



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE AUTOMAÇÃO E SISTEMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Renan Flôr de Amorim

**Desenvolvimento de sistema para gerenciamento de estoque de ferramentas de
corte**

Florianópolis
2023

Renan Flôr de Amorim

Desenvolvimento de sistema para gerenciamento de estoque de ferramentas de corte

Relatório final da disciplina DAS5511 (Projeto de Fim de Curso) como Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Santa Catarina em Florianópolis.

Orientador: Prof. Carlos Barros Montez, Dr.

Florianópolis
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

de Amorim, Renan Flôr

Desenvolvimento de sistema para gerenciamento de
estoque de ferramentas de corte / Renan Flôr de Amorim ;
orientador, Carlos Barros Montez, 2023.

81 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia de Controle e Automação,
Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia de Controle e Automação. 2. Manufatura
enxuta. 3. Métodos ágeis. 4. WCM. 5. Scrum. I. Montez,
Carlos Barros. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia de Controle e Automação. III. Título.

Renan Flôr de Amorim

Desenvolvimento de sistema para gerenciamento de estoque de ferramentas de corte

Esta monografia foi julgada no contexto da disciplina DAS5511 (Projeto de Fim de Curso) e aprovada em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação

Florianópolis, 12 de dezembro de 2023.

Prof. Marcelo de Lellis Costa de Oliveira, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Carlos Barros Montez, Dr.
Orientador
UFSC/CTC/DAS

Jeferson Fernando Dorte, Eng.
Supervisor
WEG Equipamentos Elétricos S.A.

Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Dr.
Avaliador
UFSC/CTC/EMC

Prof. Eduardo Camponogara, Dr.
Presidente da Banca
UFSC/CTC/DAS

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Eliton e Lilian, que me deram todo apoio e condições para que pudesse ingressar na universidade. Aos meus irmãos, Juan e Nicolas, que estiveram presentes sempre. Aos meus colegas de classe e professores, que me ajudaram a completar esta jornada.

DECLARAÇÃO DE PUBLICIDADE

Jaraguá do Sul, quatro de dezembro de 2023.

Na condição de representante da WEG Equipamentos Elétricos S.A. na qual o presente trabalho foi realizado, declaro não haver ressalvas quanto ao aspecto de sigilo ou propriedade intelectual sobre as informações contidas neste documento, que impeçam a sua publicação por parte da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) para acesso pelo público em geral, incluindo a sua disponibilização *online* no Repositório Institucional da Biblioteca Universitária da UFSC. Além disso, declaro ciência de que o autor, na condição de estudante da UFSC, é obrigado a depositar este documento, por se tratar de um Trabalho de Conclusão de Curso, no referido Repositório Institucional, em atendimento à Resolução Normativa n° 126/2019/CUn.

Por estar de acordo com esses termos, subscrevo-me abaixo.

Documento assinado digitalmente
 JEFERSON FERNANDO DORTE
Data: 04/12/2023 11:40:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jeferson Fernando Dorte
WEG Equipamentos Elétricos S.A.

RESUMO

O trabalho desta monografia consiste no estudo realizado no almoxarifado do prédio de usinagem de fundidos II, localizado no parque fabril II da WEG, em Jaraguá do Sul. O estudo identificou problemas significativos do ponto de vista da adequação da gestão do estoque do almoxarifado ao paradigma *lean* de manufatura, pregado na WEG e em voga no contexto mundial de produção. Tais problemas consistem, principalmente na ausência de controle do estoque no almoxarifado, e da existência de atividades que não agregam valor ao produto final (e que poderiam ser eliminadas). Para atacar esses problemas, propôs-se o desenvolvimento de uma aplicação web, seguindo ao longo deste desenvolvimento os princípios de metodologias ágeis de gerenciamento de projetos, e ao mesmo tempo com um processo de modelagem de software e de banco de dados suficientemente detalhado para a obtenção de um sistema consistente e robusto.

Palavras-chave: Manufatura enxuta. WCM. Métodos Ágeis.

ABSTRACT

The work of this monograph consists of a study carried out in the warehouse of the cast machining building II, located in WEG's manufacturing park II, in Jaraguá do Sul. The study identified significant problems from the point of view of adapting the warehouse's stock management to the lean manufacturing paradigm preached at WEG and in vogue in the global production context. These problems consist mainly of the lack of stock control in the warehouse, and the existence of activities that do not add value to the final product (and which could be eliminated). In order to tackle these problems, we proposed the development of a web application, following the principles of agile project management methodologies throughout its development, and at the same time using a sufficiently detailed software and database modeling process to obtain a consistent and robust system.

Keywords: Lean Manufacturing. WCM. Agile Methodologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Organização do departamento de engenharia industrial, da WEG motores industriais.	20
Figura 2 – Motor elétrico.	21
Figura 3 – Fluxo das ferramentas de corte no parque fabril.	23
Figura 4 – Unidade armazenadora móvel utilizada na distribuição de ferramentas.	25
Figura 5 – Distribuição da fabricação de veículos motorizados no mundo	28
Figura 6 – Pilares do WCM	31
Figura 7 – Robo Crib VX500 da Sandvik	33
Figura 8 – Unidade armazenadora móvel (carrinho) com tablet acoplado	34
Figura 9 – Funcionalidades por tipo de usuário do sistema - ideia inicial.	35
Figura 10 – Vantagens da aplicação de um sistema digital para o gerenciamento de ferramentas de corte.	36
Figura 11 – Etapas do método cascata.	38
Figura 12 – Etapas do processo unificado.	39
Figura 13 – Fluxo organizacional do Scrum.	41
Figura 14 – Diagrama de casos de uso de negócio.	43
Figura 15 – Diagrama de casos de uso de sistema.	44
Figura 16 – Expansão do caso de uso de movimentação (entrada e saída) de estoque.	46
Figura 17 – Expansão do caso de uso de consulta ao inventário.	47
Figura 18 – Expansão do caso de uso de edição de estoque.	47
Figura 19 – Diagrama de Atividades da Administração de Arquivos	48
Figura 20 – Diagrama entidade-relacionamento do banco de dados.	49
Figura 21 – Modelo relacional do banco de dados.	56
Figura 22 – Login no sistema.	57
Figura 23 – Cadastro de novo usuário no sistema – etapa 1.	58
Figura 24 – Cadastro de novo usuário no sistema – etapa 2.	59
Figura 25 – Remoção de usuário – etapa 1.	59
Figura 26 – Remoção de usuário – etapa 2.	60
Figura 27 – Aba de movimentação de estoque – tela inicial.	60
Figura 28 – Aba de movimentação de estoque – entrada de estoque.	61
Figura 29 – Aba de movimentação de estoque – saída de estoque.	62
Figura 30 – Aba de movimentação de estoque – saída de estoque – tela de centro de trabalho.	62
Figura 31 – Aba de movimentação de estoque – saída de estoque – motivos de troca de ferramentas.	63

Figura 32 – Aba de movimentação de estoque – saída de estoque – erro de manutenção.	63
Figura 33 – Aba de movimentação de estoque – saída de estoque – teste. . . .	64
Figura 34 – Aba de movimentação de estoque – relatório de saída do dia. . . .	64
Figura 35 – Aba de movimentação de estoque – relatórios de saída do turno. . .	65
Figura 36 – Aba de consulta ao inventário.	65
Figura 37 – Aba de acompanhamento de estoque.	66
Figura 38 – Aba de acompanhamento de estoque – edição de estoque local. . .	66
Figura 39 – Aba de acompanhamento de estoque – edição de estoque mínimo. .	67
Figura 40 – Aba de acompanhamento de estoque – edição de estoque máximo. .	67
Figura 41 – Aba de itens – seleção do tipo de operação a se realizar.	68
Figura 42 – Aba de itens – cadastro de novo item.	68
Figura 43 – Aba de itens – cadastro de múltiplos novos itens.	69
Figura 44 – Aba de itens – remoção de item existente.	69
Figura 45 – Aba de itens – associação de item a centro de trabalho.	70
Figura 46 – Aba de itens – desassociação de item de centro de trabalho. . . .	71
Figura 47 – Aba de histórico de movimentações.	71
Figura 48 – Aba de histórico de movimentações - seleção do tipo de movimentação a ser filtrada.	72
Figura 49 – Aba de histórico de movimentações – seleção do tipo de filtro a ser utilizado.	72

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS S/A, FABRICAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS E O PROBLEMA DE GESTÃO DO ESTOQUE DE FERRAMENTAS NO DEPARTAMENTO DE USINAGEM DE FUNDIDOS	18
2.1	BREVE HISTÓRIA DA EMPRESA	18
2.2	ORGANIZAÇÃO DA EMPRESA	19
2.3	PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS	19
2.4	DINÂMICA DE GESTÃO DE ESTOQUE NO PRÉDIO DE USINAGEM DE FUNDIDOS II	22
2.4.1	Saídas de estoque: entrega de ferramentas no balcão e distribuição através de rondas	24
3	ESTUDO DO PROBLEMA, TÉCNICAS UTILIZADAS E SOLUÇÃO CONCEBIDA	27
3.1	PRODUÇÃO EM MASSA E O SURGIMENTO DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	27
3.2	WCM E WMS – O SISTEMA DE MANUFATURA ENXUTA DA WEG	29
3.3	ORGANIZAÇÃO DO CENTRO DE TRABALHO, IMPLEMENTAÇÃO DO 5S E ELIMINAÇÃO DE NVA'S NO ALMOXARIFADO	31
3.4	SOLUÇÃO EXISTENTE NO MERCADO – GABINETE MÓVEL DA SANDVIK	32
3.5	SOLUÇÃO CONCEBIDA – DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA WEB PRÓPRIO PARA GERENCIAMENTO DO ESTOQUE DE FERRAMENTAS DE CORTE	34
4	DESCRIÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO – REQUISITOS DO SISTEMA, E METODOLOGIAS UTILIZADAS	37
4.1	METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE UTILIZADA	37
4.1.1	Método cascata	37
4.1.2	Processo unificado – UP	38
4.1.3	Manifesto ágil e a escolha da metodologia de desenvolvimento utilizada - o Scrum	39
4.1.3.1	Scrum	41
4.2	MODELAGEM DO SOFTWARE	42
4.2.1	Diagramas de casos de uso de negócio e de sistema	42
4.2.2	Requisitos de software e expansão dos casos de uso	43
4.2.3	Diagrama de classes	45

4.3	MODELAGEM DO BANCO DE DADOS	45
4.3.1	Diagrama entidade-relacionamento	45
4.3.2	Implementação do banco de dados a partir do diagrama ER	55
5	APRESENTAÇÃO DO SISTEMA DESENVOLVIDO	57
5.1	FUNCIONALIDADES DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE FER- RAMENTAS DE CORTE	57
5.1.1	Login no sistema	57
5.1.2	Cadastro de usuários	58
5.1.3	Remoção de usuários	59
5.1.4	Aba de movimentações de estoque	60
5.1.4.1	Entrada de estoque	61
5.1.4.2	Saída de estoque	61
5.1.4.3	Relatório de saídas de estoque	63
5.1.5	Aba de consulta ao inventário	64
5.1.6	Aba de acompanhamento de estoque	65
5.1.7	Aba de itens	66
5.1.7.1	Cadastro de novo(s) item(s) (ferramenta(s))	67
5.1.7.2	Remoção de item (ferramenta)	69
5.1.7.3	Associação de item com centro de trabalho	69
5.1.7.4	Desassociação de item de centro de trabalho	70
5.1.8	Aba de histórico de movimentações	70
5.2	DIFICULDADES ENCONTRADAS E REQUISITOS NÃO-CUMPRIDOS	71
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS ATINGIDOS	74
6.1	NOVA DINÂMICA DE FUNCIONAMENTO NO ALMOXARIFADO DO DEPARTAMENTO DE USINAGEM DE FUNDIDOS II	74
6.2	GANHOS QUALITATIVOS	75
6.3	GANHOS FINANCEIROS	76
7	CONCLUSÃO	78
	REFERÊNCIAS	80

1 INTRODUÇÃO

O tema desta monografia diz respeito ao desenvolvimento de um sistema de software com o objetivo de auxiliar e habilitar operações relacionadas ao gerenciamento de estoque de ferramentas de corte, dentro do contexto industrial de produção de motores elétricos. Os vários aspectos associados à elaboração do trabalho, desde o *framework* de desenvolvimento utilizado, passando pela modelagem de software empregada, até os resultados e ganhos obtidos com a implementação do sistema, serão esmiuçados ao longo deste documento.

Inicialmente, é necessária uma breve contextualização sobre o ambiente de trabalho no qual o estágio aconteceu. A empresa contratante, a WEG Equipamentos Elétricos S/A, é uma renomada fabricante de motores elétricos, embora atualmente seu portfólio de produtos não se restrinja somente a motores. De acordo com o portal institucional da empresa (WEG, 2021a), a WEG possui um portfólio com mais de 1500 linhas de produtos, dentre os quais pode-se citar também geradores eólicos, painéis solares, turbinas e transformadores.

Embora o portfólio de produtos da empresa seja amplo, o estágio ocorreu especificamente no contexto da fabricação de motores elétricos, na seção de projetos industriais, do departamento de engenharia industrial da WEG, localizada no parque fabril II em Jaraguá do Sul. Dentro da seção, há uma equipe de desenvolvimento de software, responsável pela proposição de soluções para os departamentos de produção da própria WEG, e também para as filiais. Uma destas soluções foi o sistema para gerenciamento de ferramentas de corte, tema deste trabalho.

Mais informações a respeito da empresa e dos processos produtivos, serão apresentadas posteriormente, no Capítulo 2. A seguir, ainda a título de contextualização do tema do projeto, é válida uma breve explicação sobre o processo de fabricação de motores elétricos, e em específico sobre a usinagem de eixos e fundidos, departamentos de produção nos quais a solução proposta pelo sistema é aplicável.

A título de contextualização do problema, é válido comentar que o processo de fabricação de motores na WEG costuma seguir o seguinte fluxo: inicia no metalúrgico, com a fundição do metal e composição das carcaças fundidas dos motores; segue na estamparia, com grampeamento de lâminas de metal para formação dos rotores e estatores; continua na injeção de alumínio, com a injeção das gaiolas de esquilo dentro dos rotores; tem a continuação na usinagem de eixos, com a finalização dos eixos a serem acoplados no interior dos rotores; segue para a usinagem de fundidos, onde as carcaças de motor são usinadas; finaliza nas montadoras, onde todos esses componentes são montados e o motor é finalizado e expedido para os clientes. Este processo é detalhado na Seção 2.3.

Dentro dos departamentos de usinagem de eixos e usinagem de fundidos – cita-

dos anteriormente –, realiza-se, por parte de almoxarifes, a distribuição e reposição de ferramentas de corte no chão de fábrica. Cada almoxarife é responsável pela gerência de um almoxarifado periférico, que requisita ferramentas a um almoxarifado central de acordo com a necessidade, e distribui ferramentas aos operadores do departamento de produção no qual está alocado.

As ferramentas utilizadas nas máquinas do chão de fábrica (como centros de usinagem e tornos), acabam sofrendo um desgaste natural, além de ocasionalmente quebrarem, devido a variados tipos de erros. Nessas situações, tais ferramentas (e.g. brocas, insertos, rebolos e serras) precisam ser substituídas, e esse processo de reposição é, em certa medida, pouco automatizado e arcaico. A solução proposta pelo sistema de gerenciamento de ferramentas de corte resolve este problema, além de agregar na gestão de estoque em outros aspectos.

Para que se compreenda a solução em questão, é necessário que se explique como acontece o processo de reposição de ferramentas, que pode se dar de duas formas: através de solicitação direta do operador no balcão do almoxarifado (a partir do momento em que ele mesmo identifica a necessidade de troca da ferramenta); e através de reposição via ronda realizada por um distribuidor no chão de fábrica, com um dispositivo de armazenamento móvel.

Em detalhes, a primeira forma de reposição de ferramentas, que representa cerca de 25% do volume total, acontece da seguinte maneira: O operador se depara com a necessidade de substituir alguma ferramenta em sua estação de trabalho, e vai até o almoxarifado do departamento de produção em questão solicitar a troca. O almoxarife, após receber a solicitação, entrega a ferramenta ao operador, que retorna ao seu posto de trabalho.

Já a segunda alternativa para a reposição de ferramentas (via rondas realizadas pelo distribuidor) representa cerca de 75% do volume total, o que é positivo, uma vez que possibilita que a troca seja feita sem que o operador saia de seu posto de trabalho, evitando interrupção do processo produtivo. Em detalhes, pode-se descrever tal operação da seguinte forma: O almoxarife pega uma unidade armazenadora móvel, equipada com diversas ferramentas, e realiza uma ronda pelo chão de fábrica, circulando pelos postos de trabalho. Caso identifique a necessidade de trocar determinada ferramenta de corte, ele realiza a reposição.

No entanto, os apontamentos de saída de estoque não podem ser feitos diretamente durante a ronda, pois requerem o uso de um computador de mesa, acessível apenas no almoxarifado. Desta forma, o distribuidor precisa anotar as informações sobre as reposições de ferramentas de forma manual em uma pasta, para que, posteriormente, essas informações sejam transcritas e as saídas de estoque sejam apontadas no computador do almoxarifado. Todo este processo será citado em detalhes na Seção 2.4.

A situação descrita acima é um problema relevante, pois o trabalho de transcrição dos apontamentos da planilha física para o computador de mesa demanda um tempo considerável, e ocasionalmente gera erros. Eliminar a necessidade de transcrição dessas informações, integrando o processo de apontamentos de saída de estoque em uma única plataforma/sistema, proporcionaria um ganho considerável para a empresa. Esse ganho, embora mensurável, não seria o mais relevante na proposição de tal sistema. O ganho mais importante ao se propor uma plataforma para controlar as saídas e entradas de estoque, no entanto, seria a possibilidade de habilitar o controle do que há disponível no almoxarifado, em tempo real. Além do conhecimento do estoque em tempo real, o registro de outras informações, como a data e horário das entradas e saídas de estoque, com seus respectivos responsáveis, centros de trabalho de destino das ferramentas e motivos de troca possibilitariam a geração de importantes indicadores de desempenho da operação na fábrica.

É justamente esse cenário que o sistema de gerenciamento de ferramentas de corte, tema deste trabalho, se propõe a oferecer para a gestão do almoxarifado do departamento de usinagem de fundidos II da WEG. Um controle total sobre as informações referentes ao estoque de ferramentas e suas movimentações, possibilitando geração e monitoramento de indicadores de desempenho que auxiliem a tomada de decisões do ponto de vista gerencial no almoxarifado. O detalhamento da proposição do sistema está presente na Seção 3.5.

Em linhas gerais, pode-se itemizar o escopo do sistema proposto da seguinte forma:

- Proporcionar aos gestores do almoxarifado o controle sobre o estoque de todas as ferramentas disponíveis em tempo real, de duas formas:
 - Através de tabela listando todas as ferramentas.
 - Através de busca por ferramentas específicas, utilizando código identificador.
- Proporcionar aos almoxarifes a possibilidade de apontamento de entradas de estoque em uma plataforma única, seja por computador ou por tablet.
- Proporcionar aos colaboradores do almoxarifado (almoxarifes e distribuidores) a possibilidade de apontamento de saídas de estoque em uma plataforma única, seja por computador ou tablet.
- Proporcionar aos gestores do almoxarifado monitoramento das entradas de estoque realizadas, com todas as informações possíveis associadas: responsável pelo apontamento da entrada, data e horário do registro, via de entrada (almoxarifado central ou fornecedor externo), código e descrição da ferramenta, quantidade de ferramentas apontadas na movimentação.

- Proporcionar aos gestores do almoxarifado o monitoramento das saídas de estoque realizadas, com todas as informações possíveis associadas: responsável pelo apontamento da saída, data e horário do registro, código e descrição da ferramenta, quantidade de ferramentas apontadas na movimentação, centro de trabalho de destino, motivo da troca da ferramenta (desgaste ou quebra – que pode ser dividida em uma lista de tipos de quebra), nota de manutenção (caso o tipo da quebra seja erro de manutenção), motivo da quebra e ação para eliminar a causa da troca.
- Oferecer aos gestores do almoxarifado a possibilidade de acompanhamento de indicadores de desempenho associados ao consumo de ferramentas, seja por centro de trabalho, tipo de troca de ferramenta, usuário responsável pela troca, recorte de tempo, tipo de ferramenta, e outros.

O escopo do sistema proposto foi detalhado de maneira mais cuidadosa no Capítulo 4.

É relevante informar que a metodologia de gerenciamento de projetos utilizada para guiar o desenvolvimento do sistema proposto foi o Scrum, *framework* de desenvolvimento ágil largamente utilizado na indústria de software atualmente. A observação aos princípios do Scrum, e as particularidades do gerenciamento do desenvolvimento deste trabalho são detalhados no Capítulo 4.

De maneira resumida, pode-se estruturar esta monografia da seguinte forma:

- Capítulo 1: apresentação do tema do trabalho, da empresa, dos processos produtivos, do problema, da solução proposta, e das metodologias utilizadas.
- Capítulo 2: detalhamento da história da WEG, da organização institucional e processos produtivos da empresa, dinâmica da gestão de estoque do almoxarifado da usinagem de fundidos.
- Capítulo 3: fundamentação teórica e técnicas utilizadas para a proposição de uma solução para os problemas de gestão de estoque do almoxarifado, e detalhamento da solução proposta.
- Capítulo 4: levantamento dos requisitos do sistema, escopo elaborado, e metodologia de desenvolvimento adotada.
- Capítulo 5: apresentação do sistema desenvolvido – listagem de todas as funcionalidades do sistema de gerenciamento de ferramentas de corte.
- Capítulo 6: análise dos resultados atingidos, segmentada em ganhos qualitativos e ganhos financeiros alcançados.
- Capítulo 7: conclusão geral sobre o projeto desenvolvido.

Na sequência, será introduzido o Capítulo 2, detalhando a história, números e estrutura da empresa, além do funcionamento da gestão de estoque do prédio da usinagem de fundidos II.

2 WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS S/A, FABRICAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS E O PROBLEMA DE GESTÃO DO ESTOQUE DE FERRAMENTAS NO DEPARTAMENTO DE USINAGEM DE FUNDIDOS

Este capítulo é dedicado à descrição da história, estrutura e processos da empresa. Serão destrinchados aspectos relacionados à organização institucional da WEG, áreas de atuação, países em que a empresa opera, além da descrição de alguns dos processos produtivos, como o processo de fabricação de motores (de forma mais sucinta), e dentro deste, o processo de usinagem de fundidos, além da lógica detalhada de funcionamento do seu almoxarifado. A partir deste último tópico, será mais fácil entender os problemas que este trabalho se propõe a resolver.

2.1 BREVE HISTÓRIA DA EMPRESA

A WEG Equipamentos Elétricos S/A é uma empresa brasileira de renome internacional no setor de equipamentos elétricos e automação industrial. Sua história remonta a 1961, quando foi fundada em Jaraguá do Sul, no estado de Santa Catarina, Brasil, por três empreendedores: Werner Ricardo Voigt, Eggon João da Silva e Geraldo Werninghaus. O nome “WEG” é derivado das iniciais dos nomes dos fundadores.

A empresa começou como uma pequena fábrica de motores elétricos, produzindo inicialmente motores monofásicos e trifásicos. No entanto, seu compromisso com a inovação, qualidade e excelência no atendimento ao cliente permitiu que ela crescesse rapidamente e se tornasse uma das lideranças globais na fabricação de equipamentos elétricos.

