquisas e intervenções ergonômicas em projetos de desenvolvimentos tecnológicos e modernização de processos nas empresas se destacam.

Goeking (2010, p. 77) cita Cicero Couto de Moraes, coordenador do Centro de Pesquisa e Capacitação Tecnológica em Automação Industrial da Escola Politécnica da USP (EPUSP) – convênio entre o Departamento de Energia e Automação Elétricas (PEA) da Universidade de São Paulo (USP) e a Rockwell

De acordo com o coordenador do EPUSP, Cícero Couto, para a realização de um bom projeto de automação, é preciso que a empresa de integração responsável pelo projeto entenda perfeitamente como a indústria contratante desenvolve seu processo produtivo. As especificidades de cada parque industrial pedem sempre sua solução particular, mesmo que a contratada tenha feito automação de processos similares.

2.2 Ergonomia

A definição de ergonomia, que se tornou referência internacional, é a adotada pela *International Ergonomics Association – IEA* em 2000

A ergonomia 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.05)

Frequentemente, assemelha-se ergonomia somente com a perspectiva física-motora da realização de um ofício, isso porque são duas as correntes de estudos, e uma se sobressai no conhecimento popular.

A vertente americana também chamada de Anglo-saxã, é original da Inglaterra nos anos 1940 possui características das ciências aplicadas. A outra, surgiu na França em meados dos anos 1950, com uma preocupação mais analítica.

Menegon e Pizo (2010, p.1) citam Montmollin,

[...] a ergonomia situada como um dos dois principais conjuntos de ergonomias, distinguidos tanto na sua história como nos conceitos e nas práticas, mas que se complementam. O primeiro conjunto, majoritário no mundo e baseado no contexto americano e britânico, corresponde à ergonomia clássica e é qualificado como centrado no componente humano dos sistemas homem-máquina. O segundo, enraizado principalmente nos países francófonos, é classificado como focado na atividade humana contextualizada. Essa dicotomia entre as duas principais famílias de ergonomias assenta-se em modelos, quadros teóricos e diferentes métodos, sendo transversal em relação às ergonomias identificadas em função dos diferentes domínios de intervenção (MONTMOLLIN, 2007)

Nesse mesmo contexto, Pinho (2002, p. 38),

A primeira estaria mais centrada nas características psicofisiológicas do homem, denominada comumente – *Human Factors* e orientada para concepção de dispositivos técnicos. A segunda centrada não somente nas características psicofisiológicas do homem, considera primordial a análise da atividade, entendendo o trabalhador como ator no processo de trabalho (ABRAHÃO; PINHO, 1999). Nessa concepção o homem deixa de ser a variável de ajustamento. Assim, a ergonomia tem seu campo de ação ampliado incorporando como objetivos a concepção de ambientes de trabalho mais seguros e saudáveis e a melhoria da qualidade de vida no trabalho.

Apesar de enfoques diferentes, as correntes de estudo não são concorrentes, e sim complementares quando o objetivo é compreender o trabalho. Ou melhor, a ergonomia é uma disciplina comprehende diversos aspectos igualmente importantes. Segundo *International Ergonomics Association* (IEA) e Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO) são três os domínios de especialização gerais:

- a) Ergonomia física: relacionada com às características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica em sua relação a atividade física;
- b) Ergonomia cognitiva: processos mentais, tais como percepção, memória, raciocínio e resposta motora conforme afetem as interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema; e
- c) Ergonomia organizacional: concerne à otimização dos sistemas sócio técnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e de processos.

Percebe-se, então, que a ergonomia transita por diversas áreas do conhecimento, esferas técnicas e psicológicas, aspectos mensuráveis e imensuráveis, características objetivas e

subjetivas. Essa maleabilidade permite sua aplicação para melhoria de situações de trabalho abrangendo assuntos que se referem as atividades humanas no meio – da atividade profissional até o lazer e ócio.

A ergonomia, proposta nesse trabalho, é entendida como base para o desenvolvimento da pesquisa no que concerne a importância da análise da atividade para a concepção de projetos de automação.

2.2.1 Ergonomia situada

A segunda abordagem, abordagem situada (francofônica) busca analisar uma atividade que envolve não somente o trabalhador por si, mas também variáveis que só podem ser observadas na situação real, no desenvolvimento da atividade. Ou seja, busca o entendimento da tarefa, os mecanismos de seleção de informações, de resolução dos problemas, de tomadas de decisão - foco na atividade humana contextualizada.

A atividade humana contextualizada está intimamente ligada a cognição, isto é, processo de adquirir conhecimento através da percepção, atenção, memória, associação, pensamento, entre outros processos. Por meio da cognição que o homem desenvolve suposições/regras, melhor dizendo, crenças que vão se construindo e formando experiências de aprendizado que definem as formas de realizar uma tarefa.

Guérin et al (2001), no contexto da ergonomia centrada na atividade, colocam como primeira finalidade da ação ergonômica transformar o trabalho. Leda Leal, no 18º Congresso da Associação Brasileira de Ergonomia em 2016, questiona, afinal “que trabalho é esse que analisamos ou nos propomos a analisar? ”

2.2.2 Trabalho: Tarefa e Atividade

Os ergonomistas franceses François Daniellou, Antoine Laville e Catherine Teiger (1989) formularam os conceitos de trabalho prescrito e o trabalho real durante anos de trabalho no Laboratório de Ergonomia e Neurofisiologia do *Conservatoire National des Arts et Metiers* (CNAM) em Paris.

Os pesquisadores descrevem o trabalho operário como uma divisão entre o projetado e o realizado. Leda Leal (2016) sumarizam ambos como reflexão para seu próprio questionamento. O trabalho projetado é o trabalho prescrito, representa um conjunto de regras impostas a alguém como procedimentos operacionais. Pode-se atribuir duas características: obrigatoriedade de

realização e a indicação do que fazer com seu grau de detalhamento. Por isso, é chamado de tarefa.

Enquanto a concepção não produz nada, quem realmente produz é o trabalho real também chamado de atividade. Segundo Leal (2016, p. 3)

O termo atividade é amplo, e não se restringe à atividade física ou a movimentos e gestos dos trabalhadores. Aqui atividade é entendida como a mobilização das capacidades do trabalhador para cumprir a sua tarefa. Não só suas capacidades físicas, mas também as cognitivas e emocionais que, aliás, andam sempre juntas. Assim, atividade é o que dá vida e realidade à tarefa.

A temática do trabalho prescrito e real é central na ergonomia. Não só pelo fato do trabalho ser o objeto de estudo dos ergonomistas, como também, pela dinamicidade existente entre a tarefa e a atividade, pois a atualização de regras é constante nos processos.

Em projetos de desenvolvimento tecnológico e modernização de processos na indústria, a ergonomia apoia-se em abordagens de análise da atividade de situações de referência para atualização de regras e concepção de novos sistemas.

2.2.3 Ergonomia de concepção

Ergonomia de concepção pode ser considerada como a ação ergonômica que busca se antecipar a atividade para construção de soluções eficientes.

Se a finalidade primeira da ação ergonômica é transformar o trabalho, e conceber é desenvolver e/ou criar algo que ainda não existe, conclui-se, que para ergonomia de concepção o trabalho é inexistente e, portanto, não deveria ser capaz de sofrer transformação. A concepção contorna essa questão através de dois conceitos: Análise de situações de referência e reflexão sobre trabalho futuro possível.

O ergonomista não pode observar a atividade no sistema que é objeto da concepção, mas ele deve procurar situações existentes cuja análise permitirá esclarecer os objetivos e condições da atividade futura (DANIELLOU; GARRIGOU, 1992) citado por (DA SILVA; DA CONCEIÇÃO; DUARTE; 2009, p. 3)

Entretanto, análise de situações de referência é diferente de reproduzir projetos de uma unidade para outra. Cada instalação tem sua particularidade, buscam-se locais com características próximas para entendimento das possíveis variabilidades e estratégias empregadas é um recurso, comum, dos ergonomistas. Ademais, é o momento o qual inicia-se a reflexão do trabalho futuro.

