

2 FRAMEWORK PARA A REVISÃO SISTEMÁTICA

Segundo Lambert e Cooper (2000), o gerenciamento da cadeia de suprimentos consiste na integração dos processos de negócios chave, desde os fornecedores primários até o consumidor final, fornecendo produtos, serviços e informações que agregam valor para os clientes e outras partes interessadas.

Dentro destes objetivos, a armazenagem tem se destacado por suas oportunidades de melhorias. Um dos principais papéis das instalações de armazenagem no gerenciamento da cadeia de suprimentos é agilizar as operações e o fluxo de informação, reduzindo os níveis de estoque, agilizando o processo de distribuição através da interconexão entre os elos e permitindo a resposta rápida ao longo do canal de distribuição (COOPER e ELLRAM, 1993, *apud* VRIJHOEF e KOSKELA, 2000).

Armazéns compreendem diferentes funções, assim é preciso ter claro quais são as funções que serão desempenhadas na instalação antes de projetá-las. Algumas denominações para esta facilidade refletem esses diferentes papéis, tais como: centro de consolidação, centro de sequenciamento JIT, centro de customização de serviço, centro de *fulfillment* e centro *e-fulfillment* (RUSHTON *et al.*, 2010).

Rouwenhorst *et al.* (2000) ainda diferenciam dois tipos de armazéns, o de distribuição e de produção. A função do armazém de distribuição é estocar produtos e selecionar o conjunto de itens requeridos pelo cliente no pedido. A variedade de produtos é elevada neste tipo de instalação, entretanto, a quantidade solicitada no pedido pode ser pequena, assim o processo de separação dessas ordens pode se tornar complexo e custoso.

Já no armazém de produção, os autores relatam que a função é estocar matéria-prima, produto em processo e produto acabado, associado com a linha de montagem e/ou manufatura. O tempo de estocagem é alto quando comparado com centros de distribuição, tanto para matérias primas, como para produtos acabados.

Desta forma, a empresa deve investir em um sistema de estocagem robusto, estruturado. Já para os produtos em processos, a reposição para a linha de montagem deve ser rápida para não atrasar a produção (ROUWENHORST *et al.*, 2000).

De Koster *et al.* (2007) explicam ainda que o termo armazém é usado se a principal função é a estocagem. Se a distribuição também for uma função principal, então o termo usado é centro de distribuição (CD).

Nos últimos anos, o aumento da produção por economia de escala e a redução do custo de transporte têm evidenciado cada vez mais os CD's, que são facilidades que conectam a empresa com seus clientes e fornecedores. As fontes (fábricas, distribuidores, entre outros) abastecem os CD's que, por sua vez, abastecem os locais de demanda ou consumidores finais (CHEN, 2001).

Para efeito de simplificação, neste trabalho o termo armazém corresponde tanto a instalações com função de estocagem, como de distribuição.

Para Rushton *et al.* (2010), o principal objetivo da maioria dos armazéns é fazer a movimentação de bens através da cadeia de suprimentos até o cliente final. Manter estoque é uma necessidade para manter estável a demanda por produtos, além do fato de que o *lead time* de suprimentos pode ser maior do que o *lead time* da demanda. Manter estoque pode ser também interessante do ponto de vista financeiro, muitas vezes pode ser necessário reduzir custos na cadeia de suprimentos, possibilitando economias de escala, descontos por comprar em grande quantidade e/ou cobrir imprevistos na produção ou mesmo eventos inesperados.

Um armazém é uma instalação comercial de consolidação e armazenagem de mercadorias. Armazéns são utilizados pelos fabricantes, importadores, exportadores, varejistas, empresas de transporte, entre outros (SHIAU e LEE., 2010). Estima-se que as atividades de armazenagem e manuseio de materiais absorvem até 25% dos custos de distribuição física da empresa (BALLOU, 2006). Para se ter noção da representatividade dessas atividades em termos de custo, nos Estados Unidos o valor dos estoques, somente no comércio, foi de cerca de meio trilhão de dólares em 2008, e os custos de inventário (incluindo juros, impostos, depreciação, seguro, obsolescência e armazenagem) foram estimadas em 332 (trezentos e trinta dois) bilhões de dólares (GU *et al.*, 2010).