A internacionalização da WEG também foi uma parte significativa de sua história de sucesso. A empresa estabeleceu filiais e fábricas em vários países ao redor do mundo, incluindo os Estados Unidos, México, China, Índia, África do Sul, Alemanha, Argentina e outros. Ao todo, a WEG realiza operações industriais em 12 países, e tem presença comercial em mais de 135, possuindo mais de 36.900 mil colaboradores distribuídos pelo mundo (WEG, 2021b). Isso permitiu à empresa fornecer soluções globais para clientes em todo o mundo e expandir sua presença internacional.

Além disso, a WEG tem uma forte preocupação com a sustentabilidade e a responsabilidade social. Ela tem implementado iniciativas para reduzir seu impacto ambiental, promover o desenvolvimento sustentável das comunidades em que atua e apoiar causas sociais. A empresa é conhecida por seu compromisso com a educação e o desenvolvimento tecnológico, investindo em programas de capacitação para seus funcionários. O Centro de Treinamento WEG, que capacita jovens ainda em idade escolar para diversas áreas de atuação, é o exemplo mais notório neste sentido.

Em resumo, a história da WEG Equipamentos Elétricos S/A é uma história de crescimento, inovação e sucesso no setor de equipamentos elétricos e automação

industrial. Ao longo dos anos, a empresa evoluiu de uma pequena fábrica de motores elétricos no Brasil para uma empresa global de destaque, fornecendo soluções elétricas e de automação de alta qualidade em todo o mundo. Seu compromisso com a excelência, sustentabilidade e responsabilidade social a tornaram uma referência no mercado e um exemplo de sucesso empresarial brasileiro.

2.2 ORGANIZAÇÃO DA EMPRESA

A matriz da WEG se localiza em Jaraguá do Sul e é dividida em dois parques fabris, que abrigam diversos prédios, cada qual pertencente a uma unidade da empresa. Dentre as unidades, pode-se citar a WEG energia, WEG automação e a WEG motores industriais, esta última sendo a unidade em que o trabalho tema desta monografia foi desenvolvido. Dentro da unidade de motores industriais, há uma série de departamentos, dentre os quais é válido mencionar dois: o departamento de usinagem de fundidos, e o departamento de engenharia industrial.

O departamento de usinagem de fundidos é o departamento de fabricação em que o trabalho foi implantado, isto é, aquele que foi de fato impactado pelos resultados obtidos com o desenvolvimento do sistema proposto. Já o departamento de engenharia industrial, através do autor deste trabalho, foi o responsável pelo desenvolvimento em si do sistema de gerenciamento de ferramentas de corte. Este departamento atua diretamente em todos os departamentos de fabricação da unidade de motores, buscando, entre outras coisas, atuar na proposição de sistemas que promovam a otimização de processos e redução de desperdícios nas fábricas.

O departamento de engenharia industrial é subdividido em quatro seções: seção de robotização de projetos industriais, seção de desenvolvimento de novos produtos, seção de P&D de processos, e a seção de projetos industriais (ver Figura 1). A seção de projetos industriais possui uma equipe dedicada a trabalhos envolvendo a indústria 4.0, como: trabalhos na área de inteligência artificial, internet das coisas, sistemas de visão, manufatura aditiva, e desenvolvimento de software. Falando especificamente sobre o trabalho tema desta monografia, ele foi elaborado dentro da seção de projetos industriais, junto à equipe de indústria 4.0.

2.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS

A unidade de motores industriais da WEG tem como objetivo principal, naturalmente, a fabricação de motores elétricos. A produção da empresa é verticalizada, se adaptando para suprir os diferentes tipos de demandas dos clientes; há, portanto, uma considerável variação nos tamanhos das carcaças dos motores fabricados, no processo de pintura e acoplamento de dispositivos de segurança, por exemplo. No entanto,

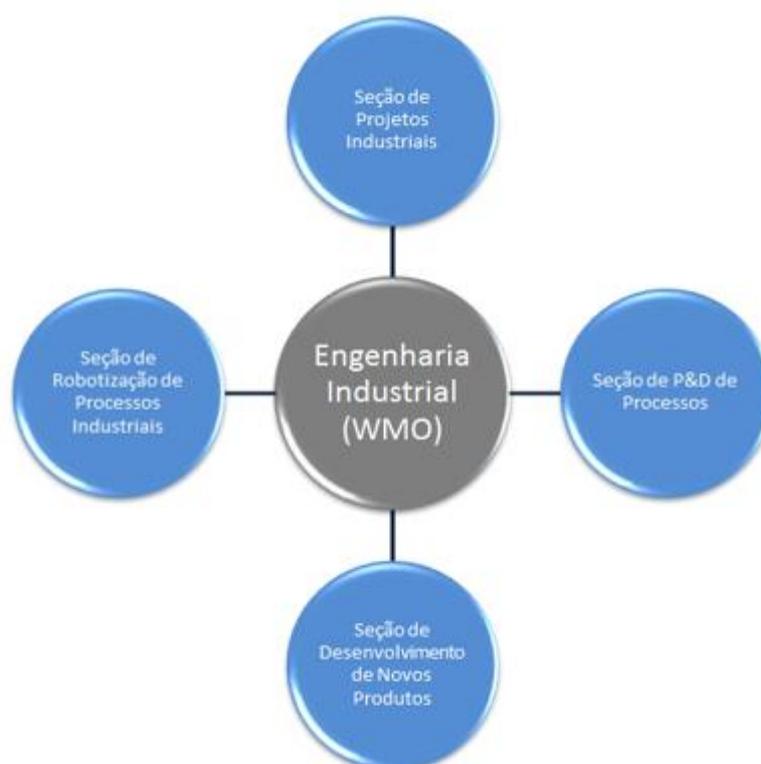


Figura 1 – Organização do departamento de engenharia industrial, da WEG motores industriais.

de forma geral, o processo de fabricação de motores segue um fluxo de atividades definido, que será descrito de forma breve nesta seção.

Tomando como exemplo o mais comum tipo de motor elétrico de corrente alternada (PETRUZELLA, 2013), que possui a configuração de “gaiola de esquilo” – assim denominado por possuir uma gaiola de alumínio ou cobre dentro do rotor de ferro –, pode-se observar os seguintes componentes principais: a carcaça do motor (de forma mais detalhada, podendo ser dividida em tampa dianteira, tampa traseira, caixa defletora, caixa de ligação e carcaça em si), estator bobinado, rotor e eixo – ver Figura 2.

Cada um destes componentes deve ser manufaturado e, ao fim do processo produtivo, montados de forma que constituam um motor elétrico. Na WEG, os principais departamentos envolvidos na fabricação de motores são: o metalúrgico, a estamparia, a injeção de alumínio, a usinagem de eixos, a usinagem de fundidos, e as fábricas (ou montadoras). Os processos descritos a seguir, vale ressaltar, são explicados de maneira simplificada, apenas a fim de contextualização do projeto para o leitor.

No departamento metalúrgico, funde-se o ferro para a fabricação das carcaças dos motores. O material fundido, proveniente de fornos fusores, é aplicado em moldes, e diferentes tipos de carcaças de motores elétricos são produzidas. Esta é uma das

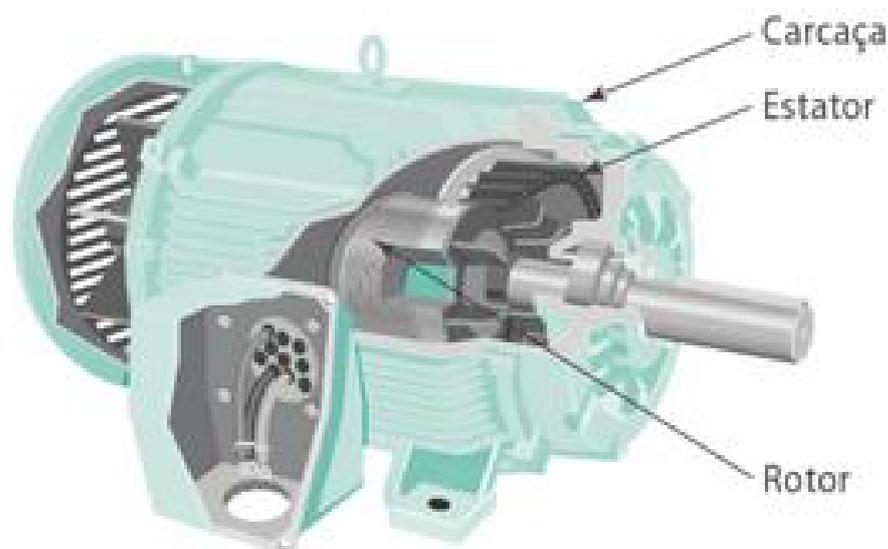


Figura 2 – Motor elétrico.

etapas iniciais do processo; deste ponto, os componentes fundidos da carcaça seguem para o departamento de usinagem de fundidos.

No departamento de estamparia, grandes bobinas de aço (chapas de metal enroladas) são desenroladas e cortadas, inicialmente, de forma longitudinal. Essas chapas de metal passam posteriormente por uma prensa rápida, que as corta novamente, desta vez formando lâminas no formato da seção longitudinal de rotores e estatores. A seguir, estas lâminas são empilhadas e grampeadas, formando rotores e estatores (que deverão ser bobinados). Da estamparia, os estatores seguem direto para as fábricas (ou montadoras), onde serão bobinados, e os rotores seguem para a injeção de alumínio.

No departamento de injeção de alumínio, são adicionadas nos rotores provenientes da estamparia as gaiolas de esquilo. Este processo acontece da seguinte forma: funde-se o alumínio em fornos fusores, e depois aplica-se esse material dentro do rotor através de um equipamento semelhante a um êmbolo (em uma etapa rotineiramente chamada de “tiro” de alumínio). De forma geral, os eixos usinados no departamento de usinagem de eixos são, já no departamento de injeção de alumínio, inseridos dentro dos rotores. Deste ponto os rotores – já com os eixos – seguem para as montadoras.

No departamento de usinagem de eixos, ocorre o processo de usinagem dos eixos que serão acoplados aos rotores. Este processo transforma barras cilíndricas de ferro, cortadas em diferentes tamanhos para se adequarem às diferentes carcaças de motores, em eixos prontos para serem inseridos no centro dos rotores. Deste departamento, os eixos seguem, na maioria dos casos, para o departamento de injeção de alumínio.

No departamento de usinagem de fundidos, chegam os materiais provenientes do metalúrgico. Aqui, as carcaças serão usinadas (em tornos e centros de usinagem) e encaminhadas para as montadoras. É neste departamento em que o sistema de gerenciamento de estoque de ferramentas de corte foi implantado. Na seção seguinte, será explicada mais em detalhe a dinâmica do funcionamento de um dos almoxarifados do departamento, responsável pela distribuição das ferramentas para os centros de trabalho.

Por fim, nas fábricas – ou montadoras, são realizadas as montagens de todos os componentes fabricados anteriormente: rotores com eixo, estatores (que são bobinados nas montadoras) e carcaças. Cada fábrica é responsável pela montagem de um tipo - ou conjunto de tipos, de motor elétrico. Daqui, eles são expedidos e enviados para os clientes.

2.4 DINÂMICA DE GESTÃO DE ESTOQUE NO PRÉDIO DE USINAGEM DE FUNDIDOS II

O departamento de usinagem de fundidos da WEG – descrito de forma breve neste capítulo – é dividido em dois prédios: um rotineiramente chamado de usinagem de fundidos I, e o outro de usinagem de fundidos II. O primeiro é subdividido nas seções de usinagem de fundidos A, C e D, e o segundo nas seções B, E e F. Embora ambos compartilhem da mesma dinâmica de gestão de estoque de ferramentas de corte, esta seção do documento focará especificamente na usinagem de fundidos II, onde o trabalho proposto neste documento foi implantado.

Sobre a estrutura organizacional do prédio de usinagem de fundidos II, ele é – como foi supracitado – subdividido em 3 seções: usinagem de fundidos B, usinagem de fundidos E, e usinagem de fundidos F. Estas seções, por sua vez, são subdivididas em centros de trabalho, cada qual sendo operado por um funcionário, ou por um conjunto de funcionários. O número de centros de trabalho nas seções pode variar, de acordo com a instalação de novas máquinas, mas no momento da elaboração deste documento era de 36 para a seção de usinagem de fundidos B, 27 para usinagem de fundidos E e 23 para usinagem de fundidos F. Parte significativa destes centros de trabalho são centros de usinagem ou tornos, que realizam o processo de usinagem de diferentes tipos de tampas e carcaças de motor.

Existe, no prédio da usinagem de fundidos II, um almoxarifado que realiza a gestão do estoque de diversos tipos de materiais, em sua maioria ferramentas de corte utilizadas nos centros de trabalho. O funcionamento do almoxarifado é dividido em três turnos, assim como em todo o parque fabril: 1º turno inicia às 5h e finaliza às 14h18; 2º turno inicia às 14h18 e finaliza às 23h24; 3º turno inicia às 23:24 e finaliza às 5h do dia seguinte. Em média, há 3 funcionários por turno, mais um funcionário responsável pelo almoxarifado que trabalha em turno normal. Duas das principais atribuições destes

funcionários são a solicitação de novos materiais para o almoxarifado central do parque fabril, sempre que necessário, e a distribuição de novas ferramentas para os centros de trabalho. Essa lógica de funcionamento está descrita na Figura 3.

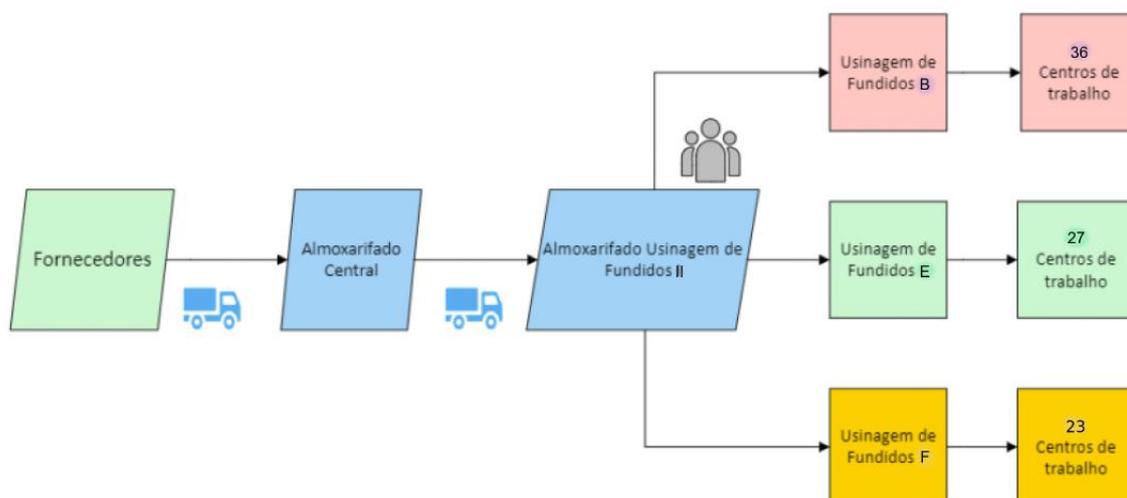


Figura 3 – Fluxo das ferramentas de corte no parque fabril.

As requisições de novos materiais são feitas pelos almoxarifados periféricos do parque fabril (caso do almoxarifado da usinagem de fundidos II) ao almoxarifado central sempre que há necessidade, e cabe ao almoxarifado central registrá-las. Esse registro é feito através do apontamento da transação de código MB51 no SAP – software para ERP (planejamento de recursos empresariais) utilizado pela WEG. O consumo de ferramentas por centro de trabalho deve ser apontado pelos almoxarifados periféricos, através da transação ZTMM055 no SAP. Resumindo, pode-se dizer que:

- Apontamento das requisições de novos materiais: transação MB51 no SAP, responsabilidade do almoxarifado central.
- Apontamento do consumo de ferramentas por centro de trabalho: transação ZTMM055 no SAP, **responsabilidade do almoxarifado do prédio de usinagem de fundidos II.**

É importante dizer que não é possível extrair do SAP os valores de quantidade de ferramentas disponíveis em estoque no almoxarifado da usinagem de fundidos II, uma vez que a ZTMM055 é uma transação criada especialmente para o controle do número de ferramentas consumidas por centros de trabalho. Desta forma, embora registre-se esse consumo em um sistema, o controle sobre o que existe em estoque no almoxarifado é inexistente no SAP, e no dia-a-dia resume-se a verificação visual das gavetas dos armários e carrinhos, além de algumas planilhas físicas. Essa situação é bastante problemática para a gestão do estoque do almoxarifado, pois pode ocasionar

requisições desnecessárias ao almoxarifado central, ou até mesmo falta de ferramentas para os centros de trabalho.

Além deste enorme problema, existe uma grande dificuldade para a realização dos apontamentos da transação ZTMM055, uma vez que a utilização do SAP requer a interação com um computador de mesa. Antes de detalhar essa dificuldade, é necessário entender melhor o processo para distribuição de novas ferramentas aos centros de trabalho da usinagem de fundidos II.

2.4.1 Saídas de estoque: entrega de ferramentas no balcão e distribuição através de rondas

Os centros de trabalho do prédio, em geral tornos e centros de usinagem, são equipados com ferramentas que, de tempos em tempos, precisam ser substituídas por conta do desgaste, quebra, ou erros de manutenção nas máquinas. Existe uma série de tipos de ferramentas na usinagem de fundidos II, que são classificadas da seguinte forma:

- Brocas (no momento de escrita deste documento, 1928 unidades de diferentes modelos cadastradas no almoxarifado do prédio).
- Insertos (no momento de escrita deste documento, 1578 unidades de diferentes modelos cadastradas no almoxarifado do prédio).
- Acessórios (no momento de escrita deste documento, 5522 unidades de diferentes modelos cadastradas no almoxarifado do prédio).
- Fresas (no momento de escrita deste documento, 176 unidades de diferentes modelos cadastradas no almoxarifado do prédio).
- Machos de rosca (no momento de escrita deste documento, 560 unidades de diferentes modelos cadastradas no almoxarifado do prédio).
- Rebolos (no momento de escrita deste documento, 0 unidades cadastradas no almoxarifado do prédio).
- Serras (no momento de escrita deste documento, 0 unidades cadastradas no almoxarifado do prédio).
- Alargadores (no momento de escrita deste documento, 0 unidades cadastradas no almoxarifado do prédio).
- Outros (outros tipos variados e específicos de materiais registrados, como pinéis, escovas e lâminas – 77 unidades de diferentes modelos cadastradas no almoxarifado do prédio, no momento de escrita deste documento).

A partir do momento em que surge a necessidade de substituição da ferramenta de corte no centro de trabalho (seja por desgaste ou quebra), é necessário que o operador da máquina se desloque do seu centro de trabalho até o balcão do almoxarifado, e solicite uma nova ferramenta ao almoxarife. Este deslocamento é prejudicial para a produção, pois implica que a atividade até então realizada pelo operador seja interrompida. Por este motivo, houve o estabelecimento de um procedimento que reduziu consideravelmente a necessidade de deslocamento do operador do seu centro de trabalho até o almoxarifado: a realização de rondas de distribuição de ferramentas por parte de um colaborador do almoxarifado - referido normalmente como distribuidor. Atualmente, cerca de 75% da substituição de ferramentas é feita via ronda.

Essas rondas ocorrem com uma unidade armazenadora móvel – chamada muitas vezes de carrinho ou de ronda (ver Figura 4). Na Figura citada, pode-se observar em cima do carrinho uma pasta. Essa pasta é utilizada para o registro manual de algumas informações: quantidade, centro de trabalho de destino, código SAP e motivo de substituição da ferramenta (desgaste ou quebra, geralmente). Esse registro é feito para a distribuição de todas as ferramentas ao longo da ronda.



Figura 4 – Unidade armazenadora móvel utilizada na distribuição de ferramentas.

A razão para a qual esse registro é feito em uma pasta física, é que o apontamento da ZTMM055 no SAP precisa ser feito em um computador de mesa no almoxarifado. É, portanto, inviável realizar o apontamento no SAP ao longo da ronda, de forma que a alternativa encontrada foi essa: apontamento em pasta física, e posterior transcrição de todos esses apontamentos na pasta para o SAP, por um almoxarife (geralmente no final do turno de trabalho).

Esse processo de transcrição é o segundo grande problema da dinâmica de gestão de estoque no almoxarifado, uma vez que demanda dos almoxarifes uma considerável parcela de tempo para apontamentos de forma manuscrita, e posteriormente de forma digital no SAP. A unificação deste apontamentos seria o cenário ideal, e é

algo que o sistema de gerenciamento de ferramentas de corte, tema desta monografia, se propôs em seu escopo inicial a fazer.

3 ESTUDO DO PROBLEMA, TÉCNICAS UTILIZADAS E SOLUÇÃO CONCEBIDA

Neste capítulo, é descrito todo o processo de identificação do problema foco deste trabalho (isto é, a falta de controle sobre o estoque de ferramentas do almoxarifado, e o desperdício de tempo com transcrições de apontamentos de movimentações), as técnicas utilizadas para mensurar as perdas associadas, e a proposição da solução que ataca essas perdas. Essas técnicas estão fortemente ligadas ao conceito de produção enxuta, portanto torna-se imprescindível dissertar-se sobre este assunto.

3.1 PRODUÇÃO EM MASSA E O SURGIMENTO DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Para entender o surgimento da manufatura enxuta (termo utilizado para denominar o Sistema Toyota de Produção), promovido pela Toyota no início da década de 1950, é necessário compreender o contexto de produção industrial existente e consolidado anteriormente: a produção em massa.

A produção em massa é um dos pilares do Fordismo, sistema de produção industrial que foi desenvolvido e popularizado por Henry Ford, fundador da Ford Motor Company, no início do século XX. Esse sistema de produção revolucionou a indústria automobilística e influenciou muitos outros setores econômicos.

As mudanças propostas por Ford permitiram uma grande redução no ciclo de tarefa no contexto da manufatura de carros. O conceito central responsável por essa redução foi a completa e consistente intercambiabilidade de partes, e a simplicidade de montagem. A implantação dessas mudanças permitiu a redução do esforço humano na montagem, o aumento da produtividade e diminuição dos custos, de forma proporcional à elevação do volume produzido (WOOD JR, 1992).

Não tardou até que o conceito de produção em massa extrapolasse os parques fabris da Ford, e se difundisse pelo mundo. Henry Ford recebeu em Highland Park (planta da Ford em Detroit), visitas de industriais como André Citroën, Louis Renault e Giovanni Agnelli (Fiat), que replicaram de forma bem sucedida as ideias de Ford em suas respectivas montadoras.

Desta forma, ao longo da segunda metade do século XX foi flagrante o declínio da participação das ditas “Três Grandes” (Ford, GM e Chrysler) na fabricação de veículos motorizados no mundo. A produção em massa saía do solo americano, e se instalava também nas fábricas europeias - conforme mostra o gráfico da Figura 5.

Outra notória figura que visitou as instalações da Ford foi Eiji Toyoda: o jovem engenheiro passou 3 meses em Highland Park, em 1950. De volta ao Japão, em conjunto com seu especialista em produção, Taiichi Ohno, vislumbrou a possibilidade de melhorar o sistema de produção proposto por Ford.

