

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Mateus Dias Bassani

**MÉTODO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE
GESTÃO DE MATERIAIS EM EMPREENDIMENTOS DE
CONSTRUÇÃO**

Porto Alegre

Abril, 2023

MATEUS DIAS BASSANI

**MÉTODO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE
GESTÃO DE MATERIAIS EM EMPREENDIMENTOS DE
CONSTRUÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de
Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como
parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Professor Eduardo Luis Isatto

Porto Alegre

Abril, 2023

CIP - Catalogação na Publicação

Bassani, Mateus Dias
Método para a implementação de sistemas de gestão
de materiais em empreendimentos de construção / Mateus
Dias Bassani. -- 2023.
81 f.
Orientador: Eduardo Luís Isatto.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de
Engenharia, Curso de Engenharia Civil, Porto Alegre,
BR-RS, 2023.

1. Implementação. 2. Gestão. 3. Materiais. I.
Isatto, Eduardo Luís, orient. II. Título.

MATEUS DIAS BASSANI

**MÉTODO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE
GESTÃO DE MATERIAIS EM EMPREENDIMENTOS DE
CONSTRUÇÃO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo Professor Orientador e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 10 de Abril de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Eduardo Luis Isatto (UFRGS)

Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Daniela Dietz Viana (UFRGS)

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Gennaro Rigido Junior (EPUSP)

Eng. Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Dedico este trabalho à minha família, que sonhou
junto comigo as vitórias que tive, que estou tendo e que
terei ao longo da vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo, pela oportunidade de estar completando esta etapa da minha vida, e por ter guiado minha jornada até então.

Agradeço à minha família pelo muito que fizeram durante estes anos, pelo apoio que recebi e pela liberdade que me deram para correr atrás dos meus sonhos.

Agradeço aos meus amigos pela companhia e pelos momentos que passamos juntos.

Agradeço aos engenheiros com quem trabalhei, e às empresas por onde passei, através dos quais pude aumentar o meu conhecimento e me preparar para me tornar um profissional exemplar.

Todos os homens sonham, mas não da mesma forma.
Os que sonham de noite, nos recessos poeirentos das
suas mentes, acordam de manhã para verem que tudo,
afinal, não passava de vaidade. Mas os que sonham
acordados, esses são homens perigosos, pois realizam
os seus sonhos de olhos abertos, tornando-os possíveis.

T. E. Lawrence

RESUMO

Este trabalho possui um caráter tanto prático quanto teórico, visando à análise, entendimento e aplicação de sistemas de gestão de materiais dentro de canteiros de obra. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa acerca dos sistemas usuais já implementados por algumas empresas da indústria da construção, mas também acerca de modelos direcionados a outras indústrias, como automotiva, fábricas diversas, indústria da tecnologia e outras, a fim de analisar a possibilidade de implementação destas filosofias, desenvolvidas por outras indústrias, dentro da construção civil. Tendo este embasamento, foi possível observar os motivos para se implementar ou não tais conceitos na gestão de materiais em empreendimentos construtivos, visando identificar as causas, facilidades, dificuldades e condicionantes para tanto. Por fim, foi possível realizar um estudo de caso analisando a viabilidade de implementação de tal método em uma obra atualmente em fase de execução na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Estes estudos possibilitaram a elaboração de um método preciso e de fácil utilização, ao mesmo tempo em que permite certa adaptabilidade às necessidades de cada situação. Este método deve ser capaz de implementar de fato os conceitos de gestão de materiais e controle de estoques em empreendimentos de construção civil.

Palavras-chave: Implementação. Gestão. Materiais.

ABSTRACT

This work has both a practical and a theoretical character, aiming at the analysis, understanding and application of material management systems within construction sites. Initially, a survey was carried out on the usual systems already implemented by some companies in the construction industry, but also on models aimed at other industries, such as automotive, various factories, technology industry and others, in order to analyze the possibility of implementation of these philosophies, developed by other industries, within civil construction. With this foundation, it was possible to observe the reasons for implementing or not such concepts in the management of materials in construction projects, aiming to identify the causes, facilities, difficulties and constraints for doing so. Finally, it was possible to carry out a case study analyzing the feasibility of implementing such a method in a building currently under execution in the city of Porto Alegre, Rio Grande do Sul. These studies enabled the elaboration of a precise and easy-to-use model, while allowing some adaptability to the needs of each situation. This method must be able to implement the concepts of material management and inventory control in civil construction projects.

Keywords: Implementation. Management. Materials.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo com determinação dos níveis	37
Figura 2 – Exemplo curva ABC	38
Figura 3 – Curva de custo total	40
Figura 4 – Lote econômico com faltas	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Escolha do tipo de abastecimento	25
Gráfico 2 – Aumento do consumo mensal e do tempo de reposição	76
Gráfico 3 – Método finalizado	63

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 – Sistema de identificação dos corredores dentro do almoxarifado	54
Imagem 2 – Sistema de identificação das prateleiras dentro do almoxarifado	55
Imagem 3 – Sistema de identificação dos paletes dentro do almoxarifado	56
Imagem 4 – Exemplo de zoneamento do almoxarifado	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Divisão recomendada da curva ABC	38
Quadro 2 – Identificação das seções nas prateleiras em cada corredor	67
Quadro 3 – Ficha física de controle de saída de materiais	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de consumo ao longo dos dias do ano	32
Tabela 2 – Exemplo do cálculo do consumo acumulado	32
Tabela 3 – Exemplo com dados preliminares para a montagem da classificação ABC	36
Tabela 4 – Exemplo com dados acumulados para classificação ABC	37
Tabela 5 – Exemplo de ficha de controle para saída de materiais	58
Tabela 6 – Exemplo de ficha de controle de kits	60
Tabela 7 – Tabela normal padrão	80

LISTA DE SIGLAS

CD – Centro de Distribuição

EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

FIFO – *First In First Out*

JIT – *Just In Time*

LIFO – *Last In First Out*

MPS – *Master Production Schedule*

MRP – *Materials Requirements Planning*

OC – Ordem de Compra

PEPS – Primeiro a Entrar Primeiro a Sair

UEPS – Último a Entrar Primeiro a Sair

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE SÍMBOLOS

B – Custo de Pedido

C – Consumo

E – Estoque

I – Custo de Armazenagem Unitário

n – Número de Períodos

P – Preço Unitário

Q – Quantidade

T – Tempo

TR – Tempo de Reposição

σ – Desvio Padrão

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Objetivo	18
1.2. Escopo	19
1.3. Método de Pesquisa	19
2. GESTÃO E CONTROLE DE ESTOQUES	21
2.1. Benefícios e Inconvenientes da Existência de Estoques	21
2.2. Controle de Estoques	22
2.3. Evolução da Complexidade das Operações	23
2.4. Previsão	24
2.4.1. Método do Último Período	27
2.4.2. Método da Média Móvel	27
2.4.3. Método da Média Móvel Ponderada	27
2.4.4. Método da Média com Ponderação Exponencial	28
2.5. Níveis	28
2.5.1. Tempo de Reposição	29
2.5.2. Estoque Mínimo	30
2.5.3. Rotatividade	35
2.6. Classificação ABC	35
2.7. Lote Econômico de Compra	39
2.7.1. Redução dos Lotes Adquiridos	39
2.7.2. Cálculo com Faltas	41
2.8. Sistemas de Controle de Estoques	43
2.8.1. Sistema Duas Gavetas	44
2.8.2. Sistema dos Máximos e Mínimos	44
2.8.3. Sistema das Revisões Periódicas	44
2.8.4. MRP	44
2.8.5. Just In Time (JIT) / Kanban	46
2.9. Avaliação de Estoque	47
2.9.1. Custo Médio	48
2.9.2. Método PEPS (FIFO) / Método UEPS (LIFO)	48
2.9.3. Custo de Reposição	48
3. ARMAZENAGEM DE MATERIAIS	49

3.1. Localização do Almoxarifado	50
3.2. Análise de Sistemas de Estocagem	51
3.3. Localização dos Materiais dentro do Almoxarifado	51
4. ESTUDO DE CASO	53
4.1. Descrição do Sistema Empregado pela Empresa	53
4.2. Sistema de Controle do Inventário Virtual	57
4.3. Montagem de Kits	59
4.4. Layout do Almoxarifado	60
5. MÉTODO DE IMPLEMENTAÇÃO DA GESTÃO DE MATERIAIS EM EMPREENDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO	63
5.1. Condicionantes à Aplicação	63
5.2. Organização do Estoque Físico	66
5.3. Organização do Estoque Virtual	68
5.4. Análise do Estoque para Reposição e Controle	70
6. CONCLUSÃO	75
REFERÊNCIAS	77
ANEXO A	78
ANEXO B	80

1. INTRODUÇÃO

No contexto da engenharia civil, é fundamental que o engenheiro seja capaz de propor estratégias e soluções efetivas, atentando para o menor custo possível sem prejudicar a qualidade do produto final. Ao mesmo tempo, também é necessário um grande cuidado em relação aos prazos e tempo de cada atividade a ser executada dentro do cronograma da obra. Atentando especificamente para a redução do custo e do tempo, vemos que o modelo de gestão e organização dos materiais no canteiro de obras exerce uma força muito grande, podendo ser positiva ou negativa, em relação às necessidades observadas.

Como diz Fábio Sampaio Bezerra:

Nos mais diferentes graus envolvidos na armazenagem, a tecnologia exerce uma função primordial na atual estrutura da cadeia, sendo assim, é exigido no mercado uma qualificação cada vez maior dos profissionais envolvidos, melhorando o pessoal e dando mais agilidade e retidão às ações aplicadas no ato (2015, p. 55).

Não apenas a armazenagem, mas o sistema de gestão de materiais como um todo, englobando sua compra, prazos, movimentação dentro do canteiro, aspectos logísticos e momento de reposição, é o que possibilita a existência de um ambiente favorável à produtividade na construção. Um correto modelo de controle de estoque e abastecimento previne compras desnecessárias de materiais e também a ocorrência de situações indesejáveis como falta de materiais, o que deixa atividades inacabadas, impede que outras equipes iniciem seus serviços e acaba por estender o prazo da obra além do desejado.

Muitas observações e técnicas já foram estudadas e tratadas em diversas pesquisas, artigos e aprofundamentos sobre o tema. Porém, diversas vezes esse conhecimento fica estagnado no âmbito teórico e não se manifesta na prática nas ações e procedimentos encontrados na vivência em obras.

Além disso, os próprios procedimentos que a empresa já executa podem acabar impedindo que modelos mais evoluídos sejam implantados nas obras. E mesmo que existam tais planos no ambiente da empresa, as particularidades de cada uma das obras, como restrições de acesso, de localização, de armazenagem e de pessoal mobilizado podem ser fatores que prejudicam ou inibem a aplicação de tais planos, procedimentos e métodos.

Além disso, é possível observar que ao longo do tempo é natural que surjam mudanças e melhorias relativas à gestão de materiais, visto que as tecnologias empregadas estão em constante aperfeiçoamento, além do fato das estratégias a nível macro das empresas também estarem mudando, sendo afetadas pelo momento econômico, cultural ou situações pontuais.

Portanto, o presente trabalho busca analisar os dados já disponíveis, através das pesquisas e técnicas atualmente disponíveis, e através da análise dessas várias opções e conhecimento adquirido ao longo do tempo, atentando para as características da gestão de materiais que são mais fundamentais e essenciais para o correto andamento das atividades. Além de analisar os dados, pretende buscar informações práticas que já são reconhecidas como funcionais e de fácil aplicação, utilizadas nos empreendimentos de construção, assim como os procedimentos que a própria empresa onde são executados os estudos possa possuir, e que devem ser implementados em suas obras.

A partir de então, objetiva-se desenvolver um método, sendo aplicado em um projeto de construção. Entretanto, o método não é de exclusiva aplicação nesse local. Também pode ser implementado em sua totalidade na prática não apenas em uma obra ou com foco específico para uma única empresa, mas vindo a beneficiar quaisquer empreendimentos que desejem optar por implementar o método desenvolvido em seus procedimentos e boas técnicas de execução e gestão de estoques.

Por ter um caráter geral, tais procedimentos, modelados em um sistema linear de atividades, podem ser replicados e adaptados às necessidades específicas do ambiente da obra e do tipo de material, incluindo não apenas uma gestão de materiais em canteiro de obras, mas também o sistema de requisição de materiais a fim de prevenir as faltas e compras desnecessárias.

1.1. Objetivo

O objetivo do trabalho é construir um método de implementação de gestão de materiais embasado no conhecimento já disponível na indústria da construção civil, nas boas práticas e em procedimentos empresariais já existentes, sendo tal método replicável e adaptável, de fácil compreensão e execução, a fim de minimizar atrasos e custos nas obras e empreendimentos que optarem por aderir ao sistema.

Além disso, tem-se como objetivos específicos: entender os conceitos relativos ao dimensionamento de estoques; analisar os modelos de organização e armazenagem; realizar

observações acerca da logística de movimentação interna no canteiro e desenvolver um conceito das tecnologias existentes a fim de que o método final possa apresentar a viabilidade desejada.

1.2. Escopo

Não é abordado de forma aprofundada o modelo de compra dos materiais. Porém, é analisada a antecedência com a qual os materiais precisam ser requisitados a fim de chegarem na obra em tempo hábil. Para isso, é produzida uma tabela de prioridades, sendo que essa tabela classifica os materiais de acordo com o prazo entre a requisição e a chegada em obra. Os materiais que exigirem um tempo significativamente maior recebem um sistema de alertas no próprio cronograma da obra, para prevenir os atrasos já mencionados.

Também não é estudado a relação entre terceirizados, a respeito da mão de obra, mesmo que afetem a questão do consumo de materiais e desperdício. São feitas apenas medições quantitativas para se obter as medidas comuns de consumo e perda. Os sistemas de abastecimento em obra poderão vir a ser abordados, dependendo da necessidade e do tipo de material. Mas não é uma obrigatoriedade para que se adeque o trabalho final à proposta.

O presente estudo também não aborda os conceitos de Planejamento e Controle de Produção, nem os processos de produção, a fim de não deixar seu conteúdo abrangente em excesso, vindo a ser menos efetivo do que deveria.

Dentro do conceito de gestão de estoques, não são abordados conceitos mais aprofundados acerca dos custos envolvendo a existência de estoques, tanto os custos envolvendo a armazenagem, montagem, custos de capital, custos com pessoal e com a manutenção do local. Isto não é abordado neste trabalho, visto se identificar mais com a área de gestão financeira. Ou seja, o estudo se inicia com o entendimento de que os estoques geram um custo significativo, porém sua existência é imprescindível, sendo que é desejo das empresas reduzir seus custos e aumentar a eficiência na completa gestão de materiais.

1.3. Método de Pesquisa

O método de pesquisa empregado neste trabalho consiste em realizar um estudo de caso em uma obra de uma incorporadora de grande porte que atua no mercado de alto padrão no Brasil. Inicialmente, realiza-se um diagnóstico da empresa, analisando possíveis procedimentos que já sejam padronizados da empresa e que sirvam de guia para a realização do trabalho. Além disso, é feita uma revisão bibliográfica, dando-se prioridade para sistemas mais conhecidos e cuja eficiência e uso já são comprovados através da prática no mercado da construção. Estes sistemas

secundários não necessariamente precisam ser utilizados diretamente na gestão de estoques, mas servem de base para o entendimento da aplicação da gestão de estoques em obra. Inicialmente é abordado a questão de estoques, posteriormente modelos de armazenagem de materiais e finalmente sua movimentação.

Em seguida, é criado um método com base na pesquisa realizada, que não precisa ser um sistema específico, mas sim um conjunto de vários métodos que certamente funcionem, que já sejam utilizados na prática em obras e em empreendimentos construtivos, a fim de averiguar se é possível trabalhar com várias definições em conjunto. Esse método é esquematizado e então implementado na prática, o que também possibilita a geração de feedbacks e pontos de melhoria. Ele pode então ser comparado aos sistemas recorrentes que abordam pontos específicos da gestão de estoques. Serão feitos vários testes, confirmando a facilidade e eficiência da aplicação destes métodos de gestão de materiais. Dependendo do andamento da obra e da pesquisa, a aplicação do método pode vir a ser executada em um período posterior à finalização deste trabalho, o que não altera o curso das ações subsequentes.

A sequência de conteúdos que é abordada no presente trabalho consiste em um estudo acerca das técnicas e métodos para a gestão e o controle dos estoques, a fim de se obter dados quantitativos acerca de níveis, curvas de consumo, ponto de pedido, etc., e como lidar com os dados disponíveis. No próximo capítulo, são analisadas medidas que facilitam o controle físico dos materiais dentro dos almoxarifados. Depois, são incluídos na pesquisa os métodos identificados no estudo de caso que contribuem para a dinâmica do trabalho. Por fim, a partir da pesquisa realizada com base tanto no conhecimento já disponível e em uso no mercado, quanto nas padronizações obtidas a partir do estudo de caso, é gerado o método de implantação das técnicas de gestão dos materiais em canteiros de obras.

2. GESTÃO E CONTROLE DE ESTOQUES

Nesta seção, serão abordados os temas envolvendo a gestão dos materiais em relação à sua passagem pelos estoques. A movimentação destes materiais no canteiro de obras, os mecanismos de armazenagem e o layout utilizado serão tópicos abordados em seções posteriores. Por enquanto, serão analisados os critérios de controle das quantidades e prazos dos materiais, previsões para reposição e consumo, níveis, lotes e métodos de avaliação dos sistemas de gestão de estoques.