Daniellou (2002, p.31) aborda as situações de referência em projetos de desenvolvimento tecnológico.

Num caso de modernização ou de reconstrução de unidade de produção já existente, a primeira situação de referência é a própria unidade. Mesmo se o processo técnico deva ser modificado, é necessário observar nessa unidade os incidentes que acontecem, analisar suas causas e as estratégias que os operadores empregam para enfrentá-los. Serão descobertas, em geral, competências dos operadores que até o momento não haviam sido reconhecidas.

O mesmo autor ressalta que o objetivo da análise ergonômica envolvida na concepção, não é impor uma maneira de trabalhar. Trata-se de se apoiar na atividade revelada, como fonte de informação para discussão, articulação, conhecimento e decisões de projeto.

Segundo d'Alva (2011, p. 15),

A metodologia da ergonomia da atividade e projetos consiste em utilizar situações de referência, [...]. Nas situações de referência, é possível avaliar as situações típicas de funcionamento, problemas que ocorrem durante seu funcionamento, setups entre os demais. Dessa forma, pode-se propor melhorias ao novo sistema a ser implementado com a ajuda destas observações. Pois como o ergonomista não pode avaliar a atividade futura, Daniellou (2005) desenvolveu a noção de "atividade futura possível".

Sendo assim, a atividade revelada instiga a reflexão do trabalho futuro possível. Esse, exige do ergonomista o conhecimento de que qualquer que seja a situação, “o trabalho [...] jamais se reduzirá a ‘simples’ execução de procedimentos” (GUÉRIN et al., 1991). A compreensão que existe uma variabilidade no processo e que o trabalhador desenvolve estratégias de compensação para essa inconsistência é de extrema importância para o sucesso de projetos. Logo, cabe ao ergonomista nortear as decisões do projeto por meio das reflexões sobre o trabalho possível, em condições normais e de instabilidade, para que, avaliada todas as possibilidades, exista “pelo menos um modo de funcionamento aceitável do ponto de vista da saúde, do desenvolvimento de competências e de eficiência” (D’ALVA, 2011)

Busca-se nesse estudo fortalecer a complementariedade da Engenharia e Ergonomia em projetos de desenvolvimento tecnológico, de automação, de modernização das unidades produtivas ambicionando a superação do “grande desafio [...] orquestrar as interações entre todas as equipes em prol da melhoria de qualidade, produtividade e sobretudo saúde aos trabalhadores” (SANTOS; ZAMBERLAN; PAVÃO, 2002, p.215)

2.2.4 Analise da atividade e Teoria do Curso da Ação

Abrahão e Pinho (2002, p. 47) definem

A análise da atividade é um processo que comprehende a utilização de recursos instrumentais correntes das metodologias de análise de trabalho, tendo como diferencial a análise em situação real, com o objetivo de identificar o que, como e porquê do trabalho dos operadores.

A Teoria do Curso da Ação de Jacques Theureau (2002) é uma dessas metodologias de análise de trabalho no âmbito da ergonomia francesa, descrita por Maria Fernanda A. de Araujo e Raoni Rocha (2016, p. 2) como

Programa de pesquisa baseado na antropologia cognitiva e na ergonomia para analisar a atividade humana, especialmente como se interagem na percepção, ação, cognição e situação, buscando entender a atividade de trabalho no contexto onde ela ocorre, abordando a sequência da atividade no tempo e no espaço, estabelecendo determinantes do comportamento observável (analista) e comentável (operador).

O próprio autor, Jacques Theureau (2014, p. 63) define o curso da ação

A atividade de um (ou muitos) ator (es) engajado (s) em uma situação, que é significativa para este (ou esses) último (s), quer dizer mostrável, narrável ou comentável por ele (s) a todo instante mediante condições favoráveis.

Verifica-se que enquanto objeto de estudo, o curso da ação é constituído por unidades de curso da ação, onde a ação de um ator isolado – individual - ou de um ator que age sobre e com os outros – coletivo – tem influência no resultado final da atividade. De acordo com Antipoff e Lima (2017, p.3),

O Curso da Ação permite descrever como se dá o engajamento do sujeito com a situação, cujo sentido é resultado da composição entre elementos da experiência e elementos da situação (incluindo o corpo) aqui e agora.

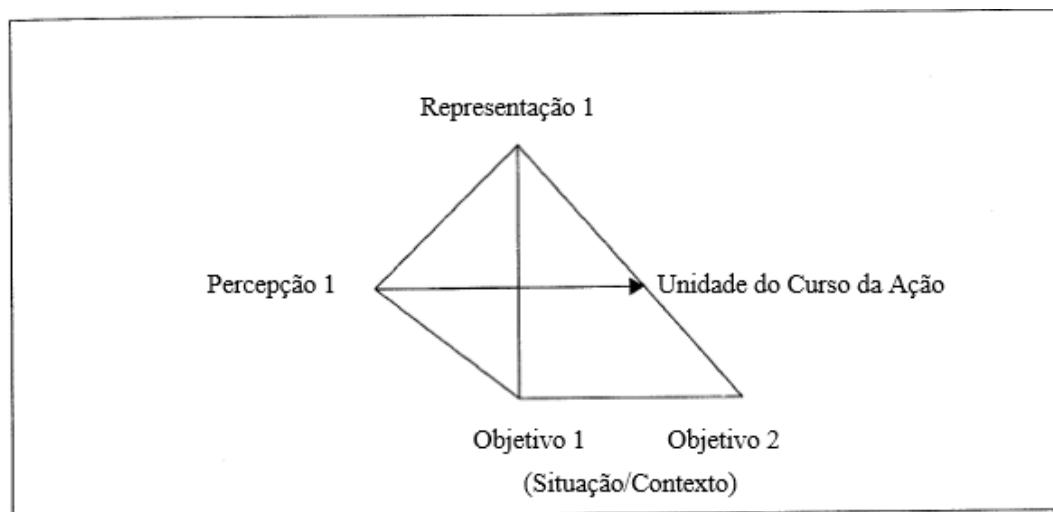
O engajamento e percepção do sujeito com o decorrer do tempo transformam-se em competências adquiridas pelo processo de cognição. A cognição é tratada como a manifestação do saber do sujeito a cada instante fruto da relação do sujeito com o meio (ARENDE, 2000). É a composição desses elementos que constroem o signo tetrádico, apresentado por Theureau (2014; p. 149) e adaptado pelo autor do trabalho na figura 4 abaixo. Trata-se do esquema visual das parcelas constituintes do curso da ação segundo Theureau (2014), composto por quatro elementos que acontecem ciclicamente a todo instante:

1. Na parte inferior do esquema está representada a situação ou contexto da ação e caracteriza o campo de possibilidades aberto para o sujeito em situação, em uma dinâmica sempre orientada para objetivos consecutivo;
2. Na parte superior do esquema encontram-se as representações que resultam da reflexão consciente (todo ator reflete sobre sua experiência) sustentada pelas regras

de ofício (compartilhadas coletivamente) e atualizadas para o aqui e agora da operação;

3. No quadrante esquerdo do esquema encontra-se a percepção dos elementos da situação, ou seja, das perturbações significativas que emergem da situação; e
4. No quadrante direito do esquema encontram-se as ações, comunicações e sentimentos produzidos na interação dos elementos anteriores e manifesto em uma unidade do curso da ação.

Figura 4 – O signo tetrádico (Theureau, 2014) adaptado pelo autor (2019)



Fonte: Elaborada pela autora.

Mais importante que analisar as representações, é a combinação dinâmica dos quatro elementos a unidade de análise que explica o engajamento do sujeito na prática social.