Em algumas situações especiais (por exemplo, produção enxuta, inventário 'virtual', *cross docking*), a função de armazenagem ao longo da cadeia de suprimentos tende a ser reduzida. Mas, em quase todas as cadeias de suprimentos, matérias-primas, peças e estoques de produtos ainda precisam ser armazenados, assim armazéns são necessários e desempenham um papel crítico no sucesso (DE KOSTER *et al.*, 2007). Além disso, o mercado tem se tornado cada vez mais volátil, com ciclo de vida dos produtos diminuindo e as empresas manufatureiras impossibilitadas de empurrar facilmente os seus produtos a jusante na cadeia de suprimentos. Assim, oferecer o menor preço e a melhor qualidade já não são mais suficientes para dominar o mercado. Velocidade e flexibilidade são critérios ganhadores de pedidos. Desta forma, a armazenagem vem garantir que esses critérios sejam atendidos (CHOW *et al.*, 2005).

Para completar, os principais motivos que justificam a utilização de instalações de armazenagem são: redução dos custos de transporte e produção, coordenação da oferta e da demanda; necessidade inerente ao processo de produção e colaboração no processo de comercialização (BALLOU, 2006).

Lambert *et al.* (1998) ainda acrescentam que os armazéns contribuem para a missão de uma organização das seguintes formas:

- Atingir economias de transporte (por exemplo, envio combinado, carga *full-container load*¹);
- Atingir economias de produção (por exemplo, política de produção para estoque (*make-to-stock* - MTS));
- Aproveitar os descontos de compra em grande quantidade ou compra antecipada;
- Apoiar políticas da empresa para atendimento ao cliente;
- Suavizar as mudanças nas condições de mercado e incertezas (por exemplo, a sazonalidade, flutuações da demanda ou concorrência);
- Superar as diferenças de tempo e espaço que existem entre produtores e clientes;
- Apoiar os programas *just-in-time* de fornecedores e clientes;
- Fornecer armazenamento temporário de material a ser descartado ou reciclado (logística reversa);

¹ A expressão "*full container load*" significa contêiner completo ao qual não se pode acrescentar carga durante o tempo em que está sendo transportado. Com isso, diminui-se o custo de transporte.

Bowersox e Closs (2001) resumem definindo as vantagens da obtenção de uma armazenagem estratégica em duas dimensões: econômico e de serviço. Do ponto de vista econômico, a principal vantagem é a redução de custos logísticos (por exemplo, a instalação de um depósito pode reduzir o custo de transporte numa proporção maior que os custos da instalação, reduzindo o custo total do sistema logístico). Já as vantagens de serviços estão relacionadas a melhorias ligadas ao tempo e localização, fruto do *trade-off* entre custo e nível de serviço, um dos grandes desafios da logística (MARTINS *et al.*, 2005). Por exemplo, a adição de um depósito causado pela necessidade de atender a um mercado específico pode aumentar custo, mas proporciona um aumento nas vendas e no lucro, redução do prazo de entrega, maior disponibilidade de produtos, entrega com hora determinada, maior cumprimento dos prazos de entrega e maior facilidade de colocação do pedido (MARTINS *et al.*, 2005).

Uma vez compreendido o papel do armazém na cadeia de suprimentos e a importância desta instalação no contexto da organização, é necessário entender as suas principais operações e como funcionam os processos de armazenagem.

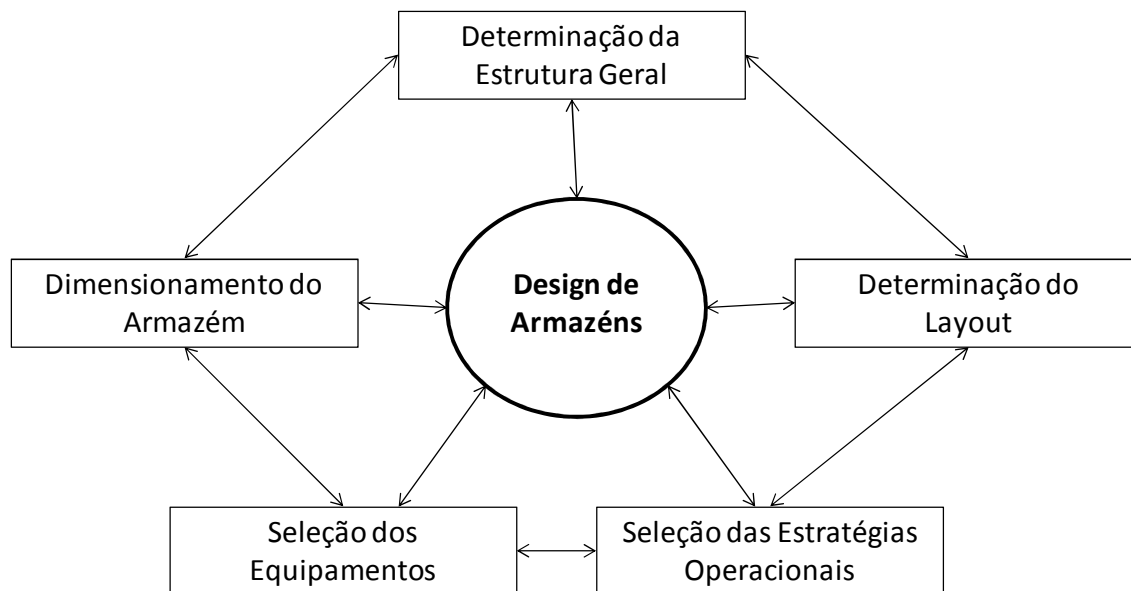
Primeiramente, é preciso definir claramente três principais conceitos dentro do macro processo que é a armazenagem. Primeiro, um produto é definido como um tipo de bem, por exemplo, garrafas de *shampoo* de uma marca específica. Segundo, a forma como estes produtos serão manuseados na instalação, por exemplo agrupados em caixas ou unidades individuais chamados de SKUs. Uma unidade do produto é um item. E por fim, a combinação de vários itens de vários produtos que são solicitados por um cliente é chamada de ordem de pedido (ROUWENHORST *et al.*, 2000).