2.1. Benefícios e Inconvenientes da Existência de Estoques

É fundamental se ter em mente que a função primordial dos estoques é garantir que o produto esteja disponível no momento em que for necessário. Ou seja, para que não ocorra descontinuidades no sistema de produção, é necessário a existência de estoques. Porém, o inconveniente da existência de estoques é a necessidade de investimento por parte da empresa em instalações e locais próprios para armazenagem. Assim como diz Dias (2010), sem estoques, é impossível que uma empresa trabalhe. Entretanto, deve-se minimizar o capital investido a fim de tanto amortecer os estágios da produção quanto permitir uma boa lucratividade para a empresa. É por isso que a forma como os materiais são organizados é tão importante dentro do contexto da gestão de materiais.

Como já foi dito, os sistemas de gestão e de produção mudam ao longo do tempo. Atualmente, existe uma necessidade crescente, dentro de um contexto de alta competitividade no mercado da construção civil, de administrar corretamente os recursos disponíveis em canteiros de obras a fim de evitar conflitos com outras atividades, falta de materiais ou perdas por um dimensionamento incorreto. Por isso, é importante saber que ter materiais em estoque é fundamental para a execução de uma edificação e para possibilitar economias de escala, mas também que sua existência irá impactar de forma negativa as operações no canteiro, dificultando os processos e dispendendo recursos para a criação de um local apropriado, com estrutura logística para transporte e organização interna.

Resumindo, o ritmo da produção é garantido pela existência de estoques de materiais, porém existe um limite após o qual a existência do estoque mais dificulta do que auxilia a execução do empreendimento. Por isso, ao longo dos anos, foram desenvolvidos alguns métodos para aumentar a organização dos estoques, tornando-os mais eficientes e acessíveis, mas também

para se saber o momento necessário da aquisição dos materiais a fim de evitar um estoque com excesso de itens.

Por exemplo, se um determinado insumo possui uma capacidade de reposição alta, em um curto espaço de tempo, não há necessidade de manter uma grande quantidade deste insumo armazenado, sendo que uma nova compra pode ser feita assim que houver necessidade. Pode parecer uma coisa simples, básica, porém muitas vezes vemos que até mesmo tais processos não são colocados em prática em alguns empreendimentos. Um exemplo disso é a falta de insumos básicos em uma obra, o que não ocorreria se um modelo adequado de gestão de materiais fosse empregado.

Este tópico será abordado com mais detalhes nas próximas seções, porém desde já é possível entender que é fundamental se trazer para a prática um conhecimento até então teórico. Este trabalho irá trazer informações já existentes para discussão. E por isso é necessário entender que o principal objetivo é encontrar formas de implementar essas técnicas com segurança, praticidade e viabilidade em obras com os mais diferentes contextos. Ter um estoque é simples. Implementar modelos para a gestão de materiais e sua conexão com os processos logísticos de armazenagem é mais complexo.

Sabendo que estoques são fundamentais para garantir a continuidade das operações e para garantir economias de escala, podemos encontrar outros benefícios como prevenção contra um aumento súbito de preço dos insumos ou incapacidade dos fornecedores de atenderem à demanda atual da empresa. Estes pontos estão conectados entre si, e afetam significativamente as atividades do canteiro, atestando a importância de uma correta gestão de materiais a fim de trazer os melhores resultados para o negócio.

2.2. Controle de Estoques

A existência de estoques é fundamental para a execução de uma edificação, porém a sua má gestão pode ocasionar até mesmo o fracasso da empreitada. Por isso, o objetivo das empresas na administração de estoques geralmente envolve três aspectos: minimizar a quantidade de materiais em estoque, melhorar a distribuição dos materiais e racionalizar esquemas de aplicação dos materiais.

Não são processos inovadores ou de difícil compreensão, e por isso sua implementação não deveria ser dispensada. O que ocorre geralmente é que a atenção do engenheiro e responsáveis está voltada exclusivamente para a questão da gestão de processos, a tecnologia de produção,

pois afeta a qualidade e a quantidade dos materiais. Porém, isso acaba prejudicando a gestão de materiais e produzindo custos extras que poderiam deixar de existir a partir da implementação de processos de controle simples e confiáveis.

Segundo Dias (2010, p. 21), os objetivos principais devem estar bem claros para que o controle de estoques seja feito de maneira correta. Inicialmente, devem ser respondidas três perguntas:

- O que deve permanecer em estoque (número de itens)?
- Quando os estoques devem ser reabastecidos (periodicidade)?
- Quanto deve ser adquirido (quantidade comprada)?

Após esta etapa, o setor de compras deve ser acionado, sendo realizada a Ordem de Compra (OC). Depois do prazo definido pelo fornecedor, o material chega na obra, e então deve ser armazenado e controlado, através de critérios quantitativos, a fim de se conhecer a situação real do estoque físico disponível para a produção ao longo do tempo. Devem ser realizados inventários periódicos a fim de avaliar o estado dos materiais, retirando materiais deteriorados ou obsoletos, e para confirmar os valores presentes nos registros.

2.3. Evolução da Complexidade das Operações

Certamente é possível administrar os materiais sem um controle avançado, utilizando tecnologias e métodos mais tradicionais, como tabelas físicas ou sistemas de carimbos. Mas essa forma de gestão só é possível em empresas de pequeno porte, onde o estoque é pequeno o suficiente para armazenar as informações necessárias em arquivos físicos, impressos, o que envolve uma quantidade muito maior de tempo na preparação e atualização dos dados. Neste sistema, a entrada e saída de itens é controlada de forma manual, e o local de armazenamento pode ser memorizado pelo responsável. Porém, quando o número de itens e a complexidade das negociações passa a ser maior, este sistema se torna inviável, invalidando praticamente qualquer benefício que a empresa teria em agir dessa forma.

Neste novo cenário, passa a ocorrer desperdício de tempo na busca pelos produtos, já que não há um controle exato de sua localização no depósito, há um acúmulo de materiais em um espaço confinado, começa-se a abrir novos depósitos em diferentes áreas para dar conta da quantidade de itens, além de produzir um desconhecimento acerca da chegada e saída de materiais. Passam a surgir problemas de excesso ou falta de insumos.

Neste momento, as perdas começam a ser tão significativas para a empresa, que a mesma passa a adotar uma nova estratégia, com um controle maior sobre os estoques, através de uma

codificação dos materiais e armazenagem centralizada e organizada com base no padrão desejado. Passam a surgir mecanismos de controle e fiscalização das atividades, num sistema de produção puxada, porém ainda manual e físico.

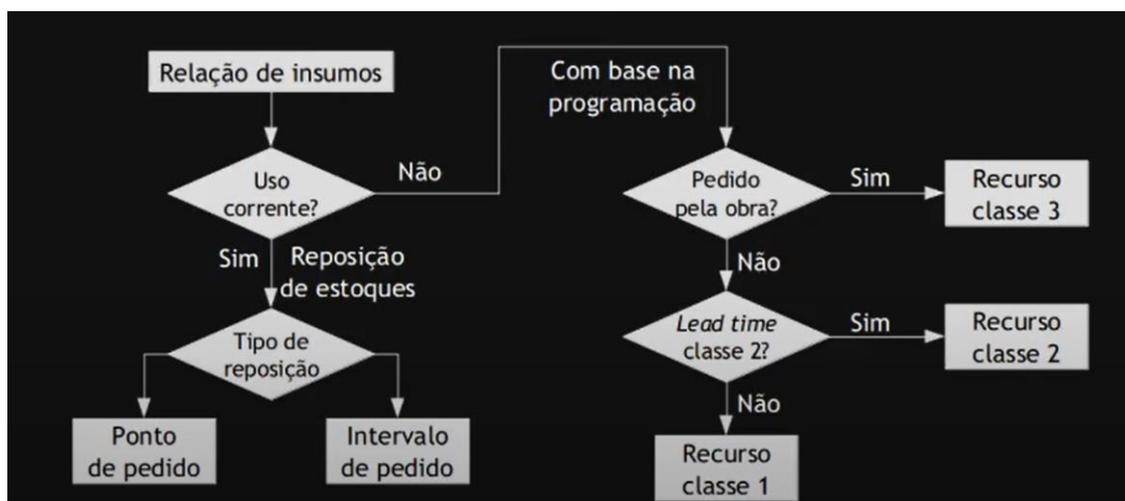
A adoção de tais mecanismos já é uma evolução significativa, porém não impede erros de cálculo, omissões, enganos acerca da finalidade, uso ou descrição do material, etc., quando a produção e as movimentações de materiais aumentarem ainda mais. Ou seja, o problema de o mesmo material constar como estando em locais diferentes volta a surgir. Por isso, um sistema informatizado tende a ser utilizado nestes casos, para garantir o controle e a codificação correta dos materiais. A informatização permite a adoção de programas capazes de gerenciar uma enorme variedade de dados e gerar relatórios mais precisos e importantes para as futuras decisões das empresas.

Segundo Branco Junior e Serra (2003, p. 1), o processo de aquisição dos materiais já se inicia nas etapas de projeto e planejamento. Por conta disto, um sistema automatizado permite integrar outras funcionalidades, como análise de prazos e cronogramas físico-financeiros, modelagem 5D, etc., em conjunto com a gestão e controle dos estoques, reduzindo os riscos e possíveis falhas nos processos.

2.4. Previsão

De acordo com Isatto (2021), existem duas formas básicas de se adquirir novos materiais. A primeira é por pedido e a outra é por reposição. A requisição por pedido é feita com base no cronograma de obra. Este sistema é útil para materiais que serão necessários em momentos específicos da obra, como elevadores ou concretagens. Já a requisição por reposição é feita com base na análise de estoques, de forma periódica, segundo a necessidade de consumo do próximo período. O gráfico abaixo demonstra de forma simplificada este processo.

Gráfico 1 - Escolha do Tipo de Abastecimento



FONTE: ISATTO (2021)

Dentro da requisição por pedido, os recursos Classe 1 precisam ser pedidos a partir do plano de longo prazo, pois o tempo de ciclo “*lead time*” do fornecedor tende a ser mais longo. Segundo Formoso (1999, p. 32), o lote de compra, nestes casos, costuma corresponder à totalidade dos itens que serão utilizados no empreendimento. Os recursos Classe 2 podem ser requisitados a partir do plano mensal de médio prazo, e os recursos Classe 3 podem ser pedidos diretamente pela obra no curto prazo, já que neste último caso o tempo entre o recebimento do pedido pelo fornecedor até a chegada do material em obra é curto.

Por outro lado, para as requisições por reposição, existe uma certa variabilidade que não está expressa em projetos ou cronogramas. É por isto que a previsão é fundamental para a gestão de estoques. Através dela, é possível saber qual material, qual a quantidade e quando será consumido na obra. É feita uma projeção futura através dos dados coletados anteriormente. É importante diferenciar que a previsão não se trata de uma meta a ser atingida. Não é um valor que a produção deve atingir para atender as necessidades da obra, sendo justamente o contrário. Projeta uma necessidade futura da obra.

Ou seja, a produção não deve ser guiada pela previsão de consumo de estoques, mas sim a previsão de consumo de estoques deve ser guiada pela produção compatível com a situação atual do empreendimento. Por isso, caso comecem a surgir assimetrias entre os valores previstos e realmente executados, quem deve sofrer uma alteração para produzir o equilíbrio é a previsão, sendo recalculada com base na produção que sofreu alteração.

Como foi dito, não basta conhecer a demanda total da obra. Certamente é importante saber os valores totais, baseados nos dados de planejamento, orçamentários e que podem ser confirmados através dos projetos, mas é fundamental que esses valores sejam distribuídos ao longo do tempo. Caso contrário, temos o problema de gerar uma grande quantidade de estoque sem rotatividade, o que prejudica o fluxo de informações e a dinâmica de gestão de materiais.

Como diz Sallaberry (2009, p. 20-21):

Um dos parâmetros importantes para o alcance de todos os objetivos do empreendimento é a previsão das necessidades de suprimentos. Antes de se iniciar qualquer operação de produção, é necessário que os materiais estejam disponíveis, e essa disponibilidade deve continuar ao longo do período.

A fim de se conhecer a demanda total e sua distribuição ao longo do tempo, é necessário se adquirir algumas informações, sendo elas: variação do consumo passado; planejamento futuro da obra; mudanças em relação aos fornecedores ou terceirizados; ritmo de trabalho; e a opinião dos responsáveis pela execução e pelo controle da produção.

A seguir, iremos abordar algumas técnicas utilizadas comumente pelas empresas para realizar a previsão de estoques. Independentemente da técnica utilizada, é necessário se ter em mente que nenhum modelo de previsão irá dar um resultado estático com 100% de certeza, tanto pelas variáveis que afetam os cálculos quanto pela tendência geral do consumo variar ao longo do tempo, apresentando uma tendência que pode ser horizontal (variação em torno de uma média que tende a permanecer constante ao longo do tempo), linear (variação em torno de uma média que tende a aumentar ou diminuir de forma constante ao longo do tempo) ou sazonal (composto por oscilações regulares).

Tais técnicas utilizam a análise de demanda independente para o cálculo da previsão de consumo. Esta variação é reflexo de possíveis variações na produtividade por parte dos operários, a fatores climáticos, etc., não sendo um reflexo de consumo por parte do consumidor final.

2.4.1. Método do Último Período

Transmite o consumo do período passado para o mês atual. Não utiliza nenhum modelo matemático, simplesmente considera que o consumo irá permanecer constante de um período para o outro e, portanto, os valores consumidos no passado irão continuar os mesmos nos períodos subsequentes.

2.4.2. Método da Média Móvel

É similar ao Método do Último Período, porém apresenta a condição de considerar mais períodos além do último. Não existe uma regra definida para a escolha de quantos períodos serão considerados na conta, mas geralmente opta-se pela escolha dos últimos 12 meses. Então por exemplo, para o mês de janeiro de 2023, será feita uma média de todos os meses do ano 2022. Para o mês de fevereiro de 2023, será incluído na conta o mês de janeiro de 2023 e removido o mês de janeiro de 2022. E assim sucessivamente, obtendo-se um novo resultado a cada período, pois o período mais antigo utilizado na conta passa a ser desprezado em prol do mais recente.

A principal desvantagem deste método é que se existir um mês com uma diferença de consumo muito grande dos demais, essa diferença irá alterar significativamente o resultado final, retornando valores não compatíveis com a realidade. Além disso, caso a quantidade de períodos seja muito grande, valores muito antigos passam a ser tão válidos quanto valores de um consumo mais recente, atrasando a adequação do calculado com o real.

2.4.3. Método da Média Móvel Ponderada

A fim de solucionar um dos problemas do Método da Média Móvel, que é a igualdade de importância para todos os períodos considerados, foi criado o Método da Média Móvel Ponderada. Neste método, cada período recebe uma importância diferente, correspondendo à parcela que irá ser multiplicada, variando de 0 a 1. Neste caso, os períodos mais recentes recebem valores maiores e os períodos mais antigos valores menores, sendo que a soma das ponderações deve corresponder a 1.

Novamente, é completamente arbitrária a importância que será concedida a cada período. Como exemplo, podemos selecionar um período de 3 meses, sendo que cada mês corresponde a um período. O primeiro mês terá um peso de 20%, o segundo terá um peso de 35%, e o terceiro um peso de 45%. Então os valores do primeiro mês serão multiplicados pelo respectivo peso ou importância, e no final os valores estarão em maior acordo com a realidade. Infelizmente, o

problema de existir um mês muito assimétrico ainda permanece, podendo distorcer os resultados.

2.4.4. Método da Média com Ponderação Exponencial

Este método mantém as vantagens do Método da Média Móvel Ponderada, porém não necessita de tantos dados para ser executado. Além disso, também resolve o problema dos valores aleatórios muito variáveis. Neste método, são utilizados os valores de consumo do último período, previsão do último período e uma constante arbitrária, que geralmente fica em torno de 0,2, para fazer uma relação entre as diferenças por mudanças no padrão de produção e mudanças aleatórias.

Por exemplo, se no último período era estimado um consumo de 100 unidades, mas apenas 95 foram consumidas, existe uma diferença, um erro, de 5 unidades. O motivo dessa diferença é devido tanto a uma mudança real no consumo, provocada por fatores como aumento do rendimento, liberação de atividades, etc., quanto por conta de fatores aleatórios, como clima, acidentes, etc. A constante que gira em torno de 0,2 expressa essa relação, informando que 20% da diferença se deve a uma mudança no padrão de consumo enquanto 80% se deve a fatores aleatórios.

Portanto, na próxima previsão, deve-se partir da previsão do mês passado (100 unidades) e considerar que 20% do erro (1 unidade) se deve a uma mudança real que irá ocorrer no mês seguinte. Dessa forma, somando-se a parcela real da diferença encontrada com a previsão do mês passado, encontra-se a previsão do mês seguinte (99 unidades). No exemplo acima, como a diferença resultou em um valor negativo, o resultado da conta irá ser inferior à previsão do período passado. A parcela aleatória pode gerar valores tanto para mais quanto para menos, por isso não faz parte do cálculo da previsão.

Para reforçar, o valor de 0,2, correspondente a 20% da diferença, é totalmente arbitrário e deve ser alterado caso as evidências empíricas apontem nesta direção. Comumente, fica entre 0,1 e 0,3, mas em casos excepcionais pode extrapolar o intervalo. Infelizmente, o método não é indicado para os casos onde a tendência de variação do consumo é horizontal ou linear.

2.5. Níveis

Dentro do estudo dos níveis dos estoques, é importante entender que existem alguns motivos para que ocorram falhas nas análises de estoque, como por exemplo: alterações de consumo, falhas na compra de mais materiais, atraso de fornecedores ou qualidade do produto abaixo do

esperado. No tópico anterior analisamos algumas técnicas para melhorar a previsão do consumo futuro. Mesmo sabendo desta informação, como vimos, ainda assim existem fatores aleatórios ou de outras fontes que irão fazer o consumo variar. Além disso, é fundamental considerar alguma variação na qualidade de uma parcela dos materiais, problemas com a entrega, com prazos, etc.

