

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ELISA DALLARMI SANDRINI

**CONTROLE DE ALMOXARIFADO ATRAVÉS DA OTIMIZAÇÃO DA
GESTÃO DE ESTOQUES EM UMA CONSTRUTORA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2017

ELISA DALLARMI SANDRINI



**CONTROLE DE ALMOXARIFADO ATRAVÉS DA OTIMIZAÇÃO DA
GESTÃO DE ESTOQUES EM UMA CONSTRUTORA**

Trabalho de Conclusão de apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Yslene Rocha Kachba.

PONTA GROSSA

2017

	<p>Ministério da Educação UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CÂMPUS PONTA GROSSA Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção</p>	
---	--	---

TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

Controle de Almojarifado Através da Otimização de Estoques em uma Construtora

por

Elisa Dallarmi Sandrini

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 27 de junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Yslene Rocha Kachba

Prof. Dr.

Prof. Orientador

Juan Carlos Claros Garcia

Prof. Me

Membro titular

Fabio Jose Ceron Branco

Prof. Dr.

Membro titular

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço todas as pessoas que se envolveram direta e indiretamente neste trabalho, meus pais, amigos e namorado. Em especial, agradeço minha orientadora Yslene por ter aceitado me guiar neste trabalho e por ter tido paciência e dedicação comigo neste período.

RESUMO

SANDRINI, E. D. **Controle de almoxarifado através otimização da gestão de estoques em uma Construtora.** 2017. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

A gestão de estoques é um fator estratégico para a empresa, de modo que pode deixá-la competitiva ou removê-la do mercado. Os estoques impactam diretamente nos custos totais da empresa como também no desempenho do processo produtivo, de forma que, se os estoques não estão alinhados com as necessidades da empresa, os custos totais podem subir consideravelmente (em caso de excessos e faltas de materiais) ou a linha de produção pode parar (em caso de falta de materiais). A partir deste contexto, este trabalho tem por objetivo principal aplicar um modelo de estoque para que o mesmo fique alinhado com as necessidades da empresa e não cause excessos nem faltas de materiais para a mesma. Portanto, foi utilizado o modelo de Lote Econômico de Compra para demanda determinística, cujo resultado revelou diferença positiva nos custos totais ao comparar os cenários com e sem planejamento.

Palavras-chave: Gestão de Estoque. Estoque de Segurança. Lote Econômico de Compra. Construção Civil.

ABSTRACT

SANDRINI. E. D. **Warehouse control through optimization of inventory management in a construction company.** 2017. 78 pages. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Federal Technology University - Parana. Ponta Grossa, 2017.

Inventory management is a strategic factor for the company, it can make the company competitive in the market or it can remove the company from the competitive market. Inventories directly impact the total costs of the company as well as the performance of the production process, so that if the stocks are not aligned with the company's needs, total costs can rise considerably (in case of excesses and material shortages) or the production line can stop (in case of lack of material). From this context, this work has the main objective to apply a model of stock so that it is aligned with the company's needs and does not cause excesses or material shortages for the company. For this this work will use the Economic Order Quantity model for deterministic demand, whose result showed a positive difference in total costs when comparing scenarios with and without planning.

Keywords: Stock Management. Safety Stock. Economic Order Quantity. Construction Company.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Desvio Padrão para Nível de Serviço.....	16
TABELA 2 - Materiais Classificados tipo A.....	34
TABELA 3 - Materiais tipo A utilizados no Trabalho.....	36
TABELA 4 - Demandas.....	37
TABELA 5 - Custos Unitários.....	38
TABELA 6 - Custo de Preparação e Estocagem.....	39
TABELA 7 - Demanda por Período.....	39
TABELA 8 - Equação Custo Unitário.....	40
TABELA 9 - Equação Demanda.....	41
TABELA 10 - Quantidade de Pedido (z_j).....	42
TABELA 11 - Custos.....	43
TABELA 12 - Resultados Custos Totais.....	44
TABELA 13 - Custo Excedente.....	45
TABELA 14 - Somatória dos Custos.....	45
TABELA 15 - Comparação de Cenários.....	46

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Curva de Probabilidade.....	16
FIGURA 2 - Visão Geral do Empreendimento.....	27
FIGURA 3 - Elementos do Modelo Dinâmico de Estoque com Custo de Preparação.....	31
FIGURA 4 - General (Foward) Dynamic Programing Inventory Model Período 1.....	32
FIGURA 5 - General (Foward) Dynamic Programing Inventory Model Período 2.....	32

LISTA DE SIGLAS

EOQ	Economic Order Quantity
LEC	Lote Econômico de Compra
LT	Lead Time
MRP	Material Resourcing Planning
CD	Centro de Distribuição
CT	Custo Total
PD	Programação Dinâmica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 JUSTIFICATIVA.....	11
1.2 OBJETIVO GERAL.....	12
1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	12
2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	13
2.1 GESTÃO DE ESTOQUES	13
2.1.1 ESTOQUE DE SEGURANÇA	14
2.1.2 NÍVEL DE SERVIÇO	16
2.1.3 LEAD TIME	17
2.2 DEMANDA.....	17
2.3 CLASSIFICAÇÃO ABC.....	18
2.4 LOTE ECONÔMICO DE COMPRA.....	19
2.4.1 LEC PARA DEMANDAS INDEPENDENTES.....	20
2.4.2 CONTROLE DE ESTOQUE PARA DEMANDAS DEPENDENTES.....	21
2.5 PROGRAMAÇÃO DINÂMICA	22
2.6 MODELO DETERMINÍSTO	22
2.6.1 CÁLCULO DO LEC	24
3 METODOLOGIA	26
4 DESENVOLVIMENTO	34
4.1 CLASSIFICAÇÃO ABC.....	34
4.2 LEC.....	37
4.2.1 DIMENSIONAMENTO DA POLÍTICA DE ESTOQUE.....	37
4.3 RESULTADOS.....	42
4.4 SUGESTÕES DE MELHORIAS.....	47
4.5 DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	48
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
6 REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

A indústria e o mercado de construção civil impactam a economia brasileira, pois além de ser uma empresa que gera oportunidades de empregos em diferentes áreas (logística, finanças, marketing, qualidade, etc), também contribui consideravelmente na economia do país uma vez que, o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro de 2003, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2015), contou com 7,1% da participação da indústria de construção civil.

Dentro da construção civil, podem ser observados muitos erros na parte de gestão, principalmente no que diz respeito aos materiais, uma vez que o volume e fluxo dos mesmos é imenso. Este fator é intensificado em especial nas construtoras que realizam obras de grande porte. O controle dos materiais é realizado através da gestão dos estoques, os quais devem ter atenção especial pois impactam diretamente nos custos da empresa. Segundo o IBGE (2015), os custos de estoques somam R\$502,33 por metro quadrado.

Muitos materiais são desperdiçados por falta de espaço no almoxarifado ou por falta de armazenamento em local adequado. Por outro lado, algumas vezes a obra tem que ser interrompida por falta de material estocado, por erros de cálculo de demanda ou falta de informações dentro do canteiro de obra. Estes casos poderiam ser evitados ou minimizados caso houvesse uma gestão mais qualificada de controle de estoques.

Ballou (2006, p. 277), defende que o controle de gestão de estoques é eficiente como "uma forma de definir a disponibilidade de produtos e uma identificação dos custos relevantes ao gerenciamento dos níveis de estoques." Isto significa que haverá produto na hora certa, e na quantidade certa, sem excedentes e faltas, além disso, haverá um controle dos custos para que nada exceda o orçamento previamente estabelecido pela empresa.

Desta forma, o presente trabalho propõe um modelo de otimização na gestão dos estoques de uma construtora no interior no Paraná. E como consequência desta melhoria, os custos com materiais sejam minimizados.

1.1 JUSTIFICATIVA

Este trabalho pode ser justificado por 4 fatores que influenciam diretamente a empresa, e podem ou fazê-la progredir ou falir, são eles: custo; fornecedores; espaço para armazenagem e tempo.

O primeiro fator é o custo. Estoques geram custos de pedido, armazenagem, transporte, movimentação e custo de produto obsoleto (BALLOU, 2006). Partindo deste princípio, os estoques devem ser planejados de forma que minimizem todos estes custos, e não que aumentem e comprometam o orçamento da empresa.

Um outro fator a ser considerado é o fornecedor. Incerteza de fornecedor é um problema muito sério para os gestores, pois estes comprometem o desenvolvimento da produção. Desta forma, é necessário que haja uma quantidade de materiais estocados que supram esta incerteza e que permitam a continuidade do processo produtivo.

O fator seguinte a ser levado em consideração é espaço para armazenar os materiais para estoque. Normalmente, as empresas de construção civil não possuem um centro de distribuição, e sim almoxarifados construídos dentro dos canteiros das obras. O problema de ser desta forma, é que os almoxarifados dependem do tamanho do terreno e do tamanho da área que será construída. Portanto, não tem como padronizar as dimensões do almoxarifado. Desta forma, os materiais devem ser planejados para que suas quantidades não excedam os espaços disponíveis e não haja desperdício de material por armazenagem em local incorreto.

Com relação ao quarto fator, a empresa necessita cumprir o tempo prometido de entrega de seu produto final, visto que, caso ela demore muito para disponibilizar seu produto no mercado, concorrentes podem estar à frente e ela perderá seu posicionamento e conseqüentemente, clientes. Para uma empresa tanto de construção civil quanto de outro ramo, os estoques são essenciais para que não haja interrupção na linha de produção e, como consequência disso, não haverá atrasos no produto final.