Com essa visão, e tendo que contornar dificuldades e particularidades da eco-

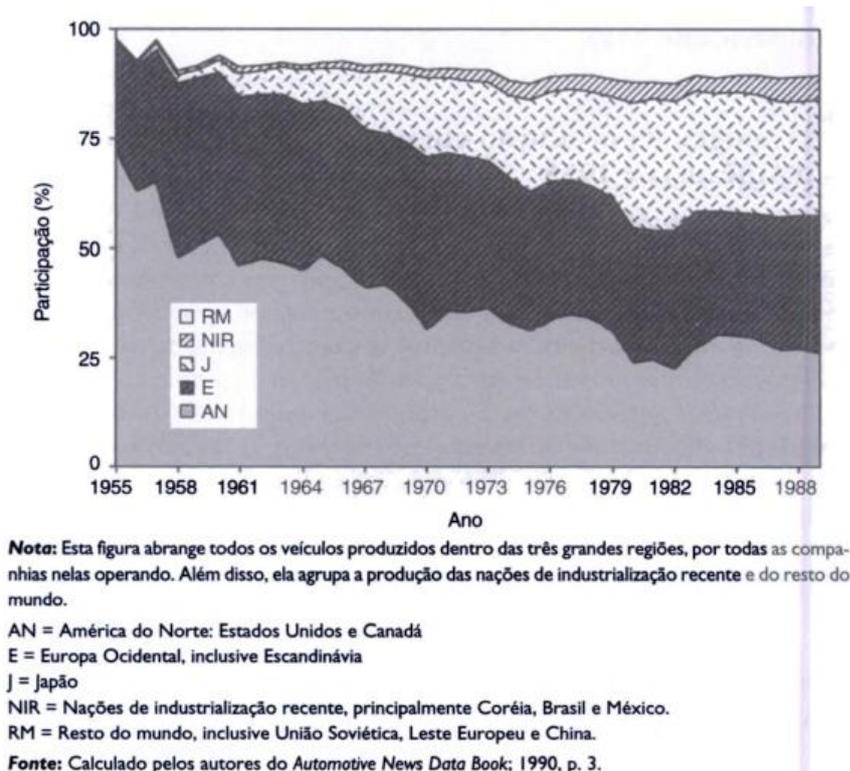


Figura 5 – Distribuição da fabricação de veículos motorizados no mundo

nomia, legislação e mão-de-obra japonesa, Ohno e Toyoda deram início ao processo de estabelecimento do Sistema Toyota de Produção, processo este que durou quase duas décadas. Desta maneira, no fim da década de 1960 estavam consolidados na fábrica da Toyota, em Nagoya, os conceitos da manufatura enxuta (WOMACK, 2004a), que permitiram à Toyota franca expansão na participação da fabricação de veículos motorizados ao longo da segunda metade do século XX.

Um dos principais pilares do STP e da manufatura enxuta diz respeito à redução de custos na produção. A palavra japonesa “muda” se refere justamente a este desperdício, que pode ser definido como “qualquer atividade que consome recursos e não gera valor”. Taiichi Ohno identificou e atacou fortemente sete diferentes tipos de desperdícios na manufatura (WOMACK, 2004b):

- Erros que exigem retificação.
- Produção de itens que ninguém deseja.
- Acúmulo de mercadorias nos estoques.
- Etapas de processamento que na verdade não são necessárias.
- Movimentação de funcionários e transporte de mercadorias de um lugar para o outro sem propósito.

- Grupos de pessoas em uma atividade posterior que ficam esperando porque uma atividade anterior não foi realizada dentro do prazo.
- Bens e serviços que não atendem à necessidade dos clientes.

Voltando para o tema deste trabalho – a proposição de um sistema para gerenciamento do estoque de ferramentas de corte do almoxarifado do Departamento de usinagem de fundidos da WEG – é importante apontar que ele ataca de forma direta dois dos tipos de desperdício citados:

- O acúmulo de mercadorias nos estoques, pois, a partir do momento que há um controle maior sobre a quantidade de ferramentas em estoque, elimina-se a ocorrência de solicitações desnecessárias de novas ferramentas. Desta forma, opera-se com um número menor de ferramentas em estoque.
- Uma etapa do processamento que é desnecessária, ou seja, a transcrição de apontamentos de saída de estoque de uma pasta física para o SAP (sistema online).

A proposição do trabalho tema desta monografia não foi casual, uma vez que a manufatura da WEG inspira-se fortemente no STP. A empresa desenvolveu um sistema próprio de manufatura enxuta, o WMS – sigla para *WEG Manufacturing System*, baseado no WCM, sistema de manufatura que foi fortemente influenciado pelo Sistema Toyota de Produção. O WCM e o WMS serão detalhados a seguir.

3.2 WCM E WMS – O SISTEMA DE MANUFATURA ENXUTA DA WEG

Ao longo da última década, a WEG vêm trabalhando fortemente para implementar as diretrizes do seu modelo de *lean manufacturing* – o WMS, tanto na matriz como nas filiais. Para compreender o WMS, basta dissertar-se sobre o WCM (sigla para *World Class Manufacturing*), pois é este o modelo de produção que inspirou a criação do sistema de manufatura da WEG.

WCM, ou Manufatura de Classe Global, foi um termo cunhado por Hayes e Wheelwright no ano de 1985 - portanto de forma posterior ao estabelecimento do Sistema Toyota de Produção. O termo foi utilizado para descrever empresas que, através de suas técnicas de manufatura, se colocassem em uma posição de vantagem no cenário global de produção (FLYNN *et al.*, 1997).

Este sistema de produção visa, através do treinamento de todos os envolvidos no processo de manufatura, promover não somente mudanças diretas na produção mas também na mentalidade dos funcionários. A ideia é que qualquer perda ou desperdício existente nos processos produtivos sejam abordados de forma sistemática, buscando de maneira contínua a melhoria da manufatura.

Em outras palavras, o nível de competitividade global objetivado pela implantação da Manufatura de Classe Global só será alcançado através da adesão aos seguintes princípios: “zero estoque”, “zero rejeitos”, “zero falhas”, “zero defeitos”, melhoria dos processos aplicados, da segurança, da redução de custos e aumento da produtividade (PAŁUCHA, 2012).

A Manufatura de Classe Global é dividida em pilares, cada qual englobando um aspecto relevante da produção. Estes pilares influenciaram diretamente os pilares do sistema de manufatura da WEG (o WMS), de tal forma que torna-se relevante listá-los aqui. De acordo com (D’ORAZIO; MESSINA; SCHIRALDI, 2020), estes são os pilares do WCM (usualmente, são citados dez pilares, mas o autor adiciona ainda o a organização do local de trabalho):

- **Pilar de segurança** (*safety*)
- **Pilar de desdobramento de custos** (*cost deployment*)
- **Pilar de melhoria focada** (*focused improvement*)
- **Pilar de atividades autônomas** (*autonomous maintenance*)
- **Pilar de organização do local de trabalho** (*workplace organization*)
- **Pilar de manutenção profissional** (*professional maintenance*)
- **Pilar de controle de qualidade** (*quality control*)
- **Pilar de logística** (*logistics*)
- **Pilar de gestão antecipada** (*early equipment management*)
- **Pilar de desenvolvimento de pessoas** (*people development*)
- **Pilar de energia e meio ambiente** (*energy and environment*)

Cada um dos pilares está associado com uma metodologia de implantação composta por sete passos. Se seguidas da maneira adequada, essas metodologias de implantação proporcionarão a aproximação da excelência nos diferentes aspectos da manufatura – representados no WCM pelos 10 pilares. Esta é a dita abordagem sistêmica, que, a médio/longo prazo, promoverá a criação de áreas modelos nas fábricas.

Um dos pilares que foram listados – o de organização do centro de trabalho – foi de grande importância para a identificação dos principais problemas da gestão do estoque do almoxarifado do prédio da usinagem de fundidos II. Desta forma, este pilar será descrito mais em detalhes na seção a seguir, correlacionando a adesão aos princípios associados ao pilar com os problemas encontrados na gestão do almoxarifado.

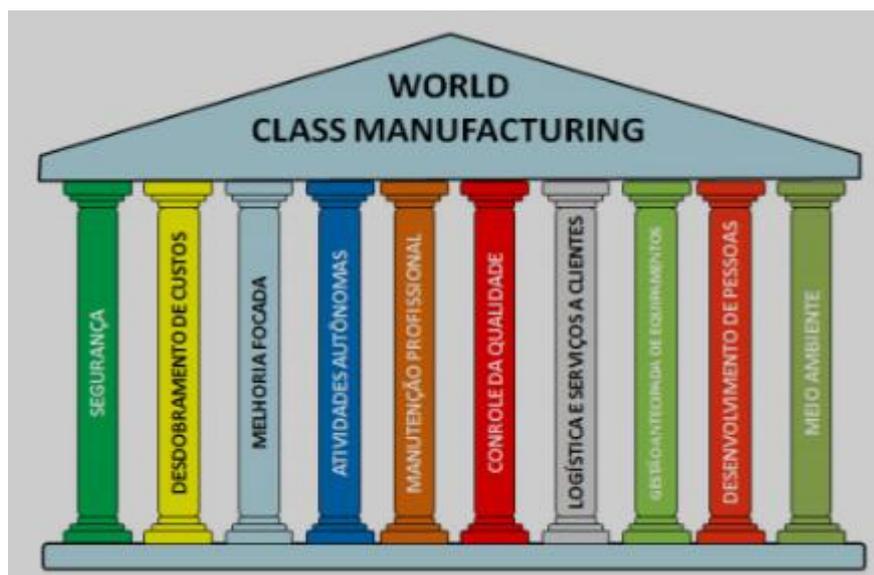


Figura 6 – Pilares do WCM

3.3 ORGANIZAÇÃO DO CENTRO DE TRABALHO, IMPLEMENTAÇÃO DO 5S E ELIMINAÇÃO DE NVA'S NO ALMOXARIFADO

O processo de implementação de *WO* (*workplace organization*), deve seguir a aplicação de alguns princípios, objetivando a otimização do processo de manufatura. Os principais princípios são os 5S, a identificação e eliminação de atividades que não agregam valor ao produto final (*non-value added activities - NVA*), o balanceamento da carga de trabalho e a padronização do processo (D'ORAZIO; MESSINA; SCHIRALDI, 2020).

O movimento dos 5S surgiu no Japão no fim da década de 1960, como uma filosofia de disciplina e educação ensinada pelos pais aos filhos. Esta filosofia baseia-se em cinco sentidos: *seiri* (senso de utilização), *seiton* (senso de organização), *seiso* (senso de limpeza), *seiketsu* (senso de saúde) e *shitzuke* (senso de autodisciplina) (VANTI, 1999).

Esta filosofia educacional pode ser facilmente extrapolada para o ambiente de produção, promovendo a adequação dos funcionários de uma fábrica ao paradigma de manufatura *lean*. A aplicação dos 5S é fundamental para o processo de organização do centro de trabalho.

Outro princípio fundamental a ser seguido é o de identificação e eliminação de atividades que não agreguem valor ao produto final. Pensando no contexto do trabalho, que foi desenvolvido no prédio da usinagem de fundidos II da WEG, as atividades que agregam valor ao produto final (motor) são exclusivamente as de usinagem das carcaças. As atividades desempenhadas no almoxarifado são todas *NVA*, de forma que deve-se buscar eliminá-las, ou reduzi-las, na medida do possível.

Algumas destas atividades, naturalmente, não podem ser eliminadas completamente, pois são necessárias no processo de manufatura. Outras, no entanto, podem ser removidas através do rearranjo do local de trabalho, ou da automação/digitalização de algumas atividades.

Através da aplicação do *WO* no local de trabalho do almoxarife, foi possível identificar uma *NVA* que poderia ser eliminada, mediante à implementação do trabalho tema desta monografia: esta *NVA* corresponde ao processo de transcrição de apontamentos de saída de estoque da pasta física (preenchida no carrinho ao longo da ronda - ver Subseção 2.4.1) para o ERP da WEG, o SAP (no computador de mesa localizado dentro do almoxarifado). Essa tarefa tomava um tempo considerável do almoxarife durante o dia, de forma que a sua eliminação promoveria um considerável ganho

A solução final adotada para a resolução deste problema foi o desenvolvimento próprio de uma aplicação *web* integrada com o SAP, com a aquisição de um tablet para ser acoplado ao carrinho das rondas. Esse sistema, ao mesmo tempo, estaria em execução no computador de mesa do almoxarifado, permitindo que entradas e saídas de estoque fossem apontadas em qualquer um dos dois dispositivos. Dessa maneira, haveria, além da eliminação da transcrição de apontamentos de saída de estoque, a incorporação do controle total do estoque ao almoxarifado do prédio da usinagem de fundidos II.

Inicialmente, no entanto, foram buscadas outras alternativas para a resolução do problema e eliminação da *NVA*. A principal delas foi uma solução já existente no mercado, que será descrita a seguir.

3.4 SOLUÇÃO EXISTENTE NO MERCADO – GABINETE MÓVEL DA SANDVIK

Entre março e setembro de 2022, foram conduzidos testes na usinagem de fundidos I utilizando um dispositivo de armazenamento físico de ferramentas fornecido temporariamente pela Sandvik Coromant, empresa fornecedora de ferramentas (ver Figura 7). O objetivo desses testes foi avaliar as principais vantagens do sistema.

O equipamento em questão foi o Robocrib VX500, capaz de armazenar até 422 posições e operado pelo software de gerenciamento ToolSupply, fornecido pela Sandvik Coromant. Este software apresenta interfaces que permitem a entrada e saída de materiais, com alocações de níveis de acesso e controle por centro de custo, centro de trabalho, material, quantidade e operador. Por questões de segurança e integridade, durante os testes, o equipamento foi colocado na sala de *presset* de ferramentas.

Considerando as tarefas atuais dos colaboradores do almoxarifado na usinagem de fundidos I, a introdução de um armário gerenciador não resulta em uma redução da carga de trabalho. Isso se deve ao fato de que, embora haja um aumento no controle, esse dispositivo não contribui para a diminuição do tempo dedicado às atividades.

Portanto, a solução com um dispositivo físico para entrega e gerenciamento



Figura 7 – Robo Crib VX500 da Sandvik

de ferramentas é recomendada para locais nos quais os operadores solicitam suas próprias ferramentas e realizam o *presset* de maneira autônoma.

O custo de investimento para a aquisição do armário gerenciador é de R\$198.904,57. No entanto, para a utilização exclusiva do software testado (ToolSupply), é necessário um investimento adicional de R\$10.800,48 para a aquisição da licença, além de mensalidades de R\$2.000,00 como custo de suporte técnico. Portanto, considerando apenas a utilização do software, o custo anual previsto é de R\$34.800,48 por departamento.

Levando em conta o não benefício em redução do tempo de atividades dos almoxarifes, e do alto custo para aquisição do equipamento e do software (incluindo valor inicial e anuidade), foi decidido não adotar a solução proposta pelo sistema da Sandvik. É importante ressaltar que as conclusões tomadas para o prédio da usinagem de fundidos I são transferíveis para o prédio da usinagem de fundidos II.

A alternativa foi propor um sistema próprio para gerenciamento de estoque na fábrica. Este sistema, tema do trabalho aqui desenvolvido, será detalhado na seção a seguir.

3.5 SOLUÇÃO CONCEBIDA – DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA WEB PRÓPRIO PARA GERENCIAMENTO DO ESTOQUE DE FERRAMENTAS DE CORTE

Como foi citado na seção anterior, não é financeiramente vantajosa para a WEG a utilização de um sistema de armazenamento móvel para auxílio da gestão de estoque no almoxarifado. Desta forma, propôs-se o desenvolvimento de um sistema web próprio da empresa, que atendesse diretamente as demandas apresentadas no almoxarifado.

A ideia concebida inicialmente propunha uma aplicação web que pudesse ser executada tanto no computador de mesa localizado no almoxarifado, como em um tablet, que seria acoplado ao carrinho de distribuição de ferramentas. Essa aplicação deveria ser, em algum momento integrada com o ERP utilizado pela WEG (o SAP) para que o processo de apontamento do consumo de ferramentas por centro de trabalho (via transação ZTMM055) pudesse ser registrado de forma automática (eliminando o problema apresentado na Subseção 2.4.1).

Com o tablet acoplado ao carrinho, conforme exibido na Figura 8, seria possível que os almoxarifes fizessem os apontamentos de consumo de materiais diretamente no sistema, eliminando a necessidade de preenchimento de uma planilha física. Dentro do almoxarifado, o mesmo procedimento poderia ser feito no computador de mesa, além do processo de registrar entrada de novos materiais no almoxarifado.



Figura 8 – Unidade armazenadora móvel (carrinho) com tablet acoplado

Desta forma, a aplicação web proposta habilitaria a centralização dos aponta-

mentos, registrando todas as entradas de materiais no estoque, e saídas de materiais do estoque. Estas funcionalidades são muito vantajosas, pois a partir delas permite-se a atualização constante do estoque disponível, para visualização em tempo real por parte dos usuários.

Além disto, permite-se também o registro de diversas informações adicionais associadas aos apontamentos, como instante do apontamento e responsável pelo apontamento. O registro de todas essas informações, possivelmente em uma base de dados dedicada para esta aplicação, habilitaria geração de relatórios e indicadores de desempenho dos almoxarifados, e também dos centros de trabalho (no que diz respeito à frequência de troca de ferramentas, por exemplo), tornando o sistema a ser desenvolvido uma poderosa ferramenta do ponto de vista gerencial.

Inicialmente pensou-se em uma organização de níveis de acesso por usuários da forma detalhada na Figura 9. Posteriormente, a ideia inicial foi refinada, com a proposição de usuários do tipo administrador, almoxarifado e distribuidor - isso será detalhado mais cuidadosamente posteriormente neste documento.

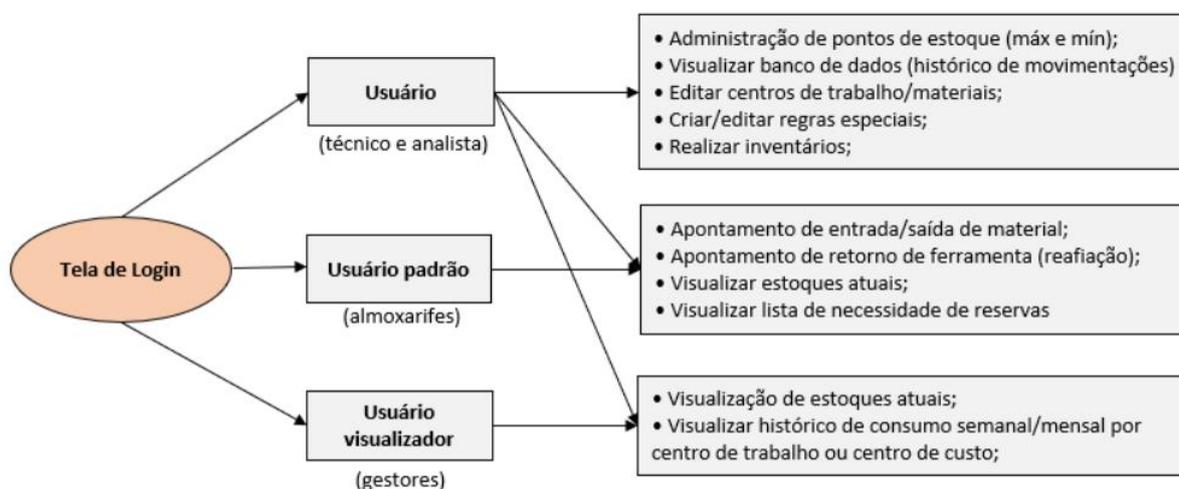


Figura 9 – Funcionalidades por tipo de usuário do sistema - ideia inicial.

Como foi mencionado anteriormente, há uma série de vantagens associadas à implementação de um sistema digital para o gerenciamento de ferramentas de corte no almoxarifado. Algumas dessas vantagens estão exibidas na Figura 10.

De forma geral, esta era ideia pensada para a aplicação a ser desenvolvida. No próximo capítulo, o escopo do sistema será detalhado formalmente, com a listagem dos requisitos – além da modelagem de software, banco de dados, e metodologia de desenvolvimento utilizada.



Figura 10 – Vantagens da aplicação de um sistema digital para o gerenciamento de ferramentas de corte.

4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO – REQUISITOS DO SISTEMA, E METODOLOGIAS UTILIZADAS

Este capítulo é dedicado ao detalhamento da metodologia escolhida para o gerenciamento do projeto, do processo e análise feita para essa escolha, da modelagem do software, e da modelagem e implementação do banco de dados.

4.1 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE UTILIZADA

Para justificar a escolha da metodologia de desenvolvimento de software utilizada ao longo da elaboração deste trabalho, foi feito um estudo e comparação para analisar o método que melhor se adequasse a este projeto. Antes de detalhar a metodologia escolhida, é relevante dissertar-se sobre dois métodos largamente difundidos na literatura – o método cascata e o processo unificado – além de explicar o surgimento mais recente do movimento das metodologias ágeis, através principalmente da publicação do manifesto ágil.

4.1.1 Método cascata

O método cascata de gerenciamento de projetos consiste em um fluxo composto por cinco etapas: requerimento, projeto, implementação, verificação e manutenção. De acordo com (HERIYANTI; ISHAK, 2020), as cinco etapas são definidas da seguinte maneira:

- **Fase de análise de requisitos, ou requerimento:** frequentemente conhecida como especificação de requisitos de software, é uma descrição completa e abrangente do comportamento do software a ser desenvolvido. Isso inclui propriedades como confiabilidade, escalabilidade, capacidade de teste, disponibilidade, manutenção, desempenho e padrões de qualidade.
- **Fase de design, ou projeto:** este é um processo de planejamento e resolução de problemas para soluções de software. Inclui design de algoritmo, design de arquitetura de software, esquemas conceituais de banco de dados, designs de diagramas lógicos, e designs conceituais.
- **Fase de implementação:** nesta fase, o código original é escrito e compilado para criar uma aplicação operacional na qual o banco de dados e o arquivo de texto são criados.
- **Fase de testes, ou de verificação:** também conhecida como verificação e validação, é um processo de verificação se uma solução de software atende aos requisitos e especificações originais e se ela atinge o propósito pretendido.

- **Fase de manutenção:** esta é a última fase no modelo cascata. A manutenção inclui a correção de erros não encontrados nas etapas anteriores.

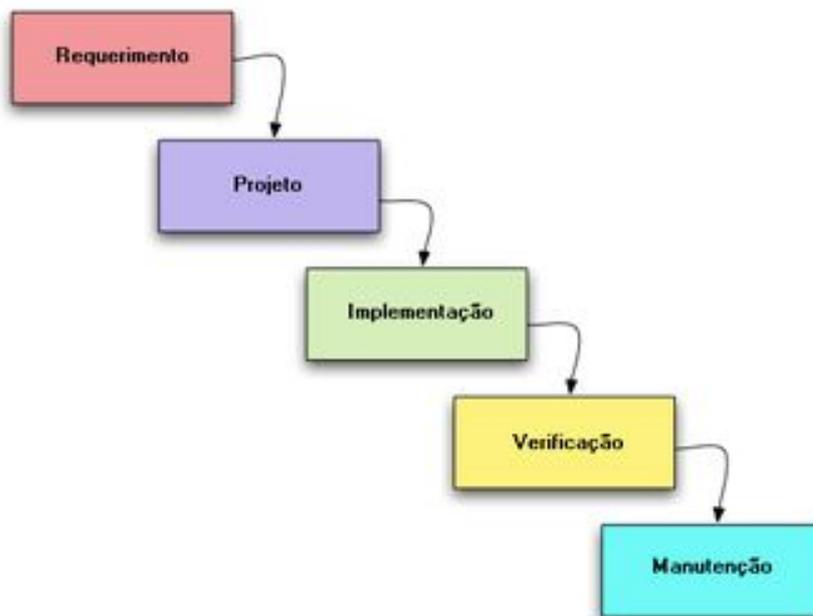


Figura 11 – Etapas do método cascata.

Um dos conceitos principais associado a esta metodologia, é que essas etapas são sequenciais, não podendo ser revisitadas (assim como pode ser observado na Figura 11). Isso exige um grande nível de detalhamento, planejamento, e geração de documentação nas etapas iniciais, para que o resultado final seja satisfatório. Em outras palavras, pode-se dizer que este modelo não possui procedimento definido para alterações na definição do escopo inicial, algo que corriqueiramente acontece em muitos projetos.