Por esse motivo, não é sensato esperar que o estoque acabe em sua totalidade para então pedir uma reposição de itens, ou até mesmo programar uma data muito perto do ponto da falta de itens para esta reposição. Ou seja, mesmo não sendo algo desejado, é esperado que inconvenientes ocorram ao longo do processo e, a fim de não prejudicar a produção na obra, é necessário que durante a gestão de materiais e, mais especificamente, durante a análise de níveis de estoque, se estabeleçam parâmetros mínimos, valores de segurança que precisam ser calculados a fim de que, caso algum problema venha a ocorrer, a empresa ainda tenha alguma solução para continuar a produção e o planejamento desenvolvido.

Essa margem de reserva, que irá absorver os inconvenientes e liberar materiais para a produção mesmo em momentos de crise, é uma quantidade de material morto. Ou seja, gera custos para a empresa e não vem a ser utilizado. Porém, é importante para que a produção não seja interrompida em caso de falhas. Outra alternativa seria elevar a quantidade total do estoque, mas essa não é uma boa opção, como vimos anteriormente, pois gera custos ainda maiores e pode falhar também em momentos específicos.

2.5.1. Tempo e Nível de Reposição

Segundo Dias (2010, p. 49), o tempo de reposição é o tempo gasto desde a verificação de que o estoque precisa ser repostado até a chegada efetiva do material no almoxarifado da empresa. Dentro desse prazo, está incluso o tempo para que a empresa seja capaz de realizar a solicitação da compra, o tempo que o fornecedor irá levar para realizar sua parte e também o tempo de transporte até o local determinado.

Para que o material chegue a tempo de garantir a margem de reserva, é necessário realizar um cálculo reverso, considerando as etapas acima, para determinar o momento onde será necessário fazer o pedido. O ponto de pedido não deve considerar apenas os materiais já em estoque, mas também os materiais em trânsito, e que tem previsão de chegada até a data limite. Caso estas quantidades sejam desconsideradas, pode ocorrer o problema de um estoque superestimado. Este é o estoque virtual, que considera quantidades extras além do estoque físico.

Quando o estoque virtual atingir o nível de reposição é registrado que um novo pedido precisa ser feito. Até esse pedido chegar efetivamente na obra, terá se passado o tempo de reposição, durante o qual continua havendo consumo de materiais. Então, quando se chegar no estoque mínimo, é quando os novos materiais efetivamente chegarão na obra, e dessa forma a produção não será interrompida. Ou seja, para calcular a quantidade de materiais que precisam ser solicitados no nível de reposição, é importante considerar o estoque mínimo acrescido da quantidade de itens que será consumida durante o tempo de reposição.

O tempo de reposição precisa ser o menor possível, a fim de não deixar a obra exposta a inconvenientes diversos. Ao mesmo tempo, alguns serviços precisam ser programados com uma antecedência menor, já que as condições climáticas ou outras atividades da obra podem afetar a chegada do material. Por exemplo, marcar uma concretagem com poucos dias de antecedência é melhor do que muitos dias antes, pois as condições que serão enfrentadas podem ser muito mais controladas.

A questão de capacidade de armazenagem será vista em maiores detalhes a seguir, mas é importante considerar que o nível máximo (estoque mínimo acrescido do lote requisitado) deve ser capaz de ser armazenado no almoxarifado. Ou seja, o depósito deve ter espaço suficiente para a compra executada. Caso não tenha, será necessário diminuir o prazo entre os níveis de reposição, programando mais pedidos em um mesmo intervalo de tempo, a fim de limitar o estoque máximo no nível de capacidade comportado pelo espaço real.

É importante também mencionar que nem todos os materiais sofrerão uma análise do ponto de pedido, devido principalmente às relações com os fornecedores. Dependendo do caso, a fim de minimizar os custos com frete e duplicidade de pedidos, pode ser necessário fazer a reposição do material em um intervalo determinado de tempo, variando apenas a quantidade a ser comprada.

2.5.2. Estoque mínimo

Segundo Dias (2010, p.54), o estoque de segurança é uma quantidade mínima de materiais que se destina a cobrir eventuais atrasos na reposição (e outros inconvenientes), para que haja garantia de funcionamento ininterrupto e eficiente do processo produtivo. Os inconvenientes que podem ocorrer já foram mencionados, como variações de consumo, atrasos de fornecedores ou da requisição de reposição, ou falta de qualidade/especificação correta dos materiais.

É possível pensar num cenário onde exista um estoque mínimo tão grande que nunca ocorreria falta de materiais. Mas novamente, esse cenário seria muito custoso para a empresa, a fim de manter um estoque tão grande de materiais que não viriam a ser utilizados. Ao mesmo tempo, um cenário onde existe um estoque mínimo muito baixo a ponto de não prevenir as falhas também é indesejado, pois também ocorreriam custos significativos devido à interrupção da produção, alterações de cronograma, custos extras com transporte, etc.

Segundo Moura (2006, p. 88), a redução do estoque gera um movimento em cadeia de redução de custos e aumento da eficiência, tanto em relação à diminuição de materiais quanto na precisão de consumo para os períodos subsequentes.

Ou seja, o estoque mínimo deve apresentar valores entre estes extremos, de forma que o custo para se manter o estoque seja menor do que os custos com a interrupção da produção e a falta de materiais. A seguir serão analisados alguns métodos para a definição do valor ideal do estoque de segurança.

- Fórmula Simples

Considera um coeficiente arbitrário que deve ser multiplicado pelo consumo médio mensal. Por exemplo, um coeficiente de 0,8 informa que em apenas 20% das vezes o estoque chegará a zero, em caso de inconvenientes.

- Método da Raiz Quadrada

Este método possui algumas premissas: o consumo durante o tempo de reposição deve ser pequeno (menos de 20 unidades); o consumo é irregular; e a quantidade requisitada for unitária. Desta forma, multiplica-se o consumo médio mensal pelo tempo de reposição (em dias). Em seguida, é feita a raiz quadrada desta multiplicação, resultando em um valor de estoque de segurança.

- Método da Porcentagem de Consumo

Este método considera os consumos passados e especificamente 3 valores: o consumo máximo através de uma análise dos consumos passados, o consumo médio e o tempo de reposição. Primeiramente, é necessário classificar todos os valores de consumo ao longo do período analisado. Por exemplo, se analisarmos o período de um ano, através de um consumo diário, devemos ver qual é o consumo por dia e também em quantos dias do ano esse consumo foi observado.

Tabela 1 – Exemplo de consumo ao longo dos dias do ano

CONSUMO DIÁRIO	QUANTIDADE DE DIAS
90	4
80	8
70	12
65	28
60	49
50	80
40	110
30	44
20	30
TOTAL	365

FONTE: Elaborado pelo autor

Tendo sido feita uma distribuição similar à encontrada acima, o próximo passo é calcular as quantidades totais, através da multiplicação entre as colunas, e depois observar as porcentagens encontradas. Para a organização da tabela, é importante observar que os valores de consumo diário devem estar organizados em ordem decrescente, independentemente da quantidade de dias que tal consumo foi observado ou da quantidade total de itens encontrada.

Tabela 2 – Exemplo do cálculo do consumo acumulado

CONSUMO DIÁRIO	QUANTIDADE DE DIAS	CONSUMO AGRUPADO	CONSUMO ACUMULADO	% ACUMULADA
90	4	360	360	2,13%
80	8	640	1.000	5,91%
70	12	840	1.840	10,87%
65	28	1.820	3.660	21,63%
60	49	2.940	6.600	39,01%
50	80	4.000	10.600	62,65%
40	110	4.400	15.000	88,65%
30	44	1.320	16.320	96,45%
20	30	600	16.920	100,00%

FONTE: Elaborado pelo autor

Neste caso, podemos obter o consumo médio através da divisão do consumo acumulado total (16.920 unidades) pela quantidade de dias onde ocorreu consumo (365 dias), resultando em um consumo médio diário de aproximadamente 46 unidades. O consumo máximo não será igual a 90, pois este consumo ocorre em uma quantidade muito pequenas de dias. Na verdade, o valor do consumo máximo será correspondente a 70 neste caso, pois tal valor ou maior ocorre em apenas 10% das vezes. Isto é feito a fim de não superestimar o estoque com valores muito altos, mas que são discrepantes, por não ocorrerem com muita frequência.

Portanto, temos que calcular a diferença entre o consumo máximo e o consumo médio, que corresponde a 24 unidades. O consumo médio é utilizado para se calcular o consumo durante o tempo de reposição. Ou seja, em teoria, este consumo está embutido no ponto de pedido. Estas 24 unidades que podem ser consumidas a mais são o conjunto que irá gerar a falta de estoque. Por isso, devem ser multiplicadas pelo mesmo tempo de reposição. Se o mesmo for igual a 20 dias, teremos um estoque mínimo de 480 unidades.

Dessa forma, caso o consumo real seja de 46 unidades por dia, quando a reposição ocorrer, restará no estoque 480 unidades. Caso ocorra um aumento do consumo durante o tempo de reposição, gerando um consumo de 70 unidades, quando a reposição ocorrer, não restará nenhuma unidade no estoque, porém a produção seguirá normalmente. Porém, caso o consumo aumente durante o período de reposição gerando um consumo superior a 70 unidades por dia, ocorrerá paralização da produção por falta de materiais. Este cenário tem uma chance de 10% de ocorrer, aproximadamente, a partir dos valores observados no ano passado, visto que este é o valor calculado para o consumo máximo a partir da tabela de consumos acumulados (Tabela 2).

- Alteração de Consumo e Tempo de Reposição

Os cálculos utilizados para se chegar na equação abaixo podem ser encontrados no Anexo A. Este método considera uma previsão de mudança do consumo médio, diferentemente dos métodos anteriores, que consideravam uma variação probabilística em torno de uma média fixa. Além disso, também considera a possibilidade de aumento no tempo de reposição, ocasionado por algum tipo de atraso desde a requisição de material complementar até a chegada definitiva no canteiro de obras.

$$E_{mín} = T_1 (C_2 - C_1) + C_2 \cdot T_4 \quad (1)$$

Onde:

$E_{\text{mín}}$ – Estoque mínimo

T_1 – Tempo de consumo à velocidade normal

C_1 – Consumo normal

C_2 – Consumo alterado

T_4 – Previsão de atraso no tempo de reposição

Neste caso, caso não haja previsão de atraso do tempo de reposição, $T_4 = 0$.

- Grau de Atendimento Definido

Este método é similar ao Método da Porcentagem de Consumo. Porém, é baseado em uma análise estatística mais completa. Dessa forma, o estoque mínimo continua sendo dado pela seguinte fórmula, já usada no método anterior:

$$E_{\text{mín}} = TR (C_{\text{máx}} - C) \quad (2)$$

Onde:

$E_{\text{mín}}$ – Estoque mínimo

TR – Tempo de Reposição

$C_{\text{máx}}$ – Consumo máximo

C – Consumo médio

Para que a análise estatística seja efetuada, é necessário utilizar a média do período e o desvio padrão, obtido através da seguinte fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Onde:

X_i – Consumo do período

\bar{X} – Consumo médio do período

n – Número de períodos

Conhecendo-se a média e o desvio padrão, resta ainda determinar o erro, ou o risco, que é aceitável para cada caso. O coeficiente a ser utilizado pode ser encontrado em uma tabela

normal. No Anexo B pode ser encontrado um exemplo. O objetivo do material não é ensinar a utilizar a tabela normal. Porém, para explicar resumidamente, no nosso caso será um instrumento que permite normalizar as porcentagens desejadas, a fim de que retornem valores relevantes para o cálculo do estoque mínimo. Por exemplo, um coeficiente de 1,28 corresponde a uma probabilidade de 90% ($0,5 + 0,3997$), enquanto que um coeficiente de 1,64 corresponde a uma probabilidade de 95% ($0,5 + 0,4495$).

Ou seja, caso se deseje admitir um risco de 10%, deve-se multiplicar o coeficiente obtido a partir da tabela normal pelo desvio padrão calculado. Por exemplo, se a média for igual a 400 e o desvio padrão igual a 100, o resultado da multiplicação será igual a 128, e o consumo máximo será igual a 528 ($400 + 128$). Neste caso, o estoque mínimo é igual a 128, tendo o tempo de reposição igual a 1.

2.5.3. Rotatividade

A rotatividade do estoque expressa quantas vezes o estoque seria virtualmente esvaziado e repostado. Para a análise em canteiro de obras, será feita através do consumo verificado ao longo do ano dividido pela quantidade média em estoque. A grande finalidade do cálculo da rotatividade é poder servir como um índice de comparação entre materiais e entre estoques, tanto de obras da mesma empresa quanto de outras empresas. Veremos adiante alguns métodos a fim de poder separar os materiais em certas classes, permitindo comparações mais adequadas entre materiais e possíveis ajustes de estrutura.

2.6. Classificação ABC

A classificação ABC permite que os diferentes materiais sejam organizados em grupos com características e índices similares. Desta forma, é possível desenvolver processos parecidos e técnicas aplicadas a cada grupo de forma mais individualizada e específica, aumentando a eficiência das decisões.

A origem deste sistema remonta ao economista, sociólogo e engenheiro italiano Vilfredo Pareto e sua análise da distribuição de renda entre as populações. Segundo Viana (2006, p. 64), a classificação ABC é um método que pode ser aplicável a quaisquer situações em que seja possível estabelecer prioridades.

Dentro desta classificação, os materiais Classe A são os itens mais importantes, que devem receber uma atenção especial. Os materiais Classe B são itens de importância intermediária. E

os materiais Classe C são itens pouco importantes e, portanto, não precisam de tanta atenção por parte dos responsáveis.

A Classificação ABC é fundamental para se reduzir custos e aumentar a eficiência no controle e na gestão de materiais. Isto porque, geralmente, dentro do contexto de estoques, uma pequena parcela de materiais é responsável por quase todo o custo e despesas encontrados, enquanto que o restante dos materiais, que atingem grandes números e usos diferentes, não é tão fundamental dentro da análise de custos. Portanto, caso seja possível, é desejável que uma grande quantidade de itens não receba tanta atenção, e que dessa forma a empresa possa focar em uma quantidade significativamente menor de materiais que são muito relevantes para os custos, qualidade e produção do canteiro.

O critério para a montagem da Classificação ABC é o valor do consumo anual. Ou seja, o preço unitário multiplicado pela quantidade consumida. Porém, este critério pode ser adaptado para se adequar às características da análise em questão. Por exemplo, em termos de organização do espaço interno, pode ser mais adequado considerar o volume. Para uma análise em termos de transporte interno, talvez considerar o peso ao invés do preço seja uma alternativa mais correta. Será desenvolvido a seguir um exemplo de como montar e analisar a curva ABC corretamente. O critério a ser utilizado será o valor consumido.

Tabela 3 – Exemplo com dados preliminares para a montagem da Classificação ABC

MATERIAL	PREÇO UNITÁRIO	QUANTIDADE CONSUMIDA	VALOR CONSUMIDO	ORDEM
A	1	10.000	10.000	8º
B	12	10.200	122.400	3º
C	3	90.000	270.000	1º
D	6	4.500	27.000	5º
E	10	7.000	70.000	4º
F	1.200	20	24.000	7º
G	0,6	42.000	25.200	6º
H	28	8.000	224.000	2º
I	4	1.800	7.200	10º
J	60	130	7.800	9º

FONTE: Elaborado pelo autor

É possível notar que na última coluna da tabela foi criada uma ordem com base no valor consumido. O próximo passo é reorganizar a tabela, desta vez deixando os maiores valores consumidos antes, e então analisar tanto em quantidade quanto em porcentagem o acumulado a ser encontrado.

Tabela 4 – Exemplo com dados acumulados para Classificação ABC

ORDEM	MATERIAL	VALOR CONSUMIDO	VALOR CONSUMIDO ACUMULADO	% ACUMULADA
1º	C	270.000	270.000	34,28%
2º	G	224.000	494.000	62,72%
3º	B	122.400	616.400	78,26%
4º	E	70.000	686.400	87,15%
5º	D	27.000	713.400	90,58%
6º	G	25.200	738.600	93,78%
7º	F	24.000	762.600	96,83%
8º	A	10.000	772.600	98,10%
9º	J	7.800	780.400	99,09%
10º	I	7.200	787.600	100,00%

FONTE: Elaborado pelo autor

O próximo passo é transformar os dados da Tabela 4 em uma curva de valores, da seguinte forma: os materiais, de acordo com sua ordem, estarão dispostos no eixo das abscissas, e as respectivas porcentagens acumuladas estarão no eixo das ordenadas.