Um caso de insucesso pode ser visto quando as empresas começaram a ser influenciadas pelo sistema *Just in Time*, onde o foco é reduzir os estoques ao máximo. Estas empresas chegaram a quase falir por acharem que estoques são apenas custos e que estes devem ser reduzidos (CORRÊA *et al.*, 2007). Tendo em vista estes fatores, os estoques podem ser considerados como fator estratégico dentro da empresa. Por consequência disso, as empresas devem realizar o planejamento de seus estoques baseando-se em modelos propostos e não apenas na experiência de seus funcionários.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é aplicar um modelo de gestão de estoques, mais especificamente, um modelo de Lote Econômico de Compra, em um empresa de construção civil na cidade de Ponta-Grossa - PR.

1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Classificar os materiais em ABC para identificar quais são os mais críticos com relação a custo versus quantidade;
- Aplicar o modelo de controle de estoque Lote Econômico de Compra;
- Comparar os cenários e analisar o comportamento do modelo proposto e, identificar os custos dessa possível gestão.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Este capítulo do trabalho abordará sobre os conceitos propostos nos objetivos específicos deste trabalho. Os tópicos serão divididos de forma a contextualizar o que é demanda, estoque e as ferramentas escolhidas para desenvolvimento do modelo.

2.1 GESTÃO DE ESTOQUES

"Hoje, entendemos de forma mais clara que o que devemos buscar incessantemente é não ter uma gama a mais de estoques do que a quantidade estritamente necessária estrategicamente" (Corrêa *et al.*, 2007, p. 49). Atualmente, entende-se que o estoque é essencial para o desenvolvimento de uma organização e sua permanência no mercado, mas deve-se analisar, controlar e planejá-lo de forma que seja estratégico e não para causar custos extras para as organizações.

Ainda segundo Corrêa *et al.* (2007), os estoques têm por objetivo proporcionar independência a todas as atividades da produção. Isto se deve ao fato de que, nem sempre é possível confiar completamente nos fornecedores, ou ainda, alguns imprevistos podem acontecer nas linhas de produção. Se não houver estoque de matéria-prima disponível para dar continuidade à produção, haverá não apenas aumento dos custos de parada da linha, como também atraso nas entregas prometidas, o que pode levar à perda de credibilidade com clientes.

O controle de operações e gestão da produção são tarefas muito difíceis e necessitam seguir alguns passos estratégicos, que segundo Hung e Chang (1998), são 3: planejamento estratégico; controle de gestão e controle de operações. A gestão dos estoques se enquadra no segundo passo. Como os autores citaram acima, apesar da gestão dos estoques não ser simples, ela é necessária, pois está inserida na parte estratégica da empresa, ou seja, é um dos fatores que a mantém no mercado.

Dentro da gestão dos estoques, encontram-se pontos cruciais que devem ser definidos segundo Lustosa *et al.* (2008). Primeiramente, deve-se saber quais produtos necessitam reposição, quando esta reposição deverá ser realizada e em

quais quantidades será feita esta reposição. A importância desta questão levantada pelos autores é porquê, caso haja a falta de algum material, a produção é interrompida até que a empresa disponha de material para dar continuidade ao processo. Essa parada não envolve apenas o tempo em si desperdiçado, mas também envolve custo de mão-de-obra ociosa. Se esta reposição for feita em quantidades exageradas, o custo de armazenagem também irá aumentar. A partir disso, conclui-se que, estes pontos cruciais de reposição que o autor se refere estão diretamente ligados aos custos da empresa.

Em uma empresa, os estoques podem adquirir duas formas de revisão. A primeira forma é quando a gestão decide emitir pedidos semanais, mensais ou diários por exemplo. Este modelo caracteriza-se por revisão periódica. Mas, caso a empresa decida que os novos pedidos serão feitos quando o nível de estoque chegar a certo ponto pré-estabelecido (normalmente quando as quantidades caem nos níveis de segurança estabelecida pela gestão), então este modelo caracteriza-se por revisão contínua (TAHA, 2008). Em uma empresa de construção civil, onde variáveis como clima e mão-de-obra são de extrema necessidade para dar continuidade ao desenvolvimento da produção, a programação de produção diária ou semanal pode ser interrompida. Por esse motivo, há necessidade de estocagem de materiais, para se caso houver uma mudança no planejamento, a empresa disponibilize recursos para dar continuidade a produção.

2.1.1 ESTOQUE DE SEGURANÇA

"Gerindo e controlando estoques de segurança para produtos semi-acabados, promovem uma solução eficaz para o problema de erro em demandas variáveis" (PERSONA *et al.*, 2007, p.147). Nesta passagem, os autores defendem a utilização dos estoques de segurança de forma a compensar os erros durante as previsões e planejamentos feitos pela empresa. Novamente, estes erros de previsões implicam diretamente no excesso dos custos da companhia. Uma vez que não haja matéria-prima é impossível dar continuidade à produção e o preço de comprar materiais em pequenas quantidades, sem pesquisa e sem negociação eleva-se consideravelmente. Então, muitas vezes, o lucro obtido por certo produto não compensa os custos da má gestão e mal planejamento, confirmando mais uma

vez a citação de Hung e Chang (1998), de que estoques são partes estratégicas dentro de uma empresa.

Nas companhias os estoques podem ter demandas certas e demandas incertas. Segundo Hung e Chang (1998), existem dois tipos de incertezas para demandas. A primeira delas, refere-se à disponibilidade das máquinas, ou seja, paradas ou "*breakdown*" influenciam diretamente no tempo de processamento e podem ocasionar problemas no decorrer do processo. Outro tipo de incerteza de demanda, é em relação a qualidade, pois quando um produto apresenta defeito, ele não pode ser classificado como produto acabado, ele será descartado ou passará por retrabalho, não fechando assim, o lote demandado de produtos finais. Com isto, não tem como saber quando este lote sairá da linha e quantos produtos passarão pelo controle de qualidade. Portanto, os estoques de segurança têm por finalidade assegurar que mesmo com esses problemas a produção não irá parar por falta de materiais.

Para Persona *et al.* (2007), alguns tipos de variabilidades são os causadores de demandas incertas, alguns desses motivos são: a variação nos tempos de entregas dos fornecedores (*lead time*), a variação de capacidade de produção, e se há disponibilidade para a produção e distribuição dos recursos. O estoque de segurança entra em questão quando o autor questiona a que nível de serviço a empresa quer alcançar com relação ao cliente e, a que ponto o estoque de segurança irá minimizar os custos logísticos. Desta forma, entende-se que os objetivos dos estoques de segurança são minimizar os impactos de variação e incertezas da demanda como também diminuir os custos provenientes destas faltas.

Para determinar o estoque de segurança, se faz necessário o uso de algumas variáveis, as quais são FS é o nível de serviço desejado, σ é o desvio padrão, e PP é a periodicidade do desvio padrão.

$$ES = FS \times \sigma \times D \quad (1)$$

Mas, ao adaptar o modelo, como mostra a equação 1, para uma abordagem determinística onde as demandas são conhecidas, é possível determiná-lo utilizando

apenas nível de serviço (FS), desvio padrão (σ) e a demanda conhecida (D). (CORRÊA, *et al.* 2007).

2.1.2 NÍVEL DE SERVIÇO

Como o próprio nome já diz, nível de serviço é o quanto a empresa deseja alcançar de serviço com relação ao seu cliente. Segundo Tubino (2000) e Corrêa *et al.* (2007), para cada nível de serviço desejado, um número de desvio padrão (k) deve ser considerado conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1 - Desvio Padrão para Nível de Serviço

Nível de Serviço	k
80%	0,84
85%	1,03
90%	1,28
95%	1,64
99%	2,32
99,99%	3,49

Fonte: Tubino (2000).

Quanto maior for a necessidade de pedidos atendidos (nível de serviço maior), maior será o número de desvios padrão. K vai definir a probabilidade de não faltar material, então, quanto maior e mais afastado da média, logicamente menor a probabilidade de falta. A curva pode ser observada na figura 1.

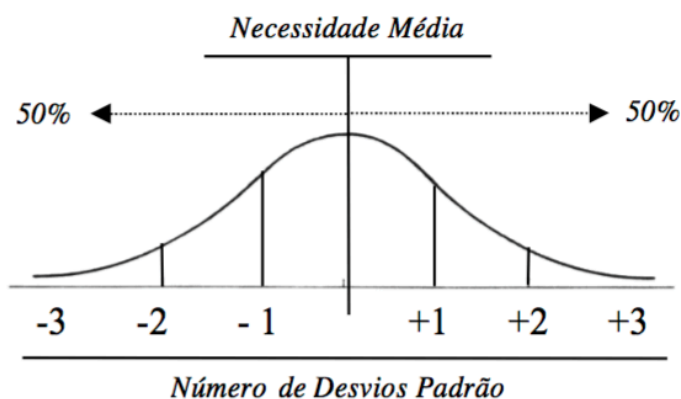


Figura 1: Curva de Probabilidade
Fonte: Garcia, Lacerda, Arozo (2001)

2.1.3 LEAD TIME

Lead Time (LT) é o tempo em que um material leva desde o seu pedido, até a sua entrega no local demandado (RIBEIRO, *et al.* 2015). Em outras palavras, *Lead Time* é o tempo necessário para que o produto seja processado (considerando tempo de pedido e tempo de ordem de fabricação), até que ele chegue ao seu destino final (considerando tempo de produção, armazenagem, carregamento e transporte).