Para tornar o processo de desenvolvimento do sistema de gerenciamento de ferramentas de corte mais flexível a este tipo de situação (algo que de fato ocorreu ao longo da elaboração do trabalho), a escolha do método cascata foi descartada.

4.1.2 Processo unificado – UP

O Processo Unificado (do inglês *Unified Process*) é uma metodologia de desenvolvimento que prevê, diferentemente da metodologia cascata, que etapas sejam revisitadas. De forma simplificada, podemos definir as etapas do processo unificado da seguinte maneira (WAZLAWICK, 2016):

- **Concepção:** fase do processo na qual busca compreender-se a extensão do sistema, e lista-se os requisitos.

- **Elaboração:** nesta etapa, realiza-se uma análise mais aprofundada dos requisitos, através da expansão dos casos de uso. Isso significa detalhar uma sequência de passos que descrevem cada um dos cenários possíveis.
- **Construção:** nesta etapa a maior parte das tarefas de codificação e teste é executada. A expectativa é que a fase de Elaboração resulte em uma arquitetura suficientemente sólida, reduzindo ao mínimo a necessidade de refatoração durante a construção.
- **Transição:** esta etapa geralmente engloba os testes finais e a entrega do sistema aos usuários, podendo incluir a instalação e migração de dados. Nesse período, ocorre a implementação do sistema.

O fluxo dessas etapas pode ser observado na Figura 12. Pode-se ver que existe um ciclo entre as etapas de elaboração e construção, permitindo o refinamento do projeto. No entanto, o Processo Unificado ainda tem suas desvantagens: exige, assim como o método cascata, excessiva geração de documentação (diagramas e modelos), e não responde bem a mudanças no escopo inicial do projeto. Desta forma, decidiu-se por descartar também esta metodologia de desenvolvimento.



Figura 12 – Etapas do processo unificado.

4.1.3 Manifesto ágil e a escolha da metodologia de desenvolvimento utilizada - o Scrum

Para contextualizar a escolha da metodologia de desenvolvimento escolhida (o Scrum), é importante apresentar um movimento que revolucionou a gestão de projetos na área de software no início do século. Este movimento está definido formalmente na publicação do manifesto ágil, que será detalhado a seguir.

O Manifesto Ágil é um documento que representa os valores e princípios fundamentais para o desenvolvimento de software ágil. Foi elaborado em 2001 por um

grupo de renomados desenvolvedores de software durante uma reunião em Snowbird, Utah, nos Estados Unidos. O manifesto surgiu como uma resposta à necessidade de encontrar abordagens mais eficientes e flexíveis para lidar com os desafios frequentes no desenvolvimento de software.

Os quatro valores fundamentais do Manifesto Ágil são (FOWLER; HIGHSMITH *et al.*, 2001):

- **Indivíduos e interações mais que processos e ferramentas:** Prioriza o valor das pessoas e da comunicação direta sobre a dependência excessiva de processos formais ou ferramentas tecnológicas.
- **Software em funcionamento mais que documentação abrangente:** Destaca a importância de entregar um produto de software funcional como medida principal de progresso, em contraste com uma ênfase excessiva na documentação extensiva.
- **Colaboração com o cliente mais que negociação de contratos:** Enfatiza a importância de uma parceria colaborativa e constante com o cliente ao invés de depender de contratos rígidos e detalhados.
- **Responder a mudanças mais que seguir um plano:** Reconhece a natureza volátil do desenvolvimento de software e a necessidade de se adaptar às mudanças de requisitos, prioridades e circunstâncias.

Além desses valores, o Manifesto Ágil inclui 12 princípios que oferecem diretrizes específicas para orientar as práticas ágeis. Alguns desses princípios incluem a entrega contínua de software funcional, a adaptação às mudanças de requisitos, a colaboração constante entre clientes e desenvolvedores, e a promoção de ambientes que motivem e capacitem as equipes.

O Manifesto Ágil tem sido amplamente adotado e influenciou profundamente a maneira como as equipes desenvolvem software e abordam projetos complexos. Sua abordagem flexível e centrada em valores tem sido estendida para além do desenvolvimento de software, encontrando aplicação em diversos contextos onde a agilidade e a capacidade de resposta são cruciais para o sucesso.

O Scrum e o Manifesto Ágil estão intimamente interligados, representando abordagens complementares para o desenvolvimento de software. O Scrum, como um framework ágil, opera dentro dos princípios e valores delineados no Manifesto Ágil. Ambos compartilham a ênfase na flexibilidade, colaboração, entrega contínua de software funcional e a adaptação constante a mudanças nos requisitos. Portanto, o Scrum pode ser considerado uma implementação específica dos princípios ágeis delineados no Manifesto Ágil, proporcionando uma estrutura prática e organizacional para equipes que buscam adotar uma abordagem ágil no desenvolvimento de software.

4.1.3.1 Scrum

Nesta subseção, é detalhado o framework de gerenciamento de projetos utilizado para este trabalho: o Scrum. Além disso, é justificada a escolha deste framework. Primeiro, no entanto, é importante definir o que é o Scrum.

Scrum é um framework ágil amplamente utilizado no desenvolvimento de software, projetos e em diversas áreas que buscam gerenciar projetos de forma iterativa e incremental. Criado para promover flexibilidade, colaboração e eficiência, o Scrum fornece uma abordagem estruturada para equipes lidarem com tarefas complexas.

No Scrum, os projetos são divididos em ciclos chamados *sprints*, que geralmente têm uma duração fixa de duas a quatro semanas. Cada *sprint* começa com uma reunião de planejamento, onde a equipe define as metas específicas para o período e seleciona as tarefas que serão abordadas. Durante o *sprint*, a equipe realiza reuniões diárias rápidas chamadas de *Daily Scrum*, para garantir a comunicação contínua e a resolução de problemas em tempo real (SCHWABER; SUTHERLAND, 2011). Este ciclo pode ser observado na Figura 13.

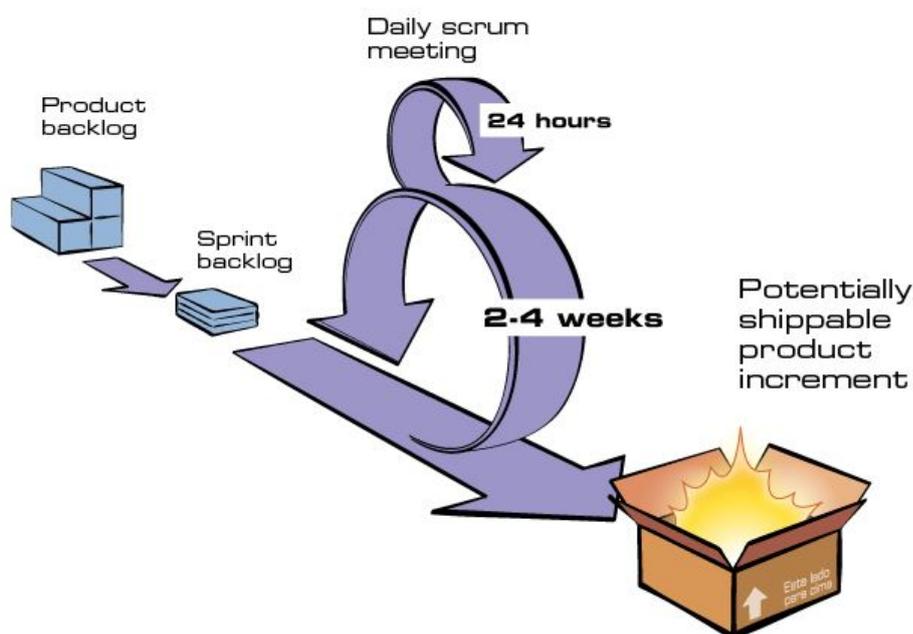


Figura 13 – Fluxo organizacional do Scrum.

Um dos conceitos-chave do Scrum é o papel distinto de cada membro da equipe. Há o *Scrum Master*, que atua como um facilitador e remove obstáculos para a equipe; o *Product Owner*, responsável por definir as prioridades e o escopo do projeto; e a equipe de desenvolvimento, composta pelos profissionais responsáveis pela implementação das tarefas.

O Scrum enfatiza a transparência e a inspeção constante, facilitando a adaptação rápida às mudanças nas necessidades do projeto. Ao final de cada *sprint*, a equipe

realiza uma revisão para avaliar o trabalho concluído e discutir melhorias para os próximos *sprints*. Essa abordagem iterativa permite que o produto evolua continuamente de acordo com as necessidades do cliente e as demandas do mercado.

Além disso, o Scrum promove a auto-organização da equipe, encorajando a colaboração e a responsabilidade coletiva. Sua estrutura leve e flexível tornou-o uma escolha popular para organizações que buscam métodos ágeis de desenvolvimento e gerenciamento de projetos.

Este framework de desenvolvimento já era previamente utilizado para todos os projetos realizados pela equipe de software da seção de projetos industriais da WEG. Desta forma, foi natural a escolha do Scrum para guiar o gerenciamento do projeto, do ponto de vista de estabelecer uma figura como *PO*, outra como *Scrum Master* e outra como desenvolvedor. O autor deste projeto acabou atuando mais como desenvolvedor, embora por momentos tenha tomado as funções de *PO* também.

A definição de um *backlog* de atividades, e de ciclos de desenvolvimento (*sprints*) também ocorreu durante a elaboração do projeto, e foi essencial para a organização e cumprimento de prazos para as entregas.

Um dos principais motivos para a escolha do Scrum como framework de gerenciamento de projetos para a equipe foi a ideia de iteratividade ao longo do desenvolvimento, permitindo alterações em relação aos escopos iniciais dos trabalhos. Além disso, a flexibilidade quanto à elaboração de diagramas na modelagem do software também foi de suma importância. Desta forma, o autor pôde focar apenas na elaboração dos diagramas que julgou mais importantes para o processo de modelagem do sistema, acelerando o processo de concepção e design do projeto. Este processo de modelagem está detalhado a seguir.

4.2 MODELAGEM DO SOFTWARE

Esta seção apresenta toda a modelagem de software para o sistema de gerenciamento de ferramentas de corte. A escolha a respeito de como modelar o software – ou seja, quais diagramas elaborar – baseou-se na ideia de desenvolvimento ágil proposta na subseção 4.1.3. Desta forma, foram selecionados apenas alguns diagramas definidos pela *UML (Unified Modelling Language)* para esta etapa: diagrama de casos de uso de negócio (para melhor definir e ilustrar a regra de negócio dentro do almoxarifado), diagrama de casos de uso de sistema (a partir do qual foi feita a expansão dos casos de uso) e diagrama de classes (ou modelo conceitual).

4.2.1 Diagramas de casos de uso de negócio e de sistema

Inicialmente, é importante apresentar o diagrama de casos de uso negócio, que estabelece a regra de negócio vigente no almoxarifado, e também define qual é o

escopo de automação no qual o sistema a ser implementado irá atuar. Conforme pode ser observado na Figura 14, entram no escopo de automação do sistema apenas o apontamento de movimentações de estoque. Os atores identificados são o almoxarife (responsável pela gestão do almoxarifado), e o operador (que representa o funcionário trabalhando nos centro de trabalho distribuídos no chão de fábrica).

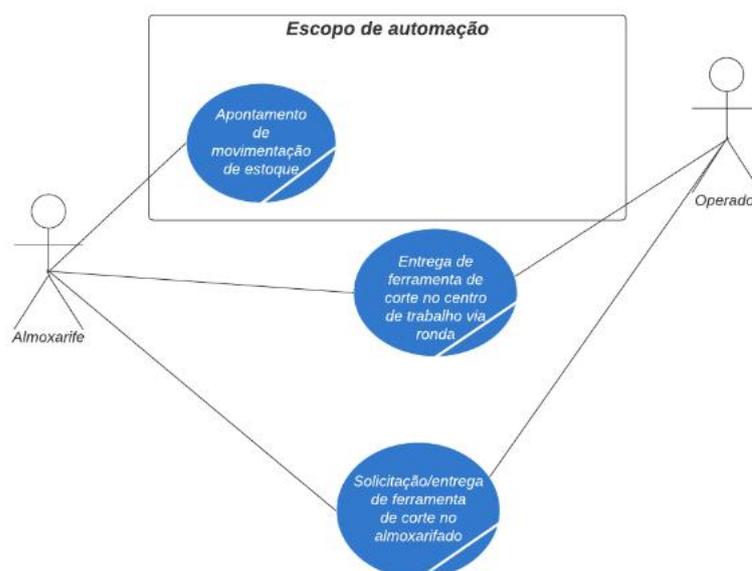


Figura 14 – Diagrama de casos de uso de negócio.

O conceito de caso de uso de sistema, dentro da metodologia *UP* (Subseção 4.1.2), corresponde a requisito do sistema. Desta forma, através da elaboração do diagrama de casos de uso de sistema, tem-se a listagem de todos os requisitos do software, e a forma como eles interagem com os atores do sistema, aqui representados pelos tipos de usuário: administrador, almoxarifado, e distribuidor (ver Figura 15).

4.2.2 Requisitos de software e expansão dos casos de uso

Para fins de registro, pode-se listar, a partir do que foi definido no diagrama de casos de uso de sistema (Figura 15), os seguintes requisitos de software (casos de uso):

- Entrada de estoque.
- Saída de estoque.
- Edição de estoque.
- Login.
- Consulta ao inventário.

Diagrama de caso de uso

Renan Amorim | October 20, 2023

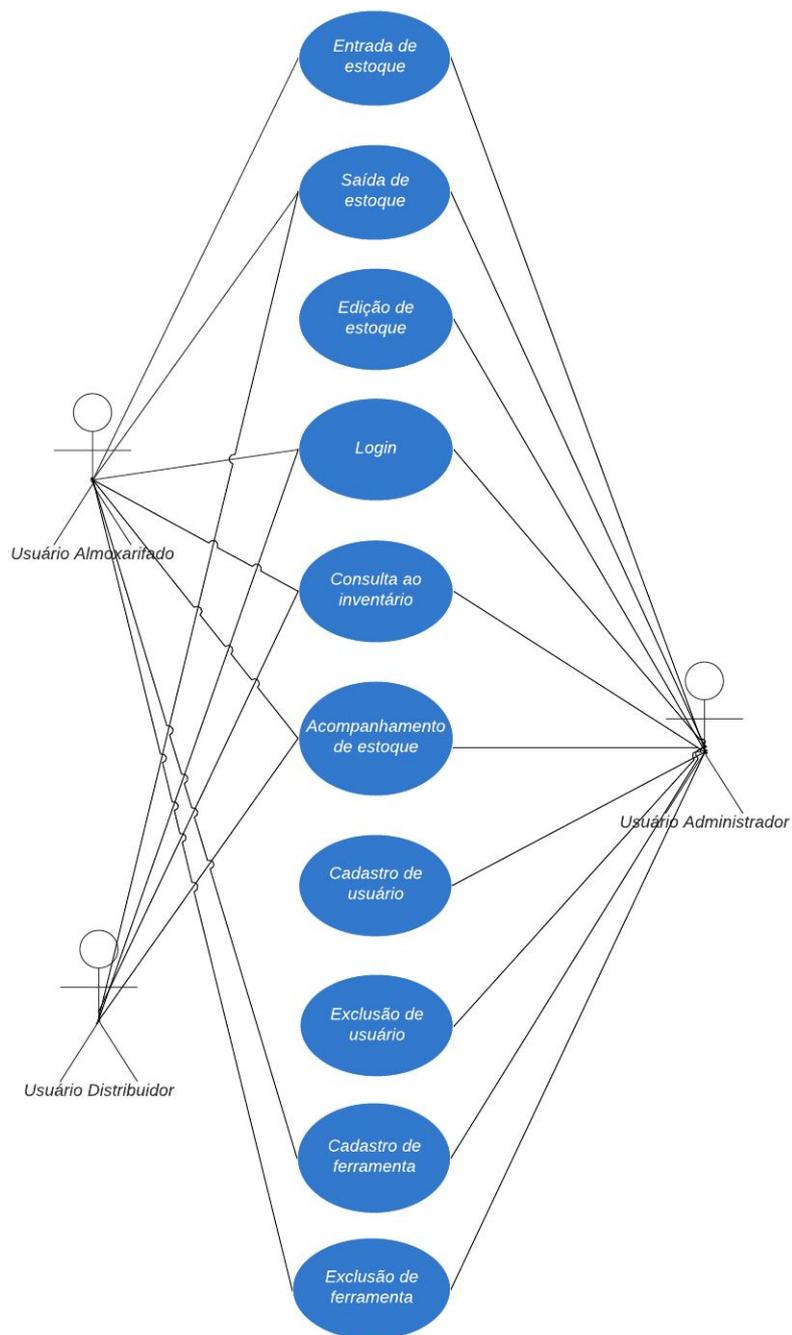


Figura 15 – Diagrama de casos de uso de sistema.

- Acompanhamento de estoque.
- Cadastro de usuário.
- Exclusão de usuário.
- Cadastro de ferramenta.
- Exclusão de ferramenta.

Optou-se por realizar a expansão dos casos de uso mais relevantes para o sistema, antes de iniciar-se o desenvolvimento do código. Os casos de uso expandidos forma o de entrada e saída de estoque (ambos dentro de movimentação de estoque), consulta ao inventário, e edição de estoque. A expansão destes três casos de uso pode ser vista nas figuras 16, 17 e 18.

A expansão dos casos de uso define o fluxo de interação do usuário com o sistema, apresentando todas as possíveis variantes e exceções dessa interação.

4.2.3 Diagrama de classes

Um diagrama de classes é uma representação visual que mostra as classes de um sistema, suas propriedades (atributos) e comportamentos (métodos), bem como as relações entre essas classes. É uma ferramenta importante na modelagem de sistemas orientados a objetos, oferecendo uma visão estruturada da organização do código.

Como o modelo conceitual aqui desenvolvido tinha o propósito apenas de estruturar os conceitos principais do sistema, omitiu-se o detalhamento de atributos e a definição dos métodos, apresentando simplesmente as classes do sistema, conforme pode ser observado na Figura 19.

Muitos dos conceitos modelados no diagrama apresentado nesta subseção correspondem às entidades que serão definidas a seguir no diagrama entidade-relacionamento (Seção 4.3). Portanto, os conceitos não serão aqui detalhados, pois as entidades do modelo do banco de dados serão cuidadosamente detalhadas em sua respectiva seção.

4.3 MODELAGEM DO BANCO DE DADOS

O processo de modelagem do banco de dados consistiu na elaboração de um diagrama entidade relacionamento, para especificar

4.3.1 Diagrama entidade-relacionamento

A explicação do diagrama entidade-relacionamento (Figura 20) foi segmentada de acordo com as entidades criadas:

- Caso de uso 1: *Registrar movimentação no estoque*
 1. [IN] Usuário informa tipo da movimentação de estoque que deseja realizar: entrada (Variante 1a) ou saída (Variante 1b).

Variante 1a: Usuário deseja realizar uma entrada no estoque.

 - 1a.1 Usuário deseja realizar uma entrada no estoque.
 - 1a.2 [IN] Usuário decide se quer prosseguir (ir ao passo 1a.3.) ou alterar o tipo de movimentação (retornar ao passo 1).
 - 1a.3 [OUT] Sistema gera e apresenta um resumo sobre a entrada (com tipo de movimentação, código do material, se o material é reafiado ou não, quantidade do material, data, hora e turno da movimentação e nome e e-mail do usuário responsável).
 - 1a.4 [IN] Usuário decide se quer finalizar a entrada (prosseguir ao passo 1a.5.) ou retornar ao gerenciamento das informações da entrada (passo 1a.1.).
 - 1a.5 [OUT] Sistema questiona se o usuário deseja confirmar a finalização da entrada ou não.
 - 1a.6 [IN] Usuário confirma a finalização da entrada, ou cancela (retorna ao passo 1a.4.).

Variante 1b: Usuário deseja realizar uma saída do estoque.

 - 1b.1 [IN] Usuário informa código do material, quantidade do material, centro de trabalho/seção, código do motivo da troca e se necessário uma nota de manutenção.
 - 1b.2 [IN] Usuário decide se quer prosseguir (ir ao passo 1b.3.) ou alterar o tipo de movimentação (retornar ao passo 1).
 - 1b.3 [OUT] Sistema gera e apresenta um resumo sobre a saída (com tipo de movimentação, código do material, quantidade do material, centro de trabalho/seção, código do motivo da troca, nota de manutenção, data, hora e turno da movimentação e nome e e-mail do usuário responsável).
 - 1b.4 [IN] Usuário decide se quer finalizar a saída (prosseguir ao passo 1b.5.) ou retornar ao gerenciamento das informações da saída (passo 1b.1.).
 - 1b.5 [OUT] Sistema questiona se o usuário deseja confirmar a finalização da saída ou não.
 - 1b.6 [IN] Usuário confirma a finalização da saída, ou cancela (retorna ao passo 1b.4.).

Figura 16 – Expansão do caso de uso de movimentação (entrada e saída) de estoque.

- **ferramentas_de_corte (cutting_tools)**: esta é uma das entidades principais do modelo, estando associada a sete outras entidades. Ela estabelece a criação do conceito “Ferramenta de Corte” no banco de dados, essencial para a gestão do

- Caso de uso 2: *Consultar inventario*
 1. [IN] Usuário informa o código do item que deseja consultar.
 2. [OUT] Sistema apresenta a quantidade em estoque do item informado.

Figura 17 – Expansão do caso de uso de consulta ao inventário.

- Caso de uso 3: *Editar quantidade no estoque*
 1. [IN] Usuário informa o código do item cuja quantidade em estoque deseja editar.
 2. [OUT] Sistema apresenta a quantidade em estoque do item informado.
 3. [IN] Usuário insere a nova quantidade desejada.
 4. [OUT] Sistema questiona se o usuário deseja confirmar a edição.
 5. [IN] Usuário decide se confirma a alteração no estoque ou retorna para a edição (passo 3).