Figura 1 – Exemplo com determinação dos níveis



FONTE: Elaborado pelo autor

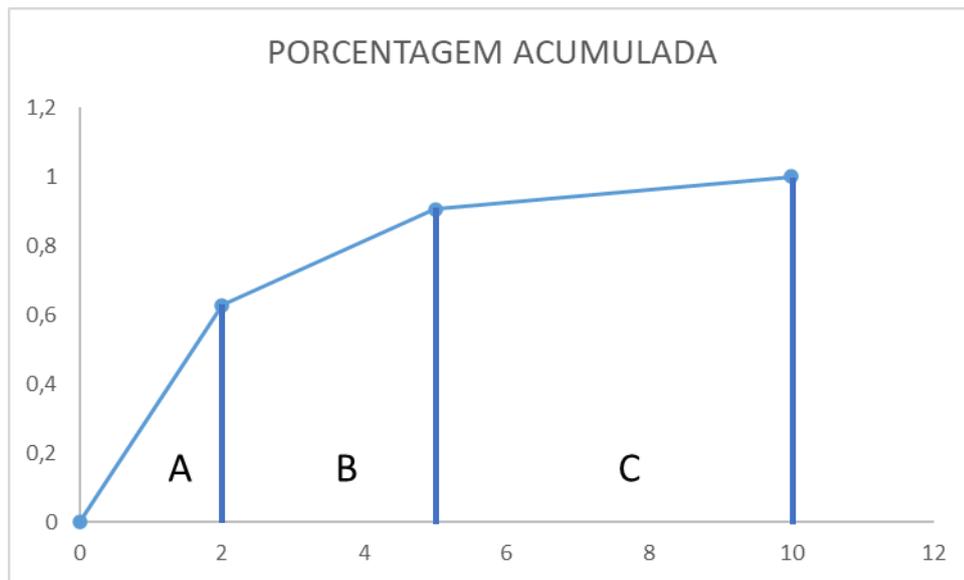
Não existe uma forma única de dividir os valores encontrados nas Classes A, B e C. Dias (2010, p. 74) sugere que se siga o esquema abaixo, de preferência mantendo ambos os eixos dentro da classificação recomendada.

Quadro 1 – Divisão recomendada da Curva ABC

CLASSE	A	B	C
EIXO			
ABSCISSAS	10 - 20 %	20 - 35 %	50 - 70 %
ORDENADAS	67 - 75 %	15 - 30 %	5 - 10 %

FONTE: Elaborado pelo autor

Figura 2 – Exemplo Curva ABC



FONTE: Elaborado pelo autor

Desta forma, a Classe A corresponde a 20% dos tipos de materiais e a 63% do valor consumido, a Classe B corresponde a 30% dos tipos de materiais e a 28% do valor consumido, e a Classe C corresponde a 50% dos tipos de materiais e a 9% do valor consumido. Esta classificação foi arbitrária e, dependendo do caso, pode ser alterada e até mesmo criadas novas classes para facilitar a análise dos dados.

Por estarem na Classe A, os materiais C e H devem receber um tratamento diferenciado. Serão abordadas nos próximos tópicos algumas técnicas de gestão de materiais específicas para tal classificação. São os materiais que devem ter um controle mais rigoroso e o mínimo de estoque possível, suficiente apenas para permitir a continuidade das operações. Já os materiais A, F, G, I e J não passarão por nenhuma técnica mais apurada, e podendo apresentar um risco menor em termos de controle de estoques. Os materiais restantes, B, D e E, são enquadrados em uma situação intermediária em termos de risco e controle.

2.7. Lote Econômico de Compra

É necessário manter todos os tipos de itens em estoque? É importante trazer esta pergunta à tona, pois muitas vezes pensamos que é necessário fazer desta forma a fim de evitar uma paralização na produção. Porém, em certos casos, manter um certo tipo de material estocado pode ser pior em termos de custos e prazos do que esperar sua chegada segurando a produção.

Por exemplo, um item pode acabar ocupando um espaço indesejado no canteiro, devido ao seu volume ou peso, e para a continuidade das atividades será necessário movê-lo frequentemente ou até mesmo alterar a ordem das atividades pois precisam ser realizadas no local onde o item está estocado. É apenas um exemplo de uma situação onde é necessário se considerar as vantagens e as desvantagens de manter este item em estoque, ao invés de atrasar a produção o suficiente para uma chegada planejada do material. Ou, caso contrário, os atrasos e custos extras podem ser absorvidos devido a alguma restrição específica ou vontade dos responsáveis e gerentes.

2.7.1. Redução dos Lotes Adquiridos

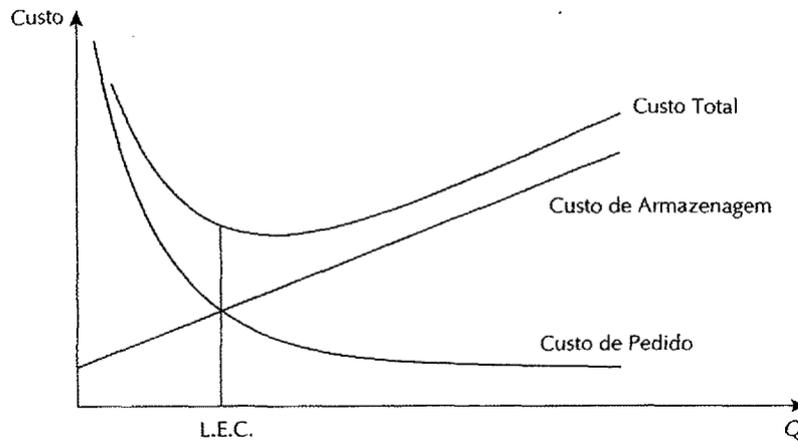
Grandes estoques não são mais desejados. Para controlar isso, os produtos devem vir em lotes menores. Porém, isso só é possível se o comprador tiver a certeza de que o fornecedor terá este insumo na quantidade desejada e de que será capaz de entregar no prazo solicitado. Para ter essa garantia, é necessário existir uma boa comunicação entre as empresas, assim como um planejamento ordenado e feito com antecedência. Dessa forma, não é necessário guardar uma grande quantidade de itens de um mesmo material, pois sabe que sua reposição está garantida no prazo adequado para não trancar a produção.

Francischini (2002) já dizia ser fundamental saber os custos envolvidos com o estoque que o administrador está controlando. Além disso, a rotatividade dos materiais também deve ser estudada. Se for baixa, a entrega do material pode ser acertada com o fornecedor, transferindo a responsabilidade da manutenção e existência do estoque para ele.

A fim de ser possível realizar considerações acerca dos custos em relação à quantidade consumida e armazenada, precisamos considerar dois tipos básicos de custos: os custos de armazenagem, que aumentam conforme a quantidade de materiais em estoque aumenta; e os custos de pedido, que tendem a decrescer conforme a quantidade de materiais aumenta, devido tanto à diminuição de custos por escala, podendo resultar em melhores negociações, quanto à

redução dos custos em transporte, movimentação e controle dos materiais. Na figura abaixo, pode ser visualizada a curva do custo total gerada a partir destas duas tendências.

Figura 3 – Curva de custo total



FONTE: DIAS (2010)

De acordo com Motta (1965, p.2), a partir de sua pesquisa nos escritos de Lord Kelvin, o melhor ponto econômico é aquele no qual o custo de investimento é igual ao custo da energia perdida num mesmo período de tempo. Para a análise de estoques, o custo de investimento corresponde ao custo de pedido, e o custo da energia perdida corresponde ao custo de armazenagem.

Para encontrar o ponto mais econômico na curva de custo total, é necessário equacionar a curva e encontrar o ponto mínimo da mesma. Para isso, precisamos considerar algumas premissas: o consumo é constante, não existem atrasos na reposição e o agregado do custo total é formado pela soma entre o custo de pedido, o custo de armazenagem e o custo unitário do item.

O custo de pedido é um valor variável para cada material, que em nossa conta será considerado como B . O custo unitário é calculado através da multiplicação entre o preço unitário (P) e a quantidade adquirida ($Q = E_{m\acute{a}x}$). O custo de armazenagem pode ser calculado pela multiplicação entre a quantidade mantida em estoque no período ($\frac{Q \cdot t}{2}$) pelo custo de armazenagem unitário (I). Logo, a fórmula do custo total fica:

$$CT_{Per} = \frac{Q \cdot t \cdot I}{2} + P \cdot Q + B \quad (4)$$

Como existe uma relação linear entre a quantidade disponível, o consumo e o tempo, sabe-se que:

$$t = \frac{Q}{c} \quad (5)$$

Além disso, é importante converter a fórmula do custo total por período, encontrada anteriormente, para uma fórmula que transcreva o custo total geral. O número de períodos (n) deve ser multiplicado pelo custo total do período para retornar o custo total geral. Portanto:

$$n = \frac{1}{t} = \frac{C}{Q} \quad (6)$$

$$CT = CT_{\text{Per}} \cdot n = \frac{CT_{\text{Per}} \cdot C}{Q} \quad (7)$$

Portanto, alterando estes dados na fórmula inicial, ficamos com um custo total geral de:

$$CT = \frac{Q \cdot I}{2} + P \cdot C + \frac{B \cdot C}{Q} \quad (8)$$

Para se obter o mínimo desta equação, é necessário derivar a equação em relação a Q e igualar o resultado a zero (0):

$$CT' = \frac{I}{2} - \frac{B \cdot C}{Q^2} = 0 \quad (9)$$

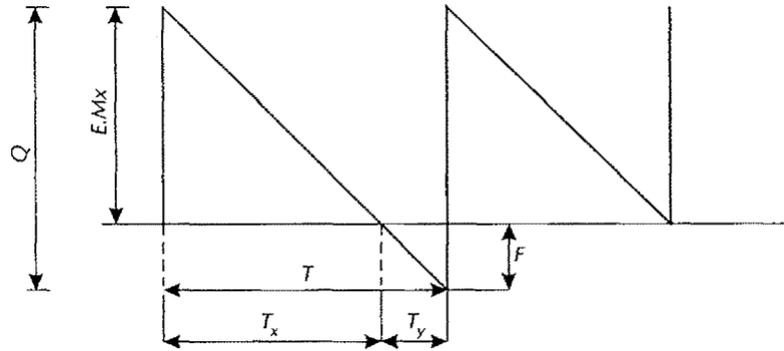
$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot B \cdot C}{I}} \quad (10)$$

Este cálculo permite que, ao se conhecer as outras variáveis (custo de pedido, consumo e custo de armazenagem unitário) possa se encontrar a quantidade ideal de itens que devem ser pedidos na reposição do estoque, a fim de encontrar o melhor equilíbrio entre os custos de armazenagem, os custos de pedido e o custo unitário do item.

2.7.2. Cálculo com Faltas

No caso acima, o cálculo foi feito considerando-se uma reposição imediata dos estoques assim que se chegava no ponto de ausência de itens. Porém, o cálculo também pode ser aplicado para o caso de falta de itens, onde o estoque máximo seja inferior à quantidade requisitada na reposição.

Figura 4 – Lote econômico com faltas



FONTE: DIAS (2010)

Desta forma, custo total por período irá receber um novo fator: o custo de falta, determinado pelo custo de falta no período (CF):

$$CT_{Per} = \frac{E_{máx} \cdot T_x \cdot I}{2} + P \cdot Q + B + \frac{F \cdot T_y \cdot CF}{2} \quad (11)$$

Lembrando das fórmulas que já obtemos no caso anterior:

$$T = \frac{Q}{c} \quad (12)$$

$$CT = \frac{CT_{Per} \cdot C}{Q} \quad (13)$$

Além disso, pela semelhança de triângulos, observamos que:

$$T_x = \frac{T \cdot E_{máx}}{Q} = \frac{T \cdot (Q-F)}{Q} = \frac{Q-F}{c} \quad (14)$$

$$T_y = \frac{T \cdot F}{Q} = \frac{F}{c} \quad (15)$$

Convertendo estes dados na fórmula inicial, temos que:

$$CT = \frac{I \cdot (Q-F)^2}{2 \cdot Q} + P \cdot C + \frac{B \cdot C}{Q} + \frac{CF \cdot F^2}{2 \cdot Q} \quad (16)$$

Derivando em relação tanto a Q quanto a F e igualando a zero, ficamos com:

$$CT' = \frac{I}{2} - \frac{I \cdot F^2}{2 \cdot Q^2} - \frac{B \cdot C}{Q^2} - \frac{CF \cdot F^2}{2 \cdot Q^2} = 0 \quad (17)$$

$$CT' = \frac{I \cdot F}{Q} - I + \frac{CF \cdot F}{Q} = 0 \quad (18)$$

Resolvendo em função de F:

$$F = \frac{I \cdot Q}{(I + CF)} \quad (19)$$

Substituindo na derivada em relação a Q e resolvendo em função de Q:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot B \cdot C \cdot (I + CF)}{I \cdot CF}} \quad (20)$$

Agora, para completar a solução em função de F:

$$F = \sqrt{\frac{2 \cdot B \cdot C \cdot I}{CF \cdot (I + CF)}} \quad (21)$$

Este cálculo permite que, ao se conhecer as outras variáveis (custo de pedido, consumo, custo de armazenagem unitário e custo de falta no período) possa se encontrar a quantidade ideal de itens que devem ser pedidos na reposição do estoque, a fim de encontrar o melhor equilíbrio entre os custos de armazenagem, os custos de pedido e o custo unitário do item.

Ambos os casos retornam valores sem considerar o espaço disponível para armazenagem, apenas a questão de custos. Por isso, é necessário confirmar os valores encontrados aqui através das técnicas de gestão de armazenamento que serão descritas a seguir.

2.8. Sistemas de Controle de Estoques

Durante muito tempo, as análises de lote econômico foram suficientes para alcançar a eficiência desejada pelas empresas. Porém, a técnica não atende a alguns fatores mais específicos e que atualmente são fundamentais para um aperfeiçoamento da gestão de materiais e controle de capital envolvido.

A técnica do lote econômico, por exemplo, considera os recursos ilimitados. Neste caso, pode ser que retorne uma quantidade inviável de ser adquirida devido aos recursos disponíveis pela empresa, e até mesmo por conta de como armazenar todo este material, o que já foi comentado anteriormente. Também não considera uma possível valorização do estoque, o que pode acabar fazendo com que os custos de armazenagem nunca se encontrem com os custos de pedido e, por conta do sistema que encontra o ponto ideal no momento em que são iguais, a fórmula irá retornar valores infinitos, o que faz com que a escolha da quantidade ideal seja deixada inteiramente na mão do comprador, de forma arbitrária.

Ou seja, a fim de considerar outros fatores e também as políticas recomendadas pela empresa, são utilizadas técnicas mais avançadas para se saber quanto manter em estoque. Mais

importante ainda, estas técnicas consideram já o momento de aquisição dos materiais, e são mais precisas do que o ponto de pedido.

2.8.1. Sistema Duas Gavetas

É um dos métodos mais simples, e por conta disso recomendado para os materiais Classe C. Consiste basicamente na aplicação do método do ponto de pedido. Neste caso, existem duas gavetas a Gaveta A e a Gaveta B. A Gaveta A possui uma quantidade de material tal que possa atender ao estoque mínimo e também ao consumo durante o tempo de reposição. A Gaveta B possui o restante dos materiais. Quando a gaveta B chega no nível zero (0), isso é sinal de que deve ser feita uma reposição de estoque. A partir de então, a Gaveta A passa a ser consumida. Este ponto é justamente o ponto de pedido. A Gaveta A será consumida até chegar o pedido de reposição. Então, volta a ser preenchida em sua quantidade predeterminada e o restante é disposto na Gaveta B, que passa a ser consumida a partir de então, reiniciando o ciclo.

2.8.2. Sistema dos Máximos e Mínimos

Também engloba algumas técnicas já vistas, mas é mais automatizado, sendo possível aplicar para todas as classes de materiais. Inicialmente, é determinado o consumo previsto e o tempo que leva para o estoque chegar a zero (0). Em seguida, é calculado o ponto de pedido, com base nas informações adquiridas pelo fornecedor, e em seguida podem ser calculados os estoques mínimo e máximo, assim como lote de compra. É um processo de aplicação que utiliza as técnicas já vistas.

2.8.3. Sistema das Revisões Periódicas

Neste sistema, o prazo para a encomenda do material de reposição não muda, mas a quantidade pedida pode mudar, sendo calculada por uma previsão de consumo para o próximo período. Para se determinar qual a melhor frequência de pedidos, é importante considerar que poucos pedidos geram estoques maiores, enquanto que muitos pedidos geram maiores custos de pedido e risco de falha na operação. Este sistema permite concentrar as ações em uma compra única e ter um agendamento mais preciso das chegadas dos materiais.

2.8.4. MRP

O sistema MRP (*Materials Requirements Planning*) foi criado por volta de 1950, e depois adaptado e lançado no mercado em 1964. Nas décadas que se seguiram, passou a ser implementado por milhares de empresas com o propósito de gerir seus materiais de forma

consciente e equilibrada. Ou seja, é um método que foi aplicado de forma definitiva em muitas das grandes empresas do final do século XX, e trouxe resultados vantajosos.

O grande diferencial do MRP é sua capacidade de automação e de análise de uma grande quantidade de dados em um curto espaço de tempo, permitindo que sejam tomadas melhores decisões acerca da compra, armazenagem e uso dos materiais. O próprio sistema também auxilia no planejamento das atividades, porém este aspecto não será abordado neste trabalho.

- Programa-mestre de produção: chamado de MPS (*Master Production Schedule*) é o programa que alimenta o MRP, podendo ser entendido de forma simplificada como “a receita do bolo”. É este programa que informa as quantidades e quando tais materiais vão ser consumidos.
- Lista de materiais: pode ser entendido como a lista de compras, onde são dispostas as quantidades totais de materiais para a execução do elemento ou componente. Além de informar a quantidade, também informa a data em que os materiais devem estar disponíveis para serem consumidos.
- Registros de inventário: informam as quantidades disponíveis ou que já possuem chegada prevista na obra. Seria uma relação do que já está armazenado e pode ser usado para a confecção do produto.
- Dados de saída: são relatórios utilizados para negociações e planejamento futuro, como um feedback e atualização do sistema após o processo ser finalizado.

O MRP é responsável por gerir estes fatores, principalmente o MPS e a lista de materiais, como se fosse o cozinheiro que é responsável por definitivamente utilizar os dados disponíveis, receitas e dinheiro para fazer as compras dos materiais adequados e utilizá-los na preparação do bolo da forma mais econômica e eficiente possível.