Considerando a Figura 4, observa-se que os elementos Situação/Contexto, Percepção e Representação (no tempo 1) produzem como efeito uma convicção (daquilo que é plausível para o indivíduo) que orienta a unidade do curso da ação voltada para o objetivo 2. É esta dinâmica de transformação, ou seja, situação/contexto, Percepção e Representação (no tempo 2) voltada para uma unidade do curso da ação (tempo 3) e o seu desenrolar consecutivo (tempo 3, tempo 4...), que se busca compreender na análise do curso da ação.

Em suma, a ação ergonômica se baseia na capacidade de mobilizar conhecimentos e métodos adaptados a cada situação. Uma característica de toda intervenção ergonômica é que ela visa uma ação, não se contentando na produção de um conhecimento sobre as situações de trabalho (DANIELLOU; BÉGUIN, 2007).

3 Métodos de Pesquisa

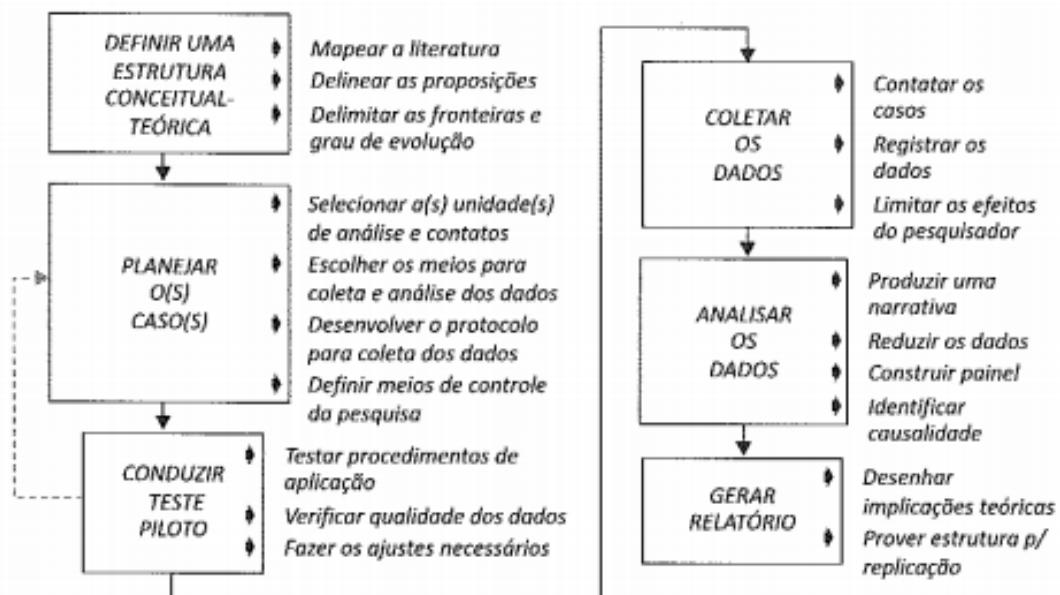
3.1 Estudo de caso

O estudo de caso é uma abordagem de pesquisa que “possibilita amplo e detalhado conhecimento sobre o fenômeno, possibilitando, inclusive, a geração de teoria” (MIGUEL; SOUSA, 2012, p. 131), isso porque, tem um caráter empírico que investiga um fenômeno atual no contexto da vida real.

O método de estudo de caso pode ser utilizado para diferentes tipos de investigação (VOSS et al., 2002) como na exploração de casos em fases iniciais para desenvolver ideias; na construção de teoria, ou seja, investigar visando identificar e explicar variáveis chaves e suas ligações; e também teste e refinamento de teoria, ou seja, testar questões, se necessário tornar falsa uma teoria ou identificar onde é falha, além de entender os limites de aplicação.

Miguel e Sousa (2012, p. 134) propõem conteúdo e sequência para condução de um estudo de caso, (Figura 5). Tal sistemática tornou-se referência para o presente estudo.

Figura 5 – Condução do estudo de caso



Fonte: MIGUEL; SOUZA, 2012.

4 Estudo do Caso

4.1 Caracterização de Empresa

Estudo de caso desenvolveu-se a partir de dados coletados junto a uma empresa multinacional, especificamente a planta de líquidos da região de Campinas com foco na fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal.

A fábrica estudada possui processo de fabricação bastante automatizado nos níveis 1 (Dispositivos de Campo), 2 (Controle de Processos) e 3 (Supervisão de Processos) da pirâmide da automação, e almeja incorporação das inovações da indústria 4.0 através da implementação de tecnologias nos níveis gerenciais, 4 e 5 – Gerenciamento de Planta e Gerenciamento Corporativo respectivamente, apresentados anteriormente na Figura 3.

O escopo do projeto compreende o processo de manufatura da empresa, dividido em oito linhas de produção. Objetiva-se promover uma gestão centralizada do processo produtivo através de uma área central ao qual os supervisores de produção serão capazes de orquestrar o andamento produtivo através de ferramentas integradas ao ERP da organização, automação e com o chão de fábrica.

Dos oito processos, uma das linhas é considerada modelo por suas características de tecnologias de automação bem desenvolvidas no chão de fábrica e, o consequente, atendimento de grande volume de processamento. Os equipamentos de produção são similares nos oito processos, a sequência e matéria prima utilizadas são diferenciados de acordo com o produto a ser fabricado (Shampoo transparente/com coloração e condicionador branco/ com coloração).

A jornada de trabalho na companhia é dividida em turnos de 8h: Turno 1 (06:00 às 14:00), Turno 2 (14:00 às 22:00) e Turno 3 (22:00 às 06:00), e as partidas de planta acontecem aos domingos no início do terceiro turno e as paradas acontecem aos sábados no fim segundo turno.

4.2 Metodologia

Aplica-se a metodologia da análise da atividade, a qual o aspecto central é a confrontação entre trabalho prescrito e trabalho real, a fim de compreender a distinção entre o que se pede (ao operador) e o porquê faz (uma resposta sempre situada do operador). Em termos práticos a metodologia consiste em compreender inicialmente o que se pede (o trabalho prescrito)

considerando o conjunto de normas que antecedem a ação. Posteriormente, por meio de observações sistemáticas, buscar compreender o porquê se faz (o trabalho real).

Partindo do pressuposto que o trabalho real não é facilmente acessado, foram considerados três elementos:

- a) O que se faz, facilmente identificado pelos procedimentos formais. A tarefa ordenada (incluindo o aprendizado incorporado nessa) normalmente bem expressa esta questão;
- b) Como se faz, envolve aspectos cognitivos e motores manifestos no comportamento, podendo ser acessado pelas posturas, deslocamentos, direção do olhar e outras variáveis observáveis; e
- c) Por que se faz, quase inacessível, dado que internalizado está e só a confrontação do sujeito com sua ação é capaz de revelá-lo.

A coleta de dados foi realizada por meio de *Standard Operational Procedures* (SOP), filmagens e fotografias; sendo que o acompanhamento das jornadas de trabalho dos operadores foi executado por dois engenheiros. Como forma de abranger as tarefas e atividades dos operadores e identificar possíveis diferenças entre turnos, este estudo considerou 10 turnos analisados.

Câmeras foram posicionadas estratégicamente para a captura do curso da ação do operador, visando filmar todas as ações do trabalhador durante seu trabalho, como dosagens manuais, seleções e acompanhamentos nas telas do sistema supervisório, e também olhares e paradas repentinhas para que nenhuma ação passasse despercebida.

A escolha dos turnos e linhas a serem observadas foi realizada pela análise da programação de produção, da escala de operadores, e histórico das linhas. Isso porque, a observação sistemática de uma mesma formulação por diversos operadores permite verificar o que são regras, regras atualizadas, e quais as competências adquiridas por cada operador.