Os requisitos básicos nas operações de armazém são: receber as SKUs dos fornecedores e armazená-las, receber pedidos de clientes, separar as SKUs, montar os pedidos para o embarque e, por fim, enviar os pedidos concluídos para os clientes. Há muitas questões envolvidas na concepção e operação de um armazém para atender a esses requisitos. Recursos, tais como espaço, mão de obra e equipamentos, precisam ser alocados entre as funções de armazenagem, que devem ser cuidadosamente implementadas, operadas e coordenadas a fim de atingir os requisitos do sistema em termos de capacidade, taxa de processamento (*throughput*), nível de serviço ao custo mínimo de recursos (GU *et al.*, 2007).

Os armazéns são importantes elos na cadeia de suprimentos em que operam. Assim, precisam ser projetados e operados de acordo com os requisitos específicos da cadeia de abastecimento como um todo. Parte fundamental no projeto de um armazém, o projeto de instalação geralmente envolve tomada de decisões estratégicas em diversas áreas como a seleção da localização, dimensionamento da instalação, planejamento de *layout*, seleção dos sistemas e equipamentos de manuseio de materiais, concepção de docas de expedição e recepção, entre outros (GILL, 2009).

Para De Koster *et al.* (2007), o *design* interno das instalações de armazenagem consiste num conjunto de decisões estratégicas. Questões tradicionais em projeto do armazém incluem a seleção de um método adequado de armazenamento, a escolha de equipamentos de manuseio adequado, o *layout* do armazém, definição da política de *picking*/separação de pedido, políticas de estocagem e políticas de roteirização (DE KOSTER *et al.*, 2007; CHAN e CHAN, 2011).

Para Gu *et al.* (2010), o problema de *design* de armazéns envolve cinco grupos de decisões, como mostra a Figura 1.



FONTE: Gu *et al.* (2010)

Figura 1: Problemas sobre Design de Armazéns

Esses cinco grupos podem ser melhor explicados como segue:

- Determinação da estrutura geral (ou *design* conceitual): corresponde ao desenho do fluxo padrão, especificação funcional de cada

departamento e a relação dos fluxos entre os departamentos. Nesta fase do projeto, os esforços são para atender os requisitos de armazenamento e processamento, e para minimizar os custos operacionais e investimentos futuros;

- Dimensionamento do armazém: determina a característica do armazém em termos de capacidade de armazenagem e espaço total necessário. Tem grande impacto nos custos de construção, manutenção de estoque, reposição e material de movimentação;
- Determinação do *Layout*: detalha a configuração do armazém. Afeta a performance do armazém em várias dimensões, como: custos de construção e manutenção; custo de movimentação de materiais; capacidade de armazenagem; utilização do espaço e utilização dos equipamentos;
- Seleção dos equipamentos de armazenagem: determina o nível de automação apropriado para a instalação e identifica os tipos de equipamentos utilizados para armazenagem e movimentação de materiais;
- Seleção das estratégias operacionais: o foco é sobre as estratégias de operação que, uma vez selecionadas, têm efeitos importantes sobre o sistema como um todo e não são suscetíveis de serem alteradas frequentemente. Exemplos: a escolha da regra de estocagem (estocagem randomizada ou dedicada) e a escolha da estratégia de separação (lotes de pedidos, zonas de separação, separação por onda ou separação discreta).