A demanda dos materiais pode ser classificada como dependente ou independente. Caso seja dependente, o material irá fazer parte da produção de outro. Caso seja independente, o material não possui um claro uso futuro além de sua utilização principal, ou sua aplicação secundária é de difícil identificação.

O lote de compra pode ser definido por:

- Quantidade fixa: o lote é determinado arbitrariamente, podendo ser qualquer valor que garanta o estoque mínimo e o tempo de reposição sem falta de materiais.

- Lote econômico: o lote é determinado unicamente através da fórmula obtida a partir da técnica do lote econômico, já vista anteriormente.
- Lote a lote: é uma técnica válida apenas para materiais que possuem um prazo de reposição muito curto. Neste caso, toda a quantidade necessária para o período é adquirida logo antes de ser consumida, mantendo o estoque no mínimo nível possível todos os meses.
- Reposição periódica: neste caso, a quantidade encontrada para o lote econômico é distribuída em intervalos regulares ao longo do ano, até se atingir o consumo total do período.

Para a aplicação do MRP, é necessário saber a estrutura do produto. Depois disso, é preciso saber a quantidade disponível no estoque virtual que possa atender ao consumo de cada uma das etapas da estrutura do produto, e com estes dados obtêm-se a quantidade necessária para a produção. Por fim, para se definir o prazo de lançamento na produção, é necessário realizar uma análise dos prazos de cada um dos elementos e, com base no esquema de produção, ver o momento de se realizar o pedido para cada um dos materiais.

O método MRP minimiza a existência de inventários ao mesmo tempo em que mantém um estoque adequado de reserva, é um método inteligente, que fica mais refinado com o passar do tempo e permite uma diferenciação das quantidades e dos prazos de consumo dos materiais de forma separada. Porém, é necessária uma grande base computacional e também não considera os custos de pedido e de transporte no cálculo.

2.8.5. Just In Time (JIT) / Kanban

O conceito de JIT foi criado pela Toyota na década de 70. As filosofias implementadas pela empresa, que originaram as técnicas que serão abordadas adiante, garantiram a ela e a outras que aproveitaram suas ideias uma vantagem competitiva no mercado, sendo capazes de fornecer produtos de alta qualidade a preços significativamente menores que seus concorrentes.

O JIT é uma filosofia que aplica a produção puxada dos recursos. Além disso, busca acertar sempre, tanto em termos de não produzir em excesso, quanto em termos de evitar erros de produção, ou até mesmo a fim de não deixar máquinas ou funcionários ociosos. E, quando eventualmente ocorrem falhas, estas devem servir como fator motivador para a melhoria contínua.

A filosofia JIT apresenta algumas diferenças em relação ao modelo tradicional. Por exemplo, não apresenta um volume de estoque mínimo, já que a inexistência de estoque é uma meta desejada. Outra questão: é possível utilizar o lote econômico, mas o ideal dentro do JIT é a divisão em unidades, tanto em questão de aquisição quanto de utilização. Por isso, os ciclos de reposição são muito mais curtos e devem ser cumpridos à risca, sem falta. Infelizmente, estas medidas trazem consequências como um risco muito maior de interrupção das atividades por conta da falta de materiais.

A fim de trazer a filosofia JIT para prática, utiliza-se o sistema Kanban. O seu foco principal é diminuir a quantidade de materiais por lote, minimizando ao máximo possível o estoque em obra. Analisaremos a seguir o método do cartão simples, que não depende de critérios tão rigorosos nem de uma mudança tão significativa na mentalidade da empresa para sua implantação. Este sistema foi escolhido em prol de outros, visto sua facilidade de entendimento e por possuir uma maior viabilidade de trazer resultados em qualquer ambiente, independentemente da filosofia adotada pela empresa em outros sentidos.

A implementação da filosofia JIT envolve uma mudança completa de paradigma. Para se chegar no nível esperado, é necessário entender o almoxarifado e o estoque não apenas como um depósito, mas sim como um Centro de Distribuição (CD). Como diz Alves (2000, p. 139), os depósitos utilizam a produção empurrada a fim de armazenar os produtos até o consumo, enquanto os CDs utilizam a produção puxada para receber produtos requisitados pelas necessidades de consumo e produção calculadas.

2.9. Avaliação de Estoque

A avaliação de estoques permite que se façam considerações financeiras sobre a utilização dos materiais pela obra e também permite que sejam tomadas melhores decisões no futuro acerca da gestão de materiais. De acordo com Pozzo (2002, p. 81-84), o valor do estoque deve ser avaliado de tempos em tempos, para que possam ser feitas avaliações e se ter um controle sobre os materiais armazenados, a partir da variável custo.

É possível perceber deficiências no controle de estoques através de reclamações pontuais realizadas pelos envolvidos com o sistema. São elas: prazo de reposição muito elevado, quantidades superestimadas em estoque, cancelamento de pedidos e devoluções, variação abrupta na quantidade produzida, produção parando por falta de material, inexistência de espaço suficiente para armazenar todo o necessário, baixa rotatividade e muita obsolescência.

2.9.1. Custo Médio

O preço total gasto em materiais pode ser entendido como a multiplicação entre o preço unitário do item e a quantidade de itens comprada. Mesmo que existem diferentes compras, sendo cada uma delas a um preço unitário diferente, é possível encontrar um valor total gasto através da soma entre as diferentes compras. Este valor, se dividido pela quantidade total de itens adquirida, irá gerar um custo médio tal que seja proporcional à quantidade e ao custo unitário de cada pedido. É útil para análises de longo prazo, equilibrando as flutuações de preços dos materiais.

2.9.2. Método PEPS (FIFO) / Método UEPS (LIFO)

No método PEPS (Primeiro a Entrar Primeiro a Sair), ou FIFO (First In First Out), o valor unitário de saída do material (que em nosso caso será caracterizado pelo momento em que é retirado do estoque para consumo) não é dado por uma média entre os valores de aquisição anteriores, mas sim através de uma análise cronológica de quando estes materiais foram comprados. Ou seja, dessa forma, mantêm-se o preço unitário de cada encomenda. Porém, no momento da saída, será utilizado o primeiro valor a ter entrado. Quando todos os itens correspondentes a esta encomenda tiverem sido consumidos, passa-se para o preço unitário da próxima encomenda, em sequência. É útil para a análise de valorização dos estoques ao longo do tempo, ou em situações de grande rotatividade dos materiais.

No método UEPS (Último a Entrar Primeiro a Sair), ou LIFO (Last In First Out), ocorre o inverso, onde a última aquisição serve de base para o primeiro consumo que existir. Caso todos os itens que foram adquiridos recentemente sejam consumidos, são utilizados, na contabilidade, os itens adquiridos posteriormente. É útil para períodos de inflação.

2.9.3. Custo de Reposição

Nesta análise, é acrescido um valor ao custo unitário correspondente a uma variação dos custos para os próximos períodos. Ou seja, caso seja prevista uma alteração significativa nos valores correspondentes entre a aquisição e o consumo do material, estes valores serão corrigidos pela inflação do período.

3. ARMAZENAGEM DE MATERIAIS

Nesta nova seção, será abordado o conceito de armazenagem de materiais. O depósito ou almoxarifado, local onde será feita esta armazenagem, depende muito também do fator movimentação de materiais, que será abordado nas próximas seções. O ganho para a empresa que decide implementar técnicas de gestão de materiais aplicadas a este setor é imenso, pois não afeta apenas a produtividade ou qualidade da produção, o que já seria uma grande vantagem competitiva, mas afeta de forma positiva um dos ativos mais importantes que as empresas possuem e que está se tornando ainda mais fundamental conforme o passar do tempo: a mão de obra.

Diminui a quantidade de acidentes de trabalho, mas o principal é que diminui consideravelmente a quantidade de tempo gasto com atividades que não agregam valor e poderiam estar sendo realizadas de uma forma bem mais eficiente por um maquinário adequado ou por uma simples organização e gestão focada em otimizar os processos e evitar os desperdícios.

O sistema tradicional de estoques, com grande quantidade de materiais cuja rotatividade é baixa e um sistema de organização por empilhamento está se tornando cada vez mais obsoleto. Atualmente, a busca das empresas é por depósitos com maior altura, onde existam corredores de movimentação adequados, mas não maiores do que o necessário, e os itens estejam dispostos em prateleiras, permitindo que não apenas a área do piso seja aproveitada, mas também o volume, o ambiente em sua terceira dimensão, possa ser explorado.

Para que isso seja possível, principalmente quando se utiliza materiais pesados, é fundamental se ter à disposição maquinário no estoque para a movimentação destes itens. Além disso, é importante considerar os locais de entrada e saída com atenção, para atender aos pontos críticos e evitar conflitos com outros processos durante a movimentação de materiais.

Assim como na gestão de estoques, não existe uma fórmula mágica que possa ser aplicada a absolutamente todos os casos. Por isso, ao longo desta seção serão abordadas diversas técnicas que podem ser implementadas tanto em conjunto quanto isoladamente e, também, será feita uma análise a respeito da força conjunta das técnicas, mais adiante.

Um dos principais fatores que afeta a armazenagem de materiais é o tipo de material, sua composição física e como se comporta no meio em que está. Uma das primeiras classificações que podem ser feitas se dá a respeito de seu estado físico (sólido, líquido ou gasoso). Para as

análises que serão feitas aqui, considera-se que os materiais utilizados nos almoxarifados e depósitos em obra são todos sólidos, mesmo que por dentro das embalagens existam líquidos. Isto será útil para reduzir as diferenças entre as técnicas utilizadas para armazenagem e controle.

Além disso, não serão abordados os modos de embalar os materiais, visto que cada fornecedor realiza a distribuição por fontes diferentes, e a obra precisa se adaptar a vários padrões diferentes, dependendo da etapa da obra, do maquinário disponível, dos fornecedores escolhidos e da quantidade de itens requisitada.

3.1. Localização do Almoxarifado

Existem muitos critérios existentes para a criação de um excelente layout, como a localização do maquinário, outras estações de trabalho, tempo percorrido de transporte, acesso às vias e aos demais ambientes da obra e até mesmo a elevação e características do terreno. Devido a uma dificuldade presente na maioria das obras de ausência de espaço livre, já que o objetivo da operação é utilizar a área da melhor forma possível, muitas vezes é inviável de se selecionar um local para almoxarifado com todas essas características positivas.

Ou seja, na maioria dos casos a opção acaba por ser a restante, ou seja, o espaço disponível, e não o espaço escolhido. Além disso, a característica dos depósitos de empreendimentos de construção é ser temporário. Por conta deste fator também não é dedicada tanta importância caso existam alguns inconvenientes no posicionamento e até mesmo no layout interno do depósito.

Devido a estas adversidades, a questão da posição ideal dentro do canteiro não será abordada em tantos detalhes, mas sim a organização interna do almoxarifado, prezando por alguns objetivos principais que, de acordo com Viana (2006, p. 310), são:

- Assegurar a utilização máxima do espaço;
- Propiciar a mais eficiente movimentação de materiais;
- Propiciar a estocagem mais econômica, em relação às despesas de equipamento, espaço, danos de material e mão-de-obra do armazém;
- Fazer do armazém um modelo de boa organização.

As premissas acima serão utilizadas na elaboração do método de gestão de estoques que virá a ser elaborado nas próximas seções do trabalho.

3.2. Análise de Sistemas de Estocagem

Todos os estoques contam com uma certa limitação de espaço para armazenamento. Quando este espaço é ocupado, a primeira solução a ser tomada é o empilhamento, que também é a solução mais simples e rápida para o problema do espaço. Este sistema de empilhamento é chamado de sistema de blocagem. Infelizmente, traz alguns problemas consigo, como a instabilidade dos materiais, que podem vir a cair e serem danificados, e até mesmo um possível prejuízo dos itens na base, sujeitos a amassarem, arranharem ou serem danificados de alguma outra forma. A solução que utiliza paletes é melhor do que o simples empilhamento de itens, porém ainda está sujeita aos mesmos problemas do sistema de blocagem.

Outra solução muito utilizada é a construção de prateleiras no sistema. Esta solução, aliada com a paletização de elementos mais volumosos, é a mais adotada em almoxarifados de obras, o que pode ser observado através da vivência em obras e conversando com engenheiros e almoxarifes diversos. Existem outros modelos mais avançados, como o sistema *drive-through* ou o *flow-rack*, que utilizam a própria gravidade para a movimentação de produtos já armazenados, e dependendo do caso podem ser aplicados a obras de construção civil. Porém, no presente trabalho, não serão abordadas tais soluções visto não serem de aplicação genérica, mas específica, fugindo do objetivo do trabalho.

Com a evolução das técnicas construtivas e de gestão no ambiente de trabalho, é fundamental que a organização dos estoques e os sistemas empregados sejam capazes de suprir as necessidades emergentes. Segundo Viana (2006, p. 313), o principal problema encontrado nos almoxarifados é o espaço disponível, resultado de uma baixa ocupação dos itens no local. A fim de contornar este problema, as técnicas analisadas nas próximas seções e descritas no método aplicado visam buscar o máximo aproveitamento interno, utilizando sistemas tridimensionais e um controle adequado sobre os materiais disponíveis.

3.3. Localização dos Materiais dentro do Almoxarifado

Não basta saber quando repor os materiais, a forma de armazenar os mesmos, os níveis de trabalho, métodos de análise de custos, realizar previsões de consumo, se no momento em que o material estiver na obra não existir a informação a respeito de onde o mesmo se encontra. Identificar o material e saber como acessá-lo no dia a dia da obra é fundamental para que se possa manter a dinâmica das atividades.

Para que isso seja possível, é necessário criar um sistema de símbolos e códigos que defina precisamente a localização de cada material. Um sistema útil para estes casos é aplicado através de letras e números, onde as letras marcam a altura da prateleira, contando de baixo para cima. Então, por exemplo, se existir um sistema de três prateleiras sobrepostas, a inferior recebe a nomenclatura A, a intermediária B e a superior C. Já os números identificam a ordem de itens na prateleira. Porém, ainda resta identificar os corredores. Neste caso, é possível aplicar um sistema de cores, onde o primeiro corredor corresponde à cor azul, o segundo à vermelha, e assim por diante, ou uma classificação numérica também. Desta forma, todos os itens podem ser identificados através de um sistema com cores, letras e números.

Para que este sistema possa ser efetivamente colocado em prática, é necessária uma organização dos itens e clareza nas simbologias adotadas, através de placas e etiquetas com boa visibilidade. É possível marcar a entrada do corredor com a cor particular para facilitar a movimentação interna.

Segundo Ballou (1993), os itens podem ser alocados no estoque em sistemas fixos ou variáveis. No sistema de estocagem fixo, cada módulo de armazenagem abriga um único tipo de material. Caso não exista nenhum item deste tipo, o módulo permanece vazio. É um sistema que permite um controle facilitado e mais agilidade ao se procurar e achar o material, porém também pode gerar uma falta de eficiência no armazenamento, pois permite que surjam zonas desocupadas enquanto que outras podem acabar ficando superlotadas, de acordo com o andamento da obra.

Já no sistema de estocagem livre, não existe uma posição fixa e definida para cada material. A posição exata depende da demanda e da quantidade atual de itens no almoxarifado. Ou seja, o material que ocupava uma determinada posição e foi completamente consumido, no momento de sua reposição, pode acabar ocupando uma posição completamente diferente, caso o local anterior já tenha sido ocupado por outro item. Porém, este é um sistema onde o controle precisa ser muito maior sobre a quantidade de itens, já que a mudança de posição pode gerar duplicação de um mesmo material e perdas ao longo do processo.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. Descrição do Sistema Empregado pela Empresa

Tão importante quanto ter um bom método de gestão e controle de materiais é ter também uma equipe treinada e capacitada que seja capaz de implementar este método e colocá-lo em prática. Por isso, é fundamental que existam pessoas na obra responsáveis pela sua aplicação. Geralmente, quem irá trazer o método que deverá ser aplicado é o engenheiro ou a gerência da empresa, caso já exista algum tipo de padrão a ser seguido. E quem vai aplicar, ser responsável pela organização e controle do estoque, é o almoxarife.

É o almoxarife quem irá ficar responsável também pela conferência do material no momento de sua chegada, observando se não está avariado ou algum tipo de problema, e quem deverá armazenar este material em local adequado para que mantenha suas características até o momento da aplicação na obra.

Na imagem abaixo, podemos ver um exemplo de como deixar a organização mais visual dentro do almoxarifado. No método proposto, cada corredor irá receber um número e a identificação do que está sendo armazenado atualmente neste corredor, similar às placas de supermercados. Na imagem, não aparece a identificação dos materiais do corredor, porque neste caso, a identificação foi posicionada na própria prateleira. Porém, no método que está sendo criado, a identificação será mantida no próprio corredor.

Imagem 1 – Sistema de Identificação dos Corredores dentro do Almojarifado



FONTE: Cedido pela empresa

Depois, dentro do corredor, cada prateleira receberá uma codificação definida, similar ao que aparece na imagem abaixo. Porém, como já foi dito, cada patamar irá receber uma letra específica. No método que será gerado, as prateleiras inferiores recebem a letra A, as intermediárias B e as superiores C. Caso existam mais andares, a classificação avança segundo as letras do alfabeto.

Imagem 2 – Sistema de Identificação das Prateleiras dentro do Almoxarifado



FONTE: Cedido pela empresa

Tendo os corredores identificados por números e a qual área o material pertence, e as prateleiras identificadas por letras, são divididas seções nas prateleiras, novamente por números. Neste modelo, a identificação das prateleiras é permanente, e o material armazenado ali pode mudar ao longo da obra.