O acompanhamento da jornada de trabalho procedeu durante as 8 horas (em cada turno analisado), os ergonomistas presenciaram todas as atividades realizadas pelos operadores. Após as primeiras observações de reconhecimento do processo, identificou-se pontos de atenção. Destaca-se o momento das autorizações no sistema supervisório de dosagens por tubulação e do início e/ou fim de etapas. Assim como, o *modo operandi* das dosagens manuais e as decisões de antecipação de receitas nos equipamentos do nível 1 apresentados posteriormente na Figura 7.

Em suma, primeiramente o analista conhece os procedimentos passados pela empresa ao operador (passo a passo da formulação), em seguida acompanha a atividade, questiona e promove a reflexão quando alguma atividade fora do prescrito é identificada. As filmagens e

fotografias são utilizadas posteriormente para revisão do processo, reconhecimento de ações como olhares, paradas, posturas, etc., e elaborar novas perguntas para as próximas observações.

É importante ressaltar que resultados elucidados a seguir só foram possíveis pela integração dos ergonomistas no ambiente de trabalho, comunicação aberta com os operadores de processo e compromisso dos superiores no desenvolvimento do trabalho

4.3 Análise da atividade

4.3.1 Análise de situações de referência e elementos da situação

O atual processo de manufatura da empresa é situação de referência para análise da atividade e concepção da situação futura. Dessa forma, os elementos da situação descritos abaixo são uma representação do presente cenário da organização.

A tarefa prescrita é verificada tanto na folha de processo quanto nas regras definidas no sistema supervisório. Cada formulação/produto tem uma folha de processo disponibilizada de virtualmente aos operadores através do acesso à rede. Para consulta, os operadores identificam-se através do número de matrícula e senha nos computadores dos terminais de controle.

A Figura 6, a seguir, é um exemplo de uma folha de processo. Como é possível observar, informações como etapa, tempo, quantidade, procedimento, conferencias de produto (código e quantidade) são obtidas por meio dela.

Na folha de processo é possível consultar o procedimento, porém não existem amarrações no processo de fabricação que garantem a execução de algumas dessas ações. Duas situações podem ocorrer:

1. Tipo e dosagens e da matéria prima erradas: A ausência de conferência do produto no sistema pode resultar em uma falha. Verificou-se que o operador frequentemente confere a matéria prima através do cheiro; e
2. Alterações do procedimento: Situações de alteração do procedimento são repetidamente realizadas. Verificou-se que muitas ações são regras não atualizadas, mas compartilhadas por todos os operadores de processo. Por exemplo, cancelamento da etapa de corte de vácuo em uma receita, pois é de conhecimento geral que a presença do vácuo permite que a formulação atinja na densidade exigida com maior acurácia.

Figura 6 – Folha de processos

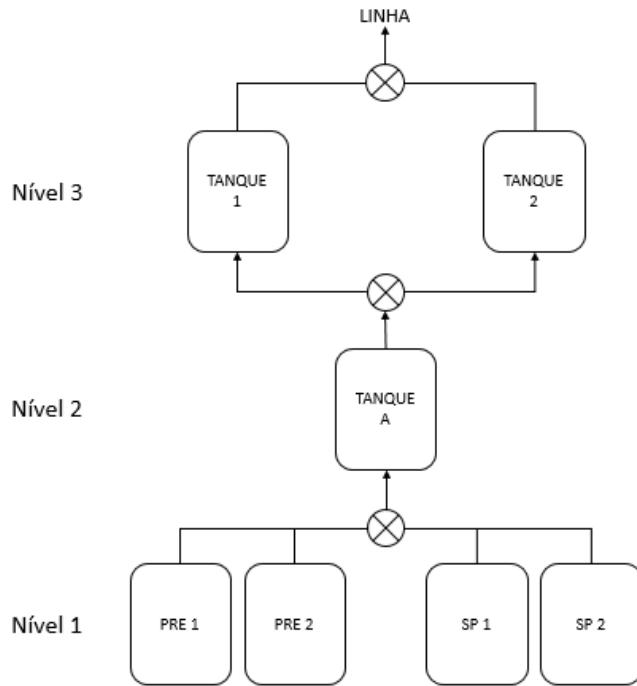
FOLHA DE PROCESSO							
PRODUTO:	XXXX			EQUIPAMENTO:	XX	PAG.:	XX
ETAPA	TEMPO (minutos)	ONDE	PROCEDIMENTO	DATA:	QUANTIDADE PARA		
				MATÉRIA-PRIMA			XX kg
				CÓDIGO	NOME COMERCIAL	QUANTIDADE	UNID.
1	8						
2	10						
3	15						
Observações							
4	2						
ESPERA	10						
Observações							
5	5						
Observações							
6	3						
7	3						
8	3						
9	5						
10	5						
TEMPO:	61				QUANTIDADE TOTAL:	XX	
* Tempo operacional.							
Revisão:					ELABORADO / APROVADO POR:		
MOTIVO:							

Fonte: Elaborada pela autora.

Ao sistema supervisório são definidas regras pela engenharia como abertura e fechamento de válvulas, tempos de processamento, sequencias de execução. Observa-se que o operador experiente tem capacidade de realizar todos os procedimentos de forma manual quando há uma instabilidade no processo automático desse sistema.

O processo de fabricação de shampoos e condicionadores é desenvolvido em três níveis de equipamentos (Figura 7). A condição inicial destes níveis é determinante das ações subsequentes para a operação.

Figura 7 – Representação esquemática da situação



Fonte: Elaborada pela autora.

O Nível 3 representa os tanques de armazenagem e constituem o objetivo estratégico da ação. Na operação cotidiana o objetivo é mantê-los com um volume de produto pronto para o abastecimento da linha de envase, garantindo a operação continuada da mesma. Nesse nível dois tanques estão disponíveis para cada processo (Processo 1 ao 8).

O Nível 2, Tanque A, constitui o objetivo imediato da operação. Na operação cotidiana, durante toda a jornada, o equipamento está em operação, em algum dos estágios ou etapas da formulação. Constitui recurso crítico, posto que, sua capacidade em relação ao tempo mínimo de formulação pode constituir gargalo para a manutenção continuada do envase nas linhas. Todos os oito processos apresentam um único equipamento nesse nível.

O Nível 1 concentra dois tipos de equipamentos, Pré e SP. Na Figura 7 duas de cada uma destas categorias estão representadas, mas isso não é o comum, pois os processos 1 a 7 possuem apenas um equipamento de cada categoria. Somente o processo 8 possui duplas de equipamentos. Esse nível trata-se de uma antecipação da receita subsequente na programação da produção.

Os elementos pertinentes da situação, no início do turno, podem variar consideravelmente em função da programação da produção. Isso porque as trocas de produto exigem diferentes tipos de limpeza nos tanques e tubulações de acordo com classificação do produto a ser produzido.

Os produtos são classificados em quatro tipos de acordo com a coloração final – Figura 8 mostra as classificações – produtos Verde, são transparentes (A, B e C), produtos Amarelos recebem uma coloração considerada como fraca (D, E, F e G), produtos Vermelhos com coloração média (H e I), e produtos Pretos recebem colorações escuras (J e K). As limpezas são: Enxague, simples, tipo 1, tipo 2 ou crítica. São diferenciadas pelo uso ou não de químico, quantidade de etapas e tempo de processamento. Na Figura 8 exemplifica-se uma relação entre os tipos de produtos e limpezas.