2.2 DEMANDA

Para Lustosa *et al.* (2008), demanda é a "disposição dos clientes ao consumo de bens e serviços ofertados por uma organização", ou seja, em outras palavras pode-se entender por demanda como clientes, sejam eles finais ou não, que estão dispostos a comprar o produto que a empresa fornece ao mercado. Estes clientes podem ser os consumidores de produtos finais, podem ser empresas que consomem produtos como matéria-prima para transformá-los em produto final, ou também setores dentro de uma empresa que dependem um do outro, por exemplo, o setor de pintura é cliente do setor de soldagem.

A demanda pode ser dividida como demanda dependente e demanda independente. Entende-se por demanda independente, aquela cujos materiais não dependem um dos outros. Por outro lado, o conceito de demanda dependente pode ser entendido como aquela que origina de projetos prontos, ou seja, em toda situação em que a demanda já estiver determinada ela pode ser considerada dependente. Um exemplo disto é quando for feita a programação de produção de pneus para uma montadora, a quantidade necessária deste produto é diretamente proporcional ao número de carros que irão ser produzidos em um determinado período de tempo, ou seja, é o produto da quantidade de pneus por carro pela quantidade de carros demandados (BALLOU, 2006).

Slack *et al.* (1999), também define demanda dependente como uma variável possível de se fazer previsões, pois deriva de fatores previamente conhecidos. Szajubok (2006), classifica a demanda de materiais na construção civil como demanda dependente.

2.3 CLASSIFICAÇÃO ABC

Empresas onde a quantidade de produtos e diversificação é muito alta, a gestão destes itens se torna muito complexa, por isso há a necessidade de ferramentas que auxiliem neste processo, ou seja, que simplifiquem o gerenciamento. A classificação ABC é indicada para estes casos (PARTOVANI, ANANDARAJAN, 2002).

Vilfred Pareto (1897, apud LUSTOSA *et al.*, 2014), formulou uma teoria, a qual defende que, a maioria dos problemas são consequência de poucas causas, ou seja, para ele, 80% dos problemas seriam resolvidos se 20% das causas fossem eliminadas. Dentro deste raciocínio é que se desenvolveu a ferramenta de classificação ABC.

Esta ferramenta é definida da seguinte forma, os itens de dentro das empresas são divididos em itens A, itens B ou itens C. Os itens A representam 20% do montante, os itens B representam 30% e os itens C 50%. Esta sequência representa a regra de Pareto 80-20, ou seja, os produtos que entram na classificação A são aquelas que geram maior retorno para a empresa (vendas e receitas) (MILLSTEIN, YANG, LI, 2014).

Relph e Newton (2014) também citam a classificação ABC como uma ferramenta muito difundida para o gerenciamento de estoques e controle do ciclo de estoque nos sistemas que utilizam o MRP. Apesar de ser muito utilizado, este tipo de classificação é uma base para o planejamento de estoques, ou seja, é uma ferramenta que separa os itens mais importantes e necessários (para o desenvolvimento das empresas) dos outros itens que não tem muito giro. Isto beneficiará a empresa de modo que a mesma não gaste mão-de-obra e tempo em produtos que não são essenciais. Em resumo, esta ferramenta não deve trabalhar sozinha, pois ela mostra as direções que a empresa deve seguir.

Toraby *et al.* (2011), reafirmam a eficiência deste modelo de classificação e sua popularidade dentre as organizações atuais. Os autores dividem os itens também nomeados por A,B,C, sendo os itens A os de maior importância, mas a diversificação dos itens dentro desta classe é pequena. Os itens classificados como

C, são aqueles que representam menor importância dentre os produtos, inversamente a isto, esta classe recebe a maioria dos itens estocados na empresa. Os itens que pertencem a classe B são intermediários entre as classes A e C.

Toraby *et al.* (2011) defendem haver diversos critérios de classificação para a ferramenta derivada dos conceitos de Pareto, ou seja, os itens A, B ou C, podem variar de acordo com o que está sendo avaliado. Por exemplo, custo unitário de estoque, *lead time* de reposição, se é ou não comum, capacidade de substituição e durabilidade. Muitos outros critérios podem ser utilizados, sendo qualitativos e quantitativos. O critério de classificação é definido pelos gestores, ao analisar qual critério melhor se encaixa levando em consideração os problemas e o modelo de cada companhia.

2.4 LOTE ECONÔMICO DE COMPRA

Em 1913, desenvolvido por Ford Harris, o modelo de Lote Econômico de Compra (LEC) foi introduzido no sistema de produção para modelagem de estoques. O modelo sofreu variações para que houvesse adaptação aos modelos e às variáveis existentes no processo de produção. Seu cálculo foi fundamentado em minimizar o custo total de operação de um determinado período, o qual, pode ser representado pela soma dos custos: de aquisição; de operação e de estocagem. (LUSTOSA, *et al.* 2008).

Dando continuidade à Lustosa *et al.* (2008), os pontos determinantes para desenvolvimento do modelo foram: item único, demanda conhecida e constante, custos lineares, ilimitada capacidade de suprimento e *lead time* 0 (zero). Esses pontos significam que para apenas um produto deve-se saber sua demanda ao longo do tempo e esta não deve variar. Os custos devem seguir uma proporcionalidade, ou seja, sua variação será proporcional aos itens em estoque. *Lead time* 0 e capacidade ilimitada de suprimento significam que, a medida que for requisitado reposição, esta será feita imediatamente.

De modo geral, os modelos de estoques são classificados de acordo com a natureza da demanda, independente ou dependente (BALLOU, 2006). Para estoques com demanda independente, o modelo mais utilizado é o "Ponto de

Reposição com Lote Econômico", podendo ser modelado com revisão periódica ou revisão contínua. Para deixar a modelagem mais parecida com a realidade, pode-se utilizar o modelo probabilístico de LEC. Para os modelos de demanda dependente, é possível modelar seus estoques utilizando os modelos de MRP (CORRÊA *et al.*, 2001) ou LEC com suas variações para demandas determinísticas (TAHA, 2008).

2.4.1 LEC para Demandas Independentes

Guerrini e Belhot (2013), definem o LEC como sendo uma equação derivada dos custos totais de estoque, sendo estes a soma dos custos de pedido e armazenagem, respectivamente (equação 2). Para a equação: quantidade de pedido (Q), custo de pedido (C_p), Custo Total (CT), custo de armazenagem por período (C) e demanda em unidades por período (λ).

$$CT = \left(\frac{\lambda}{Q}\right) \cdot C_p + \left(\frac{Q}{2}\right) \cdot C \quad (2)$$

Ao derivar a equação de CT , chega-se nas equações de LEC (equações 3 e 4). Onde, Q_E representa a equação de Lote Econômico de Compra e C_a é a mesma variável que C (custo de armazenagem por período).

$$\frac{\partial CT}{\partial Q} = \frac{\partial\left(\frac{\lambda}{Q}\right) \cdot C_p}{\partial Q} + \frac{\partial\left(\frac{Q}{2}\right) \cdot C_a}{\partial Q} \quad (3)$$

Ao igualar os termos à zero:

$$\frac{\partial CT}{\partial Q} = \frac{-\lambda \cdot C_p}{Q^2} + \frac{C_a}{2} = 0 \Rightarrow \frac{C_a}{2} = \frac{\lambda \cdot C_p}{Q_E^2}$$

$$Q_E^2 = \frac{2\lambda \cdot C_p}{C_a} \Rightarrow Q_E = \sqrt{\frac{2\lambda \cdot C_p}{C_a}}$$

(4)

Os custos de Pedido (C_p) e Armazenagem/Manutenção (C) também podem ser calculados segundo Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), descritos nas equações 5 e 6 respectivamente. S representa o custo de preparação de um lote, D a demanda anual, Q lote de pedido e H o custo de armazenagem por unidade, que também pode ser descrito em porcentagem.

$$C_p = \frac{(D.S)}{Q} \quad (5)$$

$$C = \frac{(Q.H)}{2} \quad (6)$$

O LEC pode sofrer revisões contínuas ou periódicas. A diferença entre elas é que na revisão contínua, quando o estoque chega a um certo nível pré-estabelecido, o qual pode se chamar de Ponto de Pedido (*PP*), automaticamente é gerada uma nova ordem de pedido de materiais. Em contrapartida a revisão periódica é feita em um intervalo fixo de tempo, e os pedidos de ressurgimento variam conforme o consumo dos produtos no período anterior (ROSA, MAYERLE, GONÇALVES, 2010). Desta forma, é necessário que o gestor conheça seu sistema de produção e os problemas apresentados pelo mesmo muito bem e defina qual modelo se aplicará melhor para sua empresa.

2.4.2 Controle de Estoques para Demanda Dependentes

Como proposto acima por Corrêa *et al.* (2001) e Taha (2008), os controles de estoques mais comuns para demandas dependentes, são o MRP e o LEC adaptado (o LEC adaptado será abordado a partir do tópico 2.6).

O motivo pelo surgimento do MRP, foi o desenvolvimento de tipos de fabricação mais flexíveis juntamente com o surgimento de processos de manufatura computacionais (HIGGINS, ROY, TIERNEY, 1996).

O MRP segundo Arruda, Conceição e Lima (2013), é um modelo que apresenta uma vantagem competitiva para empresa pelo fato de ser possível analisar todas as matérias-primas para a confecção de certo produto, onde este gera uma programação apurada com relação aos tempos de fabricação de toda sua cadeia produtiva.