É possível definir seções pequenas a fim de manter um único material por seção, ou definir seções maiores, permitindo que exista mais de um tipo de material em cada seção. A seguir, a posição exata de cada material deve ser marcada com uma descrição correspondente também fixada na prateleira.

Para exemplificar, se um material está no corredor 5, na prateleira B e na seção 14, deve receber o seguinte código no inventário virtual: 5-B-14. Junto a cada material deve existir uma etiqueta informando o código de cadastro do respectivo item no sistema. Isto será de grande ajuda para o momento da saída do material.

O material pode ser posicionado sobre paletes, dependendo do caso. Nesta situação, também é fundamental que seja criada uma codificação específica para o material. Veremos mais à frente um modelo de layout, onde as zonas de paletes são identificadas por letras, como se fossem prateleiras. Seguiremos neste padrão ao longo do método que será gerado.

Imagem 3 – Sistema de Identificação dos Paletes dentro do Almoxarifado



FONTE: Cedido pela empresa

Vimos que a utilização de prateleiras e paletes é o método mais utilizado nas obras. Isto porque atende a uma série de demandas de forma simples e rápida. Por exemplo, é necessário proteger os materiais quanto à umidade, removendo-os do contato com o solo. A utilização dos paletes e prateleiras já atende a este requisito de forma parcial. É importante também proteger os materiais mais sensíveis à atuação da água com lonas, para evitar respingos ou algum tipo de retorno de tubulações não conectadas. Além disso, o almoxarife precisa controlar o empilhamento, para não gerar uma sobrecarga no material, na base, e também a validade do produto, para que não seja utilizado após a data de vencimento.

4.2. Sistema de Controle do Inventário Virtual

Para um controle da entrada dos materiais dentro do estoque, sugere-se que seja utilizado um sistema computadorizado em conjunto com o lançamento das notas fiscais. Ou seja, quando um produto chega na obra, ele deve ser conferido pelo almoxarifado e em seguida a nota fiscal deve ser lançada no sistema, caso a especificação do que foi pedido, a quantidade e o valor estejam corretos. Automaticamente, a partir do lançamento da nota, o produto deve dar entrada no almoxarifado no sistema, enquanto é armazenado pelo almoxarife dentro do estoque físico.

Para que seja feita a saída do material, também se recomenda utilizar o sistema computadorizado. Desta forma, quando o material é retirado, o almoxarife utiliza a ficha de controle para informar qual material está sendo consumido, a data, a quantidade, o responsável pela saída do material e o local onde será aplicado. Com estas informações, o almoxarife dá baixa no sistema, e o material é considerado como consumido. Caso, ao final do dia, reste material que precise voltar para o almoxarifado pois acabou não sendo utilizado, é feita uma reentrada de material no sistema.

Um ponto que deve se destacar por ser fundamental para a operacionalidade dos processos é que o almoxarife deve priorizar a tarefa de armazenar os materiais no devido local. Caso esta tarefa seja postergada pode ser que ocorra uma perda do controle do estoque e da organização do local.

Caso não se tenha acesso a um sistema computadorizado, é possível fazer uso de planilhas eletrônicas tanto para a entrada quanto para a saída dos materiais. Porém, é um método mais trabalhoso, e deve se ter cuidado para sincronizar a entrada com o lançamento da nota fiscal, a fim de não ter um estoque físico diferente do virtual. Em ambos os casos, é de fundamental importância considerar o modelo de catalogação dos materiais. Geralmente, as empresas já

possuem códigos, sendo um para cada material em específico. Caso não possuam, é necessário implementar um sistema de códigos, de preferência agrupando as áreas de atuação de cada item (hidráulica, elétrica, estrutura, etc.). Este sistema de catalogação pode ser criado de diversas formas. Porém, a partir do momento em que já existe um código certo para o material, mantém-se este código nas operações de entrada e saída dos materiais para um controle facilitado dos processos, e não apenas pelo nome dado ao item.

É possível também ter uma planilha impressa, física, para facilitar a saída dos materiais durante os horários de pico, no início da manhã e da tarde. A partir de então, quando a demanda não estiver tão alta, o almoxarife passa para o sistema os dados que anotou até então. A planilha física tem o objetivo de agilizar a saída dos materiais, pelo fato do almoxarife talvez não ter memorizado os códigos ou nomes, e pelo uso do sistema ou de planilhas eletrônicas exigir um tempo maior para tornar definitivo o processo. Ou seja, o lançamento definitivo ocorre apenas no sistema ou na planilha eletrônica, dependendo do método escolhido. A planilha física não cumpre esta função, e por isto as informações descritas devem ser claras e precisas, para evitar erros na saída definitiva. Não se deve deixar tarefas inacabadas, pois isto acaba gerando perda de informação e erros na contagem dos materiais em estoque. Abaixo, podemos ver um modelo da ficha de controle.

Tabela 5 – Exemplo de Ficha de Controle para Saída de Materiais

FICHA DE CONTROLE							
<input type="checkbox"/> Não é possível controlar a saída.		<input type="checkbox"/> Não é possível controlar a saída.		OBRA: WM120 Controle de Entrada e Saída:		MATERIAIS	
Item	Descrição dos Materiais	Data	Entrada	Saída	Responsável Saída	Local de Aplicação	Assinatura
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							

FONTE: Cedido pela empresa

Outra parte muito importante das atividades de almoxarifado é controlar as chegadas futuras de materiais. Isto é facilmente implementado através de um sistema computadorizado, através de um filtro sobre os materiais que foram requisitados, mas que ainda não tiveram a nota fiscal lançada. Este filtro pode ser feito semanalmente, com um horizonte de tempo de duas ou mais semanas, para que a obra esteja ciente do que vai chegar e quanto espaço precisa prever no almoxarifado para acondicionar todos estes itens.

Caso ainda não exista uma data definida para a chegada dos materiais, o administrativo da obra deve entrar em contato com o fornecedor para agendar uma data específica, permitindo que o almoxarifado esteja pronto e ciente desta demanda.

O objetivo do controle de estoque é descrever as quantidades de produtos e materiais disponíveis em obra. Desta forma, é possível impedir divergências entre o que está no papel e a realidade, diminuir as perdas, impedir as paradas de produção por falta de insumos e também analisar se está ocorrendo um excesso de estoque.

Para controlar as divergências entre o inventário físico e o virtual, é necessário auditar, ou verificar, de forma regular, alguns itens do estoque. Devido a uma questão de viabilidade, não se recomenda realizar a verificação de todos os itens, mas apenas daqueles que pertencem ao grupo “A” na Classificação ABC.

4.3. Montagem de Kits

Para facilitar a saída dos materiais e se ter um controle maior sobre o consumo, deve existir um espaço no almoxarifado destinado à montagem de kits. Os itens e suas quantidades devem ser passados pela equipe de engenharia. A partir de então, o almoxarife pode reunir os materiais listados e preparar os kits para que, no dia definido, o operário peça o kit para trabalhar na área específica e recebe um kit pronto com todos os materiais que necessitará para as atividades do dia.

O controle dos kits é feito através de uma planilha onde aparece a descrição do material, o código utilizado, a quantidade em estoque e a quantidade a ser utilizada em cada unidade base. Conforme o andamento da obra, esta planilha pode ser preenchida e ser validada, para confirmar se a quantidade medida a partir de projeto está sendo efetivamente consumida na realidade.

Tabela 6 – Exemplo de Ficha de Controle de Kits

KIT REGISTROS												
MATERIAL	IFS	QTD	UNIDADE	ESTOQUE	UNIDADE	1ºTIPO	2ºTIPO	3ºTIPO	4ºTIPO	5ºTIPO	6ºTIPO	7ºTIPO
Registro de gaveta base 1" - NBR 15705	062.0210	8	UN	32	UN	CONCLUÍDO	CONCLUÍDO	CONCLUÍDO	SEPARADO	SEPARADO	SEPARADO	SEPARADO
Registro de gaveta base 3/4" - NBR 15705	062.0200	10	UN	62	UN	CONCLUÍDO	CONCLUÍDO	CONCLUÍDO	SEPARADO	SEPARADO	SEPARADO	SEPARADO
Registro de pressão base 3/4"	062.0250	2	UN	8	UN	CONCLUÍDO	CONCLUÍDO	CONCLUÍDO	SEPARADO	SEPARADO	SEPARADO	SEPARADO
Registro de gaveta bruto 3/4" - NBR 15705	062.0157	40	UN	166	UN	CONCLUÍDO	CONCLUÍDO	CONCLUÍDO	SEPARADO	SEPARADO	SEPARADO	SEPARADO
Base p/ misturador monocomando de chuveiro 3/4" - DOCOL	062.0403	16	UN	64	UN	CONCLUÍDO	CONCLUÍDO	CONCLUÍDO	SEPARADO	SEPARADO	SEPARADO	SEPARADO

FONTE: Cedido pela empresa

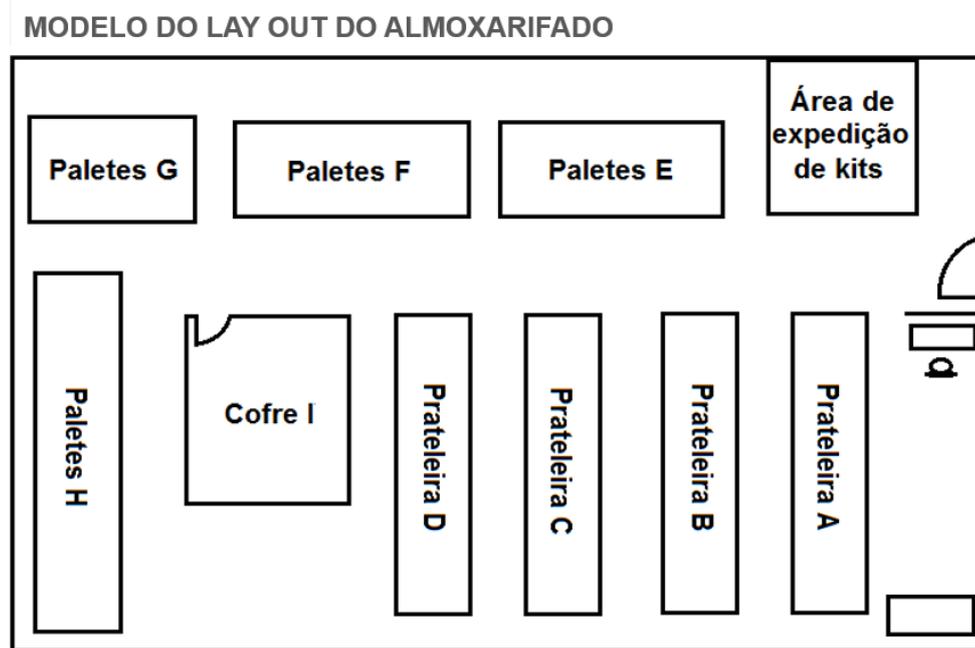
Este método permite que a quantidade de materiais seja controlada, evitando desperdícios e, também, permite se ter uma noção a respeito do consumo, permitindo que as próximas compras sejam programadas de acordo com as quantidades efetivamente necessárias para a produção de uma unidade base.

4.4. Layout do Almoxarifado

Dentro do layout do almoxarifado, é importante permitir uma boa circulação entre os ambientes. Para que isso ocorra, é importante não instalar as prateleiras rente às paredes do almoxarifado, pois isto cria uma única via de acesso aos corredores. Além das prateleiras, as áreas de paletes também precisam ser dispostas corretamente.

A mesa de trabalho do almoxarife deve ser um local próximo da entrada do almoxarifado e, também, próxima da área de montagem e expedição de kits de trabalho. É possível, dependendo da fase da obra e do nível de segurança que a empresa exige, instalar um cofre construído em alvenaria dentro do almoxarifado para armazenar os itens de maior valor.

Imagem 4 – Exemplo de Zoneamento do Almoxarifado



FONTE: Cedido pela empresa

Na imagem acima, as prateleiras e áreas para paletes foram identificados com letras. No nosso caso, a identificação se dará por corredores, onde o corredor indica em qual modalidade o material se enquadra, e não a prateleira. Materiais com alto giro, que são consumidos continuamente e necessitam de reposição frequente, também devem ser posicionados próximos da saída.

Outra zona importante que não está listada acima é a zona de trabalho do almoxarife, um espaço que permita a movimentação dos materiais que entram e que saem de forma fluida e sem provocar congestionamento.

A armazenagem dos agregados, como areia, cal, cimento, brita, etc., do aço, da madeira e de peças de escoramento ou proteção vertical como andaimes e telas não será analisada neste trabalho. O consumo, ponto de pedido e demais indicadores podem ser avaliados assim como qualquer outro material, porém o local e modo de armazenagem não será aprofundado aqui.

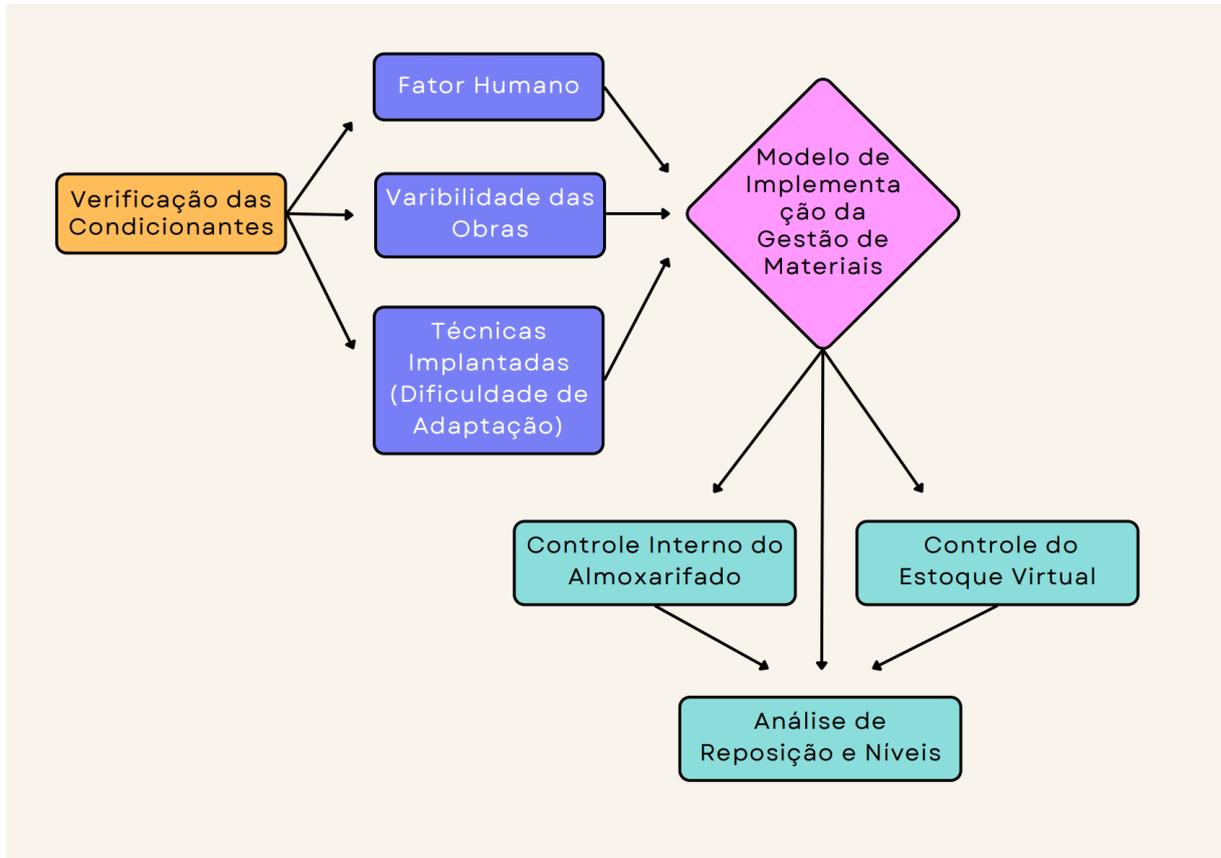
Para que todas as atividades dentro do almoxarifado sejam cumpridas de forma organizada e sistemática, é necessário evitar interrupções ou trabalho inacabado (neste caso, seria interromper uma contagem ou o armazenamento de materiais para atender a uma nova demanda de outros itens). Para que isto ocorra, é importante separar horários específicos no dia para que o almoxarife possa realizar as atividades internas do almoxarifado, como dar a baixa dos

produtos consumidos ao longo do dia no sistema, organizar os itens que chegaram ou preparar os kits que serão utilizados no dia seguinte.

Dependendo da dinâmica da obra e do pessoal disponível para auxiliar o almoxarife, o espaço de tempo quando não devem ocorrer atendimentos externos pode variar. Recomenda-se escolher um horário de aproximadamente uma hora durante a manhã e outra hora durante a tarde, nem no início e nem no final. Para que o sistema funcione, os operários devem estar cientes da programação do almoxarifado e solicitar todos os materiais que irão precisar durante este período no início do turno, e aguardar para devolvê-los no final do expediente. Por conta de possíveis emergências ou situações fora do comum, podem ocorrer novas solicitações fora do horário de atendimento, desde que autorizadas pelo mestre de obras ou responsável.

5. MÉTODO DE IMPLEMENTAÇÃO DA GESTÃO DE MATERIAIS EM EMPREENDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO

Gráfico 3 – Método finalizado



FONTE: Elaborado pelo autor

5.1. Condições à Aplicação

O primeiro passo a ser tomado para iniciar a criação de um método é verificar quais são os principais condicionantes à viabilidade dos processos que serão criados e posteriormente implementados. Desta forma, o autor identificou 3 principais problemas, classificados como críticos e que, se não forem solucionados ou contornados, podem acabar ocasionando o fracasso da tentativa de implementação do sistema de gestão de materiais.