Figura 8 – Matriz de limpeza: relações entre produtos e limpezas. Do autor (2019)

Matriz de Limpeza												
PRODUTO	Formulação Finalizada											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
Formulação a produzir	A		ENXAGUE	ENXAGUE	TIPO 1	TIPO 1	TIPO 1	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 2	CRÍTICA	CRÍTICA
	B	ENXAGUE		ENXAGUE	TIPO 1	TIPO 1	TIPO 1	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 2	CRÍTICA	CRÍTICA
	C	ENXAGUE	ENXAGUE		TIPO 1	TIPO 1	TIPO 1	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 2	CRÍTICA	CRÍTICA
	D	SIMPLES	SIMPLES	SIMPLES		ENXAGUE	ENXAGUE	ENXAGUE	TIPO 2	TIPO 2	CRÍTICA	CRÍTICA
	E	SIMPLES	SIMPLES	SIMPLES	ENXAGUE		ENXAGUE	ENXAGUE	TIPO 2	TIPO 2	CRÍTICA	CRÍTICA
	F	SIMPLES	SIMPLES	SIMPLES	ENXAGUE	ENXAGUE		ENXAGUE	TIPO 2	TIPO 2	CRÍTICA	CRÍTICA
	G	SIMPLES	SIMPLES	SIMPLES	ENXAGUE	ENXAGUE	ENXAGUE		TIPO 2	TIPO 2	CRÍTICA	CRÍTICA
	H	SIMPLES	SIMPLES	SIMPLES	TIPO 1	TIPO 1	TIPO 1		ENXAGUE		CRÍTICA	CRÍTICA
	I	SIMPLES	SIMPLES	SIMPLES	TIPO 1	TIPO 1	TIPO 1	TIPO 1	ENXAGUE		CRÍTICA	CRÍTICA
	J	SIMPLES	SIMPLES	SIMPLES	TIPO 1			ENXAGUE				
	K	SIMPLES	SIMPLES	SIMPLES	TIPO 1	TIPO 1	ENXAGUE					

Ademais, é regra geral o procedimento de sanitização ou uma vez por semana ou a qualquer momento caso um dos equipamentos permanecer por 8 horas com menos de 70% da capacidade (em volume).

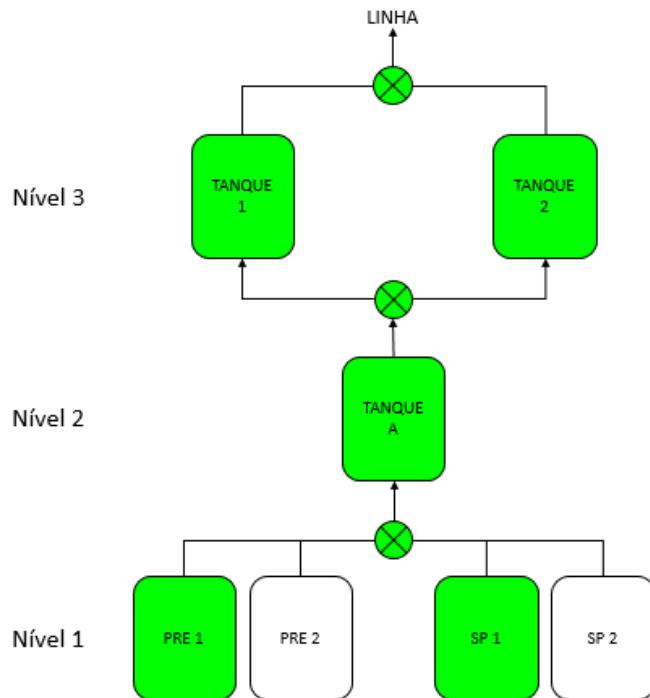
Pode-se observar a necessidade de atualização das regras de limpeza dos tanques, pois, os operadores de processo, além de consultar a matriz, determinam o tipo de limpeza de acordo com o histórico da produção.

Cita-se um dos casos observado. O processo 7 produziu sequencialmente 15 formulações de produto G, amarelo. O produto B, verde, seria a formulação seguinte programada. O operador deveria realizar uma limpeza do tipo 1, contudo realizou um tipo 2. Ao ser questionado alegou que após uma certa quantidade de formulações não seria possível remover toda coloração do tanque apenas com limpeza tipo 1. Essa é apenas uma das várias situações verificadas. Portanto, recomendou-se à empresa, uma revisão crítica da matriz, incluindo o histórico de produção, para que a automação dessa decisão seja precisa.

Não só a escolha do tipo de limpeza, como também outras decisões são encargos dos operadores. Portanto, os elementos da situação no início da jornada, o conhecimento do

histórico do processo, e a sua evolução ao longo do ciclo de trabalho constitui um campo de possibilidades aberto para o sujeito em situação. No quadro hipotético apresentado a seguir objetiva-se caracterizar as possibilidades de ação (Figura 9).

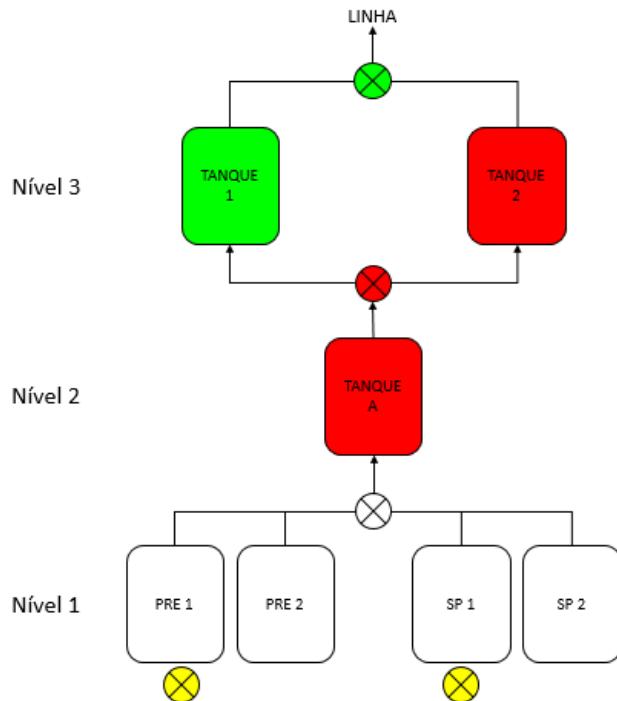
Figura 9 - Representação esquemática da situação no início do turno (simplificada)



Fonte: Elaborada pela autora.

Na representação da Figura 9 um mesmo produto encontra-se em processamento num lote de larga escala (elevado número de repetições de uma mesma receita). Nesse caso, em todos os níveis uma mesma receita encontra-se em processamento (Produto classificado como verde).

Figura 10 - Representação esquemática da situação da troca de variante (usual)



Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 10 apresenta uma situação usual de troca de variante. O Tanque 1 está abastecendo a Linha (Produto Verde), o Tanque 2 e o Tanque A encontram-se abastecidos com uma mesma formulação (Produto Vermelho). Os equipamentos do Nível 1 encontram-se preparados para o início de uma nova formulação, produto Amarelo.

Nesse cenário, o operador tem duas decisões a tomar.

1. Ciente das regras de sanitização – tanque com mais de 8h com 70% do volume – da necessidade de minimizar o uso de agua, do tempo certo de processamento das matérias primas no nível 1, e do consumo da linha, qual o melhor momento para começar a formulação amarela no nível 1?
2. Quando a linha iniciar o consumo da formulação vermelha, qual a melhor decisão de descarregar o tanque A sabendo que a próxima formulação é amarela? Tanque 1 após limpeza, ou tanque 2?

O caráter dinâmico da operação torna a direção das ações e comunicações dependentes do fluxo dos acontecimentos. Por exemplo, uma parada imprevista para manutenção ou uma manutenção prevista que se prolongada, um ingrediente que falta, o funcionamento degradado de um medidor ou uma receita fora dos padrões irão desencadear e direcionar o fluxo das ações e comunicações. O operador necessita de atenção constante ao ambiente de trabalho para as decisões sistêmicas.

Os elementos da situação evoluem continuamente num ciclo de trabalho semanal (segunda a sábado). Por outro lado, do ponto de vista dos operadores ocorre uma descontinuidade, posto que, a cada turno retoma-se a situação num ponto diferente daquela deixada no último turno de trabalho. A cada jornada de trabalho, uma retomada do estado das coisas se faz necessária.