Para seu funcionamento, o MRP baseia-se nas entradas de estoques, materiais e *lead times*, para que as suas saídas (ordens de compra e produção) estejam adequadas aos requisitos do produto final, e este fique pronto no tempo pré-estabelecido (LUSTOSA, *et al.* 2008). Ou seja, se um produto precisa ser entregue na semana 4, e seus subprodutos tem um *lead time* de 3 semanas, estes devem

começar a ser produzidos na semana 1. Este é o motivo que possibilita esta ferramenta enxergar todo o processo de produção e ter uma resposta mais eficiente ao mercado.

2.5 PROGRAMAÇÃO DINÂMICA

"Metodologias avançadas de controle são basicamente modelos ótimos de controle visados pela função objetivo que descreve a performance do sistema" (SARIMVEIS, *et al.* p. 3532, 2008). Ainda segundo Sarimveis (2008), a Programação Dinâmica (PD) encaixa-se dentro dos modelos avançados de controle, os quais são utilizados na maioria dos problemas de controle dentro da Cadeia de Suprimentos.

Denardo (2012), sugere que problemas necessitados de análise sequencial, sejam resolvidos por Programação Dinâmica. Este tipo de modelagem, baseia-se em matemática aplicada, basicamente usufruindo de funções-objetivo. Nem todos os problemas dinâmicos podem ser resolvidos pela PD, mas o problema de estoque com reposição, é um dos problemas que pode ser resolvido com a PD.

Os modelos de programação dinâmica, determinísticos ou probabilísticos, são formulados com o objetivo de solucionar problemas, como os de alocação sequencial, controle de estoque e determinar caminhos críticos, por exemplo. Os problemas de estoques envolvendo a PD baseia-se em modelos de reposição (PUTERMAN, 2014). Sendo assim, o problema abordado neste trabalho, pode ser resolvido utilizando ferramentas da PD.

2.6 MODELO DETERMINÍSTICO

Os modelos determinísticos de estoque podem ser utilizados para alguns problemas do cotidiano, embora seja mais comum e adequado à realidade a modelagem probabilística. Quando as demandas são conhecidas durante o processo, podem ser consideradas como determinísticas, caso não, então considera-se como demanda probabilística (TAHA, 2008).

Os problemas de demanda determinística podem ser resolvidos por modelos dinâmicos, onde será levado em consideração a minimização dos custos de pedido

e de estocagem. Um dos modelos determinísticos que utilizam a programação dinâmica é o modelo de Economic Order Quantity (EOQ) ou Lote Econômico de Compra (LEC), (ROBINSON, NARAYANAN, SAHIN, 2009).

Para You e Hsieh (2007, p. 933), "o controle de estoque desempenha um importante papel na empresa pelo fato de que elas podem alcançar seus objetivos ao ter uma entrega imediata, evitando esperas, ajudando nas vendas com preços competitivos". Desta forma, pode-se entender que a gestão dos estoques não é apenas para organizar melhor a empresa e não ocasionar pausas na produção, isto também influencia diretamente nos preços finais dos produtos. Os autores You e Hsieh (2007), também defendem que qualquer mudança na demanda, por menor que seja, pode impactar consideravelmente na gestão dos estoques. Isto é essencial para o tema deste trabalho, uma vez que um dos objetivos é evitar excessos de materiais. Se houver uma mudança na demanda de determinado produto, a gestão deve ser informada para ajustar os estoques e não haja no final sobras nem faltas. Este modelo de gestão defendido pelos autores é o modelo de EOQ.

Dye *et al.* (2011) propõem um modelo determinístico para gestão de estoques, incluindo número de reposições, o preço de cada reposição e o tempo de cada reposição para demandas dependentes. O autor defende o uso da metodologia determinística não só para o gerenciamento dos estoques, como também para controlar os custos desse estoque.

Keskin *et al.* (2015, p. 5359) afirmam que "os modelos convencionais de estoque não são suficientes para otimizar a produção." Em outra parte de seu artigo, o autor também cita que os estoques devem ser modelados de forma matemática e resolvidos em um software de otimização. Os modelos utilizados pelo autor em sua pesquisa são determinístico e probabilístico. Keskin *et al.* (2015) também defendem que a gestão de estoques deve ser modelada conforme a realidade, e não conforme os modelos generalizados.

2.6.1 Cálculo do LEC

Os autores referenciados no tópico 2.5 utilizam sempre uma variável a mais no modelo, o qual não é o foco de estudo deste presente trabalho. Desta forma, será utilizado o modelo de estoque determinístico proposto por Taha (2008).

Dentre os tipos de demanda citadas pelo autor Taha (2008), aquela que se adequa melhor ao padrão da empresa em que será realizado este trabalho, é determinística e variável ao longo do tempo. A demanda classifica-se desta forma pois a demanda total é definida no momento do projeto, e sua utilização durante a obra é variável com o tempo, estando de acordo com o que o autor diz sobre este modelo (determinístico variável com o tempo). "Se a demanda mensal média apresentar uma variação considerável entre os diferentes meses (TAHA, 2008, p.190)." Este tipo de modelo é denominado pelo autor como EOQ Dinâmico.

Segundo Taha (2008), os modelos de EOQ Dinâmico se diferem em dois tipos. No primeiro, os períodos de pedido são infinitos com pedidos de tamanho constate, e no segundo os períodos são finitos com tamanho de pedido variável. Para o problema apresentado e ao se tratar de uma obra, a qual apresentam início e fim, o modelo utilizado será o segundo. Este modelo é definido pelo autor como modelo com tempo de preparação. O objetivo deste modelo é minimizar a somatória dos custos de estoque para os n períodos.

A variável f , refere-se à função-objetivo do problema, a qual é minimizar a somatória dos custos mais o produto dos custos de estocagem do período i pelo estoque inicial do período $i+1$. Esta função é representada pela equação 7. Abrindo a função para os próximos períodos e seguindo a mesma lógica e objetivo, ela pode ser representada pela equação 8. A variável C_i representa o custo para cada período i , $C_i(z_i)$ o custo de pedido para cada período i , h_i é o custo de estocagem para cada período i , x_i é o estoque ao final de cada período i , D_i é a demanda de cada período i e z é a quantidade pedida em cada período i .

$$f_1(x_2) = \min_{z_1=D_1+x_2-x_1} \{C_1(z_1 + h_1x_2)\} \quad (7)$$

$$f_1(x_{x+1}) = \min_{0 \leq z_1 \leq D_1 + x_{i+1}} \{C_i(z_i) + h_i x_{i+1} + f_{i-1}(x_{i+1} + D_i - z_i)\}, i = 2, 3, \dots, n$$

(8)

A função de minimização ($f_1(x_{x+1})$) para os períodos maiores que 1 (equação 8), altera-se porque no período $i = 1$ a quantidade pedida é igual a demanda do período, mas nos próximos períodos a demanda pode ser zerada em função dos estoques dos períodos anteriores (caso a demanda requisitada no período anterior não seja utilizada completamente).

A equação de custo está representada pelas equações 9 e 10. Quando a demanda do período i é 0, conseqüentemente o custo total também será 0 (equação 9). Se o custo for maior que 0, então este é a somatória do custo de preparação (K) para o período desejado (i) e o custo marginal ($c_i(z_i)$) da demanda para o período i (equação 10). Estas equações podem ser alteradas caso haja diferença de custos por quantidade de pedido estabelecida pelos fornecedores, por exemplo, até 10 unidades o preço é R\$10,00, acima disso é R\$10,00 + R\$5,00 por unidade.

$$C_i(z_i) = 0, z_i = 0$$

(9)

$$C_i(z_i) = K_i + c_i(z_i), z_i > 0$$

(10)

Como é possível observar, o Lote Econômico de Compra pode ser utilizado para as diversas naturezas de demanda, sofrendo algumas alterações para entrar em concordância com as mesmas.

Apesar de ser um modelo simples, o LEC busca a melhor solução comparando as vantagens e desvantagens, com relação ao custo de ter estoque. Embora a Filosofia *Just in Time* seja contra este modelo por ele ser reativo, para algumas empresas este modelo pode ser vantajoso, principalmente quando não há grandes flutuações de demanda (SLACK *et al.*, 1999). Desta forma, o sistema de produção da empresa deve ser estudado, juntamente com as necessidades da mesma para que os gestores possam buscar a melhor forma de resolver seus problemas. Uma metodologia não se aplicará para todas as empresas muito menos para todos os problemas, mas mesmo que sempre haja divergência entre as opiniões, a melhor forma de solucioná-los é buscar sempre a melhoria contínua.

3 METODOLOGIA

A natureza deste trabalho pode ser considerada como pesquisa aplicada. Justifica-se pelo fato de que haverá simulação dos resultados obtidos. O método de pesquisa adotado pelo presente trabalho é de caráter indutivo, tendo sua abordagem classificada como quantitativa, pois dados como custo e quantidade de demandas por exemplos, serão necessários para a sua realização, além de necessitar de funções-objetivo de minimização. Ou seja, este trabalho embasasse de fórmulas matemáticas para sua realização. Entrevistas com gestores foram e serão efetuadas durante o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

O objetivo deste trabalho é descritivo e explicativo, uma vez que, de caráter descritivo levanta a problemática da empresa (estudo de caso), e como explicativo propõe um modelo para solução dos problemas encontrados neste estudo de caso.

A empresa estudada é uma construtora que começou em 2009 no Paraná. Inicialmente, atendia o mercado com apenas casas populares e hoje, com novos empreendimentos, atende mais de 10 cidades, como Castro, Ponta Grossa, Cambé e Carambeí. Nesses quase 10 anos de mercado a empresa atende o programa Minha Casa Minha Vida, em suas três faixas, visando também começar a atender o mercado nos estados de Santa Catarina, São Paulo e Rio Grande do Sul. As obras realizadas pela empresa são em sua maioria residenciais.