O planejamento, *design* e controle de sistemas de armazenagem são questões complexas, que incluem uma variedade de decisões interrelacionadas e englobam desde descrições funcionais até uma especificação técnica, tal como a seleção de equipamentos e determinação do *layout*. É preciso compreender as interações entre as decisões a fim de se chegar à configuração final do armazém (DE KOSTER *et al.*, 2007; GU *et al.*, 2010). Em cada etapa do processo, critérios de desempenho devem ser cumpridos, tais como custos, produtividade, capacidade de armazenagem, taxa de processamento e tempo de resposta

(ROUWENHORST *et al.*, 2000; ONUT *et al.*, 2008). Para melhor compreender o processo de *design* de um armazém, bem como visualizar os principais fatores que impactam nas decisões e nortear a revisão de literatura sobre o assunto, foi elaborado um *framework*, com base nos artigos primários sobre o assunto e nas pesquisas iniciais (Ver Capítulo 3).

O *framework* proposto é dividido em três partes: *Inputs*, Desenho e Implantação, e *Outputs*. *Inputs* incorpora os principais fatores que influenciam nas decisões referentes ao *design* de uma instalação de armazenagem, sejam eles de natureza interna ou externa ao poder de controle das empresas, são os pontos de partida para o desenho e implantação das atividades. Desenho e Implantação contém os principais aspectos que devem ser abordados na fase de *design*, propriamente dita. Por fim, *Outputs* identifica o objetivo final almejado pelas empresas como consequência de um *design* ou *redesign* de um armazém.

Cada grupo foi detalhado em subgrupos identificados na fase de leitura dos artigos da revisão de literatura e as próximas seções descrevem melhor cada variável do *framework*. A Figura 2 mostra o *framework* proposto e utilizado neste estudo.

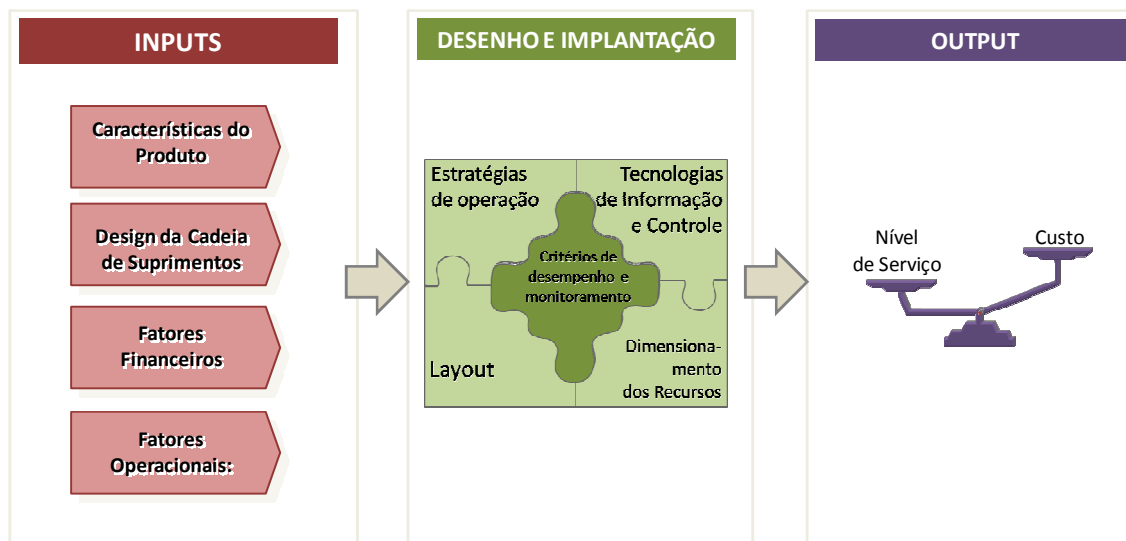


Figura 2: Framework proposto para revisão da literatura referente ao Design de Armazéns

É válido ressaltar que estes grupos não são exaustivos. Sabe-se que existem muitas outras decisões por trás do processo de desenho e implantação de um armazém, como seleção, contratação e treinamento de funcionários, *layout* interno das áreas de suporte (exemplo: refeitório, escritórios, portaria, banheiros),

entre outras. No entanto, não é objetivo do trabalho e por isso não estão inseridas no *framework*.

2.1. INPUT

Caracteriza-se por ser o ponto inicial do processo de implementação de uma unidade de armazenagem, incluindo variáveis que devem ser analisadas e levadas em consideração durante todas as decisões, pois influenciam no sucesso e no resultado final de todo o processo.