4.3.2 O Curso da Ação

Os aspectos rotineiros do trabalho constituem invariantes. Designam ações e comunicações que se repetem durante o ciclo de formulação. A dinâmica temporal destas ações e comunicações pode variar em função dos elementos constituintes da situação, porém estas se repetem a cada formulação de uma receita ou grupo de receitas. Nas observações realizadas configuram-se as seguintes modalidades de invariantes:

- a) As comunicações formais que autorizam ações;
- b) Ações de transporte de ingredientes e retirada de matérias de embalagem (deslocamento de ingredientes para a área de formulação e retirada das embalagens da área);
- c) Ações sobre o sistema supervisório que autorizam dosagens e transferências;
- d) Ações sobre os equipamentos envolvendo o abastecimento de ingredientes nos tanques e limpeza manual;
- e) Ações de amostragem e análise em laboratório;
- f) As ações sobre o sistema supervisório nos processos de limpeza e sanitização de tanques e linhas de transferência e linhas de envase; e
- g) Ações que envolvem o registro e controle daquilo que foi realizado.

As comunicações formais, realizadas por meio de Rádio ou E-mail, identificam os momentos de início e fim do ciclo completo de um lote ou ordem de produção. O início caracteriza-se pela confirmação da existência das condições objetivas para o envase de um produto na linha. Tal confirmação dispara a solicitação de ingredientes (comunicação responsáveis pela matéria prima). Noutro extremo, o fim caracteriza o momento de liberação de um tanque para abastecimento da linha de envase (comunicação com operadores da linha).

Constitui elemento rotineiro do trabalho o transporte de ingredientes para a área do processo e a retirada dos materiais de embalagens vazias da área. A busca de materiais é condicionada às comunicações já estabelecidas anteriormente. Essa ação é sempre antecipada

em relação às formulações em curso. A retirada dos materiais de embalagens vazias se dá próximo do final do turno.

As ações sobre o sistema supervisório envolvem as dosagens e transferências. As transferências constituem movimentações de materiais entre tanques (Nível 1 para Nível 2; e, Nível 2 para Nível 3). As dosagens envolvem a adição de ingredientes, por meio de tubulações e direcionadas os Níveis 1 ou 2, em duas modalidades: medidores de vazão e balança. As dosagens por meio de medidores de vazão instalados nas tubulações independem da quantidade de material presente nos tanques. Podem ser continuadas (um mesmo comando no sistema autoriza dosagens sequenciadas) ou simultâneas (dois ou mais comando de confirmação autorizam a dosagem simultânea de diferentes ingredientes). As dosagens por balança são controladas diretamente nos tanques e não podem ser realizadas de forma simultânea a outras dosagens ou transferências.

Ações diretas sobre os equipamentos envolvem o abastecimento de ingredientes nos tanques e os procedimentos de limpeza manual. O abastecimento de ingredientes nos tanques no nível 1 constituem invariantes no sentido que se repetem a cada ciclo de formulação em uma ordem pré-definida na receita ou numa ordem redefinida pelos operadores (uma regra já atualizada e incorporada). O mesmo ocorre com os procedimentos de limpeza manual dos tanques entre etapas intermediárias da formulação ou no curso de uma etapa. Esses procedimentos estão incorporados como regras e são compartilhados pelos operadores, ainda que não estejam formalizados na receita. Um levantamento exaustivo das regras atualizadas entre os operadores se faz necessário. Observa-se a existência de modos operatórios distintos na execução destas ações, por exemplo, na forma de retirada de um ingrediente da embalagem com utilização de equipamento de succão denominado pescador. Os distintos modos operatórios não descharacterizam o caráter invariante dessas ações.

Ações de amostragem e análise em laboratório constitui passo relevante na condução do processo. O resultado pode liberar a transferência do Nível 2 para o Nível 3, bem como, pode demandar ajustes segundo regras estáveis de correção da formulação, em dependência do grau de desvio constatado. Um desvio de alto grau foi observado e demandou a construção de um diagnóstico pelos operadores/supervisores/encarregado. Isto foge do caráter rotineiro do trabalho.

As ações sob o sistema supervisório nos processos de limpeza de tanques, linhas de transferência e Linha de envase são orientadas pela escala de criticidade da sucessão entre formulações. Tais ações são realizadas considerando a transição entre Níveis: Nível 1/Nível 2;

Nível 2/Nível 3; e Nível 3/Linha de envase. Níveis de criticidade devem ser respeitados em ordem crescente de tempo necessário para a limpeza.

Por fim, se considera as ações que envolvem o registro e controle daquilo que foi realizado. Alguns registros são realizados em cadernos e outros em sistemas informatizados. Além destes registros informais foram observados.

O conjunto de questões tratadas anteriormente se repetem em cada ciclo de formulação. Caracterizá-las como invariantes não significa entendê-las como o estrito acompanhamento do que estabelece a receita ou as prescrições mais gerais para a operação. Automatizar situações consideradas invariantes é simples. Porém, percebeu-se que as ações e comunicações são condicionadas e orientadas também pela percepção dos operadores. Nesse contexto, surgem dificuldades que poderiam impactar negativamente na eficácia do projeto de automação.

O engajamento e o julgamento perceptivo revelam o constante diálogo com a situação no curso da ação. Esse diálogo constitui-se no acoplamento interno/externo (operador/meio) resultante dos elementos que seguem: das percepções e interpretações; das ações passadas e lembranças destas; e, das solicitações emanadas das interfaces formais e informais presentes na situação.

Alguns elementos da situação dinâmica facilitam o acoplamento sujeito/situação, como:

- a) A troca de turnos constitui momento especial para a tomada de conhecimento dos elementos da situação em curso, expressos no estado dos tanques e na disponibilidade de ingredientes na área ou já solicitadas. Ainda, a troca de turnos constitui momento especial para a orientação perceptiva do operador. Os alertas transferidos de um operador a outro orientam a sua percepção e o julgamento das questões relevantes (perturbações) no sistema. Ademais, constitui momento especial de atualização de regras. A referência do operador subsequente é sustentada pelas ações do operador subsequente. Em síntese a troca de turnos ameniza o problema da descontinuidade operacional;
- b) As comunicações emergem no curso da ação como elemento de julgamento do estado das coisas na situação. O operador não constrói sozinho a sua percepção e o seu julgamento. Ele comunica-se com os outros, seja da própria área, seja das áreas suporte e de abastecimento. Observa-se nessas comunicações a busca de construção de um discurso consensual interno, refletido na afirmação sistemática de que procedeu de forma igual ao operador do turno anterior, bem como, de um discurso consensual coletivo, obtendo a concordância dos demais operadores quanto os procedimentos tomados e a serem realizados.

- c) A busca por informações, para além daquelas enfatizadas nas telas do supervisório. Destaca-se a percepção do operador quanto ao funcionamento degradado do medidor de vazão em um caso observado. Para um observador externo ele é quase imperceptível. Trata-se de um número que para de variar numa tela. Isto não passou despercebido para o operador. Os problemas anteriores relativos ao medidor de vazão e já conhecidos podem explicar esta percepção orientada. Outras buscas são caracterizadas pelas comunicações com os operadores de abastecimento. O deslocamento até dada área e o não deslocamento até outra.

Conclui-se que a percepção do operador sobre os elementos pertinentes da situação é orientada e construída socialmente. Não se trata de um operador isolado seguindo procedimentos pré-estabelecidos. Não se trata de responder a estímulos originários da interface. A dinâmica da situação orienta a percepção e o julgamento da pertinência ou não. Só é relevante aquilo que pode ser entendido como uma perturbação.

No curso da ação os mecanismos de percepção e ação se reorganizaram em vista da cognição, e a indissociabilidade entre percepção e ação fica evidenciada, visto que, as ações do operador são resultantes de uma percepção (visual) de seu objeto de trabalho.

4.3.1 Considerações da análise da atividade

Há uma dinâmica temporal para a formulação de uma receita definida pela empresa nas folhas de processo e no sistema supervisório e outra – regra atualizada e incorporada – dos operadores para dosagens manuais e/ou intervenções no supervisório. Contudo, não é uma representação real do curso da ação, visto que, esse se altera de acordo com eventualidades durante os procedimentos de qualquer um dos processos.