O residencial que será base deste trabalho é formado por 18 torres, com 4 pavimentos (andares) cada, isto nos dá um total de 288 unidades. Além disso, ele conta com quadra poliesportiva, pista de caminhada, quadra de tênis, salão de festas e de jogos, e 7 praças para descanso. A Figura 2 mostra de uma forma geral o empreendimento.



Figura 2: Visão Geral do Empreendimento

Fonte: Autores

O modelo de produção da empresa começa primeiramente com um projeto piloto. Quando este projeto começa a ser desenvolvido, é construída a primeira torre para que os materiais escolhidos sejam testados, ou seja, esta primeira torre pode ser considerada como uma "torre teste". Antes da completa finalização desta torre, uma segunda já começa a ser construída.

As etapas de construção dividem-se de forma geral em 4 etapas. Primeiramente eles aterram e nivelam o espaço a ser construído, depois é construída a estrutura e as paredes, seguida das instalações elétricas e hidráulicas. Por fim, a fase de acabamento. A partir do momento em que uma etapa é concluída e há a autorização do engenheiro e do mestre de obras, passa-se para uma nova torre. Nem sempre ao fim de uma etapa, como por exemplo a etapa 1, passa-se à nova torre, pois as etapas diferem em tempos de conclusão. Então a mão-de-obra é remanejada a fim de ajudar na conclusão das outras etapas das torres em processo. As etapas 3 e 4 são mais fixas com relação a mão-de-obra pois necessitam de trabalho especializado e mais técnico.

A metodologia deste trabalho divide-se em 4 etapas:

1. Levantamento do problema e identificação dos objetivos gerais e específicos;

2. Revisão literária das ferramentas escolhidas para solucionar o problema e elaboração de uma metodologia para este fim;
3. Elaborar o cenário atual, realizar uma simulação através das ferramentas do referencial teórico e montar um cenário futuro;
4. Conclusão dos resultados e sugestões de melhorias tanto para o cenário atual quanto para o cenário futuro desenvolvido.

A seguir, a descrição de todas as etapas definidas nesta metodologia:

- Etapa 1: Nesta etapa, houve a visita técnica à empresa, tanto no escritório como no canteiro de obra. Após a entrevista com o responsável logístico, o qual também é o responsável pelo almoxarifado foi estabelecido os pontos críticos desta área da empresa, assim como os objetivos deste trabalho.
- Etapa 2: O referencial é a base para um trabalho, pois, por meio deste que podemos entender as ferramentas escolhidas, assim como o que autores de diversos lugares pensam sobre elas.

Utilizou-se artigos científicos retirados principalmente da base *Science Direct*, pois foi esta que apresentava o maior número de artigos completos. Gestão de estoque na construção civil é um tema que quase não tem artigos relacionados, e aqueles que existem adotavam ferramentas que não são as abordadas neste trabalho, por isso, muitos livros relacionados ao tema foram usufruídos. Os artigos foram escolhidos conforme o ano de publicação e onde eram publicados (classificação de revista).

Para a definição da metodologia, as informações foram reunidas para a realização do planejamento de tudo o que era requisitado, que seguisse uma sequência lógica, levando em conta o tempo de conclusão de cada atividade.

- Etapa 3: O modelo deste trabalho utiliza o LEC para demandas dependentes com tempo de preparação e variação nas quantidades de pedido. Além disso, não foi adotado estoque de segurança para a simulação. Isto é justificado porque a empresa está levantando um estudo para saber quantidades de desperdício e outras variáveis que influenciam no cálculo de estoque de segurança.

Para a elaboração do cenário futuro e simulação, foi tomado como base as informações das planilhas disponibilizadas pela empresa. Estas discriminam os custos dos produtos e suas quantidades, como também a planilha de custos versus quantidade dos materiais totais utilizados.

Após retirado informações dos arquivos disponibilizados, foi feita a Classificação ABC dos produtos que estão inseridos nos custos excedentes da empresa. O custo excedente resulta quando os materiais são comprados, mas não utilizados na construção. E como consequência disso, o valor final deste custo representa a somatória do produto, de custo unitário e demanda, de todos estes materiais que foram comprados mas não requisitados no canteiro de obras.

Em um segundo momento, as demandas dos produtos A devem ser estabelecidas e divididas entre as etapas de construção de cada torre (as etapas de construção são iguais para todas as torres). Todos os valores utilizados foram os fornecidos pela empresa.

Com relação aos custos necessários para a simulação, deve-se obter os custos unitários de compra para cada produto A, juntamente com as quantidades mínimas de compra para receber desconto e o valor do próprio desconto. Alguns fornecedores adotam esse tipo de política, fornecendo descontos aos materiais dependendo da quantidade comprada.

Além dos custos de compra deve-se obter também os custos de preparação (K) e estocagem (H). Cada produto tem seu custo K e H . K é definido a partir da equação 5 e H pela equação 6. Dentro da equação 5 (K é representado como C_p) o custo de preparação (frete + impostos) de um lote para este trabalho é considerado como 20% do custo unitário de cada material (variável S da equação). Já na equação 6 (H é representado por C), o custo unitário de armazenagem é a razão dos custos com funcionários + água + luz para manter o almoxarifado, pela quantidade total de materiais A alocados (variável H da equação).

Tendo os valores já definidos, estes serão lançados no Excel, na planilha sugerida por Taha (2008). Para o primeiro período os valores são apenas atualizados nos locais indicados de cada variável para fazer o cálculo (Figuras 4 e

5). Nos próximos períodos, os valores gerados pela função de minimização (f_1), devem ser colados na coluna B abaixo de f , pois estes farão parte do cálculo de minimização para os outros períodos. Também deve colar os valores de f_1 e quantidades de pedido (z) no local da planilha onde diz "*Optimum Solution Summary*", abaixo do período que está sendo calculado. Ao colar os resultados, utilizar sempre a opção "colar especial". Repetir essas etapas até o último período. Lembrando que, na opção da planilha onde refere-se ao período que está ocorrendo a simulação "*Current Period*" deve ser atualizada sempre para o período em questão, caso contrário, não vai ser possível continuar a simulação. Se os valores de K e H também variarem por período, estes também devem ser atualizados sempre que mudar o i calculado. As 3 células seguintes, no sentido horizontal, da variável $c_i(z_i)$ indicam o custo sem desconto, o custo com desconto e a quantidade mínima para esse desconto respectivamente (deve-se escrever os números seguindo esta sequência).

O algoritmo dessa modelagem, baseia-se na minimização dos custos de estocagem e de produção, representado pelas equações 11 e 12 (Já apresentadas no referencial teórico como equações (7 e 8). Estas equações definirão o z_i ótimo para cada período.

$$f_1(x_2) = \min_{z_1=D_1+x_2-x_1} \{C_1(z_1 + h_1x_2)\} \quad (11)$$

$$f_1(x_{i+1}) = \min_{0 \leq z_i \leq D_i + x_{i+1}} \{C_i(z_i) + h_i x_{i+1} + f_{i-1}(x_{i+1} + D_i - z_i)\}, i = 2, 3, \dots, n \quad (12)$$

Considera-se a equação 13 para o cálculo simplificado do custo de estoque de um período i , o qual baseia-se no estoque final do período. Com esta equação também calcula-se as quantidades de pedido z , para cada período i .

$$x_{i+1} = x_i + z_i - D_i \quad (13)$$

Também para este algoritmo, considera-se que, "para a equação recursiva progressiva, o estado no estágio (período) i é definido como $x + 1$ " (TAHA, p. 200, 2008), representado pela Figura 3.

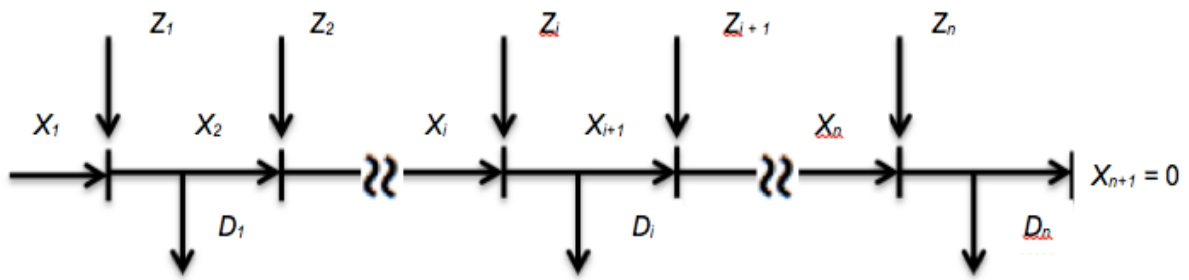


Figura 3: Elementos do modelo dinâmico de estoque com custo de preparação
 Fonte: Taha (2008)

O modelo do período 2 pode ser observado na Figura 3. Os passos devem se repetir até o período desejado.