Os *inputs* podem ser oriundos da própria empresa ou organização, ou influenciados pelos meios externos. São eles:

- **Características do Produto:** Na prática, muitas decisões quanto às estratégias de operação de armazenagem e até a estratégia logística da empresa são particularmente afetadas pelas propriedades ou características dos produtos, tais como tamanho, peso, requisitos de temperatura e segurança, categorização dos produtos em famílias ou classes, e tamanho das ordens de serviço (CHOW *et al.*, 2005; DE KOSTER *et al.*, 2007).
- **Design da Cadeia de Suprimentos:** Para Baker (2004), as escolhas feitas nas unidades de armazenagem não podem ser tomadas isoladamente, devendo levar em consideração toda a cadeia de suprimentos, do fornecedor até o cliente final. Chow *et al.* (2005) afirmam que o planejamento estratégico logístico, que compreende a armazenagem, dentre outros fatores, é um processo complexo que requer uma compreensão de como os diferentes elementos e atividades internos à empresa interagem em termos de *trade-offs* e o custo total com o restante da cadeia de suprimentos. Para Gill (2009), a rede da cadeia de suprimentos (ou *supply chain network*) consiste em um grupo interligado de facilidades, tais como fábricas e armazéns. O desenho e implantação destas instalações é um problema de pesquisa de grande relevância e que tem consequências para os custos operacionais de funcionamento dessas instalações e da sua capacidade para satisfazer às necessidades do cliente (DE KOSTER *et al.*, 2007). Pelo impacto causado pelas operações dentro de um

armazém na performance da cadeia de suprimentos como um todo, é preciso contextualizar o *design* do armazém dentro da configuração da cadeia de suprimentos à qual a instalação fará ou faz parte (DE KOSTER *et al.*, 2007). Um destaque maior é dado à questão da localização. O planejamento de uma facilidade, como um armazém, envolve não somente o seu desenho, mas também a localização física. (TOMPKINS *et al.*, 1996; CORDEAU *et al.*, 2006). A localização é uma das mais importantes e estratégicas decisões para a otimização do sistema logístico, é uma decisão de longo prazo que considera fatores quantitativos e qualitativos, tais como custos, características do produto, infraestrutura, incentivos fiscais, perfil fiscal do município, disponibilidade de mão de obra, localização do mercado consumidor, entre outros (DEMIREL *et al.*, 2010).

- Fatores financeiros: Os custos de armazenagem são em grande parte determinados na fase de desenho e implantação das instalações (ROUWENHORST *et al.*, 2000). Devido ao alto impacto nos custos, assim como a complexidade que é implantar uma facilidade, tal como um armazém, é preciso que os armazéns sejam projetados de forma eficiente, no que diz respeito a custo (BAKER *et al.*, 2009). O problema de *design* de armazém compreende o desenho do fluxo de processo e seleção dos sistemas de armazenagem embasados em considerações econômicas, sempre almejando o mínimo de investimento e custo operacional (ROUWENHORST *et al.*, 2000). Hackman *et al.* (2001) ressaltam os três principais custos a serem previstos em um projeto de instalação de armazéns, quais sejam: mão de obra, espaço e capital investido nos sistemas de movimentação de materiais e estocagem. Ainda é preciso considerar o valor anual equivalente (VAE) tomado como remuneração do capital e o valor presente líquido (VPL) utilizado como indicador da viabilidade do investimento realizado (Martins *et al.*, 2005).
- Fatores operacionais: As decisões estratégicas têm forte ligação entre si. Rouwenhorst *et al.* (2000) ressaltam que é preciso definir a capacidade técnica da instalação antes da determinação do desenho da instalação. Para isso é preciso saber as características dos produtos e

dos pedidos. De posse dessas informações é feita a especificação da combinação de sistemas tecnicamente possíveis para manusear os produtos, contemplando as restrições de desempenho requeridas. Este grupo foi dividido em dois sub-grupos, com os maiores aspectos considerados nos modelos levantados pela revisão de literatura como fatores operacionais: capacidade de armazenagem e capacidade de processamento (*throughput*). A taxa de processamento é um importante indicador da produtividade do sistema e está diretamente relacionado com os métodos de separação de pedido (HACKMAN *et al.*, 2001). Quanto à capacidade de armazenagem, por ter um grande impacto nos custos de construção, manutenção de estoque, reposição e material de movimentação, é preciso defini-la em termos da efetiva necessidade do espaço total apropriado, antes da implementação do *design* de fato (GU *et al.*, 2010). Rushton *et al.* (2010) ainda completam que a natureza de longo prazo de um ativo, como um armazém, tem de ser considerado com muito cuidado. Esse tipo de instalação tem um período de amortização de 20 a 25 anos e os equipamentos cerca de 5 a 10 anos. A opção de alugar por um longo período de tempo é uma forma de minimizar a exposição financeira da empresa. É importante também realizar o planejamento de cenário para que futuras mudanças sejam identificadas e o armazém possa ser concebido de formar que consiga responder a essas mudanças. Por isso, incorporar a flexibilidade como parte integrante do projeto é de suma importância.