O primeiro deles é o fator humano. Este é o principal e o maior dos problemas, pois, como tudo no ambiente de trabalho e na execução de empreendimentos que necessitam da colaboração de uma coletividade de pessoas, a relação interpessoal é fundamental e pode definir o rumo dos acontecimentos futuros.

Este trabalho não irá abordar este fator de uma forma tão aprofundada quanto materiais dedicados exclusivamente a esta área, visto ser um tópico relacionado à gestão de pessoas e gerenciamento de equipes. Neste quesito, outras áreas do conhecimento, como a psicologia e o treinamento das habilidades de liderança, se tornam muito mais efetivos do que uma análise baseada na engenharia civil, e também se espalham para os demais ramos de atividades.

O que torna o fator humano tão fundamental é que, mesmo que todos os outros detalhes estejam em harmonia e com capacidade de funcionamento, se o operário/almoхарife/engenheiro ou o restante da equipe não desejarem seguir os processos pelos mais diversos motivos, e optarem por realizarem o controle e gestão de materiais de outra forma ou até deixarem de lado estes mecanismos de controle, todo o processo irá falhar.

Pode parecer muito simples, mas na verdade convencer o engenheiro a aplicar o método pode muitas vezes ser uma tarefa desafiadora. Isto porque gera um aumento da própria carga de supervisão e, dependendo do profissional, pode acabar considerando que é melhor manter a situação como está do que despender recursos, treinamento e tempo implementando um novo método de trabalho.

Não só o engenheiro, mas o restante da equipe, como almoxarifes, funcionários administrativos, terceirizados, etc., também precisam ser convencidos de que o método é válido, prático e vantajoso para a sua obra. Por exemplo, é fundamental que o almoxarife e o administrativo conversem entre si para o controle da chegada de materiais, lançamento de notas, contabilização dos materiais que entram e dos que são consumidos, e caso esta comunicação não ocorra, ou não seja feita a contabilidade, ou o modelo de organização não seja executado, o sistema começa a falhar até chegar num ponto onde é necessário interromper os processos por uma diferença entre os estoques virtual e físico.

É muito importante também que os terceirizados e qualquer outra pessoa que necessite de material entenda a importância do controle do estoque, e não pegue materiais sem autorização, ou fora dos horários definidos, ou não retorne os materiais sobressalentes, etc.

Ou seja, é necessário que toda a equipe entenda a necessidade e as vantagens que o sistema de gestão de materiais tem a proporcionar, e que se comprometam cada um a cumprir a sua responsabilidade durante o decurso do empreendimento. Para que isto aconteça, a equipe deve como um todo aderir aos processos do método e seguir as regras estabelecidas, desde os

terceirizados até o engenheiro, que também terá a tarefa de supervisionar as atividades e garantir que cada uma atenda aos requisitos propostos no método.

O segundo condicionante crítico à viabilidade do método é a variabilidade das obras. Cada obra, mesmo que passe pelas mesmas etapas construtivas, é única. Ou seja, vão haver diferenças em termos do momento, da etapa da obra na qual o método será implementado, no espaço disponível, no orçamento que deve ser empregado na construção, na quantidade e qualidade das equipes, no padrão de acabamento, no prazo da obra, etc. Todas estas características tornam a ideia de um método único universal, completo, perfeito e imutável para todas as obras, um delírio.

Mesmo assim, isto não significa que não devem ser implementados processos e tentativas de melhoria e controle de todos os empreendimentos. É claro que, para que este método não se torne obsoleto e desnecessário, deve haver margem para que cada empreendimento aplique suas características particulares dentro do esquema, sem deixar de cumprir com as exigências fundamentais que serão descritas a seguir.

Ou seja, o método de controle que será produzido não se apega aos detalhes individuais e situações particulares de cada empreendimento, mas busca agregar os conceitos, etapas e necessidades gerais apresentados por todas as obras, ou se não, a grande maioria delas. É por isto que o método não irá entrar em muitos detalhes a respeito de, por exemplo, medidas para o almoxarifado, pois cada obra apresenta uma realidade diferente, e uma necessidade também diferente de espaço e acesso. Mesmo assim, o método trará processos de organização interna, que possam ser implementados independentemente do espaço disponível, da altura de pé direito ou do mecanismo de transporte de materiais disponível na obra.

E, por último, o terceiro condicionante é a existência de técnicas anteriores e a dificuldade de adaptação. Este problema não é o mesmo encontrado no fator humano, pois enquanto que o problema do fator humano é no ato de aderir ao sistema devido a fatores de escolha ou julgamento, neste caso a barreira é um processo já estabelecido pela empresa. Também é diferente do problema ocasionado pela variabilidade entre obras, pois mesmo obras diferentes de uma mesma empresa é obrigatório que se pratiquem os processos já definidos pela gerência.

Nestes casos, a mudança de um processo já estabelecido, com processos de inspeção e execução, com fichas já padronizadas e tendo uma equipe já treinada, para um processo

completamente novo, realmente pode não ser uma boa opção, já que mesmo havendo uma vantagem no novo processo, o custo de mudança anularia as vantagens encontradas.

Em resumo, caso já existam processos bem estabelecidos, a empresa deve pesar as vantagens e desvantagens da mudança para um novo método, ou da aplicação parcial do mesmo, nas atividades já padronizadas da empresa.

Analisando estes três problemas críticas, é possível orientar de uma forma mais definida a execução do método, para que possa atender ao público que terá uma adesão melhor, sem muitas barreiras, aos processos que serão exemplificados.

Geralmente, grandes construtoras já possuem o seu método estabelecido. Por isto, entende-se que o método que será aqui produzido terá uma influência e benefício maior para com empresas de pequeno e médio porte, onde exista uma equipe própria da empresa capaz de realizar os serviços mínimos de almoxarifado e movimentações fiscais, mas que ainda careçam de métodos próprios para uma gestão adequada dos materiais.

Mesmo que o método seja orientado para este público, não há impedimento que empresas de grande porte utilizem o método em sua totalidade ou parcialmente. Serão considerados os procedimentos comumente adotados nas obras, a fim de minimizar a mudança para se adequar ao método, permitindo que esteja em uma maior concordância com a realidade de empresas cujos processos ainda não estejam estabelecidos de forma sólida e concreta.

5.2. Organização do Estoque Físico

Iniciou-se este trabalho pelos métodos de gestão de materiais para posteriormente se analisar o controle interno do almoxarifado. Porém, para a geração do método, este será o ponto de partida, visto que é importante já existir uma organização definida, um local correto de armazenagem e processos de chegada e saída de materiais antes que os materiais sejam requisitados pela obra.

Como já foi mencionado, o método não irá depender de um único sistema de movimentação e abastecimento. Ou seja, a empresa não precisará dispor de paleteiras, ou guias, ou guinchos para poder armazenar e organizar o material da forma que será exemplificada. É claro que a utilização de máquinas agiliza o transporte e aumenta a produtividade inclusive das operações, por reduzir o tempo que os operários terão entre o pedido para o consumo e a chegada deste material no posto de trabalho.

A partir das pesquisas realizadas, o método atual contará com 7 regras básicas para o armazenamento dos materiais:

- Não realizar empilhamento de itens
- Executar prateleiras dispostas em corredores para a movimentação das pessoas e materiais
- Separar uma área para materiais mais pesados serem armazenados em paletes
- Separar uma área para o recebimento e expedição, e outra para a separação de pedidos e montagem de kits
- Identificar os corredores, prateleiras, seções das prateleiras e zonas de paletes de forma individual, para que cada item possa ser encontrado em sua respectiva posição
- Utilizar o sistema de estocagem livre, onde cada seção recebe um código que não muda, mas o material que se encontra naquela seção pode mudar, ou ter mais de um material na mesma prateleira
- O sistema de identificação será composto de: números para os corredores; letras para cada altura da prateleira e para cada zona de paletes; e novamente números para as seções de cada prateleira. Ex.: Corredor 4, Seção B12 (Prateleira B, Seção 12). As prateleiras são contadas de baixo para cima, e as seções do início do corredor até o final do corredor.

Quadro 2 – Identificação das Seções nas Prateleiras em cada Corredor

C1	C2	C3	C4	C5	C6
B1	B2	B3	B4	B5	B6
A1	A2	A3	A4	A5	A6

FONTE: Elaborado pelo autor

Seguem também recomendações, que não fazem parte do método, mas facilitam as movimentações dentro do almoxarifado.

- Dispor de máquinas capazes de conduzir os materiais pesados ao seu devido local
- Espaço para a passagem de duas máquinas de forma simultânea no ponto de entrada e saída do almoxarifado
- Execução do almoxarifado em torno de uma sala fechada com alvenaria, que irá servir de cofre aos materiais mais caros e sensíveis

- Almojarifado próximo aos mecanismos de movimentação vertical da obra, como elevadores e guias
- Informar qual o tipo de item que está sendo armazenado em cada corredor (se hidráulica, se elétrica, se pintura, etc.
- Proteção dos materiais contra a umidade com o uso de paletes e lonas
- Manter materiais com maior rotatividade próximos aos acessos

5.3. Organização do Estoque Virtual

Esta é uma parte fundamental do processo, já que o controle de todos os materiais não pode ser feito apenas de forma visual, a partir do estoque físico. Porém, para que o sistema seja útil, é fundamental que exista uma sincronização perfeita entre os dados armazenados e o que de fato está disponível para o consumo da obra.

Caso a obra esteja no início, este sistema pode ser facilmente implementado. Quando for executado o almojarifado conforme as exigências descritos no último tópico, é feita uma contagem dos materiais entrantes e em sequência sua armazenagem de forma correta. Para facilitar este processo, devem ser utilizadas planilhas eletrônicas que irão marcar a posição correta de cada material entrante. Posteriormente, deve ser feita uma conferência no estoque virtual, a fim de confirmar se o que está no sistema bate com o que entrou no almojarifado físico. Caso ocorra divergência, deve ser constatado o motivo e depois deve se dar baixa no sistema, confirmando o consumo, ou identificando o que pode ter ocorrido com o material, caso certamente não tenha sido consumido ainda.

O passo inicial, como já foi mencionado, é definir as zonas de prateleiras, zonas de paletes, zonas de trabalho do almojarife e zonas de separação de materiais. Após isto, sugere-se que a entrada física dos materiais se inicie pelas prateleiras, pois abrangem itens de menores dimensões, porém em maior quantidade, sem ocupar boa parte da área do almojarifado. Em sequência, dão entrada os itens armazenados em paletes, sempre com a tendência de manter os materiais com uma maior rotatividade mais próximos da entrada. Então, é possível finalizar a montagem do local com as sinalizações corretas, demarcações definitivas e definir o local de permanência do almojarife durante o cadastramento e lançamento dos itens.

Caso a obra já esteja em andamento, o processo é mais complicado, pois já irá existir um estoque físico, provavelmente sem a padronização e organização recomendada. Neste caso, é necessário, através de mudanças graduais no almojarifado, gerar uma configuração que se

adeque ao sistema de identificação por prateleiras e paletes e, também de forma gradual, movimentar internamente o material no almoxarifado, cadastrando cada item conforme a sua posição final, com o cuidado para evitar esquecer itens ou cadastrar de forma duplicada, devido a erros na contagem.

Agora, tendo um almoxarifado físico capaz de receber os materiais, e um inventário virtual contendo os dados reais encontrados, será realizado um processo de cadastro de itens toda vez que um novo material chegar na obra. A ordem dos processos pode ser visualizada abaixo:

1. Primeiramente, o material deve ser inspecionado, para conferência de especificação, descrição, quantidade e valor, e para ver se não apresenta avarias ou outros defeitos.
2. Após esta etapa, a nota fiscal do material deve ser lançada no sistema, e então automaticamente deve ocorrer o ingresso do material no estoque virtual, enquanto o item físico é armazenado no almoxarifado.
3. Caso a empresa não trabalhe com um sistema automatizado, o cadastro deve ser feito de forma manual, informando as propriedades do material.
4. Em seguida, o material deve ser posicionado ou nas prateleiras ou nos paletes dentro do almoxarifado, recebendo um código de acordo com sua posição. Este código deve estar ligado á informação do material em uma planilha eletrônica ou no próprio sistema da empresa, caso possua esta funcionalidade.
5. Quando o material for solicitado, o almoxarife deve procurar pelo mesmo na planilha ou no sistema, e então saberá a posição onde ele se encontra. Então, entrega a quantidade requisitada para consumo e dá baixa no sistema, gerando uma saída de material e diminuindo a quantidade deste material no estoque virtual.
6. Dependendo das demandas do dia, o almoxarife pode deixar registrado em uma ficha física as movimentações e separar um horário para passar estas informações ao sistema.

Quadro 3 – Ficha Física de Controle de Saída de Materiais

Item	Código	Descrição	Data	Saída	Responsável	Aplicação	Retorno
1							
2							

FONTE: Elaborado pelo autor

7. No quadro acima, o código deve ser o mesmo encontrado no sistema, acompanhado a descrição do material. Deve ser preenchido também a data de saída, quantidade consumida,

o responsável pelo serviço e o local de aplicação. Caso, ao final do dia, reste material não utilizado, deve ser devolvido ao almoxarifado para entrar na coluna de retorno.

8. É necessário separar um horário no dia para que o almoxarife possa organizar adequadamente o estoque e também cadastrar as saídas e entradas no sistema. Durante este período, as retiradas de material ficam suspensas.

Além de seguir estas etapas para a entrada e saída de materiais, é importante que o estoque físico seja auditado regularmente, para que erros de contagem, armazenamento e outros possam ser identificados antes de causarem prejuízos ao andamento das atividades na obra.

5.4. Análise do Estoque para Reposição e Controle

Já sabendo como organizar o estoque internamente e como fazer o controle virtual, podemos adicionar ao método técnicas de controle de níveis, períodos de reposição e outras mais que sejam úteis ao objetivo proposto. É importante lembrar que este método tem o objetivo de ser prático e de fácil aplicação. Logo, métodos que envolvam mais cálculos e dados, mesmo que promovam uma exatidão maior, podem ser deixados de lado em prol de métodos mais conhecidos e que não necessitem de um conhecimento muito aprofundado para serem colocados em prática.

É importante lembrar, como visto anteriormente, que existem basicamente duas formas de requisitar novos materiais em obra. A primeira é por pedido e a outra é por reposição. A requisição por pedido é feita com base no cronograma de obra, enquanto que a requisição por reposição é feita com base em cálculos de níveis e valores.

Analisaremos primeiramente os pedidos com base na programação, por não necessitarem de análise de quantidades, já que é um pedido com base no cronograma de obra e na medição realizada a partir de projeto.

Como já foi abordado, os recursos Classe 1 precisam ser pedidos a partir do plano de longo prazo, pois o tempo de ciclo “*lead time*” do fornecedor é muito longo. Os recursos Classe 2 podem ser requisitados a partir do plano mensal de médio prazo, e os recursos Classe 3 podem ser pedidos diretamente pela obra no curto prazo, já que neste último caso o tempo entre o recebimento do pedido pelo fornecedor até a chegada do material em obra é curto.

O parâmetro que utilizaremos em nosso método se baseia no tempo entre o pedido realizado ao fornecedor até o momento da chegada do produto em obra. Caso este prazo seja inferior a 1

semana, o recurso será classificado como Classe 3. Caso o prazo esteja entre 1 semana e 1 mês, será classificado como Classe 2. E caso seja superior a 1 mês, será classificado como Classe 1.

Para se obter esta classificação, primeiramente serão selecionados todos os recursos comprados com base na medição por projeto e com prazo de chegada definido pela programação da obra. A seguir, será realizado um contato com os fornecedores para confirmar o prazo de chegada de cada material, e então será possível classificar todos os materiais que não são de uso corrente em uma das 3 classes. A seguir, serão gerados alertas no cronograma da obra, com um sistema de cores que irá identificar as classes: vermelho para Classe 1, amarelo para Classe 2 e azul para Classe 3.

Desta forma, os materiais Classe 1 deverão ser negociados e ter o prazo de chegada programado de forma individual. Geralmente, com mais de 3 meses de antecedência, mas o prazo pode aumentar dependendo da situação. Os materiais Classe 2 irão gerar um alerta no cronograma 1 mês antes de serem necessários na obra, para que o pedido seja feito ao fornecedor no prazo designado, e os materiais Classe 3 irão gerar um alerta no cronograma 1 semana antes de serem necessários na obra.

É importante lembrar que, dependendo do caso, pode ser vantajoso adquirir quantidades maiores do produto, mesmo sendo necessárias apenas para etapas posteriores da obra, a fim de conseguir uma boa negociação de preços com o fornecedor, reduzir custos de frete e transporte, aproveitar as oscilações do mercado, etc. Ou seja, mesmo através do método que está sendo criado, é possível existir uma diferença do previsto dependo da situação. É isto o que permite que o método seja implementado de forma dinâmica, se adequando às diferentes realidades encontradas em canteiros de obras.

Já para os materiais de uso corrente, será utilizado um mecanismo diferente. Por não serem medidos com base em projeto ou estarem exatamente discriminados no cronograma, o momento de reposição destes itens será obtido através de cálculos de consumo e análise de níveis. Como foi visto anteriormente, a existência de materiais armazenados em estoque deve evitar paralizações na produção e outros inconvenientes. Para isto, a quantidade de materiais deve ser medida e controlada, a fim de não gerar custos desnecessários com a sobra de itens e dificuldade de armazenagem.