Os operadores continuadamente tomam decisões processando informações e buscando simular (na própria cabeça) um cenário futuro. Uma situação recorrente é a comunicação entre operadores para não realizar certas dosagens simultaneamente e consequentemente a definição de qual processo deve receber o material primeiro. Essa estratégia é uma dentre tantas que os sistemas de gerenciamento são capazes de fazer de forma mais robusta ao analisar uma infinidade de dados da base.

Conclui-se que, a partir do curso da ação o ergonomista comprehende como ocorre o engajamento do operador com a situação e confirma o real desafio de implementar um *software* de gerenciamento da manufatura. Identificaram-se mais de 50 lacunas entre trabalho prescrito

e trabalho real, além de algumas falhas sistêmicas desconhecidas dos engenheiros que serão atualizadas e corrigidas na implementação do projeto.

4.4 Concepção

Com o conhecimento do processo, suas limitações e suas manobras, o ergonomista auxilia a empresa, assim como sua terceira contratada, na elaboração dos requisitos funcionais do *Manufacturing Execution System*, contemplando as interfaces com o *ERP*, sistema de automação e ações nas telas de controle. Ademais, com base na situação de referência provoca nos envolvidos a reflexão sobre o trabalho futuro possível ao longo do processo de criação.

4.4.1 Requisito Funcional MES

Os requisitos funcionais são descrições de alto nível de “quando” e “como” as principais funções MES são usadas e integradas entre si, dentro de cada área de processo macro. Centra-se nas principais ações que devem ser realizadas por todos sistemas direta ou indiretamente conectados com a solução, principalmente ERP e Automação industrial.

Para elaborar os requisitos, um conjunto de cenários que descrevem uma interação entre um usuário e um sistema é chamado de caso de uso. Um ator representa um usuário, grupo de usuário ou outro sistema que irá interagir com o MES. Um caso de uso é uma visão externa do sistema que representa alguma ação que o usuário pode executar para completar uma tarefa.

Um conjunto completo de casos de uso especifica todas as maneiras diferentes de usar o sistema e, portanto, define todos os comportamentos requeridos do sistema, limitando assim o escopo do sistema.

O ergonomista, juntamente com a engenharia de processo de manufatura, desenvolve os casos de uso. Enquanto a engenharia estrutura as questões técnicas da aplicação, o ergonomista questiona quanto as ações futuras dos operadores e a usabilidade do sistema. Entende-se aqui usabilidade como a capacidade que um sistema interativo oferece a seu usuário para a realização de tarefas com efetividade (capacidade de executar a tarefa de forma correta e completa), eficiência (minimização de recursos para realizar a tarefa com eficácia) e satisfação (nível de conforto que o usuário sente ao utilizar a interface).

Desenvolveram-se 20 casos de uso objetivando o controle centralizado dos processos. Na Tabela 1 e na Figura 11 apresentam-se de forma visual a estrutura de criação de um caso de uso do MES. Enquanto a Tabela 1 é uma estrutura descritiva, a Figura 11 é uma representação

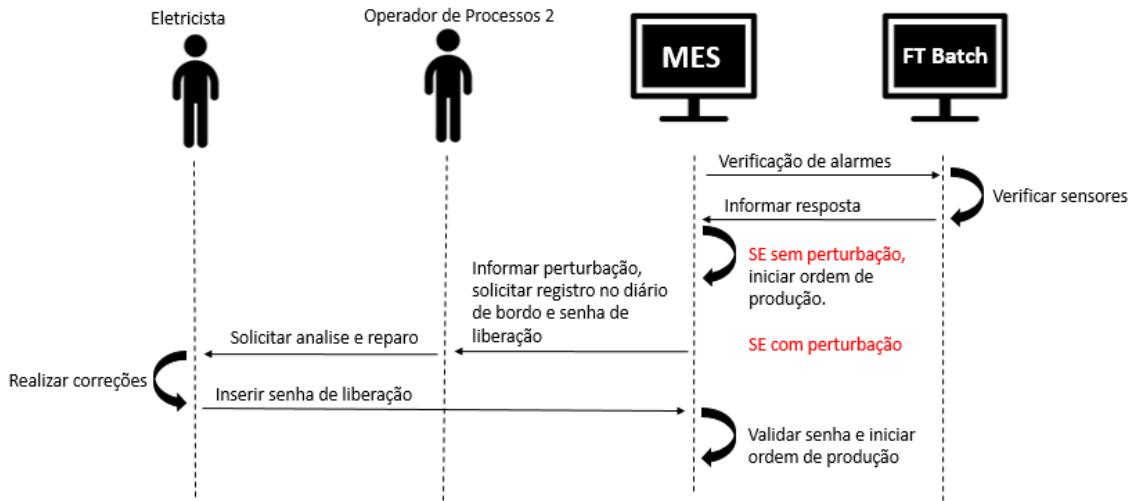
gráfica. A partir dessas descrições a empresa responsável pelo sistema MES aperfeiçoou e customizou o *software* de acordo com as aplicações do cliente.

Tabela 1 – Estrutura de criação de um caso de uso (hipotético) para software MES

Section	Description
ID	MANUFATURA-01
Name	Inicialização
Actors	MES FactoryTalk Batch - FTBatch (controle e automação do chão fábrica) Usuário do MES Eletricista Operador de Processo
Pre-Conditions	Usuário do MES realizar o login conforme o caso de uso de acesso de sistema;
Post-Conditions	Liberação para caso de uso seguinte - Iniciar Ordem de produção
Action List	<p>1) MES verifica se existe alarmes ou intertravamentos no FTBatch; Sem perturbações: 2) Inicia o caso de uso seguinte - Iniciar Ordem de produção.</p> <p>Com perturbações:</p> <p>2) MES reporta a perturbação para o Operador de Processo; 3) MES solicita que o Operador de Processo aponte o problema no Diário de Bordo do turno; 4) Operador de Processo solicita ao Eletricista a correção do problema via rádio; 5) MES solicita SENHA para autorizar o inicio do processo; 6) Operador de Processo informa a SENHA de liberação 7) MES inicia caso de uso seguinte - Iniciar Ordem de produção.</p>
Graphical User Interfaces	Interface do software; Diário de Bordo do turno; Alarmes; Intertravamentos.
Reports Referenced	Diário de Bordo do turno
Referenced Requirements	Matriz de intertravamentos; Matriz de alarmes
Business Rules	MES deve reportar alarmes ou intertravamentos críticos do FTBatch; MES libera para inicio de produção, SE: Não houver alarme de quebra e intertravamento; ou Eletricista, utilizando senha, liberar e registrar o ocorrido; ou Coordenador de Manufatura, utilizando senha, liberar e registra a liberação. MES priorizar os alarmes de acordo com a matriz de alarmes;

Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 11 – Representação gráfica do caso de uso MANUFATURA-01 (hipotético)



Fonte: Elaborada pela autora.

4.4.2 Atividade futura possível e desenho de telas

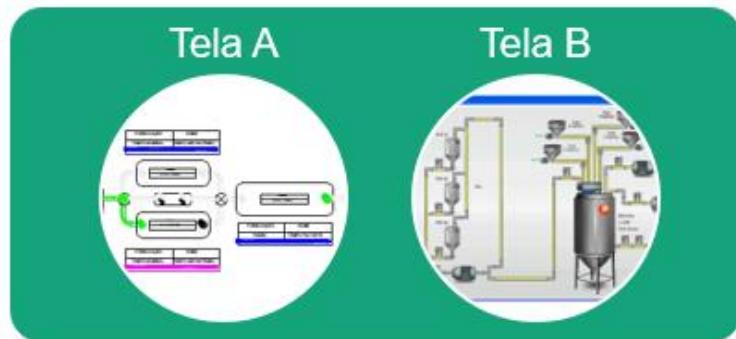
Durante o desenvolvimento dos casos de uso, toda e qualquer ação do trabalhador tornou-se uma atividade futura possível. Buscando minimizar os cansaços físicos e mentais da realização da tarefa, o ergonomista trabalhou juntamente com a engenharia para definição de ações. Essas foram classificadas em dois tipos: Ações de campo e Ações de supervisão.