Para que a demanda seja satisfeita em todos os períodos, o autor, TAHA (2008), faz uso da seguinte desigualdade, equação 14:

$$0 < x_{i+1} < D_{i+1} + \dots + D_n \quad (14)$$

Partindo deste algoritmo, e com os dados compilados na planilha, o modelo resultará na solução ótima levando em consideração os pontos chaves do modelo, os quais são minimizar os custos perante as quantidade de reposição. O autor sugere a utilização de um gabarito *Excel DPlnv.exl* para a realização dos cálculos do modelo, o qual esta disponibilizado na web para *download*. Esta planilha pode ser observada nas Figuras 4 e 5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z					
1	General (Forward) Dynamic Programming Inventory Model																												
2	I	Number of periods, N=		3	Current period=		1																Optimum solution Summary						
3	N	K1=	3	h1=	1	c1(z1)=	10	20	3																				
4	P	Period		1	2	3																Period 1							
5	U	D(1 to 3)=		2	2	4																x f z x f z							
6	T	Are z1 values correct?		yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes																Optimum Period1			
7		Period 0		z1=	2	3	4	5	6	7	8																f1 z1		
8		f0	C1(z1)=		23	33	53	73	93	113	133																23 2 3 76 5		
9	S	x2=	0	23	1111111	1111111	1111111	1111111	1111111	1111111	1111111																34 3 4 97 6		
10	T	x2=	1	1111111	34	1111111	1111111	1111111	1111111	1111111	1111111																55 4 5 118 7		
11	A	x2=	2	1111111	1111111	55	1111111	1111111	1111111	1111111	1111111																76 5 6 139 8		
12	G	x2=	3	1111111	1111111	1111111	76	1111111	1111111	1111111	1111111																97 6		
13	E	x2=	4	1111111	1111111	1111111	1111111	97	1111111	1111111	1111111																118 7		
14		x2=	5	1111111	1111111	1111111	1111111	1111111	118	1111111	1111111																139 8		
15	C	x2=	6	1111111	1111111	1111111	1111111	1111111	1111111	139	1111111																		
16	O																												
17	M																												
18	P																												
19	U																												
20	T																												
21	A																												
22	T																												
23	I																												
24	O																												
25	N																												
26	S																												
27																													

Figura 4: General (Foward) Dynamic Programming Inventory Model Período 1
 Fonte: Taha (2008)

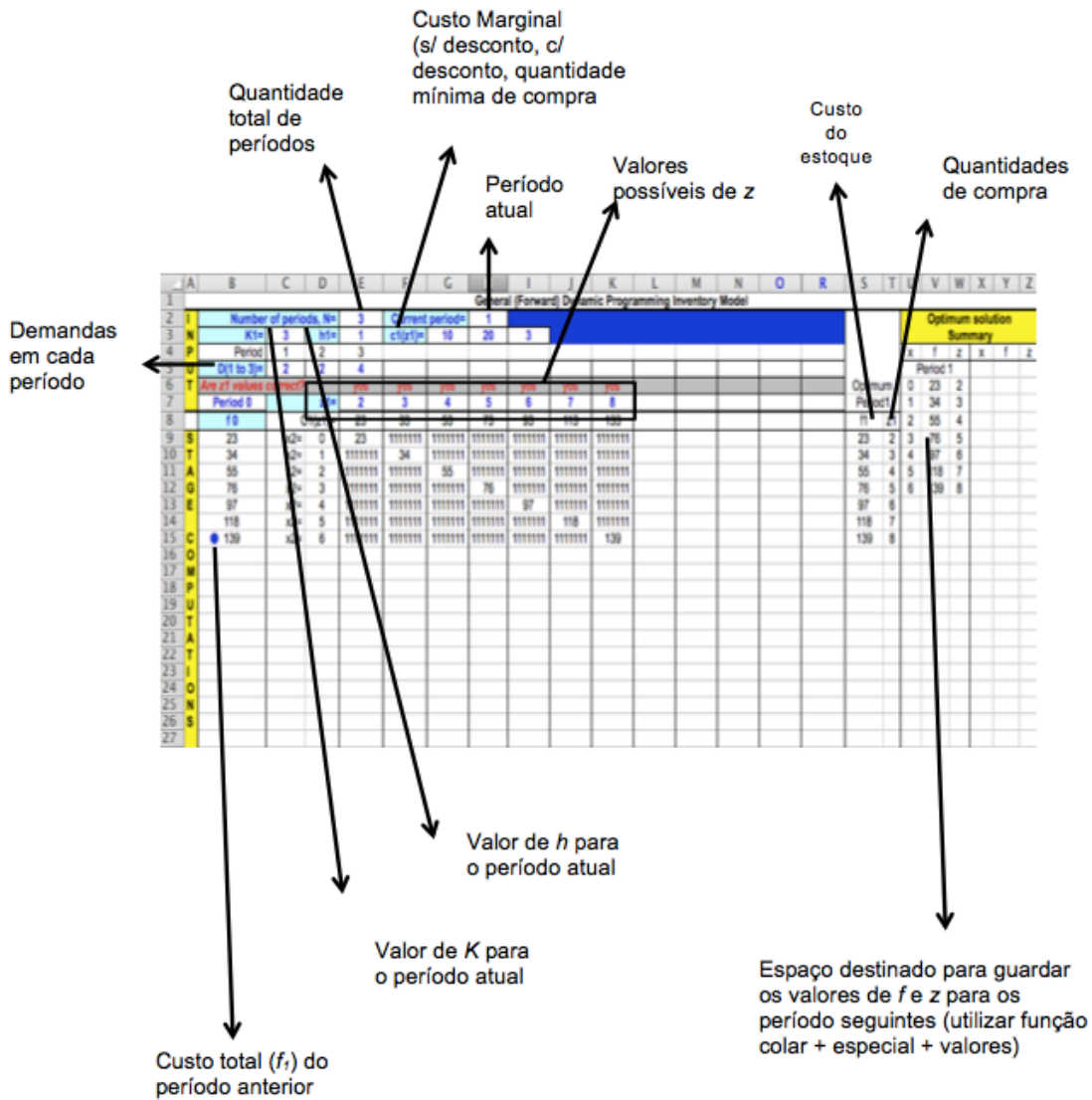


Figura 5: General (Foward) Dynamic Programming Inventory Model Período 2
 Fonte: Taha(2008)

- Etapa 4: Nesta etapa os custos excedentes foram comparados com os custos do sistema. Os custos de sistema representam os custos totais gerados na obra, contando com custos de materiais e estoque. Ao contrário disto, o custo excedente é apenas o custo dos materiais não utilizados após a conclusão da obra. Com os resultados obtidos, melhorias serão sugeridas.

4 DESENVOLVIMENTO

Após a visita técnica e a coleta de dados, os cálculos realizados podem ser observados no decorrer deste capítulo.

4.1 Classificação ABC

Para a classificação ABC dos materiais, a planilha utilizada refere-se aos materiais excedentes das obras realizadas dentro do Estado do Paraná e finalizadas em 2015. Com um total de 225 tipos de materiais, 45 foram alocados no tipo A (20%), 68 em B (30%) e 113 em C (50%). O custo excedente total destes materiais totalizou em R\$279.404,30.

A classificação ABC pode ser visualizada na tabela 2. Os materiais alocados nas classificações B e C estão inseridos apenas no custo de material excedente, pois estes não fazem parte do objetivo deste trabalho.

Tabela 2 - Materiais Classificados tipo A

	Material	Custo Material Excedente	Unidade De Medida	Custo Unitário
1	Tubo Coletor Esg. 300mm (Barra 6mt)	R\$21.165,00	Barra	R\$415,00
2	Hidrolin (Barril 200 Lt)	R\$16.028,76	Barril	R\$728,58
3	Janela Grande 1,75 X 1,15 Mt	R\$14.889,60	Pç	R\$124,08
4	Selador Madeira (Lata 18 Lt)	R\$13.057,20	Lata	R\$251,10
5	Forro PVC	R\$ 11.369,60	M2	R\$8,36
6	Plastilon	R\$ 8.203,26	Fardo	R\$48,54
7	Telha Concreto	R\$8.058,54	Pç	R\$1,25
8	Selador Turbinado (Balde 18)	R\$6.423,52	Balde	R\$42,26
9	Eletroduto Rígido 3/4'	R\$5.956,80	Pç (3mts)	R\$10,95
10	Tubo Esg. 150 Mm (Ocre)	R\$5.553,00	Pç (6mts)	R\$111,06
11	Arremate U C/ 10 Pç	R\$5.485,50	Fardo	R\$60,95
12	Porta Madeira	R\$5.260,32	Pç	R\$67,44
13	Mangueira Pex 20mm (Rolo C/ 100mts)	R\$5.232,00	Rolo	R\$327,00

14	Tinta Acrílica Prata (Balde 18lt)	R\$5.214,20	Balde	R\$89,90
15	Aguarrás (Lata 18lt)	R\$5.148,00	Lata	R\$117,00
16	Janela Pequeno 0,80 X 0,80 Mt	R\$4.740,00	Pç	R\$79,00
17	Registro Base	R\$4.393,83	Pç	R\$12,81
18	Piso Tátil (M²)	R\$4.377,00	Pç	R\$29,18
19	Boieler	R\$3.829,12	Pç	R\$478,64
20	Fio Flex 1,5 Mm Vermelho	R\$ 3.471,00	Mts	R\$0,39
21	Placa Solar	R\$3.446,19	Pç	R\$382,91
22	Eletruduto Corrugado 3/4 C/ 50 Mts	R\$ 3.321,00	Rolo	R\$27,00
23	Calça	R\$3.110,40	Unid.	R\$25,92
24	Piso Cerâmico (Caixa C/ 2,02)	R\$2.868,50	Cx.	R\$12,82
25	Adapt. 22mmx3/4	R\$2.712,50	Pç	R\$10,85
26	Eletroduto Rígido 1/2'	R\$2.530,80	Pç (3mts)	R\$6,66
27	Forro Pvc 5mts (Fardo C/ 10m²)	R\$2.472,00	Fardo	R\$82,40
28	Tubo Esg. 100 Mm	R\$ 2.446,08	Pç (6mts)	R\$38,22
29	Adapt. Cobre	R\$2.362,50	Pç	R\$6,30
30	Porta De Aço	R\$2.300,74	Pç	R\$176,98
31	Adaptador Ppr 25x3/4	R\$2.281,50	Pç	R\$9,75
32	Veda Calha	R\$2.274,80	Pç	R\$17,46
33	Conector Macho 22x3/4	R\$2.092,80	Pç	R\$4,36
34	Abraçadeira 14 Mm (50 Unid. Pct)	R\$2.052,00	Pç	R\$1,71
35	Soquete Porcelana	R\$2.006,00	Pç	R\$1,18
36	Tinta Latex Terra Cota (Balde 18lts)	R\$1.844,64	Balde	R\$87,84
37	Fio Flex 2,5 Mm	R\$1.830,00	Mts	R\$0,61
38	Anel Esg. 100 Mm (Marrom)	R\$1.817,00	Pç	R\$0,79
39	União Interna 3/4 Preto	R\$1.807,00	Pç	R\$1,39
40	Espuma Expansiva 500ml	R\$ 1.682,00	Pç	R\$14,50
41	Textura	R\$1.662,50	Pç	R\$43,75
42	Disco Serra Circular 7"	R\$1.591,20	Pç	R\$30,60