Figura 18 – Expansão do caso de uso de edição de estoque.

estoque, uma vez que definirá o valor disponível em estoque para cada uma das ferramentas. A entidade em questão possui os seguintes atributos:

- **identificador (id)**: código identificador da ferramenta de corte. Consiste no código SAP, seguido de um hífen e do código do departamento. O tipo do dado é uma cadeia de caracteres.
- **tipo (type)**: tipo da ferramenta de corte. Consiste na classificação definida para cada uma das ferramentas (broca, inserto, acessório, fresa, macho de rosca, rebolo, serra ,alargador, outros). O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.
- **descrição (description)**: descrição da ferramenta de corte. Consiste na descrição inserida para definir o modelo específico da ferramenta. O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.
- **local (location)**: localização da ferramenta de corte. Consiste na localização física da ferramenta dentro do almoxarifado (armário/carrinho, e respectiva gaveta). O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.
- **material_reafiado (resharpened_material)**: material (ou ferramenta de corte) reafiado. Consiste na definição se a ferramenta de corte é nova ou reafiada. O tipo de dado é um booleano (verdadeiro ou falso).
- **estoque_local (local_stock)**: estoque local da ferramenta de corte. Consiste no número de ferramenta disponíveis em estoque no departamento

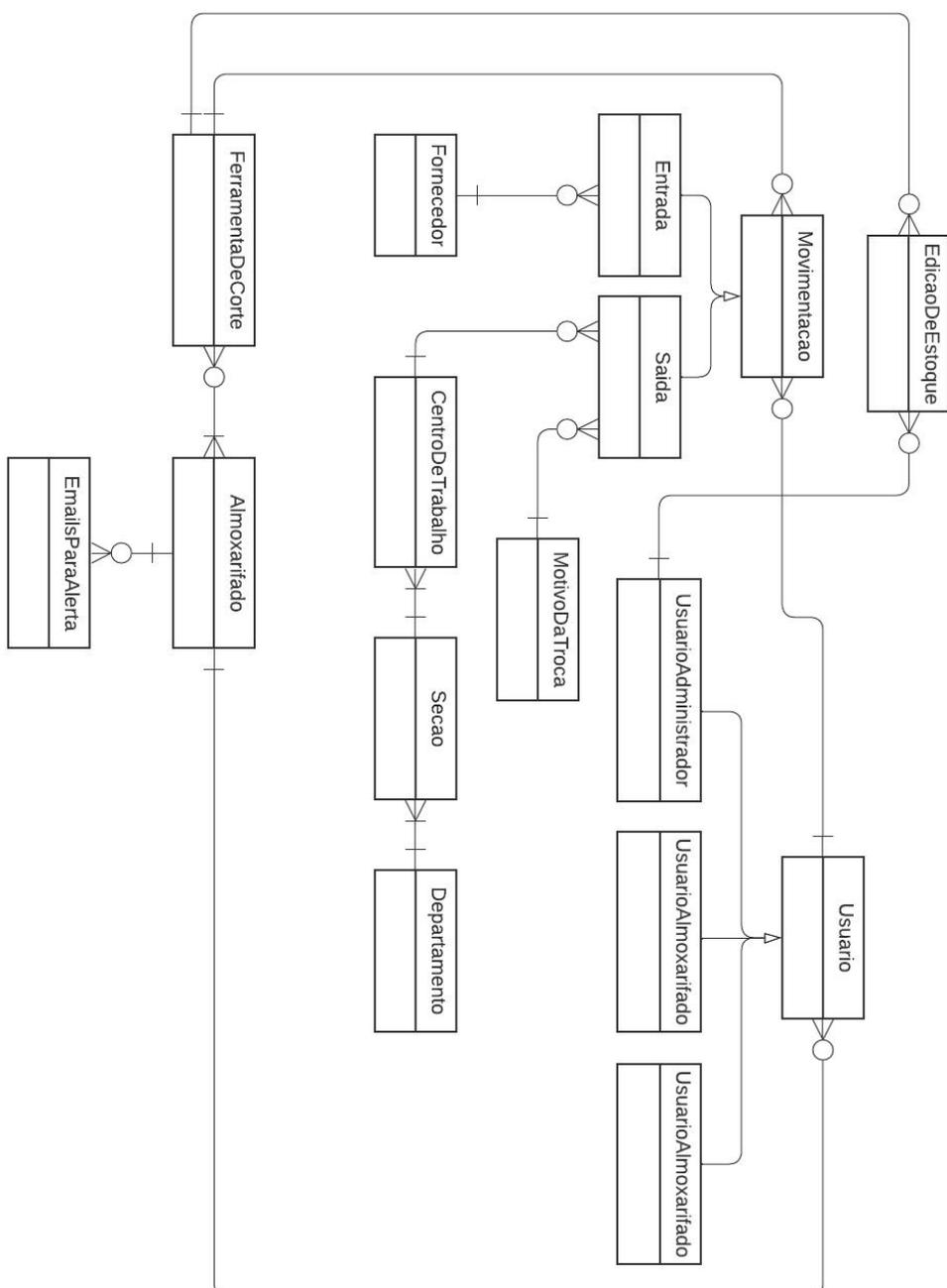


Figura 19 – Diagrama de Atividades da Administração de Arquivos

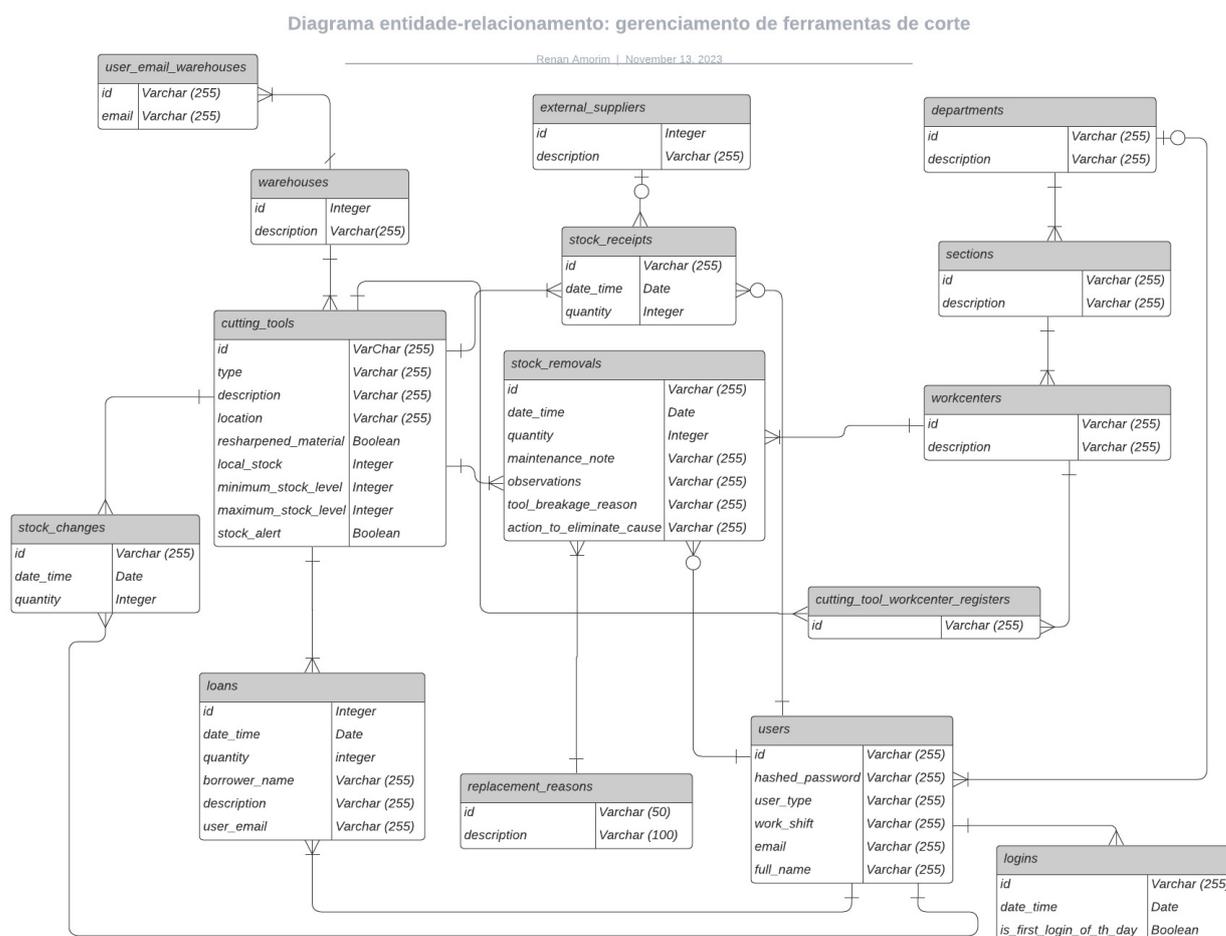


Figura 20 – Diagrama entidade-relacionamento do banco de dados.

do almoxarifado no qual a ferramenta está alocada. O tipo de dado é um número inteiro.

- **estoque_mínimo (minimum_stock_level)**: estoque mínimo da ferramenta de corte. Consiste no limite mínimo definido para o estoque da ferramenta no almoxarifado, para que seja disparado um email de alerta para os responsáveis cadastrados. O tipo de dado é um número inteiro.
- **estoque_máximo (maximum_stock_level)**: estoque máximo da ferramenta de corte. Consiste no limite máximo estabelecido para o estoque da ferramenta de corte no almoxarifado. O tipo de dado é um número inteiro.
- **alerta_de_estoque (stock_alert)**: alerta de estoque abaixo do mínimo. Consiste na definição do alerta de estoque baixo no almoxarifado para a ferramenta de corte cadastrada. O tipo de dado é um booleano (verdadeiro ou falso).
- **ordem_de_exposição (display_order)**: ordem de exposição da ferramenta. Consiste na definição da ordem em que a ferramenta de corte será exibida

na entidade do sistema. O tipo de dado é um número inteiro.

- **almoxarifados (warehouses)**: esta entidade está associada à entidade *ferramentas_de_corte*, e à entidade *email_usuario_almoxarifados*. A entidade *almoxarifados* consiste na definição dos almoxarifados nos quais as ferramentas de corte estão alocadas. A entidade em questão possui os seguintes atributos:
 - **identificador (id)**: código identificador da ferramenta de corte. No momento da entrega deste trabalho, existe a possibilidade de implantação do sistema em três almoxarifados: código 1 (prédio da usinagem de fundidos I), código 2 (prédio da usinagem de fundidos II) e código 3 (prédio da usinagem de eixos) . O tipo do dado é uma cadeia de caracteres.
 - **descrição (description)**: descrição do almoxarifado. Consiste na descrição inserida para definir em qual prédio o almoxarifado está alocado (“usinagem de fundidos I”, “usinagem de fundidos II” ou “usinagem de eixos”). O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.
- **email_usuario_almoxarifados (user_email_warehouses)**: esta entidade está associada à entidade *almoxarifados*. A entidade *email_usuario_almoxarifados* tem como objetivo a definição do cadastro de emails de usuários para almoxarifados. A ideia é que os usuários interessados possam inscrever seus emails nos almoxarifados desejados, de tal forma que recebam email de alerta de estoque baixo das ferramentas cadastradas. A entidade em questão possui os seguintes atributos:
 - **identificador (id)**: código identificador do email cadastrado no almoxarifado. O tipo do dado é uma cadeia de caracteres.
 - **email (email)**: email do usuário cadastrado no almoxarifado. O tipo do dado é uma cadeia de caracteres.
- **edições_de_estoque (stock_changes)**: esta entidade está associada a duas outras entidades: *ferramentas_de_corte* e *usuários*. A entidade *edições_de_estoque* armazena os dados referentes a alterações do estoque de ferramentas de corte realizadas por usuários administradores no sistema. A entidade em questão possui os seguintes atributos:
 - **identificador (id)**: código identificador da edição de estoque. Consiste na concatenação do identificador do usuário responsável pela edição, e pela data-hora em que a edição foi realizada. O tipo do dado é uma cadeia de caracteres.

- **data_tempo (date_time)**: data e hora da edição do estoque . Corresponde ao momento em que a edição de estoque foi feita. O tipo do dado é uma data.
- **quantidade (quantity)**: quantidade. Consiste na quantidade de ferramentas removidas/inseridas através da edição de estoque. O tipo do dado é um número inteiro.
- **empréstimos (loans)**: esta entidade está associada a duas outras entidades: *ferramentas_de_corte* e *usuários*. A entidade *empréstimos* tem como objetivo realizar o registro de eventuais empréstimos de ferramentas no almoxarifado. A entidade em questão possui os seguintes atributos:
 - **identificador (id)**: código identificador do empréstimo. Consiste em um número inteiro único. O tipo do dado é um número inteiro.
 - **data_tempo (date_time)**: data e hora do empréstimo. Consiste no registro do instante em que o empréstimo foi realizado. O tipo do dado é uma data.
 - **quantidade (quantity)**: quantidade emprestada. Consiste na quantidade de ferramentas que foi emprestada. O tipo de dado é um número inteiro.
 - **nome_receptor (borrower_name)**: nome do receptor. Consiste no nome do responsável pelo empréstimo (pessoa que está recebendo a(s) ferramenta(s)). O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.
 - **descrição (description)**: descrição do empréstimo. Consiste na descrição do empréstimo, podendo conter alguma justificativa, ou data estipulada para devolução, por exemplo. O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.
 - **email_do_usuario (user_email)**: email do usuário. Consiste no email do responsável pela realização do empréstimo. O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.
- **entradas_de_estoque (stock_receipts)**: esta entidade está associada às entidades de *fornecedor_externo*, *ferramentas_de_corte* e *usuários*. A entidade *entradas_de_estoque* tem como objetivo registrar as informações relacionadas ao apontamento de entradas de estoque. A entidade em questão possui os seguintes atributos:
 - **identificador (id)**: código identificador da entrada de estoque. Consiste em um código gerado de forma aleatória. O tipo do dado é uma cadeia de caracteres.
 - **data_tempo (date_time)**: data e hora da entrada de estoque. Consiste no registro do instante em que a entrada de estoque foi realizada. O tipo do dado é uma data.

- **quantidade (quantity)**: quantidade. Consiste na quantidade de ferramentas inseridas através da entrada de estoque. O tipo do dado é um número inteiro.
- **fornecedores_externos (external_suppliers)**: esta entidade está associada exclusivamente à entidade *entrada_de_estoque*. A entidade *fornecedores_externos* tem como propósito o registro dos fornecedores externos, que eventualmente podem estar associados a movimentações do tipo entrada de estoque. A entidade em questão possui os seguintes atributos:
 - **identificador (id)**: código identificador do fornecedor externo. Consiste em um número inteiro único. O tipo do dado é um número inteiro.
 - **descrição (description)**: descrição do fornecedor externo. Consiste na descrição do fornecedor, geralmente com o nome da empresa. O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.
- **saídas_de_estoque (stock_removals)**: esta entidade está associada às seguintes entidades: *ferramentas_de_corte*, *motivos_de_troca*, *usuários* e *centros_de_trabalho*. A entidade *saídas_de_estoque* tem como objetivo registrar as informações referentes aos apontamentos de saída de estoque. A entidade em questão possui os seguintes atributos:
 - **identificador (id)**: código identificador da saída de estoque. Consiste em um código gerado de forma aleatória. O tipo do dado é uma cadeia de caracteres.
 - **data_tempo (date_time)**: data e hora da saída de estoque. Consiste no registro do instante em que a saída de estoque foi realizada. O tipo do dado é uma data.
 - **quantidade (quantity)**: quantidade. Consiste na quantidade de ferramentas removidas através da saída de estoque. O tipo do dado é um número inteiro.
 - **nota_de_manutenção (maintenance_note)**: nota de manutenção. Consiste no campo disponível para preenchimento de uma nota de manutenção, habilitado sempre que o motivo de troca de ferramenta é “erro de manutenção”. O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.
 - **observações (observations)**: observações. Consiste no campo disponível para preenchimento de observações, habilitado sempre que o motivo da troca de uma ferramenta for um “teste”. O tipo do dado é uma cadeia de caracteres.
 - **motivo_de_quebra_da_ferramenta (tool_breakage_reason)**: motivo da quebra da ferramenta. Consiste no campo disponível para preenchimento

do motivo de quebra de ferramenta, habilitado sempre que o motivo de troca da ferramenta é “quebra”. O tipo do dado é uma cadeia de caracteres.

- ***ação_para_eliminar_causa (action_to_eliminate_cause)***: ação para eliminar a causa. Consiste no campo disponível para preenchimento de uma ação para eliminar a causa de quebra da ferramenta, habilitado sempre que o motivo de troca da ferramenta é “quebra”. O tipo do dado é uma cadeia de caracteres.
- ***motivos_de_troca (replacement_reasons)***: esta entidade está associada exclusivamente à entidade *saídas_de_estoque*. A entidade *motivos_de_troca* tem como propósito o registro dos possíveis motivos de troca de ferramentas, são eles: desgaste ou quebra (sendo que as quebras são divididas em “dispositivo de fixação”, “erro de programa CNC”, “erro *setup*”, “erro operacional”, “material bruto”, “erro presset”, “máquina com problema”, “quebra devido à ferramenta anterior”, “sem vida útil definida”, “erro manutenção”, “problemas com geometria”, “teste”). A entidade em questão possui os seguintes atributos:
 - ***identificador (id)***: código identificador do motivo da troca. Consiste em um número único para cada motivo. O tipo do dado é uma cadeia de caracteres.
 - ***descrição (description)***: descrição do motivo da troca. Consiste na descrição selecionada para definir o motivo da troca. O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.
- ***registro_centro_de_trabalho_ferramenta_de_corte (cutting_tool_workcenter_register)***: esta entidade está associada às entidades *ferramentas_de_corte* e *centros_de_trabalho*. A entidade *registro_centro_de_trabalho_ferramenta_de_corte* tem como objetivo o registro da associação entre ferramentas de corte e centros e trabalho. A entidade em questão possui a seguinte atributo:
 - ***identificador (id)***: código identificador . O tipo do dado é uma cadeia de caracteres.
- ***centros_de_trabalho (workcenters)***: esta entidade está associada às entidades *registro_centro_de_trabalho_ferramenta_de_corte* e *seções*. A entidade *centros_de_trabalho* tem como objetivo o registro dos centros de trabalho existentes, cada qual associado a uma seção. A entidade em questão possui os seguintes atributos:
 - ***identificador (id)***: código identificador do centro de trabalho. Consiste em uma sequência de oito números. O tipo do dado é uma cadeia de caracteres.

- **descrição (description)**: descrição do centro de trabalho. Consiste na descrição do centro de trabalho, geralmente com o fabricante e o modelo da máquina a ele associada. O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.
- **seções (sections)**: esta entidade está associada às entidades *departamentos* e *centros_de_trabalho*. A entidade *seções* tem como objetivo definir as seções disponíveis para cadastro dos centros de trabalho, cada qual associada a um departamento. A entidade em questão possui os seguintes atributos:
 - **identificador (id)**: código identificador da seção. O tipo do dado é uma cadeia de caracteres.
 - **descrição (description)**: descrição da seção. Consiste na descrição da seção, atualmente as seguintes seções estão cadastradas: usinagem de fundidos A, B, C, D e F. O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.
- **departamentos (departments)**: esta entidade está associada às entidades *seções* e *usuários*. A entidade *departamentos* tem como propósito definir todos os departamentos que possuem centros de trabalho relevantes para os almoxarifados. A entidade em questão possui os seguintes atributos:
 - **identificador (id)**: código identificador do departamento. Consiste em um número de 1 a 3 (atualmente há três departamentos cadastrados). O tipo do dado é uma cadeia de caracteres.
 - **descrição (description)**: descrição do departamento. Consiste no nome do departamento (atualmente, há “usinagem de fundidos I”, “usinagem de fundidos II” e “usinagem de eixos”). O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.
- **usuários (users)**: esta entidade está associada às entidades *entradas_de_estoque*, *saídas_de_estoque*, *empréstimos*, *edições_de_estoque*, *departamentos* e *logins*. A entidade *usuários* tem como objetivo definir o conceito de usuário, com todas as informações a este conceito associadas. A entidade em questão possui os seguintes atributos:
 - **identificador (id)**: código identificador do usuário. Consiste no número do crachá do colaborador cadastrado. O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.
 - **senha_criptografada (hashed_password)**: senha criptografada do usuário. Consiste na senha cadastrada pelo usuário, só que tratada em uma função *hash*, que realiza um processo semelhante à criptografia deste conteúdo. É de extrema importância que a senha do usuário não seja diretamente armazenada no banco de dados. O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.

- **tipo_de_usuario (user_type)**: tipo do usuário. Consiste em um dos três níveis de acesso estipulados: administrador, almoxarifado ou distribuidor. O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.
 - **turno_de_trabalho (workshift)**: turno de trabalho do usuário. Consiste no turno do usuário cadastrado, podendo ser primeiro, segundo, ou terceiro turno (é necessário preencher somente para os usuários do tipo almoxarifado e distribuidor). O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.
 - **email**: email do usuário. Consiste no email cadastrado pelo usuário, com fim exclusivo para recebimento de alertas de estoque do almoxarifado. O tipo de dado é uma cadeia de caracteres.
 - **nome_completo (full_name)**: nome completo do usuário. Consiste no nome completo do usuário cadastrado; e necessário somente para usuários do tipo administrador e distribuidor.
- **logins**: esta entidade está associada exclusivamente à entidade *usuários*. A entidade *logins* tem como objetivo definir o registro de todos os ingressos no sistema por parte dos usuários. A entidade em questão possui os seguintes atributos:
 - **identificador (id)**: código identificador do login. Consiste na concatenação do usuário que ingressou no sistema, e do instante em que ele ingressou. O tipo do dado é uma cadeia de caracteres.
 - **data_tempo (date_time)**: data e hora do *login*. Consiste no registro do instante em que o usuário ingressou no sistema. O tipo do dado é uma data.
 - **é_primeiro_login_do_dia (is_first_login_of_the_day)**: é primeiro *login* do dia? Consiste no registro da informação de que o ingresso do usuário é, ou não, o primeiro realizado no dia. Esta atributo é necessária para disparar a lógica de envio de email de alerta, que acontece uma vez por dia. O tipo de dado é um booleano (verdadeiro ou falso).

4.3.2 Implementação do banco de dados a partir do diagrama ER

A literatura a respeito da modelagem de banco de dados estabelece um procedimento para transformar um diagrama entidade-relacionamento em um modelo físico do banco de dados, isto é, nos comandos SQL para a implementação da base de dados. De acordo com (TEOREY, 1999), o procedimento é o seguinte:

- Nos relacionamentos de um para muitos, deve-se implementar a tabela usando uma chave estrangeira. Essa relação indica que um registro em uma tabela está associado a vários registros em outra tabela.

- Nos relacionamentos um para um, a chave primária de uma tabela está associada a exatamente uma entrada na outra tabela e vice-versa. Para modelar esse tipo de relacionamento, deve-se adicionar uma chave estrangeira em uma das tabelas que referencia a chave primária da outra tabela.
- Nos relacionamentos muitos para muitos, normalmente emprega-se uma tabela intermediária (também conhecida como tabela de associação ou tabela de junção) para conectar as duas entidades.

Utilizando essa lógica, foi implementado o banco de dados do sistema. O modelo relacional gerado, a partir do qual pode-se facilmente obter os comandos SQL para a criação da base de dados, está exposto na Figura 21.

O diagrama apresenta o modelo relacional do banco de dados, listando as tabelas e suas relações. Cada tabela é descrita com seus atributos e as relações são indicadas por setas azuis com um checkmark.

- **warehouses** (id, description)
- **user_email_warehouses** (id, email, warehouse_id)
 - ✓ warehouse_id referencia warehouses (id)
- **locations** (id, description)
- **cutting_tools** (id, type, description, location, resharpened_material, local_stock, minimum_stock_level, maximum_stock_level, stock_alert, display_order, warehouse_id)
 - ✓ warehouse_id referencia warehouses (id)
- **cutting_tools_locations** (id, stock_in_location, cutting_tool_id, location_id)
 - ✓ cutting_tool_id referencia cutting_tools (id)
 - ✓ location_id referencia locations (id)
- **departments** (id, description)
- **sections** (id, description, department_id)
 - ✓ department_id referencia departments (id)
- **workcenters** (id, description, section_id)
 - ✓ section_id referencia sections (id)
- **users** (id, hashed_password, user_type, work_shift, email, full_name, department_id)
 - ✓ department_id referencia departments (id)
- **logins** (id, date_time, is_first_login_of_the_day, user_id)
 - ✓ user_id referencia users (id)
- **external_suppliers** (id, description)
- **stock_receipts** (id, date_time, quantity, external_supplier_id, cutting_tool_id, user_id)
 - ✓ external_supplier_id referencia external_supplier (id)
 - ✓ cutting_tool_id referencia cutting_tools (id)
 - ✓ user_id referencia users (id)
- **replacement_reasons** (id, description)
- **stock_removals** (id, date_time, quantity, maintenance_note, observations, tool_breakage_reason, action_to_eliminate_cause, workcenter_id, replacement_reason_id, cutting_tool_id, user_id)
 - ✓ workcenter_id referencia workcenters (id)
 - ✓ replacement_reason_id referencia replacement_reasons (id)
 - ✓ cutting_tool_id referencia cutting_tools (id)
 - ✓ user_id referencia users (id)
- **stock_changes** (id, date_time, quantity, cutting_tool_id, user_id)
 - ✓ cutting_tool_id referencia cutting_tools (id)
 - ✓ user_id referencia users (id)
- **loans** (id, date_time, quantity, borrower_name, description, user_email, cutting_tool_id, user_id)
 - ✓ cutting_tool_id referencia cutting_tools (id)
 - ✓ user_id referencia users (id)

Figura 21 – Modelo relacional do banco de dados.