2.2. DESENHO E IMPLANTAÇÃO

Este grupo lista os principais tópicos de decisões encontrados na revisão de literatura sobre *design* de armazéns:

- *Layout*: É comum pensar em *design* de armazém como apenas a configuração do *layout* dessa instalação. Esta é obviamente uma parte crítica do processo de *design*. Segundo Liggett (2000), o problema de *layout* em facilidades está relacionado com alocação de atividades aos espaços, e pode configurar uma questão de *design* ou realocação de espaços em uma facilidade existente. Uma vez que os princípios

operacionais foram estabelecidos e os tipos de equipamento escolhidos, então os *layouts* internos e externos podem ser tratados. Pacotes computacionais, como o *software* CAD (*computer-aided design*), podem ser muito úteis a este respeito, mas cabe ao *designer* decidir como os diferentes componentes do armazém devem ser arranjados fisicamente (RUSHTON *et al.*, 2010). Para Ballou (2006), o objetivo é minimizar os custos com movimentação de materiais, que muitas vezes significa diminuir a distância total percorrida pelo separador, maximizando a utilização do espaço do armazém e respeitando as restrições de segurança, proteção contra incêndio, compatibilização dos produtos, separação de pedidos e regulamentação técnica de órgãos de fiscalização, como a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária).

- **Estratégia de Operação:** Parte vital do processo de *design* de armazém, é importante desenhar como o processo de armazenagem irá funcionar. O foco é definir quais estratégias de operação serão usadas, e esta uma vez selecionada, tem efeitos importantes sobre o sistema como um todo e não é suscetível de ser alteradas frequentemente. Exemplos de tais estratégias são a decisão entre o armazenamento randomizado e dedicado, a decisão de usar zonas de *picking* ou a determinação da política de reposição (VAN DEN BERG, 1999). Este subgrupo foi dividido em quatro atividades principais dentro de uma instalação de armazenagem, a saber: recebimento/expedição, estocagem, separação de pedidos e *cross docking*. Optou-se por condensar em um só subgrupo as atividades de recebimento e expedição, dada a similaridade dos modelos existentes na literatura para essas duas atividades;
- **Dimensionamento de Recursos:** O objetivo principal deste grupo de decisão é conseguir combinar fatores, tais como: grau de utilização dos equipamentos de movimentação e estocagem, e o grau de automação destes com os níveis de mão de obra, de forma que o custo total seja minimizado sem afetar o nível de processamento exigido. Assim, definem-se aspectos tais como número de equipamentos de movimentação e número de empregados. Outro ponto que deve ser

contemplado no projeto é o sistema de manuseio de terceiros com os principais fornecedores. Por exemplo, saber qual o modelo de *pallet* usado pelo fornecedor evita retrabalhos (RUSHTON *et al.*, 2010; ROUWENHORST *et al.*, 2000).

- Tecnologia de Informação e Controle: A competição de mercado exige a melhoria contínua no desenho e operação dos armazéns, o que por sua vez muda o papel típico de um armazém. Isto implica no fato de que cada vez mais o desafio é reforçar as atividades com novas tecnologias de informação, vistas como um catalisador de melhores práticas e não como um custo adicional ao negócio, tornando a logística mais eficiente e efetiva na geração de valor para as empresas. (KARAGIANNAKI *et al.*, 2011; BANDEIRA e MAÇADA, 2008). Mason *et al.* (2003) afirmam que as tecnologias de informação são fatores chave na integração dos fluxos ao longo da cadeia de suprimentos, possibilitando a visibilidade global dos inventários, gerando redução nos custos e melhora na nível de serviço, dado que reduz o tempo entre o recebimento e o embarque da mercadoria, aumenta a acurácia do inventário e diminui a variação no *lead time*, pois tais tecnologias permitem medir, controlar e gerenciar as atividades de armazenagem (DE BARROS, 2005). O WMS (*Warehouse Management System*) é a principal tecnologia de informação empregada nos armazém, sua importância é devido à gestão integrada, operacionalizando todas as atividades e fluxo de informação dos processos de armazenagem de forma ótima (GUARNIERI *et al.*, 2006). Ainda pode-se destacar os diferentes tipos de etiquetas de identificação, como código de barras, códigos 2D e identificação por rádio frequência, bem como os *scanners* de leitura móveis, que possibilitaram um grande avanço para a melhoria dos processos de armazenagem (CONNOLLY, 2008).
- Indicadores de desempenho e monitoração: Com o objetivo de avaliar o *design* ao longo do tempo é preciso definir claramente critérios de performance. Para Gu *et al.* (2010), os indicadores de desempenho devem ser considerados na fase de *design*, já que a eficiência operacional está fortemente relacionada com as decisões nesta fase,