43	Text. Hidrorepelente (Barrica 25kg)	R\$1.575,00	Pç	R\$43,75
44	Graute Sc 25 Kg	R\$ 1.533,00	Sc	R\$21,90
45	Hidrolin (Tambor 200)	R\$1.517,16	Tambor	R\$758,58

Fonte: Autoria Própria

Devido a alguns problemas internos, nem todos os materiais classificados em A têm informações disponíveis para a realização deste trabalho, em outras palavras, as nomenclaturas não especificam os materiais (existem muitos materiais parecidos), por isso, não foi possível achar as demandas correspondentes. Nomes de produtos com falta de detalhes e/ou especificações e assaltos dentro do canteiro das obras são alguns dos fatores que dificultam este controle. Sendo assim, a tabela 3 mostra os materiais A que serão usados neste trabalho.

Tabela 3 - Materiais tipo A utilizados no Trabalho

	Material
1	Janela Grande 1,75 X 1,15 Mt
2	Selador Madeira (Lata 18 Lt)
3	Forro PVC
4	Arremate U C/ 10 PÇ
5	Tinta Acrílica Prata (Balde 18Lt)
6	Aguarrás (Lata 18Lt)
7	Registro Base
8	Fio Flex 1,5 Mm Vermelho
9	Eletruduto Corrugado 3/4 C/ 50 Mts
10	Calça
11	Tinta Latex Terra Cota (Balde 18Lts)
12	Anel Esg. 100 Mm (Marrom)
13	Espuma Expansiva 500ml

Fonte: Autoria Própria

Os materiais apresentados na Tabela 3 são aqueles que estavam especificados em detalhes, sendo assim, foi possível identificar suas quantidades correspondentes de demandas. O restante dos 45 mostrados na Tabela 2 não tinham detalhes suficientes de informação, para encontrar suas demandas e inseri-los na simulação. Ou seja, os materiais A testados na ferramenta são os apresentados na Tabela 3.

4.2 LEC

Partindo dos materiais selecionados previamente, nos próximos tópicos serão analisados os custos e informações necessárias para o desenvolvimento dos cálculos.

4.2.1 Dimensionamento da Política de Estoque

A política de estoque será desenvolvida para os produtos da Tabela 3. A tabela 4 mostra as demandas. Estas são as demandas totais da obra e as demandas para a conclusão de 1 torre.

Tabela 4: Demandas

	Material	Qtdes VITTACE PG	Qtde 1 Torre
1	Janela Grande 1,75 x 1,15 Mt	1000	56
2	Selador Madeira (Lata 18 Lt)	97	5
3	Forro PVC	250	14
4	Arremate U C/ 10 Pç	111	6
5	Tinta Acrílica Prata (Balde 18Lt)	10	1
6	Aguarrás (Lata 18Lt)	1	1
7	Registro Base	131	7
8	Fio Flex 1,5 mm Vermelho	125	7
9	Eletroduto Corrugado 3/4 C/ 50 Mts	442	25
10	Calça	153	9
11	Tinta Latex Terra Cota (Balde 18Lts)	5	1
12	Anel Esg. 100 mm (Marrom)	990	55
13	Espuma Expansiva 500 MI	204	11

Fonte: Autoria Própria

A coluna especificada como "Qtdes VITTACE PG", refere-se as demandas para a conclusão de uma obra. Já, a coluna "Qtde 1 Torre" é a demanda total dividida por 18 torres, assim, são obtidas as demandas para a construção completa de 1 torre.

Quantidades para desconto e custos unitários podem ser vistos na tabela 5. Os materiais que estiverem assinalados com um "x" na opção "quantidade para desconto", significa que o preço não se altera com a quantidade comprada.

Tabela 5: Custos Unitários

	Material	Custo Unitário	Qtde para Desconto	Valor Unitário com Desconto
1	Janela Grande 1,75 x 1,15 Mt	R\$124,08	50	R\$111,67
2	Selador Madeira (Lata 18 Lt)	R\$251,10	25	R\$225,99
3	Forro PVC	R\$8,36	x	R\$8,36
4	Arremate U C/ 10 Pç	R\$60,95	60	R\$54,86
5	Tinta Acrílica Prata (Balde 18Lt)	R\$89,90	5	R\$80,91
6	Aguarrás (Lata 18Lt)	R\$117,00	20	R\$105,30
7	Registro Base	R\$12,81	x	R\$12,81
8	Fio Flex 1,5 mm Vermelho	R\$0,39	5	R\$0,35
9	Eletroduto Corrugado 3/4 C/ 50 Mts	R\$27,00	5	R\$24,30
10	Calça	R\$25,92	10	R\$20,00
11	Tinta Latex Terra Cota (Balde 18Lts)	R\$87,84	5	R\$79,06
12	Anel Esg. 100 mm (Marrom)	R\$0,79	5	R\$0,71
13	Espuma Expansiva 500 MI	R\$14,50	5	R\$13,05

Fonte: Autoria Própria

Os fornecedores adotam uma política de desconto baseado na quantidade de compra. Alguns materiais possuem preços fixos, ou seja, independente da quantidade comprada ele permanecerá o mesmo. Essa política pôde ser visualizada na tabela 5.

Na tabela 6 estão detalhados os custos de preparação (K) e estocagem (H). Para o custo de preparação foi considerado frete + impostos gerados na compra dos produtos. O valor definido de K com base nos dados da empresa foi 20% do custo unitário com desconto, como já mencionado na metodologia.

Tabela 6: Custos de Preparação e Estocagem

	Material	Imposto + Frete	K	H
1	Janela Grande 1,75 x 1,15 Mt	R\$22,33	R\$402,02	R\$2,15
2	Selador Madeira (Lata 18 Lt)	R\$45,20	R\$813,56	R\$0,21
3	Forro PVC	R\$1,67	R\$30,10	R\$0,54
4	Arremate U C/ 10 Pç	R\$10,97	R\$197,48	R\$0,24
5	Tinta Acrílica Prata (Balde 18Lt)	R\$16,18	R\$291,28	R\$0,02
6	Aguarrás (Lata 18Lt)	R\$21,06	R\$21,06	R\$0,04
7	Registro Base	R\$2,56	R\$46,12	R\$0,28
8	Fio Flex 1,5 mm Vermelho	R\$0,07	R\$1,26	R\$0,27
9	Eletroduto Corrugado 3/4 C/ 50 Mts	R\$4,86	R\$87,48	R\$0,95
10	Calça	R\$4,00	R\$72,00	R\$0,33
11	Tinta Latex Terra Cota (Balde 18Lts)	R\$15,81	R\$79,06	R\$0,04
12	Anel Esg. 100 mm (Marrom)	R\$0,14	R\$2,56	R\$2,13
13	Espuma Expansiva 500 MI	R\$2,61	R\$46,98	R\$0,44

Fonte: Autoria Própria

Os custos de estocagem levaram em consideração os funcionários que trabalham para manter o almoxarifado. São 2 funcionários com média salarial de R\$1200,00 cada. Custos de água e luz não foram considerados pois não interferem de maneira significativa, visto que água não é utilizada dentro do almoxarifado e luz apenas para a utilização de um computador.

Na tabela 7 estão discriminados os valores de demanda para cada período i (1, 2, 3, 4).

Tabela 7: Demanda por Período

	Material	Qtde 1 Torre	Períodos (i)			
			1	2	3	4
1	Janela Grande 1,75 x 1,15 Mt	56		28	20	8
2	Selador Madeira (Lata 18 Lt)	5			1	4
3	Forro PVC	14		8	4	2
4	Arremate U C/ 10 Pç	6		2	4	
5	Tinta Acrílica Prata (Balde 18Lt)	1			1	
6	Aguarrás (Lata 18Lt)	1			1	
7	Registro Base	7		2	5	
8	Fio Flex 1,5 mm Vermelho	7			5	2
9	Eletroduto Corrugado 3/4 C/ 50 Mts	25		10	15	
10	Calça	9	4	3	2	
11	Tinta Latex Terra Cota (Balde 18Lts)	1			1	
12	Anel Esg. 100 mm (Marrom)	55		17	38	
13	Espuma Expansiva 500 MI	11		5	6	

Fonte: Autoria Própria

A partir das 4 etapas de construção (os períodos 1, 2, 3 e 4 correspondem às etapas 1, 2, 3 e 4 respectivamente) para a conclusão de 1 torre, os produtos foram divididos conforme a requisição dos mesmos dentro de cada período i .