5 APRESENTAÇÃO DO SISTEMA DESENVOLVIDO

Este capítulo tem o objetivo de apresentar o sistema de gerenciamento de ferramentas de corte, software desenvolvido com o propósito de resolver o problema de gestão de estoque do almoxarifado do prédio da usinagem de fundidos II. A ideia é apresentar todas as funcionalidades do software, através de capturas das telas e breves descrições. Ao final, será feita uma comparação entre os requisitos propostos no capítulo anterior, e o desenvolvimento efetivo do sistema.

5.1 FUNCIONALIDADES DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE FERRAMENTAS DE CORTE

A seguir, são apresentadas todas as funcionalidades desenvolvidas para o sistema; não se pretende entrar nos pormenores, afinal a finalidade deste documento não é a mesma de um manual para os usuários. No entanto, é importante que sejam listadas as funcionalidades, para que se compreenda o que de fato o software é capaz de oferecer.

5.1.1 *Login* no sistema

Para ingressar no sistema de gerenciamento de ferramentas de corte, é necessário passar pela etapa de *login*, que consiste na autenticação do usuário com suas credenciais. Essas credenciais, que já devem ter sido previamente cadastradas, correspondem ao cadastro (número do crachá do colaborador) e à senha. Na Figura 22, pode-se observar a tela de *login* do sistema.

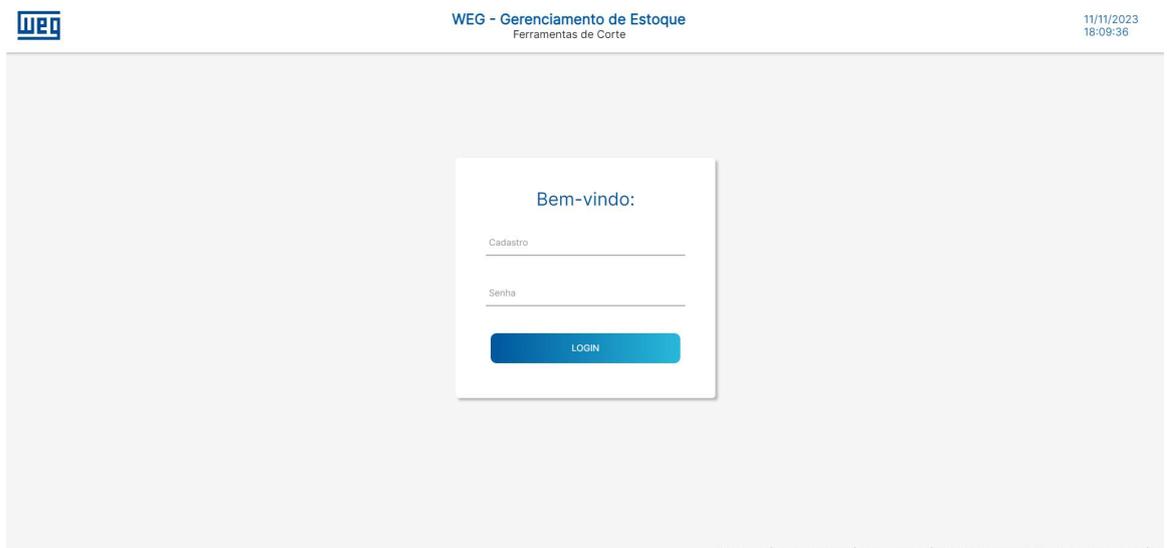


Figura 22 – Login no sistema.

5.1.2 Cadastro de usuários

Para tratar sobre a funcionalidade de cadastro de usuários, é preciso comentar que existem três tipos possíveis de usuários, cada qual com um nível diferente de acesso às funcionalidades do sistema. De forma geral, tem-se que:

- Usuários do tipo administrador (reservados para gestores e responsáveis) têm acesso a todas as funcionalidades disponíveis.
- Usuários do tipo almoxarifado (reservados para utilização compartilhada no computador de mesa do almoxarifado, em cada turno) têm acesso a todas as funcionalidades, com exceção da edição do estoque local de ferramentas, do cadastro de novos usuários, e da remoção de usuários já existentes.
- Usuários do tipo distribuidor (reservados para o uso no tablet do carrinho por parte dos distribuidores) têm o mesmo nível de restrição de funcionalidades dos usuários do tipo almoxarifado, adicionando-se a impossibilidade de editar estoques máximos e mínimos de ferramentas, além da capacidade de habilitar ou desabilitar os alertas de estoque.

Na Figura 23 pode-se observar a primeira etapa para a realização do cadastro, que consiste em clicar no botão de cadastrar novo usuário. Já na Figura 24, pode-se observar a etapa de preenchimento e submissão das informações necessárias para a realização do cadastro.

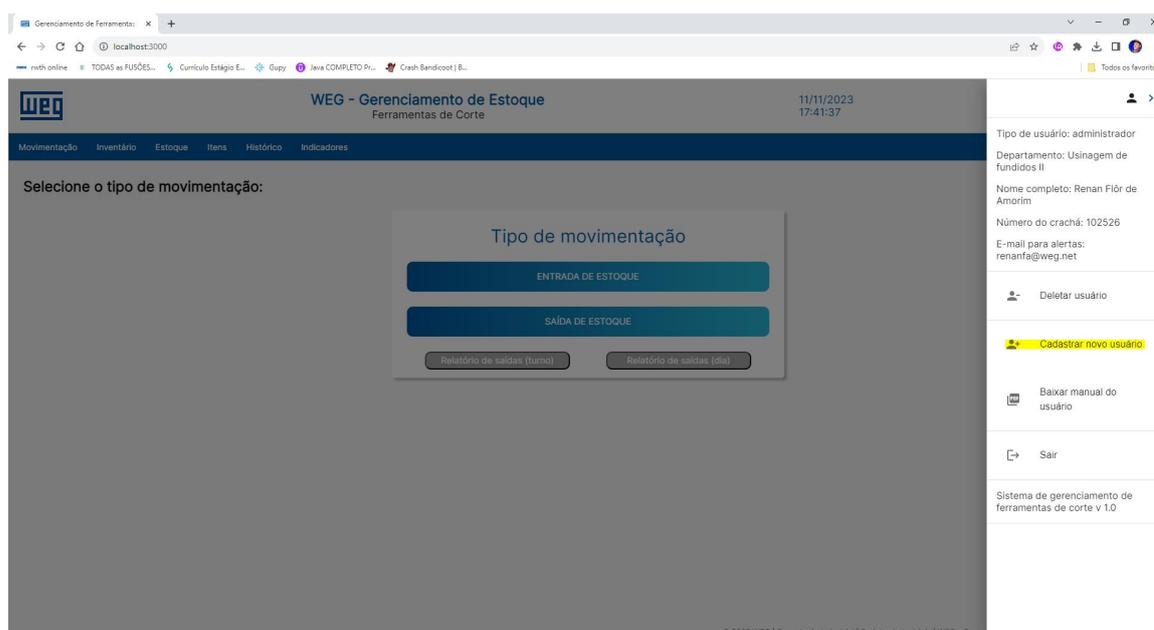


Figura 23 – Cadastro de novo usuário no sistema – etapa 1.

The screenshot shows the 'Cadastro de novo usuário' (New User Registration) form within the WEG - Gerenciamento de Estoque interface. The form is titled 'Realize o cadastro:' and contains the following fields:

- Tipo de usuário: * (Dropdown menu with 'Almoxarifado' selected)
- Depto. do almoxarifado: * (Dropdown menu)
- Turno de trabalho: * (Dropdown menu)
- Crachá do responsável: * (Text input field)
- E-mail para alertas: (Text input field)
- Senha: * (Text input field)
- Repita a senha: * (Text input field)

At the bottom of the form are two buttons: 'CONFIRMAR' (blue) and 'RETORNAR' (light blue). The footer of the page reads: '© 2023 WEG | Engenharia Industrial | Projetos Industriais | WEG - Gerenciamento de Estoque: Ferramentas de Corte | v1.0'.

Figura 24 – Cadastro de novo usuário no sistema – etapa 2.

5.1.3 Remoção de usuários

O processo de remoção de usuários cadastrados está habilitado, como já foi comentado anteriormente, somente para usuários do tipo administrador. Para remover um usuário, deve-se ingressar no sistema (conforme explicado na Subseção 5.1.1) com o usuário que deseja-se remover do sistema. A seguir, deve-se inserir as credenciais de algum usuário do tipo administrador para que a remoção seja confirmada. As etapas para remoção de usuários estão exibidas nas figuras 25 e 26.

The screenshot shows the 'Remoção de usuário' (User Removal) interface. The main content area is titled 'Selecione o tipo de movimentação:' and contains a 'Tipo de movimentação' section with two large buttons: 'ENTRADA DE ESTOQUE' and 'SAÍDA DE ESTOQUE'. Below these are two smaller buttons: 'Relatório de saídas (turno)' and 'Relatório de saídas (dia)'. The right sidebar displays user details for 'administrador' and a list of actions, including 'Deletar usuário' (highlighted in yellow), 'Cadastrar novo usuário', 'Baixar manual do usuário', and 'Sair'. The footer of the page reads: '© 2023 WEG | Engenharia Industrial | Projetos Industriais | WEG - Gerenciamento de Estoque: Ferramentas de Corte | v1.0'.

Figura 25 – Remoção de usuário – etapa 1.

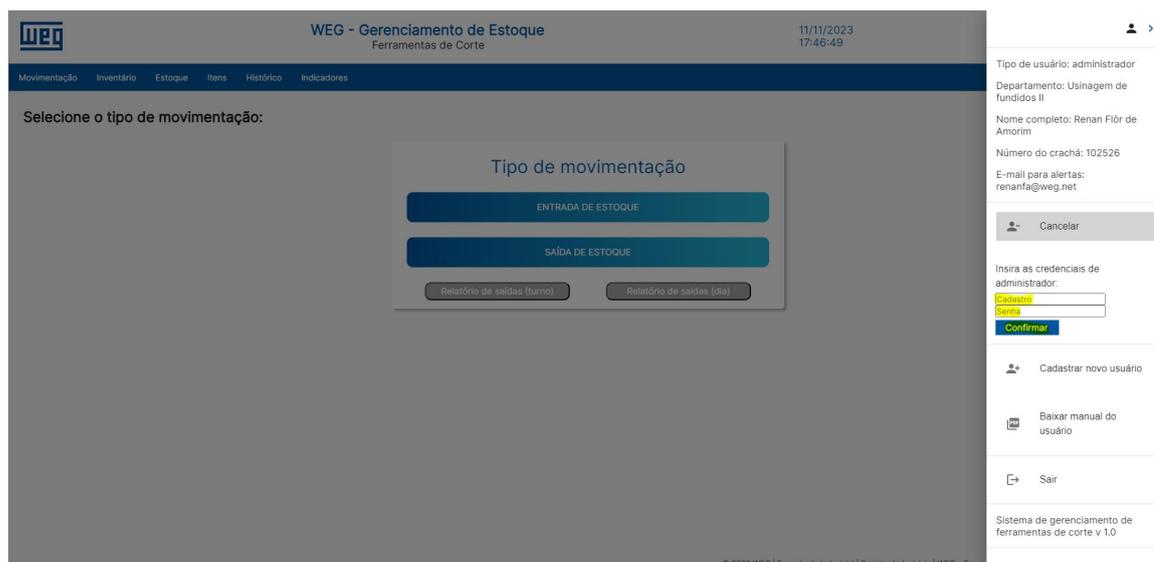


Figura 26 – Remoção de usuário – etapa 2.

5.1.4 Aba de movimentações de estoque

O sistema de gerenciamento de estoque de ferramentas de corte é dividido em abas, cada qual comportando uma, ou um conjunto de funcionalidades. A principal aba do sistema é a de movimentação de estoque (Figura 27), que pode ser dividida de acordo com as funcionalidades que ela apresenta: apontamento de entrada de estoque, apontamento de saída de estoque, e geração de relatórios de saídas de estoque.

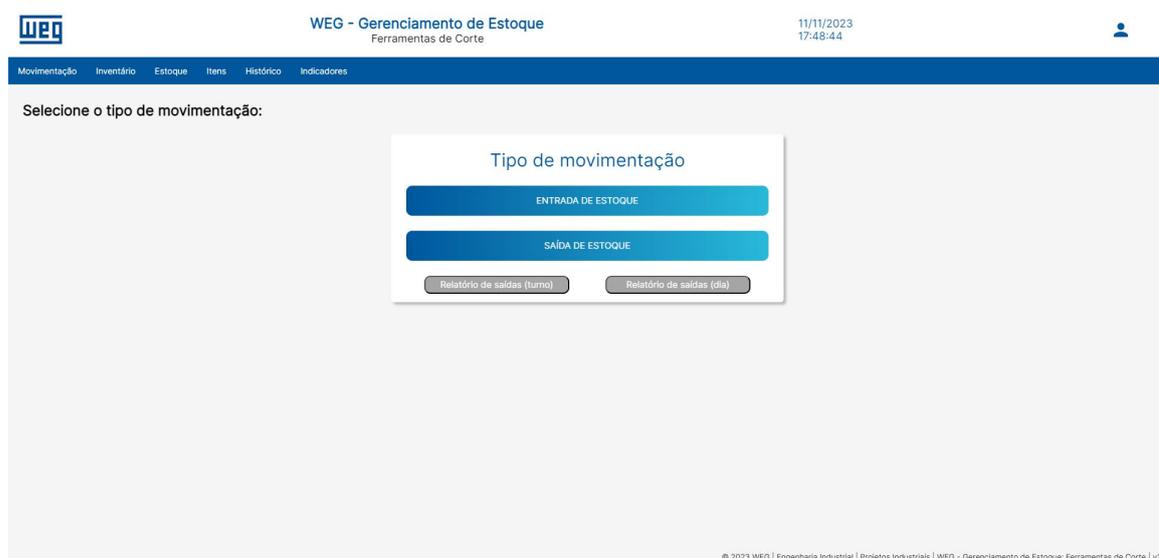


Figura 27 – Aba de movimentação de estoque – tela inicial.

5.1.4.1 Entrada de estoque

A funcionalidade de apontamento de entrada de estoque é acessada dentro da aba de movimentação de estoque. Na tela de entrada de estoque, basta preencher o conjunto de informações necessárias para tal apontamento em um formulário, e confirmar a entrada. Essas informações correspondem a: via de entrada do material (almoxarifado central, ou fornecedor externo), fornecedor externo (caso a via de entrada seja esta), material (que pode ser buscado através do código SAP, descrição, ou até mesmo captura do código de barras), e quantidade de entrada do material em questão. O procedimento está exibido na Figura 28.

WEG WEG - Gerenciamento de Estoque Ferramentas de Corte 11/11/2023 17:49:33

Movimentação Inventário Estoque Itens Histórico Indicadores

Entrada de estoque:

Dados da entrada

Entrada via fornecedor externo? Não

Código do material: [input] 🔍 📄

Descrição do material: [input] 🔍

Material é reafiado? Não

Quantidade de material: [input]

CONFIRMAR RETORNAR

© 2023 WEG | Engenharia Industrial | Projetos Industriais | WEG - Gerenciamento de Estoque: Ferramentas de Corte | v1.0

Figura 28 – Aba de movimentação de estoque – entrada de estoque.

5.1.4.2 Saída de estoque

A funcionalidade de apontamento de saída de estoque, uma das principais da aplicação, é acessada na aba de movimentação de estoque. A saída de estoque, como já foi dito anteriormente neste documento, é apontada sempre que um material/ferramenta de corte é distribuído para um dos centros de trabalho do chão de fábrica, seja no tablet ou no computador de mesa do almoxarifado.

Para que o procedimento de saída de estoque seja concluído, deve-se preencher um formulário com diversas informações: centro de trabalho de destino do material, material (que pode ser buscado por código SAP, descrição ou captura de código de barras), se o material é reafiado ou não, quantidade de material, e motivo da troca do material. Caso o motivo da troca seja quebra de ferramenta, um campo adicional de motivo da quebra deverá ser preenchido. Na Figura 29 pode-se ver o formulário que deve ser preenchido.

WEG - Gerenciamento de Estoque
Ferramentas de Corte

11/11/2023
17:50:23

Movimentação Inventário Estoque Itens Histórico Indicadores

Saída:

Dados da saída

Centro de trabalho:

Materiais por centro de trabalho:

Buscar material de forma manual:

Código do material:

Descrição do material:

Material é realçado? Não

Quantidade de material:

Motivo da troca: 1 - Desgaste

CONFIRMAR RETORNAR

© 2023 WEG | Engenharia Industrial | Projetos Industriais | WEG - Gerenciamento de Estoque: Ferramentas de Corte | v1.0

Figura 29 – Aba de movimentação de estoque – saída de estoque.

Para que o centro de trabalho seja preenchido, pode-se digitar o código diretamente, ou abrir uma janela auxiliar. Nesta janela, seleciona-se o departamento desejado, a seção desejada, e, a partir da seção, será exibida uma lista de centros de trabalho (conforme exibido na Figura 30).

WEG - Gerenciamento de Estoque
Ferramentas de Corte

11/11/2023
17:54:21

Movimentação Inventário Estoque Itens Histórico Indicadores

Saída:

Busque um centro de trabalho

Departamento: Usinagem de fundidos II

Seção: 10144222 - Usinagem de fundidos II

Centro de trabalho: 01081057 - C.T USIN. HORIZONTAL HELLER H-2 - 1057

Confirmar Cancelar

Código do material:

Descrição do material:

Material é realçado? Não

Quantidade de material:

Motivo da troca: 35 - Teste

Motivo da quebra:

© 2023 WEG | Engenharia Industrial | Projetos Industriais | WEG - Gerenciamento de Estoque: Ferramentas de Corte | v1.0

Figura 30 – Aba de movimentação de estoque – saída de estoque – tela de centro de trabalho.

Os motivos de troca de ferramentas são essencialmente dois: desgaste ou quebra. Entre as quebras de ferramenta, existem algumas subclassificações. Todos os motivos de troca de ferramenta estão exibidos na Figura 31.

Para o caso em que o motivo de troca seja erro de manutenção ou teste, alguns campos adicionais são habilitados. Esses casos estão exibidos nas figuras 32 e 33.

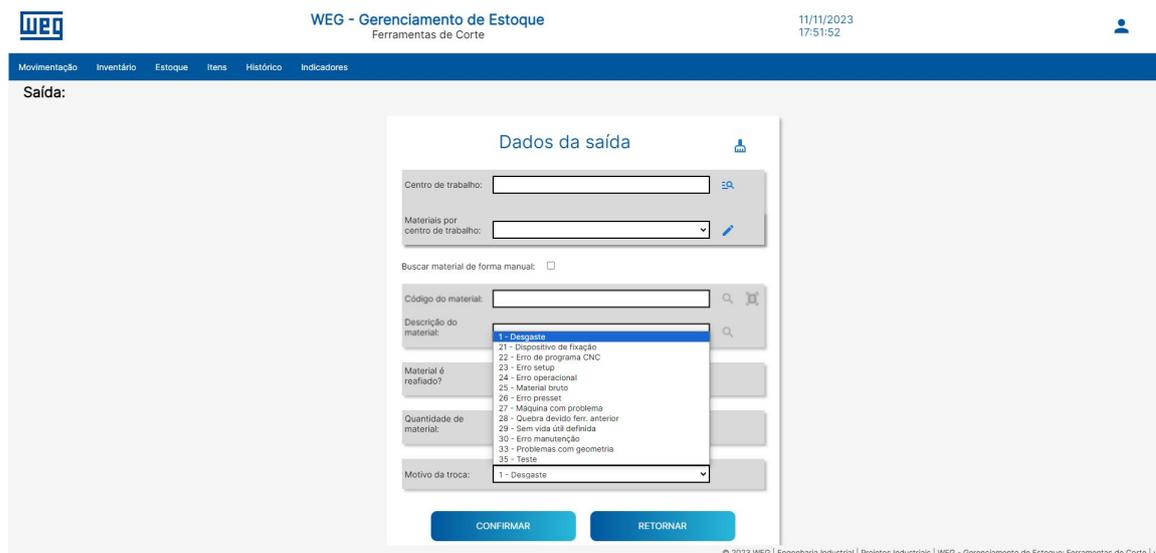


Figura 31 – Aba de movimentação de estoque – saída de estoque – motivos de troca de ferramentas.

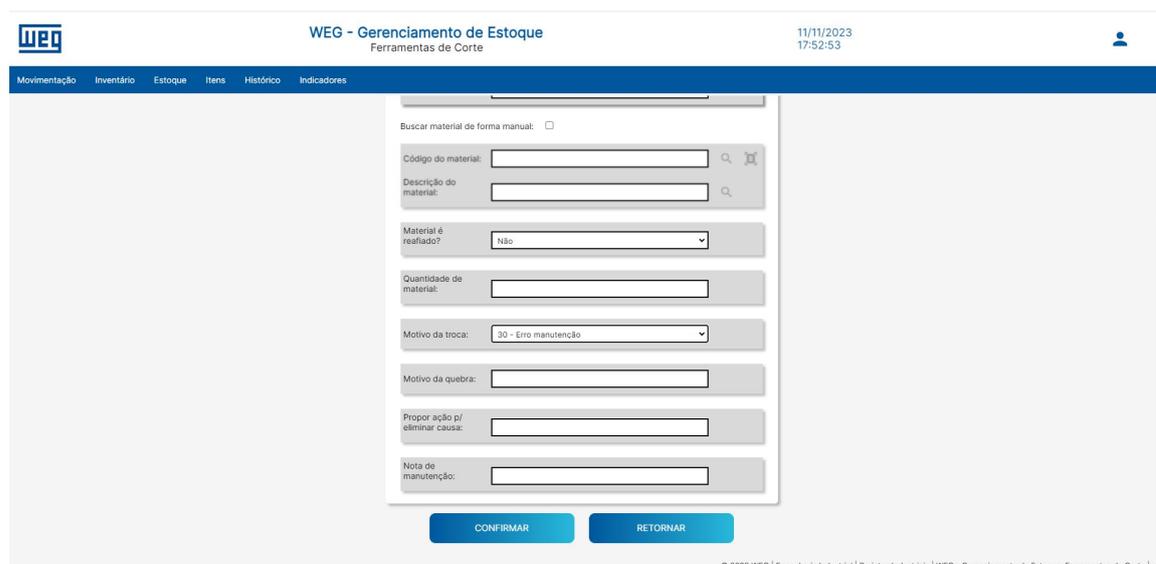


Figura 32 – Aba de movimentação de estoque – saída de estoque – erro de manutenção.