Os materiais de uso corrente apresentam um padrão de consumo que pode ser analisado a fim de gerar uma projeção do consumo futuro. Como já foi dito, este trabalho não aborda técnicas

de medição da produção. Porém, o leitor pode, posteriormente, realizar pesquisas mais aprofundadas sobre o assunto.

Neste caso, a demanda total não é útil para a reposição periódica, pois gera um estoque excessivo com baixa rotatividade. O que é desejável aqui é a demanda distribuída ao longo do tempo. Para isso, a projeção tomará como base os dados do último período, aplicando o Método da Média Móvel, que pode ser encontrado na seção 2.3.2. deste material. Caso a equipe seja capacitada e disponha de tempo e recursos para tal, é possível utilizar métodos mais precisos. Porém, para os fins e objetivos deste método, será mantida a escolha da Média Móvel.

Mudanças no ritmo de produção, nos fornecedores e operários, próximas etapas da obra e a própria opinião dos responsáveis pela execução e pelo controle servem para corrigir o valor encontrado, seja para mais ou para menos. Por exemplo, será exigido uma quantidade maior de cal no início da etapa do reboco, enquanto que será exigido uma quantidade menor de pregos após a desforma da estrutura.

É possível trabalhar com ponto de pedido ou intervalo de pedido. Cada uma das alternativas apresenta suas vantagens. Para o método atual, será utilizado o intervalo de pedido, pois exige menos períodos de verificação para reposição. Desta forma, periodicamente, de mês em mês, será verificado o que precisa ser comprado, a partir das contas obtidas com o estoque mínimo e o consumo do período. É importante lembrar que, nos cálculos de reposição, os materiais em trânsito também são contabilizados pois irão chegar na obra e reabastecer o estoque acabando.

Para o cálculo do estoque mínimo, será utilizada a técnica do Grau de Atendimento Definido em 90% dos casos, que pode ser encontrado na seção 2.4.2. do presente trabalho. Para a definição dos lotes de compra, será utilizado o Sistema de Revisões Periódicas, que utiliza o intervalo de pedido, que pode ser encontrado na seção 2.7.3. do presente trabalho.

Existem sistemas mais simples e diretos para o controle dos estoques. Ou seja, para tentar facilitar o uso posterior, será elaborada uma planilha eletrônica de forma a automatizar os cálculos dos métodos citados acima. A informação que será adicionada à planilha, a cada semana, corresponderá ao consumo dos itens, que virá do sistema a partir da saída do material para consumo.

Abaixo é possível ver um resumo dos processos que devem ser seguidos para a análise de reposição e controle dos estoques:

1. Abstrair do sistema o consumo dos últimos períodos. Após isto ter sido feito, nas próximas semanas só será necessário trazer o consumo semanal, pois o restante já estará adicionado na planilha eletrônica
2. Calcular a projeção de consumo pelo Método da Média Móvel (consumo semanal)
3. Verificar o tempo de reposição com o fornecedor (será considerado como semanal, mas pode variar dependendo do caso)
4. Calcular a quantidade que será consumida durante o intervalo de compra (um mês)
5. Calcular o estoque mínimo a partir do grau de atendimento definido em 90%
6. Obter as quantidades de estoque atual
7. Programar a planilha para indicar a quantidade de itens que deverá ser adquirida para o próximo período

Observação: foi sugerido que o intervalo de compra seja de um mês, mas este intervalo pode variar dependendo das necessidades e capacidade de estocagem da obra, inclusive pelo fato da análise de consumo ser semanal. Porém, mesmo em um intervalo mensal, a compra dos itens pode ser alternada, de forma que uma parcela dos itens seja comprada na primeira semana do mês, uma outra parcela na próxima semana, e assim por diante, reiniciando o ciclo no próximo mês e mantendo a frequência de cada item constante.

Para exemplificar, suponhamos que os consumos dos últimos períodos retornaram uma projeção de consumo de 100 unidades por semana e que o estoque mínimo foi calculado em 50 unidades. Considerando que um mês seja composto por 4 semanas, aproximadamente, em um mês, serão consumidas 400 unidades.

No caso acima, a planilha eletrônica deverá comunicar a necessidade de uma nova compra quando a quantidade no estoque virtual, somada ao material em trânsito, for igual ou inferior a 550 unidades, que é o somatório da previsão de consumo durante o intervalo de compra (400), da previsão de consumo durante o tempo de reposição (100) e do estoque mínimo (50). Neste caso, deverá ser feita uma nova compra de materiais correspondente à diferença entre o valor acima e o estoque atual.

Ou seja, caso no final do mês existam 600 unidades em estoque, não será feito nenhum pedido adicional. Ao final do mês, quando serão consumidas 400 unidades, o estoque marcará 200 unidades. A diferença, de 350 unidades, será requisitada e chegará na próxima semana, deixando o estoque em 450 unidades, já considerando o consumo da semana. Após mais 3 semanas, o estoque chegará à marca de 150 unidades, e um novo pedido será feito, de 400

unidades. Na próxima semana, o estoque chegará ao mínimo, em 50 unidades, e será então reabastecido, chegando a 450 unidades, e reiniciando o ciclo.

É possível notar que podem ocorrer assimetrias no consumo, porém existe um equilíbrio que irá ocorrer ao longo do tempo, mantendo os níveis entre 50 (mínimo) e 450 (máximo) unidades.

Para o controle dos materiais que irão chegar nos próximos dias, deve ser feito, no início de cada semana, um filtro com um horizonte de duas semanas ou mais, a fim de preparar as equipes para o recebimento destes materiais. Este filtro também será utilizado para se calcular o tempo de reposição que o fornecedor é capaz de dar.

6. CONCLUSÃO

O setor da construção civil, apesar de ainda apresentar algumas características de artesanato, ficando a desejar se comparado a outros setores mais mecanizados, automatizados e conectados, vem passando por constantes mudanças e aperfeiçoamentos, inclusive na análise e gestão de materiais. Não existe uma fórmula única que irá funcionar em absolutamente todos os casos. Ao longo do tempo, surgirão novos métodos mais eficientes, correspondendo aos avanços tecnológicos e culturais de cada momento e local.

Devido a este fator, foram abordados neste trabalho muitas técnicas e fórmulas diferentes, que podem ser mais ou menos úteis e válidas dependendo do caso e da situação específica. Para a execução do método final, foi escolhida uma das várias técnicas disponíveis pelo entendimento da aplicação e generalidade, isto para cada etapa do processo. Independentemente desta escolha, o método permite que se trabalhe com outras técnicas e fórmulas, tendo sido ou não abordadas neste trabalho, caso se sinta a necessidade.

Também é importante informar que existem técnicas e procedimentos mais especializados, mas que não foram abordados visto que um dos principais objetivos do trabalho é a fácil aplicação do método, com processos genéricos tranquilamente implementados em obras tanto por começar quando já em execução.

Uma das preocupações do método adotado foram as restrições espaciais e de custos referentes a uma elevação significativa dos materiais armazenados em estoque (além dos custos cada vez mais elevados com transporte e processos intermediários). Como já foi visto, existe um custo que, se possível, deve apresentar um valor suficiente para compensar os riscos assumidos, através dos cálculos realizados. Por isto, foi implementada uma técnica que é capaz de retornar valores mais concretos e seguros para o estoque mínimo.

Também se deu uma prioridade às técnicas capazes de trabalhar com uma grande quantidade de dados. Se a informação é acessível, deve ser utilizada a fim de melhorar os processos e corrigir as falhas nas operações. É recomendado praticar os passos descritos na seção 2.6, que trata da classificação ABC, de forma periódica. Esta classificação irá retornar os produtos que devem receber uma maior atenção por parte da empresa, e talvez, dependendo da necessidade, passar por mecanismos de controle mais robustos.

Por fim, percebe-se que o mercado da construção civil está se tornando cada vez mais complexo, com maiores conexões e também maiores demandas para o canteiro, tanto internas

quanto externas. Pode-se citar demandas de prazos, de qualidade, de sustentabilidade, etc. Os padrões de consumo também estão sofrendo uma variação significativa em relação ao observado nas décadas passadas, principalmente devido às novas necessidades dos ocupantes.

Para atender a todas estas demandas e mudanças vistas no mercado, é fundamental que a empresa esteja preparada para entender o seu sistema de logística interna e para agir de forma eficiente na sua gestão de materiais. Não é apenas uma questão de custos, mas também de melhoria contínua e definição de processos de qualidade e produtividade.

Ao trazer os métodos já conhecidos em outras áreas e também no mercado da construção, este trabalho cumpre seu objetivo de tratar sobre o tema gestão de materiais, realizando inclusive um estudo de caso sobre o assunto, e também foi capaz de produzir um método embasado no conhecimento existente que pode trazer inúmeros benefícios às operações nos canteiros de obras.

Posteriormente, este método será efetivamente implementado em uma obra residencial de alto padrão na cidade de Porto Alegre, tendo a permissão da gerência e da engenharia para tanto, a fim de comprovar sua efetividade e também avaliar possíveis aspectos que necessitem de alguma alteração.

Sugere-se, para dar continuidade na pesquisa, estudos mais aprofundados em certos tópicos que não estão dentro do escopo deste trabalho, mas que afetam a gestão e o controle de estoques, como: Análise de Equipamentos Locados; EPI's; Agregados; Escoramento. Caso seja realizada uma continuidade destes estudos, será possível complementar a pesquisa já feita com dados adicionais específicos, que atendam a cada um destes tópicos adicionais.

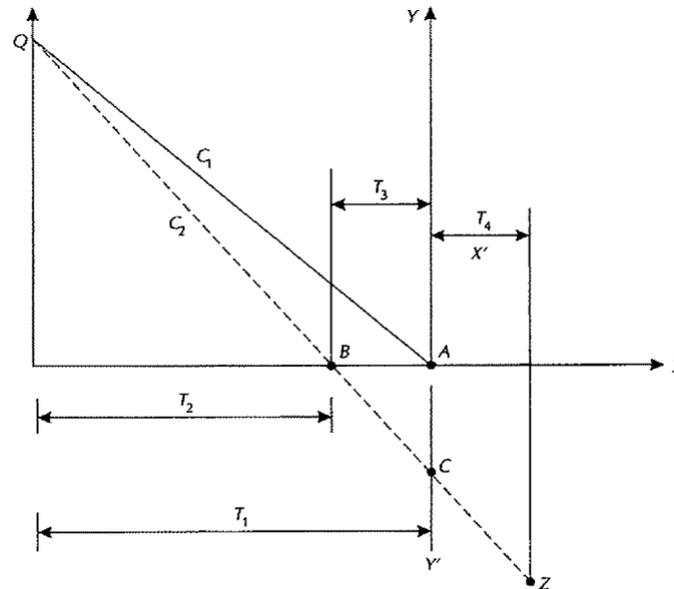
O trabalho, portanto, é finalizado atendendo às exigências estabelecidas anteriormente, de acordo com o objetivo proposto, atentando ao escopo definido e cumprindo a sequência de desenvolvimento proposta em sua metodologia.

REFERÊNCIAS

- ALVES, P. **Implantação de tecnologias de automação de depósitos: um estudo de casos.** Dissertação de Mestrado em Administração pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2000.
- BALLOU, R. H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física.** São Paulo: Atlas, 1993.
- BEZERRA, F. S. **Gestão de Estoque e Armazenagem: um Estudo de Caso.** Monografia de Graduação. Universidade Federal do Ceará. 59 páginas. 2015.
- BRANCO JUNIOR, A. S.; SERRA, S. M. B. **Estudo do gerenciamento do setor de suprimentos em uma empresa construtora.** XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção – Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003.
- DIAS, M. A. P. **Administração de Materiais: uma abordagem logística.** 4ª edição. São Paulo: Atlas, 2010.
- FORMOSO, C. T. et al. **Termo de referência para planejamento e controle da produção em empresas de construção civil.** São Paulo: SINDUSCON-SP 1999.
- FRANCISCHINI, P. **Administração de materiais e do patrimônio.** São Paulo: Pioneira, 2002.
- ISATTO, E. L. **Gestão de suprimentos: Sistemas de abastecimento.** 2021. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=qmFs8SxLjN0&list=PL9C7XQc2G9jMW3Iy5PShvETby7Q-7aq_W&index=39&t=1507s. Acesso em 20/03/2023.
- MOTTA, I. de S. **A prática do lote econômico.** RAE - Revista de Administração de Empresas, v. 5, n. 17, p. 127-144, 1965.
- MOURA, B. do C. **Logística: Conceitos e Tendências.** 1º Ed. Lisboa: Centro Atlântico, 2006.
- PIANA, C. F. de B.; Machado, A. de A.; Selau, L. P. R. **Estatística Básica.** Pelotas, 2009.
- POZZO, H. **Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística.** São Paulo: Atlas, 2010.
- SALLABERRY, C. R. **Implementação de um sistema ERP em uma empresa construtora: impactos no processo de aquisição de materiais.** Porto Alegre, 2009.
- VIANA, J. J. **Administração de Materiais: um enfoque prático.** São Paulo: Atlas, 2006.

ANEXO A

Gráfico 2 – Aumento de consumo mensal e do tempo de reposição



FONTE: DIAS (2010)

No gráfico acima, temos:

C_1 – Consumo normal mensal

C_2 – Consumo mensal maior do que o normal

T_1 – Tempo para consumo de Q a uma velocidade de consumo C_1

T_2 – Tempo para consumo de Q a uma velocidade de consumo C_2

T_3 – Tempo que se deixou de consumir por causa da alteração de consumo (C_2)

T_4 – Atraso no tempo de reposição

A – Instante em que Q chegaria a zero (0)

B – Instante em que Q chegaria a zero (0)

C – Quantidade de material necessária para suportar uma alteração de consumo, não havendo atraso no tempo de reposição

Z – Quantidade de material necessária para suportar uma alteração de consumo, havendo atraso no tempo de reposição

Para obter o valor de estoque mínimo, precisamos encontrar a equação da reta cujo coeficiente angular é igual a $-C_2$. Antes disso, a fim de se obter o valor de T_3 , devemos observar a relação entre as retas de consumo, sabendo que ambas vão de Q até zero (0).

$$C_1 \cdot T_1 = C_2 \cdot T_2 \quad (22)$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{T_2}{T_1} \quad (23)$$

$$T_2 = \frac{C_1 \cdot T_1}{C_2} \quad (24)$$

Sabendo que $T_3 = T_1 - T_2$, temos que:

$$T_3 = T_1 - \frac{C_1 \cdot T_1}{C_2} \quad (25)$$

A equação da reta analítica:

$$y - y' = m(x - x') \quad (26)$$

Os pontos B e Z têm os seguintes parâmetros:

$$B = (x = -T_3); (y = 0)$$

$$Z = (x' = T_4); (y' = -E_{\text{mín}})$$

$$m = -C_2$$

Adicionando-se estes valores na equação da reta, ficamos com:

$$0 + E_{\text{mín}} = -C_2(-T_3 - T_4) \quad (27)$$

Substituindo T_3 :

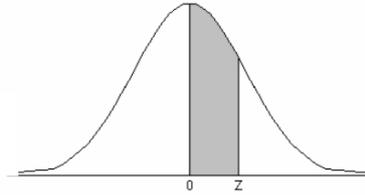
$$E_{\text{mín}} = C_2 \left(T_1 - \frac{C_1 \cdot T_1}{C_2} \right) + C_2 \cdot T_4 \quad (28)$$

$$E_{\text{mín}} = C_2 \cdot T_1 - C_1 \cdot T_1 + C_2 \cdot T_4 \quad (29)$$

$$E_{\text{mín}} = T_1 (C_2 - C_1) + C_2 \cdot T_4 \quad (30)$$

ANEXO B

Tabela 7 – Tabela normal padrão

Tabela I. Área sob a curva normal padrão de 0 a z,
 $P(0 \leq Z \leq z)$.

z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0754
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2133	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2258	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2518	0,2549
0,7	0,2580	0,2612	0,2642	0,2673	0,2704	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2996	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441
1,6	0,4452	0,4463	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,7	0,4554	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616	0,4625	0,4633
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4664	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693	0,4699	0,4706
1,9	0,4713	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756	0,4761	0,4767
2,0	0,4772	0,4778	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4812	0,4817
2,1	0,4821	0,4826	0,4830	0,4834	0,4838	0,4842	0,4846	0,4850	0,4854	0,4857
2,2	0,4861	0,4864	0,4868	0,4871	0,4875	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,3	0,4893	0,4896	0,4898	0,4901	0,4904	0,4906	0,4909	0,4911	0,4913	0,4916
2,4	0,4918	0,4920	0,4922	0,4925	0,4927	0,4929	0,4931	0,4932	0,4934	0,4936
2,5	0,4938	0,4940	0,4941	0,4943	0,4945	0,4946	0,4948	0,4949	0,4951	0,4952
2,6	0,4953	0,4955	0,4956	0,4957	0,4959	0,4960	0,4961	0,4962	0,4963	0,4964
2,7	0,4965	0,4966	0,4967	0,4968	0,4969	0,4970	0,4971	0,4972	0,4973	0,4974
2,8	0,4974	0,4975	0,4976	0,4977	0,4977	0,4978	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4982	0,4983	0,4984	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
3,0	0,4987	0,4987	0,4987	0,4988	0,4988	0,4989	0,4989	0,4989	0,4990	0,4990
3,1	0,4990	0,4991	0,4991	0,4991	0,4992	0,4992	0,4992	0,4992	0,4993	0,4993
3,2	0,4993	0,4993	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4995	0,4995	0,4995
3,3	0,4995	0,4995	0,4995	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4997
3,4	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4998
3,5	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998
3,6	0,4998	0,4998	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,7	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,8	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,9	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000

FONTE: PIANA (2009, p. 212)