que uma vez implementadas são de difícil alteração. Avaliação de desempenho é importante, tanto para projeto, como para a operação do armazém. Avaliar o desempenho de um armazém em termos de custo, taxa de processamento, utilização do espaço e acuracidade de serviço fornece um *feedback* sobre como um projeto específico ou uma política operacional é executada em comparação com os requisitos planejados, e como pode ser melhorado. Além disso, um bom modelo de avaliação de desempenho pode ajudar o *designer* a decidir rapidamente entre muitas alternativas de projeto e diminuir o espaço de armazenagem durante a fase inicial do projeto (GU *et al.*, 2010). Dentro de armazenagem e distribuição, o *benchmarking* tem sido tradicionalmente focado na comparação de medidas de desempenho, tais como: custo de operação: medido pelo custo de armazenagem e / ou distribuição como porcentagem de vendas; produtividade: medido em unidades manuseadas por pessoa-hora; tempo de resposta e precisão na entrega (HACKMAN *et al.*, 2001).

2.3. OUTPUT

O *output* representa a finalidade pela qual o desenho do armazém foi concebido, em outras palavras, é o sistema de armazenagem totalmente desenhado e operando com excelência.

Os objetivos mais comuns são: maximizar o nível de serviço sujeito a restrições de recursos, tais como mão de obra, máquinas e capital (GOETSCHALCKX e ASHAYERI, 1989, *apud* DE KOSTER *et al.*, 2007) e/ou minimizar os custos de implantação e operação de forma a atender à demanda de todos os pedidos sem exceder os pré-requisitos operacionais (AMIRI, 2006).

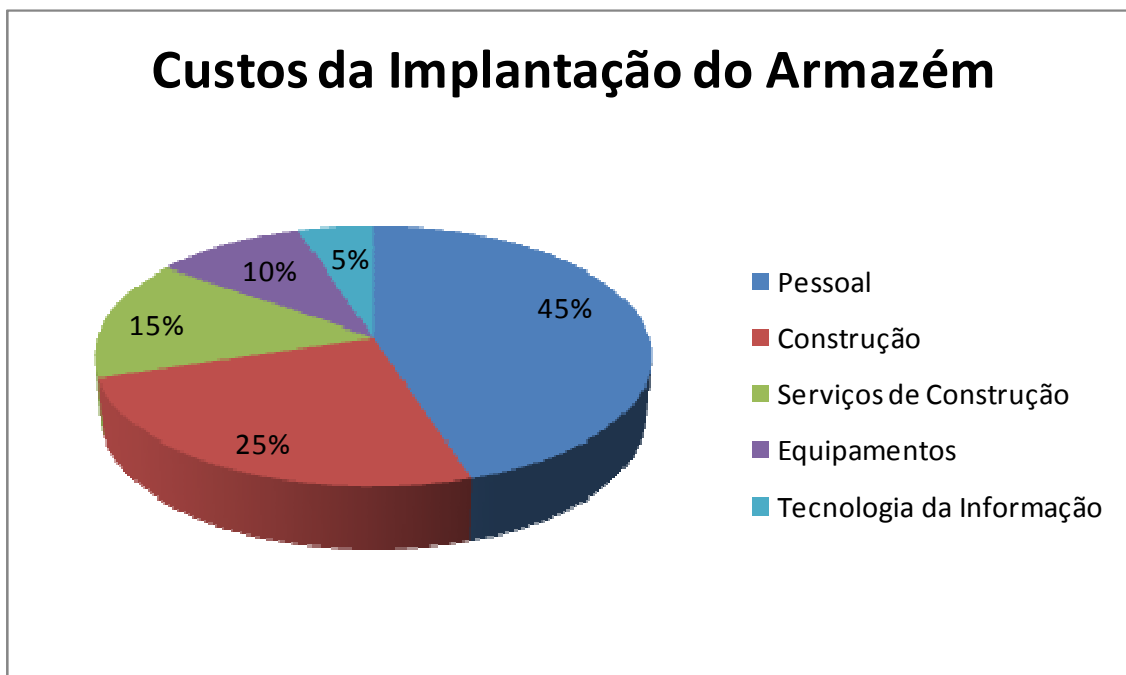
Atingir a meta dupla de menor custo e maior serviço tem implicações para todas as fases da cadeia de abastecimento e, em especial, para as operações do centro de distribuição (BAKER, 2004). Para o autor, a abordagem de custo total deve ser substituída por uma abordagem de lucro total e nível de serviço, tal como *lead time* e é visto como algo negociável e mutável.