5.1.4.3 Relatório de saídas de estoque

Ainda dentro da aba de movimentação de estoque, há a funcionalidade de geração de relatórios de saída de estoque, por turno e diárias. O objetivo destes relatórios é apresentar aos usuários todas as informações referentes às saídas apontadas até o momento. Pelo fato de que a integração ao sistema SAP não pôde ser feita nesta etapa do projeto, por motivo de dependência do departamento de TI da WEG, a exibição digital das saídas torna-se fundamental, para facilitar o processo de transcrição dos apontamentos para o SAP. Os relatórios gerados podem ser exibidos nas figuras 34 e

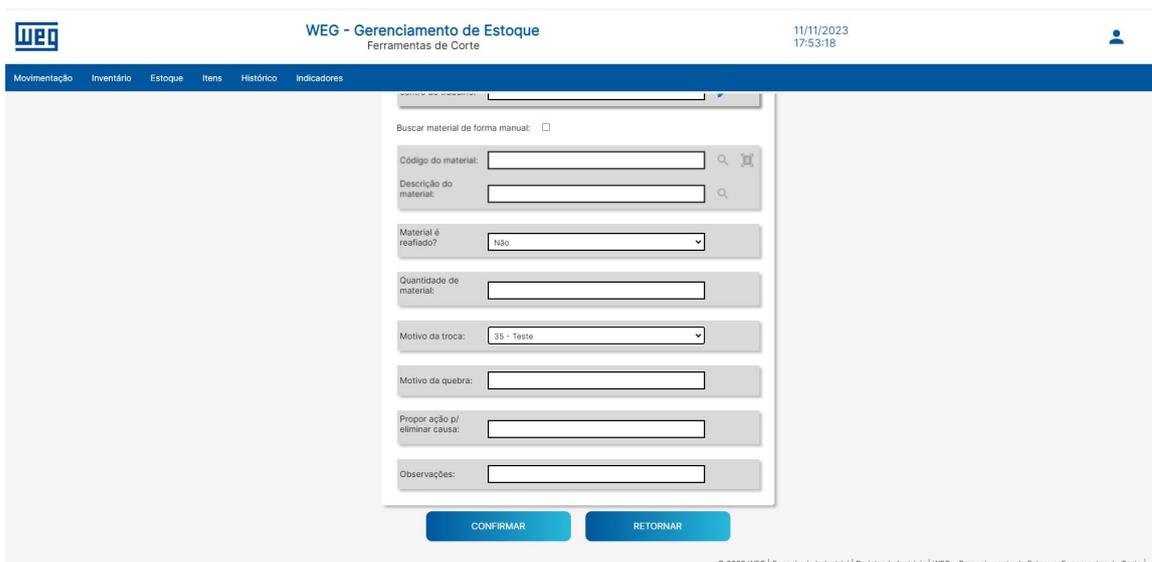


Figura 33 – Aba de movimentação de estoque – saída de estoque – teste.

35.

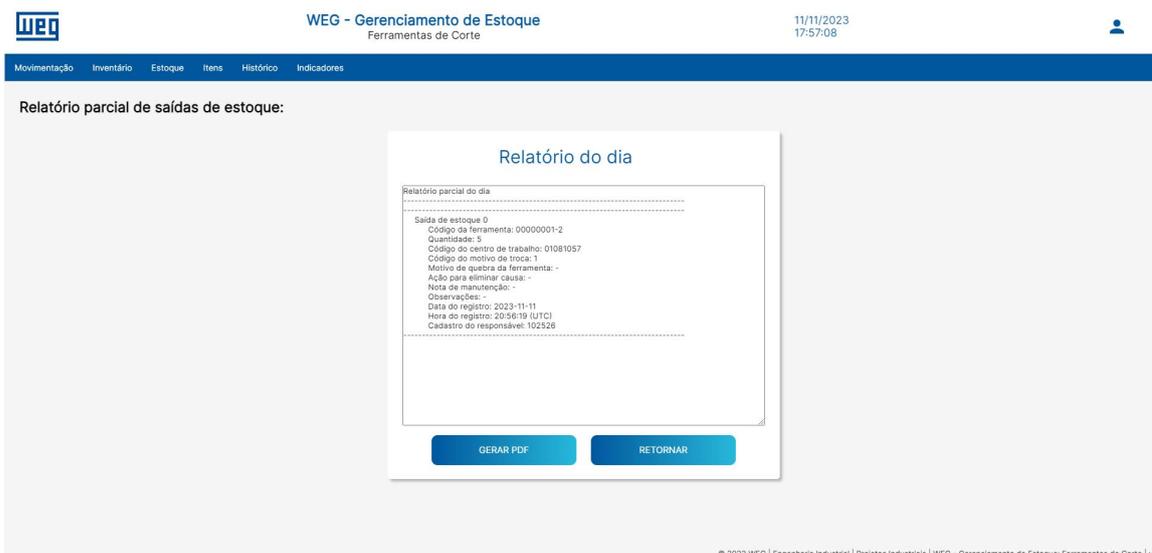


Figura 34 – Aba de movimentação de estoque – relatório de saída do dia.

5.1.5 Aba de consulta ao inventário

A aba de consulta ao inventário do sistema de gerenciamento de ferramentas de corte permite aos usuários a possibilidade de realizar consultas sobre o nível de estoque de ferramentas específicas desejadas. Para a realização da consulta, basta, assim como no apontamento de entrada e saída de estoque, inserir o material desejado através de código SAP, descrição ou captura de código de barras, e visualizar quantidade de estoque disponível. A aba em questão está exibida na Figura 36.

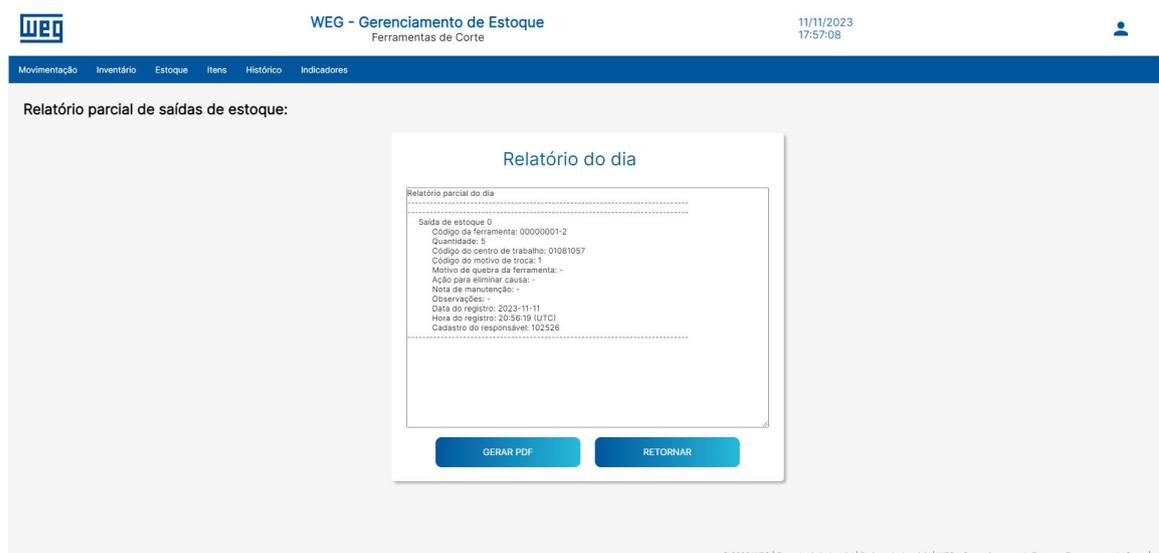


Figura 35 – Aba de movimentação de estoque – relatórios de saída do turno.

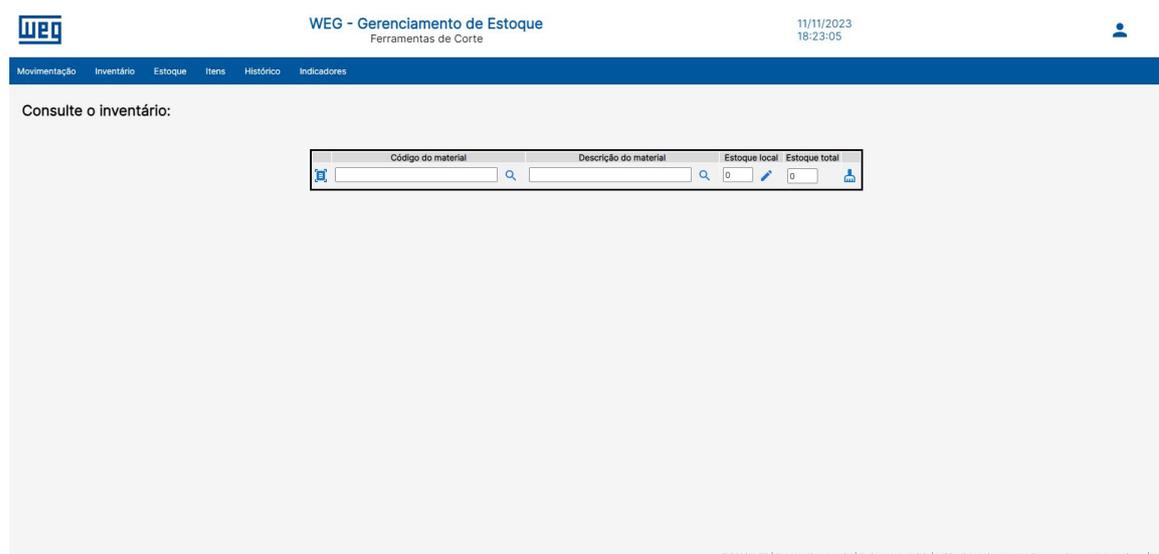


Figura 36 – Aba de consulta ao inventário.

5.1.6 Aba de acompanhamento de estoque

A aba de acompanhamento de estoque tem como objetivo principal exibir, na forma de uma tabela, todos os materiais cadastrados no sistema, e as informações associadas a eles: nível do estoque local (no almoxarifado), estoque máximo, estoque mínimo (definido para estabelecer o envio de e-mails de alerta para os responsáveis), e local (armário ou carrinho e respectiva gaveta onde está guardado o material). Todas essas informações estão exemplificadas na Figura 37.

Dentro da aba de acompanhamento de estoque, também é possível realizar a edição do estoque local dos materiais – funcionalidade reservada para usuários do tipo administrador. Para isso, basta selecionar o material desejado e alterar o estoque

Nº	Código do material	Tipo do material	Descrição do material	Local	Estoque local	Estoque total	Estoque mín.	Estoque máx.	Alerta de estoque
17	00000001-2	Inserto	Inserto novo		16	16	5	100	<input type="checkbox"/>
18	R0000001-2	Inserto	Inserto reafilado		23	23	5	100	<input type="checkbox"/>
19	00000002-2	Broca	Broca nova		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
20	R0000002-2	Broca	Broca reafilada		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
21	00000003-2	Acessório	Corpo de broca		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
22	00000004-2	Acessório	Cabeçote de fresamento		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
23	00000005-2	Acessório	Suporte		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
24	00000006-2	Acessório	Cone		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
25	00000007-2	Acessório	Anel		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
26	00000008-2	Acessório	Pinça		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
27	00000009-2	Fresa	Fresa nova		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
28	R0000009-2	Fresa	Fresa reafilada		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
29	00000010-2	Macho de rosca	Macho de rosca novo		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
30	R00000010-2	Macho de rosca	Macho de rosca reafilado		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>

Figura 37 – Aba de acompanhamento de estoque.

atual, em uma janela auxiliar (ver Figura 38).

Nº	Código do material	Tipo do material	Descrição do material	Local	Estoque local	Estoque total	Estoque mín.	Estoque máx.	Alerta de estoque
17	00000001-2	Inserto	Inserto novo		16	16	5	100	<input type="checkbox"/>
18	R0000001-2	Inserto	Inserto reafilado		23	23	5	100	<input type="checkbox"/>
19	00000002-2	Broca	Broca nova		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
20	R0000002-2	Broca	Broca reafilada		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
21	00000003-2	Acessório	Corpo de broca		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
22	00000004-2	Acessório	Cabeçote de fresamento		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
23	00000005-2	Acessório	Suporte		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
24	00000006-2	Acessório	Cone		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
25	00000007-2	Acessório	Anel		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
26	00000008-2	Acessório	Pinça		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
27	00000009-2	Fresa	Fresa nova		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
28	R0000009-2	Fresa	Fresa reafilada		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
29	00000010-2	Macho de rosca	Macho de rosca novo		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>
30	R00000010-2	Macho de rosca	Macho de rosca reafilado		20	20	5	100	<input type="checkbox"/>

Figura 38 – Aba de acompanhamento de estoque – edição de estoque local.

Além da funcionalidade de alteração do estoque local, também há a funcionalidade de alteração do estoque máximo e do estoque mínimo. O processo é análogo ao de alteração do estoque local, através de janelas auxiliares. Esse procedimento pode ser observado nas figuras 39 e 40.

5.1.7 Aba de itens

A seguir, pode-se citar a aba de itens, que abriga diversas funcionalidades. São essas: cadastro de novo item (de forma individual, ou através de uma planilha com múltiplos itens), associação de itens a centro de trabalho, desassociação de itens de

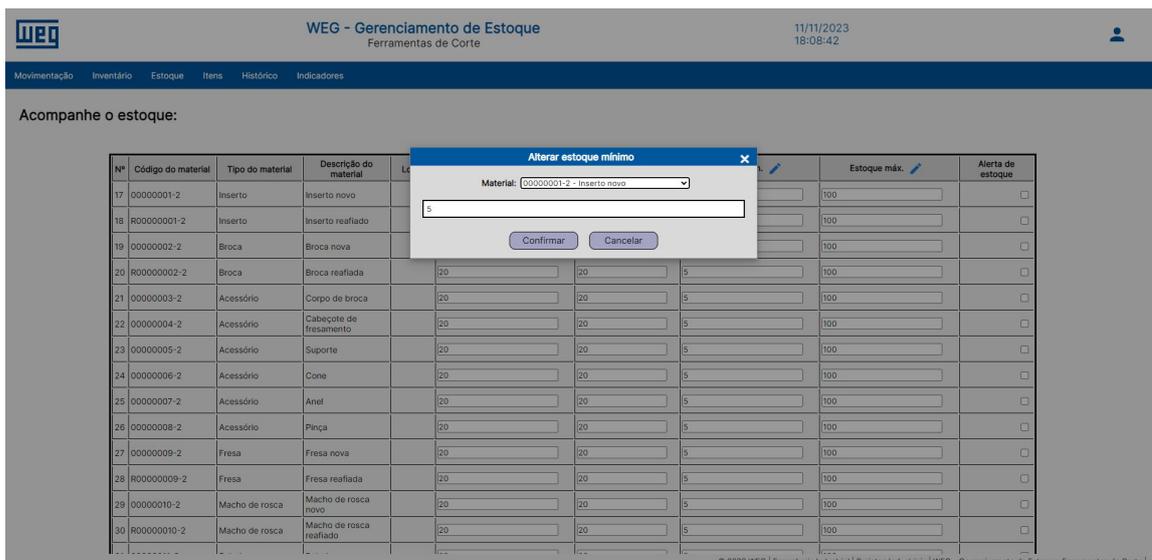


Figura 39 – Aba de acompanhamento de estoque – edição de estoque mínimo.

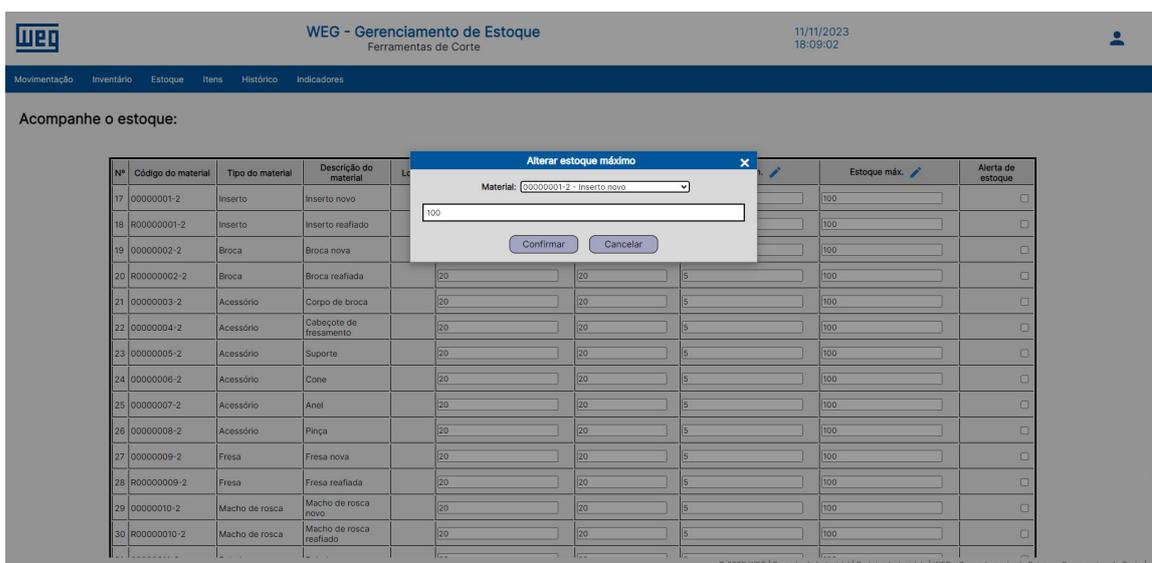


Figura 40 – Aba de acompanhamento de estoque – edição de estoque máximo.

centros de trabalho e remoção de itens. Vale comentar que o conceito de item aqui corresponde a material, ou ferramenta de corte. Na tela inicial da aba de itens, o usuário deve selecionar o tipo de operação que deseja realizar, conforme pode ser observado na Figura 41.

5.1.7.1 Cadastro de novo(s) item(s) (ferramenta(s))

O processo de cadastro de um novo item pode ser feito de forma individual, através do preenchimento de um formulário com as informações necessárias, ou de forma múltipla, através do carregamento de uma planilha com diversos registros de itens.



Figura 41 – Aba de itens – seleção do tipo de operação a se realizar.

Para preencher o formulário, deve-se fornecer as seguintes informações: código SAP, tipo do material (e.g. broca, inserto), descrição do material, departamento do almoxarifado no qual o material estará alocado, local onde o material estará localizado (armário/carrinho e respectiva gaveta), estoque inicial no almoxarifado, estoque mínimo, estoque máximo, alerta de estoque, e se o material é reafiado ou não. Para o cadastro de múltiplas ferramentas, a planilha com os registros devem ter as mesmas informações. Ambos os procedimentos de cadastro podem ser observados nas Figuras 42 e 43.

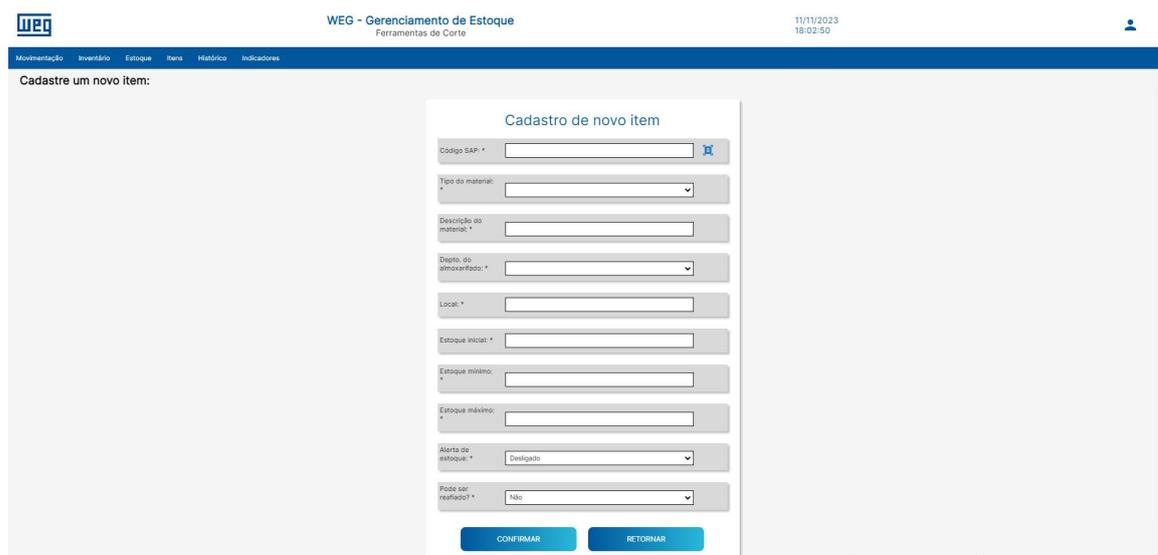


Figura 42 – Aba de itens – cadastro de novo item.

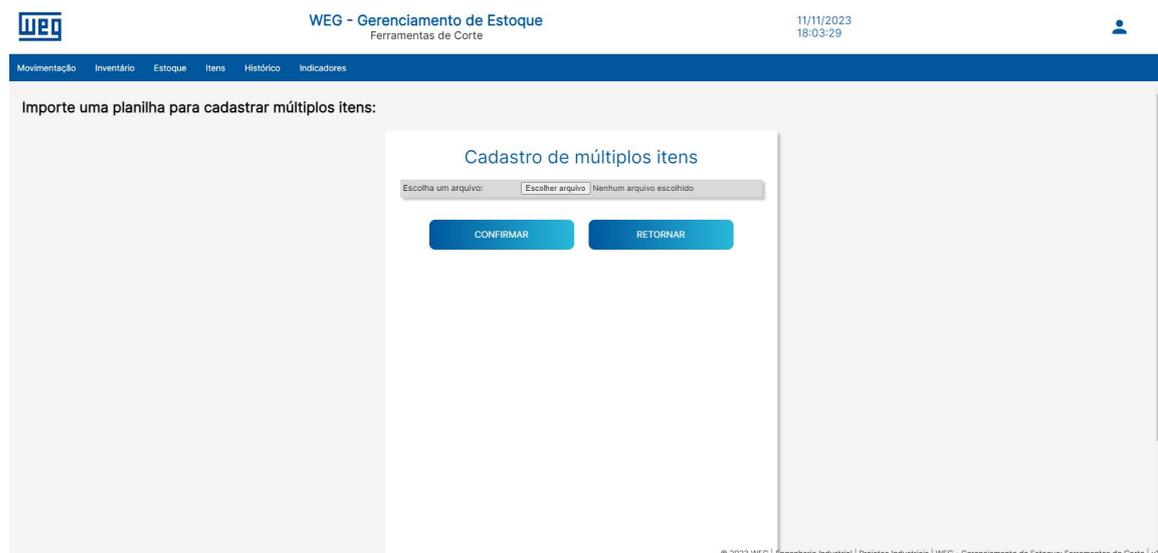


Figura 43 – Aba de itens – cadastro de múltiplos novos itens.

5.1.7.2 Remoção de item (ferramenta)

O processo de remoção de itens é simples: basta buscar o material pelo código, descrição, captura do código de barras, e confirmar a operação. Este procedimento pode ser verificado na Figura 44.

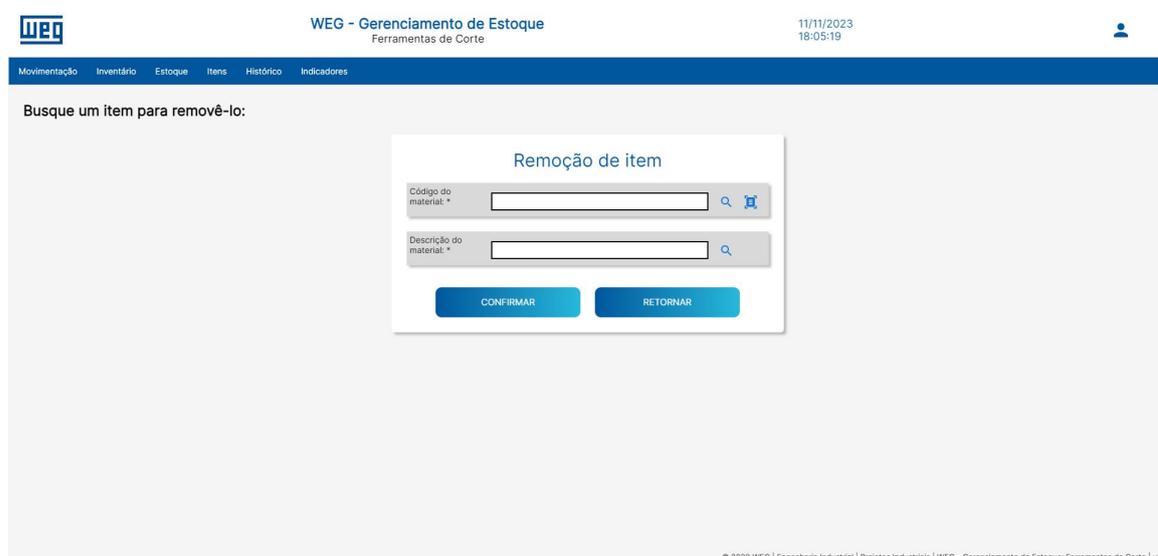


Figura 44 – Aba de itens – remoção de item existente.