As ações de campo compreendem operadores que realizarão atividades no chão de fábrica. O *software* de forma *online* informa ao trabalhador desses postos de trabalho as ações que deve realizar e exige confirmações, ora por meio de leitor de código de barras, ora por meio de seleção na tela de trabalho.

As ações de supervisão serão realizadas na sala de controle central. Duas telas são disponibilizadas ao operador. A primeira de acompanhamento dos processos macro, chamada de tela A. Possibilita uma visão macro do processo, volume de tanques, tempos de processamento e acompanhamento da situação estável de trabalho. A segunda, tela B, é um gerenciador de falhas. Ou seja, para verificar itens críticos, falhas de equipamentos, dosagens, toda e qualquer situação de instabilidade dos processos de produção.

Na Figura 12 apresentam-se os primeiros protótipos de telas. Sendo a versão final confidencial tanto do desenvolvedor quanto do cliente.

Figura 12 – Protótipo de telas



Fonte: Elaborada pela autora.

Além dos desenvolvimentos de telas, para projetar a atividade futura possível de cada um dos operadores, artefatos para realização da mesma foram elencados. Por exemplo, para o transporte de material foram projetadas esteiras de elevação e transporte do piso inferior até os locais de abastecimento.

5 Considerações finais

Presente estudo confirma a afirmação “O fato é que o trabalho nunca é uma simples execução das instruções é uma convicção partilhada por todos que frequentaram a ‘ergonomia da atividade’” (IACONO, 2005, p. 28). O conhecimento do trabalho real é uma etapa de análise criteriosa do curso da ação dos trabalhadores que tem influência direta na eficácia de projetos de desenvolvimento tecnológico. Esses, atualmente, estão contextualizados na inserção de tecnologias da Industria 4.0 nos processos produtivos.

Enquanto a I4.0 traz benefícios a fábrica referentes a eficiência das unidades de produção e aos trabalhados referentes a facilidade de atividades manuais repetitivos, a Ergonomia oferece a I4.0 uma ampliação do conhecimento tanto do processo quanto das futuras necessidades de trabalho.

Verifica-se, através do estudo do caso, que a análise da atividade por meio do curso da ação contribui para a compreensão do processo, não apenas como as tarefas são executadas, mas também o desenvolvimento cognitivo do trabalhador e do coletivo de trabalho para as decisões estratégicas do negócio.

Dessa forma, confirma-se que com o conhecimento do processo produtivo, das competências e regras desenvolvidas pelos operadores é possível realizar um mapeamento de regras e análises realizadas para a tomada de decisão. E, a partir das situações de referências, trabalhar na concepção de um sistema de controle de processo apto para o processamento de informações, tomada de decisão competente, integração com operadores visando sempre o trabalho futuro. Segundo Daniellou (2002, p. 77), “trata-se de abordar desde a concepção, a adaptação do sistema às necessidades prováveis dos operadores”.

Referências

- ABRAHÃO, J. I.; PINHO, D. L. M. As transformações do trabalho e desafios teórico-metodológicos da Ergonomia. **Estudos de Psicologia**, v. 7, n. especial, p. 45-52, 2000.
- ANTIPOFF, R. B. F.; LIMA, F. P. A. Didática profissional e teoria do curso da ação: diferentes contribuições para a formação profissional. **Revista Ação Egonômica**, v. 12, n. 2, p. 54-61, 2017.
- ARENDE, R. J. J. **O desenvolvimento cognitivo do ponto de vista da enação**. Red Anais da Academia Brasileira de Ciências, 2006.
- BROENS, M. C.; COELHO, J. G.; GONZALEZ, M. E. Q. **Encontro com as ciências cognitivas**. São Paulo: Cultura Acadêmica – UNESP, 2015.
- CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Investimentos em Indústria 4.0**. Brasília: CNI, 2018. Disponível em <<https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/48-das-grandes-empresas-pretendem-investir-em-tecnologias-40-em-2018/>> Acesso em: 28.05.2019
- DA CÂMARA VILELA, P. S.; VIDAL, F. J. T. Automação industrial. **Redes para Automação Industrial**, p. 1-5.
- DA SILVA, G. C. C.; DA CONCEIÇÃO, C. S.; DUARTE, F. J. C. M. A Ergonomia de concepção na elaboração de recomendações ergonômicas para projetos das áreas de processo de plataformas offshore. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 24. Salvador, 2009. **Anais** ... Salvador, Universidade Federal da Bahia, 2009.
- DANIELLOU, F.; BÉGUIN, P. Metodologia da ação ergonômica: abordagens do trabalho real. In: FALZON, P. (ed.). **Ergonomia**. São Paulo: Blucher, 2007.
- DANIELLOU, F. A análise da atividade futura e concepção de instalações externas. In: FALZON, P. (ed.). **Ergonomia**. São Paulo: Blucher, 2007.
- DANIELLOU, François; LAVILLE, Antoine; TEIGER, Catherine. Ficção e realidade do trabalho operário. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 17, n. 68, p. 7-13, 1989.
- DE ARAÚJO, M. F. A.; ROCHA, R. **Estratégias individuais de regulação adotadas por operadores de checkout**. In: Congresso Brasileiro de Ergonomia, 16., 2016. **Anais** ... Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.
- DUARTE F. Complementariedade entre ergonomia e engenharia em projetos industriais. In: DUARTE, F. (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ; Lucerna, 2002.

FALZON, P. Natureza, objetivos e conhecimentos da ergonomia. In: FALZON, P. (ed.). **Ergonomia**. São Paulo: Blucher, 2007.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção**: mais do que simplesmente *just-in-time*. Caxias do Sul: Educs, 1996.

GOEKING, Weruska. **Da máquina a vapor aos softwares de automação**. Disponível em: <<https://www.osetoreletrico.com.br/da-maquina-a-vapor-aos-software-de-automacao/>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

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

IACONO, S. P. et al. **A cognição situada na análise das atividades do professor do ensino superior**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

MIGUEL, P. A. C.; SOUSA, R. O método do estudo de caso na Engenharia de Produção. In: MORÁBITO, R. et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de automação industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

PINHO, D. L. M. **O trabalho da enfermagem e a gestão da informação: uma análise ergonômica das atividades das enfermeiras no contexto hospitalar**. Brasília: Universidade Nacional de Brasília, 2002.

RIBEIRO, J. M. **O conceito da indústria 4.0 na confecção**: análise e implementação. Tese de Doutorado. Minho: Universidade do Minho, 2017

SANTOS, V. A.; ZAMBERLAN, M. C. P. L. Concepção ergonômica de salas de controle: estudos de caso. In: DUARTE, F. (Org.). **Ergonomia e projeto**. Rio de Janeiro: Lucerna, 2000.

SCHRÖDER, R. et al. Análise da implantação de um processo automatizado em uma empresa calçadista: um estudo de caso a luz do sistema Hyundai de produção e a indústria 4.0. **Revista Espacios**, v. 36, n. 18, 2015. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a15v36n18/15361819.html>> Acesso em: 12.06.2018.

SCOPEL, L. M. M. **Automação industrial**: uma abordagem técnica e econômica. Caxias do Sul: Educs, 1995.

SOUZA, R. **Segunda Revolução Industrial**. Disponível em <<https://brasilescola.uol.com.br/historiag/segunda-revolucao-industrial.htm>> Acesso em: 28.05. 2019

VILLA DALVA, Mauro. **ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO E OS PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIAS: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA FORNECEDORA DO POLO DE DUAS RODAS.** 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

YIN, Robert K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2015.