Segundo De Koster *et al.* (2007), o nível de serviço é composto por uma variedade de fatores, tais como média e variação de tempo de entrega da ordem de pedido e acurácia na separação e entrega do pedido.

Para Bowersox & Closs (2001), o serviço ao cliente pode ser medido em termos da disponibilidade de materiais, desempenho operacional e confiabilidade. A disponibilidade está relacionada com a manutenção de estoques para o pronto atendimento das necessidades dos clientes. Já o desempenho operacional refere-se ao tempo incorrido desde o pedido da mercadoria até a sua entrega ao consumidor final, e a confiabilidade mede o efetivo cumprimento dos prazos de entregas previamente acordados com os clientes, assim como a integridade dos pedidos (DE BARROS, 2005).

Já Hamad e Gualda (2011) entendem nível de serviço sob a perspectiva da disponibilidade do produto e o giro de estoque da cadeia de suprimentos. Ou seja, este indicador representa quão bem está sendo administrado um dos ativos internos mais importantes das companhias, o estoque, que tem se tornado cada vez mais representativo em termos de capital empregado e muitas vezes vem a ser responsável pelos maiores desperdícios.

No que se refere a custo, a análise detalhada dos custos de implementação das operações de um armazém varia de acordo com a natureza da operação. A Figura 3 mostra um exemplo de como são geralmente distribuídos os custos dentro do contexto do *design* de armazéns. O maior percentual, 45%, corresponde à contratação de pessoal, sendo metade deste representado pelo processo de separação de pedidos. Em seguida tem-se os custos relacionados à construção, com 25%, incluindo a depreciação sobre o imóvel. Os custos com serviços de construção representam 15% do total, incluindo luz, energia, serviços de manutenção, seguros e taxas. Os equipamentos consistem em 10% do custo total de implementação, incluindo o aluguel ou amortização, manutenção de equipamentos e custos de funcionamento. E, por fim, tem-se os custos com tecnologia da informação, correspondendo a 5% do total e incluindo sistemas e terminais de dados (RUSHTON *et al.* 2010).



FONTE: Rushton *et al.* (2010).

Figura 3: Custos aproximando de Implantação de um Armazém.

Basicamente, os custos de armazenagem são caracterizados por serem fixos, ou seja, existe uma mensuração contábil que acompanhará todo o processo ou durante a utilização da instalação. Sendo assim, esses custos fixos, se comparados à capacidade instalada, tornam-se proporcionais. Afinal, mesmo que existam poucos produtos no armazém ou sua movimentação esteja abaixo do planejado, os custos de armazenagem continuarão constantes, pois na grande maioria esses são dependentes dos equipamentos de movimentação, de pessoal, espaço físico e de novos investimentos (MONTEIRO JUNIOR *et al.*, 2003).

Para armazéns automatizados, a configuração dos custos é diferenciada, dado que o número de equipamentos é substancialmente mais elevado, embora deva ser ressaltado que a maioria ainda têm operações manuais para atividades como *picking* e embalagem. Além disso, sistemas de informação podem representar uma quantia significativa dos custos para esse tipo de instalação, uma vez que as suas operações são mais complexas (RUSHTON *et al.* 2010).

Baker *et al.* (2009) ressaltam que não é possível inicialmente identificar a solução/*output* ideal, dado o elevado número de possibilidades e combinações dos sub-grupos de decisões da fase de desenho e implantação. Para o autor, o desenho final deve contemplar aspectos quantitativos e qualitativos.

Desta forma, é necessário encontrar o equilíbrio entre os custos de implantação e operação de um armazém e o nível de serviço que se pretende alcançar, dado que maiores níveis de serviços implicam custos logísticos mais elevados.