5.1.7.3 Associação de item com centro de trabalho

O formulário que é preenchido para o apontamento de saídas de estoque (explicado na subseção 5.1.4.2), possui a opção de selecionar o material de acordo com o centro de trabalho inserido (excluindo a necessidade de fazer a busca através da

digitação do código SAP ou descrição). Essa opção de preenchimento do material é muito mais simples, e funciona pois na dinâmica de distribuição de ferramentas, cada centro de trabalho possui uma lista fechada de materiais a ele associados.

Para que o usuário possa realizar esse processo de associação, foi implementada esta funcionalidade no sistema. Para que se associe um centro de trabalho a uma ferramenta, basta informar o código do centro de trabalho, e o material em questão (através de uma busca via código SAP, descrição, ou captura via código de barras). Essa funcionalidade está exibida na Figura 45.

A imagem mostra a interface de usuário do sistema WEG - Gerenciamento de Estoques. No topo, há o logotipo WEG, o título 'WEG - Gerenciamento de Estoques' e 'Ferramentas de Corte', a data e hora '11/11/2023 18:04:19' e um ícone de usuário. Abaixo, uma barra de navegação contém as opções: 'Movimentação', 'Inventário', 'Estoque', 'Itens', 'Histórico' e 'Indicadores'. O conteúdo principal da página é o texto 'Associe itens a centros de trabalho:' seguido por um formulário centralizado. O formulário tem o título 'Associação entre material e centro de trabalho' e contém três campos de entrada: 'Centro de trabalho:' com um ícone de lupa, 'Código do material:' com ícones de lupa e código de barras, e 'Descrição do material:' com um ícone de lupa. Abaixo dos campos, há dois botões azuis: 'CONFIRMAR' e 'RETORNAR'. No rodapé da interface, há o texto de copyright: '© 2023 WEG | Engenharia Industrial | Projetos Industriais | WEG - Gerenciamento de Estoques: Ferramentas de Corte | v1.0'.

Figura 45 – Aba de itens – associação de item a centro de trabalho.

5.1.7.4 Desassociação de item de centro de trabalho

A contrapartida de funcionalidade anteriormente descrita - de associação de centros de trabalho a materiais – é a desassociação. O procedimento é o mesmo, basta informar o centro de trabalho e o material (ver Figura 46).

5.1.8 Aba de histórico de movimentações

Na aba de histórico de movimentações, o usuário tem a possibilidade de verificar os apontamentos de entrada e saída de estoque, utilizando diversos filtros: tipo de movimentação (entrada de estoque, saída de estoque, ambas), usuário responsável pelo apontamento, almoxarifado no qual a movimentação foi apontada, centro de trabalho de destino (para saídas de estoque), tipo de ferramenta, e ferramenta em si.

Essa funcionalidade, segmentada em etapas de acordo com a seleção e preenchimento dos filtros, pode ser observada nas figuras 47, 48 e 49.

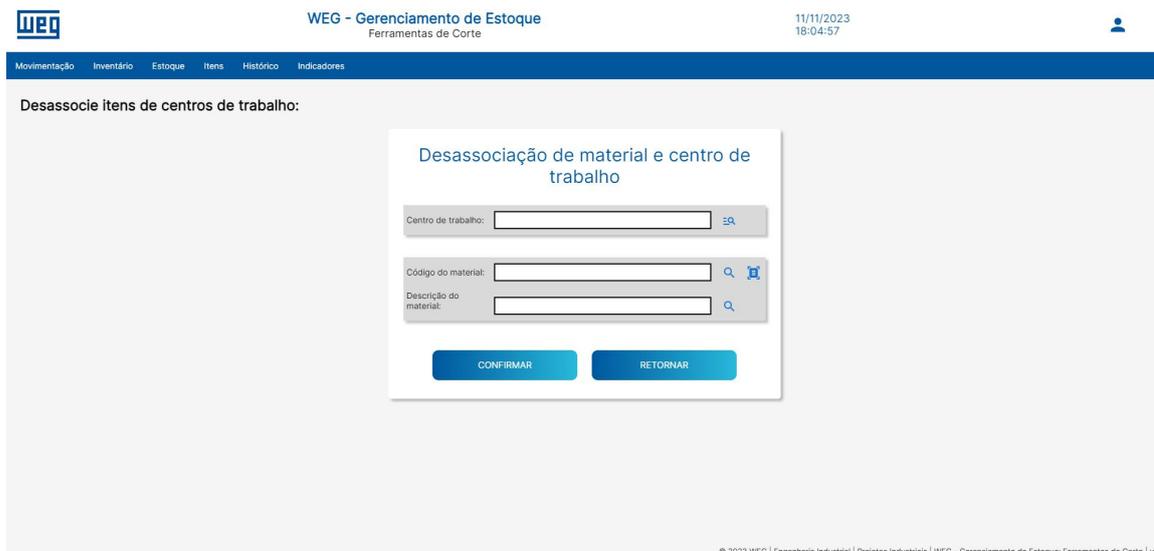


Figura 46 – Aba de itens – desassociação de item de centro de trabalho.



Figura 47 – Aba de histórico de movimentações.

5.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS E REQUISITOS NÃO-CUMPRIDOS

O único requisito do sistema proposto inicialmente que não foi cumprido até o momento da redação desta monografia foi o de automatização do apontamento da transação ZTMM055 no SAP. Essa integração do sistema de gerenciamento de ferramentas de corte com o ERP utilizado na WEG permitiria, como foi citado na seção 3.3, permitiria a eliminação de uma NVA significativa do almoxarifado do prédio da fundidos II: a transcrição de apontamentos realizados em uma pasta física para o SAP.

Como a integração não foi realizada, a transcrição de apontamentos continua sendo necessária, pelo menos temporariamente. Agora, os almoxarifes precisam transcrever as saídas de estoque apontadas no sistema, para o SAP.



Figura 48 – Aba de histórico de movimentações - seleção do tipo de movimentação a ser filtrada.



Figura 49 – Aba de histórico de movimentações – seleção do tipo de filtro a ser utilizado.

O não cumprimento do desenvolvimento desta funcionalidade aconteceu pois o gerenciamento do SAP é realizado pelo departamento de TI da WEG, e não há no momento um serviço desenvolvido pela TI para apontamento da ZTMM055, diferentemente do que se acreditava no início do projeto. Em outras palavras, não há uma API para acesso a esta transação no SAP.

Para contornar este problema, foi aberta uma solicitação de desenvolvimento para o departamento de TI da empresa, com o objetivo da disponibilização de um serviço de apontamento da transação ZTMM055, de tal forma que este serviço possa ser integrado no sistema de gerenciamento de ferramentas de corte.

No momento da elaboração deste documento, esta solicitação se encontra em andamento. A expectativa é que ao longo de 2024 o serviço seja disponibilizado, e o processo de automatização dos apontamentos seja concluído.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS ATINGIDOS

Este capítulo dedica-se à discussão acerca dos resultados obtidos com a implantação do sistema de gerenciamento de ferramentas de corte no almoxarifado do prédio da usinagem de fundidos II, no parque fabril II da WEG, em Jaraguá do Sul. Primeiro, será explicada a nova dinâmica de funcionamento do almoxarifado, em seguida os ganhos qualitativos associados à utilização do sistema, e para finalizar os potenciais ganhos financeiros.

6.1 NOVA DINÂMICA DE FUNCIONAMENTO NO ALMOXARIFADO DO DEPARTAMENTO DE USINAGEM DE FUNDIDOS II

É importante relembrar a dinâmica de funcionamento do almoxarifado previamente à implantação do sistema de gerenciamento de ferramentas de corte (explicada na Seção 2.4). Os seguintes procedimentos eram realizados:

- **Substituição de ferramentas de corte:** atividade de crucial importância para o funcionamento das máquinas no chão de fábrica (centros de usinagem e tornos), pode ocorrer de duas formas: distribuição através de rondas com um carrinho, ou através de solicitação direta do operador no almoxarifado.
- **Apontamento das informações relativas à substituição da ferramenta em uma pasta física:** consistia no preenchimento de uma planilha física, em uma pasta, com o centro de trabalho de destino, motivo de troca e ferramenta substituída.
- **Transcrição dos apontamentos da pasta para o ERP utilizado na WEG:** atividade que tinha que ser realizada, geralmente ao final do turno, para que fosse registrado o consumo de ferramentas por centro de trabalho no SAP. Isso acontecia através do preenchimento da transação ZTMM055.

No momento da elaboração deste documento, o sistema de gerenciamento de ferramentas de corte está operando em caráter de teste no almoxarifado. A ideia é que seja feito um processo gradual de implantação do nova dinâmica proposta com o sistema, mas algumas mudanças significativas já tomaram efeito:

- **Levantamento do estoque de todas as ferramentas disponíveis no almoxarifado, e cadastro no sistema:** este processo, necessário para que o início da operação do sistema de gerenciamento de ferramentas de corte pudesse ocorrer de maneira consistente, foi longo e demorado. Ao todo, foram cadastrados no sistema mais de mil materiais.

- **Solicitação e compra de um tablet:** foi feita a solicitação e compra de um tablet, para que o sistema pudesse ser acessado no carrinho, nas rondas.
- **Impressão de um suporte para o tablet, em uma impressora 3-D:** foi utilizada a impressora 3-D da seção de projetos industriais da WEG, para impressão de um suporte que permite que o distribuidor interaja mais facilmente com o tablet, que fica acoplado ao carrinho.
- **Treinamentos com os almoxarifes:** foram realizados, ao longo do processo de desenvolvimento, três treinamentos com os almoxarifes no local de trabalho. Além disso, foi disponibilizado um manual para utilização da aplicação.
- **Início dos apontamentos para entrada e saída de estoque:** além das atividades citadas, foi iniciado o processo de utilização em si do sistema, ainda que em caráter de teste. Os apontamentos de entrada e saída de materiais já estão sendo realizados, no momento da elaboração desta monografia, para que o estoque registrado seja consistente.

Como já foi mencionado, a integração com o SAP não foi realizada nesta etapa do desenvolvimento (ver Seção 5.2), portanto a transcrição dos apontamentos, agora do sistema de gerenciamento de ferramentas de corte para o ERP, continua acontecendo (temporariamente). No entanto, a aplicação está habilitada para comportar essa integração, e a ideia é que isto aconteça assim que o serviço necessário para tal – em desenvolvimento no departamento de TI da empresa – seja disponibilizado.

6.2 GANHOS QUALITATIVOS

Os ganhos qualitativos da implantação do sistema de gerenciamento de ferramentas de corte consistem basicamente no estabelecimento do controle completo de estoque no almoxarifado do prédio da usinagem de fundidos II, controle este que não existia até o momento. O processo inicial de levantamento do estoque do almoxarifado e cadastro de todos os materiais disponíveis, acompanhado do apontamento de entradas e saídas de estoque, permitiu com que seja disponibilizado para os usuários da aplicação, em tempo real, a quantidade de cada material em estoque no local.

O conhecimento completo sobre o que existe em estoque permite que a gestão do almoxarifado seja mais assertiva. Sem informações, é impossível que qualquer decisão gerencial seja tomada de forma embasada. Um dos aspectos importantes associados ao maior controle sobre o estoque disponível de ferramentas, é o de eliminar a ocorrência de requisições desnecessárias ao almoxarifado central, e também o de eliminar a ocorrência de atrasos nestas mesma requisições. Desta forma, evita-se a ocupação dos armários do almoxarifado com estoque excessivo, ou até mesmo a eventual indisponibilidade de certos materiais.

Além disso, o registro de informações sobre as saídas e entradas de estoque permite o conhecimento e a verificação, dentro da própria aplicação, de aspectos muito importantes a respeito do desempenho da distribuição de ferramentas, e da operação dos centros de trabalho do prédio da usinagem de fundidos II.

Quanto à distribuição de ferramentas, se algum apontamento ela for feita da maneira incorreta, será possível identificar o responsável, o momento do apontamento, o centro de trabalho de destino e o motivo da troca da ferramenta. Saber o responsável pelos apontamentos incorretos permite, por exemplo, a tomada de decisão de realizar novos treinamentos para melhor capacitar o colaborador para esta função.

Sobre o desempenho no chão de fábrica, a frequência de troca de ferramentas nos centros de trabalho permite que os gestores tomem conhecimento a respeito do quão bem as máquinas estão operando. Máquinas ineficientes – ou seja, com a frequência de troca de ferramentas muito alta – possivelmente estarão com algum problema a elas associado, podendo ser desde a operação inadequada, como algum defeito técnico.

Os ganhos financeiros associados a este tipo de solução são difíceis de calcular, pois dependem de uma série de variáveis e condições. Por esse motivo, o ganho existente nesse sentido foi descrito aqui apenas de maneira qualitativa. A seguir, serão descritos os ganhos financeiros que puderam efetivamente serem calculados para a implementação do sistema.

6.3 GANHOS FINANCEIROS

Os ganhos financeiros calculados para implantação do sistema consideraram alguns fatores. São eles:

- **Locais de possível aplicação do sistema:** o sistema inicialmente está implantado no prédio da usinagem de fundidos II, mas é aplicável (e posteriormente será de fato aplicado) nos prédios da usinagem de fundidos I e usinagem de eixos, que possuem a mesma dinâmica de gestão para seus respectivos almoxarifados.
- **Integração do sistema com o SAP já existente:** para que os ganhos financeiros potenciais sejam calculados, é necessário considerar que o processo de transcrição dos apontamentos de ferramentas já tenha sido eliminado. Como esta não é a realidade atual (já que essa eliminação depende da integração do sistema com o SAP, e isso acontecerá apenas na próxima etapa do projeto) é importante frisar que os ganhos calculados são referentes à futura integração do sistema com o ERP utilizado pela WEG.

A ideia do cálculo realizado para o ganho potencial da implantação do projeto consiste na premissa de que, a partir do momento da eliminação da atividade de

transcrição de apontamentos da planilha física para o SAP, o funcionário responsável terá um período de tempo considerável para a execução de outras atividades. Desta forma, calcula-se o ganho potencial anual da seguinte forma: multiplica-se o valor da hora pago para um funcionário do almoxarifado pelo número apontamentos realizados anualmente; depois, multiplica-se esse valor pelo tempo médio observado para uma transcrição de apontamento. Realiza-se esse cálculo para cada um dos prédios citados (usinagem de fundidos I, usinagem de fundidos II e usinagem de eixos), e soma-se esses três valores.

Para preservar o valor da remuneração dos colaboradores, essas quantias foram ocultas. Os ganhos calculados podem ser observados, em função das variáveis utilizadas para designar as remunerações, na tabela 1.

Tabela 1 – Ganhos financeiros potenciais para a implantação do sistema (considerando integração com o SAP)

	U. de Fundidos I	U. de Fundidos II	U. de eixos
Remuneração do colaborador por hora	R_{U_I}	$R_{U_{II}}$	R_{U_e}
Tempo para a transcrição de um apontamento (h)	0,0125	0,0125	0,0125
Número de apontamentos por almoxarifado por ano (2021)	30183	20423	30597
Ganho potencial anual (R\$)	$377,29 \times R_{U_I}$	$255,29 \times R_{U_{II}}$	$382,46 \times R_{U_e}$

7 CONCLUSÃO

Este capítulo tem como propósito concluir sobre o tema proposto nesta monografia, desde a ideia do sistema para gerenciamento de ferramentas de corte, passando pelo estudo feito para adequação do funcionamento do almoxarifado ao paradigma *lean* da manufatura, até a metodologia de desenvolvimento de software utilizada, os diagramas elaborados, e os resultados atingidos.

Quanto à ideia da proposição de uma aplicação web para a realização da gestão do estoque do almoxarifado do prédio da usinagem de fundidos II, acredita-se que essa foi a melhor abordagem possível para o desenvolvimento. As tecnologias utilizadas, o Javascript como linguagem de programação, o NodeJS como software para habilitar a execução do Javascript fora de um navegador web, e o ReactJS, biblioteca desenvolvida pelo Facebook para a construção dos elementos gráficos do sistema, são algumas das ferramentas mais utilizadas para o desenvolvimento web atualmente, com manutenção constante por parte das empresas responsáveis, e comunidades fortemente ativas, com diversos tópicos de discussão em aberto nos principais fóruns da internet.

Além disso, uma aplicação web, desenvolvida de tal forma que seus elementos gráficos sejam responsivos, executa facilmente em um dispositivo móvel e em um computador de mesa, como é o caso do sistema para gerenciamento de ferramentas de corte. O desenvolvimento fica centralizado apenas em uma versão, válida para qualquer tipo de dispositivo, facilitando o trabalho do desenvolvedor para elaboração de novas funcionalidades, manutenção do código, e gerenciamento de versões.

O estudo feito sobre os principais modelos de produção, desde a produção em massa proposta por Henry Ford nos Estados Unidos, passando pelo Sistema Toyota de Produção de Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, até a introdução do modelo de Manufatura de Classe Mundial, foi de grande importância para a compreensão do modelo de produção da WEG, e dos problemas a serem atacados e solucionados dentro do almoxarifado. A ideia de manufatura *lean* é algo extremamente relevante na produção industrial atualmente, inclusive na WEG – empresa onde este trabalho foi desenvolvido –, e esse conceito está diretamente relacionado com os sistemas de produção apresentados e elaborados ao longo da monografia.

A análise sobre a dinâmica de funcionamento da gestão do estoque no almoxarifado no prédio da usinagem de fundidos II foi elementar no sentido de apresentar para o leitor os problemas existentes, e porque eles eram relevantes e deviam ser solucionados. A compreensão do problema de falta de controle sobre o estoque disponível de ferramentas no almoxarifado, e da transcrição dos apontamentos de uma pasta física para o ERP utilizado pela empresa, foi importante para que se justificasse o esforço de desenvolvimento de um sistema completamente novo por parte do autor

deste trabalho.

A respeito do framework de gerenciamento de projetos utilizado para o desenvolvimento do projeto – o Scrum –, foi necessário justificar sua escolha, de maneira cuidadosa e embasada. Para tal, foi importante apresentar algumas das principais metodologias de desenvolvimento de software existentes na literatura – o Método Cascata e o Processo Unificado – além do surgimento das metodologias ágeis de desenvolvimento.

Dentro do contexto da metodologia empregada, foi necessário também justificar a escolha dos diagramas UML a serem elaborados. O Scrum é uma metodologia muito flexível a este respeito, pregando pela agilidade do desenvolvimento em detrimento da excessiva geração de documentação. Desta forma, foi justificável a decisão da elaboração de apenas alguns diagramas (diagrama de casos de uso de negócio, diagrama de casos de uso de sistema e diagrama de classes), prezando por outros aspectos prioritários sob o ponto de vista apresentado pelo Scrum.

Do ponto de vista da implementação do banco de dados, para que ela fosse consistente e gerasse uma base de dados suficientemente robusta, foi crucial utilizar o passo-a-passo de elaboração do diagrama entidade-relacionamento, modelo relacional e geração dos comandos *SQL* para efetiva criação das tabelas. Os resultados alcançados ao final foram satisfatórios para o propósito da aplicação.

Para finalizar, os ganhos obtidos com a implantação do sistema no almoxarifado do prédio da usinagem de fundidos II foram extensos e de grande relevância. O principal aspecto objetivado, o controle completo sobre o estoque disponível no almoxarifado foi de fato alcançado, o que permite, a partir de agora, uma maior adesão ao paradigma *lean* de manufatura na produção. A única, embora relevante, ressalva do desenvolvimento foi a ausência de integração do sistema para gerenciamento de ferramentas de corte com o SAP nesta etapa do projeto, impossibilitando temporariamente a eliminação do processo de transcrição de apontamentos de saídas de estoque.

Todo o procedimento de desenvolvimento desta monografia, detalhado aqui neste capítulo, foi concebido de forma que a ideia do tema, o estudo das metodologias e embasamento teórico para a realização do trabalho o tornassem consistente, e claros para a compreensão do leitor. De forma geral, acredita-se que os principais objetivos propostos com a elaboração deste Projeto de Fim de Curso foram alcançados com sucesso.

REFERÊNCIAS

- D'ORAZIO, Lorenzo; MESSINA, Roberto; SCHIRALDI, Massimiliano M. Industry 4.0 and world class manufacturing integration: 100 technologies for a WCM-I4. 0 matrix. **Applied Sciences**, MDPI, v. 10, n. 14, p. 4942, 2020.
- FLYNN, Barbara B; SCHROEDER, Roger G; FLYNN, E James; SAKAKIBARA, Sadao; BATES, Kimberly A. World-class manufacturing project: overview and selected results. **International Journal of Operations & Production Management**, MCB UP Ltd, v. 17, n. 7, p. 671–685, 1997.
- FOWLER, Martin; HIGHSMITH, Jim *et al.* The agile manifesto. **Software development**, [San Francisco, CA: Miller Freeman, Inc., 1993-, v. 9, n. 8, p. 28–35, 2001.
- HERIYANTI, Friska; ISHAK, Aulia. Design of logistics information system in the finished product warehouse with the waterfall method: review literature. *In*: IOP PUBLISHING, 1. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. [S.l.: s.n.], 2020. P. 012100.
- PAŁUCHA, K. World Class Manufacturing model in production management. **Archives of Materials Science and Engineering**, v. 58, n. 2, p. 227–234, 2012.
- PETRUZELLA, Frank. **Motores Elétricos e Acionamentos: Série Tekne**. [S.l.]: Bookman Editora, 2013.
- SCHWABER, Ken; SUTHERLAND, Jeff. The scrum guide. **Scrum Alliance**, v. 21, n. 1, p. 1–38, 2011.
- TEOREY, Toby J. **Database modeling and design**. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 1999.
- VANTI, Nadia. Ambiente de qualidade em uma biblioteca universitária: aplicação do 5S e de um estilo participativo de administração. **Ciência da Informação**, SciELO Brasil, v. 28, p. 333–339, 1999.
- WAZLAWICK, Raul. **Análise e design orientados a objetos para sistemas de informação: Modelagem com UML, OCL e IFML**. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2016.

WEG em números | WEG. WEG Equipamentos Elétricos S/A. 2021a. Disponível em: <https://www.weg.net/institucional/BR/pt/weg-in-numbers>. (acessado em: 28/05/2023).

WEG em números | WEG. WEG Equipamentos Elétricos S/A. 2021b. Disponível em: <https://ri.weg.net/a-weg/perfil-corporativo/>. (acessado em: 08/11/2023).

WOMACK, James P. **A máquina que mudou o mundo**. [S.l.]: Gulf Professional Publishing, 2004a.

WOMACK, James P. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. [S.l.]: Gulf Professional Publishing, 2004b.

WOOD JR, Thomaz. Fordismo, toyotismo e volvismo: os caminhos da indústria em busca do tempo perdido. **Revista de administração de Empresas**, SciELO Brasil, v. 32, p. 6–18, 1992.