Considerando as variáveis apresentadas pelas tabelas 4, 5, 6 e 7, pode ser obtido as equações de custo unitário de produção ($c_i(z_i)$), onde estão descritas na Tabela 8.

Tabela 8: Equações Custo Unitário

Material	Custo Unitário
Janela Grande 1,75 x 1,15 mt	$c_i(z_i) = 124,08z_i$ $0 \leq z_1 \leq 49$ $c_i(z_i) = 111,67z_i$ $z_1 \geq 50$
Selador Madeira (Lata 18 LT):	$c_i(z_i) = 251,10z_i$ $0 \leq z_1 \leq 24$ $c_i(z_i) = 225,99z_i$ $z_1 \geq 25$
Forro PVC	$c_i(z_i) = 124,08z_i$ $0 \leq z_1$
Arremate U c/ 10 pç	$c_i(z_i) = 60,95z_i$ $0 \leq z_1 \leq 59$ $c_i(z_i) = 54,86z_i$ $z_1 \geq 60$
Tinta Acrílica Prata (Balde 18LT)	$c_i(z_i) = 89,90z_i$ $0 \leq z_1 \leq 4$ $c_i(z_i) = 80,91z_i$ $z_1 \geq 5$
Aguarrás (Lata 18 LT):	$c_i(z_i) = 117,00z_i$ $0 \leq z_1 \leq 19$ $c_i(z_i) = 105,30z_i$ $z_1 \geq 20$
Registro Base	$c_i(z_i) = 12,81z_i$ $0 \leq z_1$
Fio Flex 1,5mm Vermelho	$c_i(z_i) = 0,39z_i$ $0 \leq z_1 \leq 4$ $c_i(z_i) = 0,35z_i$ $z_1 \geq 5$
Eletroduto Corrugado 3/4 c/ 50 mts	$c_i(z_i) = 27,00z_i$ $0 \leq z_1 \leq 4$ $c_i(z_i) = 24,30z_i$ $z_1 \geq 5$
Calça	$c_i(z_i) = 25,92z_i$ $0 \leq z_1 \leq 9$ $c_i(z_i) = 20,00z_i$ $z_1 \geq 10$
Tinta Latex Terra Cota (Balde 18 LT)	$c_i(z_i) = 87,84z_i$ $0 \leq z_1 \leq 4$ $c_i(z_i) = 79,06z_i$ $z_1 \geq 5$
Anel Esg. 100mm (marrom)	$c_i(z_i) = 0,79z_i$ $0 \leq z_1 \leq 4$ $c_i(z_i) = 0,71z_i$ $z_1 \geq 5$
Espuma Expansiva 500ml	$c_i(z_i) = 14,50z_i$ $0 \leq z_1 \leq 4$ $c_i(z_i) = 13,05z_i$ $z_1 \geq 5$

Fonte: Autoria Própria

A primeira equação $c_i(z_i)$ representa a quantidade sem desconto, ao passo que a segunda indica a quantidade mínima para receber o desconto. Para os produtos que não tem desconto, qualquer quantidade acima de 0 é o mínimo.

O passo seguinte é determinar as equações de demanda (Tabela 9) de cada produto, também da Tabela 3, para cada período i . Neste trabalho é assumido que a empresa não conta com estoque inicial de obra, ou seja, $x_1 = 0$ para qualquer um

dos materiais, além disso, entende-se por período 1 na modelagem o período que exige demanda de material.

Tabela 9: Equações Demanda

Material	Demanda 1	Demanda 2	Demanda 3
Janela Grande 1,75 x 1,15 mt	$D_1 = 28;$ $0 \leq x_2 \leq D_2 + D_3;$ $0 \leq x_2 \leq 22$ $z_1 = x_2 + D_1 - x_1;$ $z_1 = x_2 + 28$	$D_2 = 19; 0 \leq x_3 \leq D_3;$ $0 \leq z_2 \leq D_2 + x_3;$ $0 \leq z_2 \leq 19 + x_3$	$D_3 = 3; x_4 = 0;$ $0 \leq z_3 \leq D_3 + x_4;$ $0 \leq z_3 \leq 3$
Selador Madeira (Lata 18 LT)	$D_1 = 1; 0 \leq x_2 \leq D_2$ $0 \leq x_2 \leq 4;$ $z_1 = x_2 + 1$	$D_2 = 4; x_3 = 0;$ $0 \leq z_2 \leq D_2 + x_3;$ $0 \leq z_2 \leq 4$	-
Forro PVC	$D_1 = 8;$ $0 \leq x_2 \leq D_2 + D_3;$ $0 \leq x_2 \leq 5$ $z_1 = x_2 + D_1 - x_1;$ $z_1 = x_2 + 8$	$D_2 = 4; 0 \leq x_3 \leq D_3$ $0 \leq z_2 \leq D_2 + x_3;$ $0 \leq z_2 \leq 4 + x_3$	$D_3 = 1; x_4 = 0;$ $0 \leq z_3 \leq D_3 + x_4;$ $0 \leq z_3 \leq 1$
Arremate U c/10 pç	$D_1 = 2; 0 \leq x_2 \leq D_2;$ $0 \leq x_2 \leq 4$ $z_1 = x_2 + D_1 - x_1;$ $z_1 = x_2 + 2$	$D_2 = 4; x_3 = 0;$ $0 \leq z_2 \leq D_2 + x_3;$ $0 \leq z_2 \leq 4$	-
Tinta Acrílica Prata (Balde 18LT):	$D_1 = 1; 0 \leq x_2 \leq D_2 + D_3;$ $0 \leq x_2 \leq 0$ $z_1 = x_2 + D_1 - x_1;$ $z_1 = 1$	-	-
Aguarrás (Lata 18 LT):	$D_1 = 1; 0 \leq x_2 \leq D_2 + D_3;$ $0 \leq x_2 \leq 0$ $z_1 = x_2 + D_1 - x_1;$ $z_1 = 1$	-	-
Registro Base	$D_1 = 2; 0 \leq x_2 \leq D_2;$ $0 \leq x_2 \leq 5$ $z_1 = x_2 + D_1 - x_1;$ $z_1 = x_2 + 2$	$D_2 = 5; x_3 = 0;$ $0 \leq z_2 \leq D_2 + x_3;$ $0 \leq z_2 \leq 5$	-
Fio Flex 1,5mm Vermelho	$D_1 = 5; 0 \leq x_2 \leq D_2;$ $0 \leq x_2 \leq 2$ $z_1 = x_2 + D_1 - x_1;$ $z_1 = x_2 + 5$	$D_2 = 2; x_3 = 0;$ $0 \leq z_2 \leq D_2 + x_3;$ $0 \leq z_2 \leq 2$	-
Eletroduto Corrugado 3/4 c/ 50 mts	$D_1 = 10; 0 \leq x_2 \leq D_2;$ $0 \leq x_2 \leq 15$ $z_1 = x_2 + D_1 - x_1;$ $z_1 = x_2 + 10$	$D_2 = 15; x_3 = 0;$ $0 \leq z_2 \leq D_2 + x_3;$ $0 \leq z_2 \leq 15$	-
Calça	$D_1 = 4; 0 \leq x_2 \leq D_2 + D_3;$ $0 \leq x_2 \leq 5$ $z_1 = x_2 + D_1 - x_1;$ $z_1 = x_2 + 4$	$D_2 = 3; 0 \leq x_3 \leq D_3;$ $0 \leq z_2 \leq D_2 + x_3;$ $0 \leq z_2 \leq 3 + x_3$	$D_3 = 2; x_4 = 0;$ $0 \leq z_3 \leq D_3 + x_4;$ $0 \leq z_3 \leq 2$
Tinta Latex Terra Cota (Balde 18 LT):	$D_1 = 1; 0 \leq x_2 \leq D_2 + D_3;$ $0 \leq x_2 \leq 0;$ $z_1 = x_2 + D_1 - x_1;$ $z_1 = 1$	-	-
Anel Esg. 100mm (marrom)	$D_1 = 17; 0 \leq x_2 \leq D_2;$ $0 \leq x_2 \leq 39$ $z_1 = x_2 + D_1 - x_1;$ $z_1 = x_2 + 17$	$D_2 = 39; x_3 = 0;$ $0 \leq z_2 \leq D_2 + x_3;$ $0 \leq z_2 \leq 39$	-
Espuma Expansiva	$D_1 = 5; 0 \leq x_2 \leq D_2;$	$D_2 = 7; x_3 = 0;$	-

500ml	$0 \leq x_2 \leq 7;$ $z_1 = x_2 + D_1 - x_1; z_1 = x_2 + 5$	$0 \leq z_2 \leq D_2 + x_3;$ $0 \leq z_2 \leq 7$	
-------	--	---	--

Fonte: Autoria Própria

O cálculo da equação da demanda baseou-se na equação 13. Para os materiais cuja demanda é 1, e em apenas um período, será comprado apenas uma unidade conforme as especificações.

4.3 RESULTADOS

Após compilar os dados na planilha *excelDPIInv.xls*, (TAHA, 2008), as quantidades de pedido (z) em cada período (i) estão representados na Tabela 10. Nela, os períodos estão divididos em 4, conforme o processo de construção apresentado na Tabela 7.

Os períodos assinalados com "x" significam que não tem demanda, e conseqüentemente, não tem pedido, naquele período. Os resultados estão baseado nos Apêndices.

Para chegar nos valores correspondente de z_i , foi utilizada a equação 13.

Tabela 10: Quantidades de Pedido (z_i)

Material	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
Janela Grande	x	51	0	5
Selador Madeira	x	x	1	4
Forro PVC	x	8	4	2
Arremate U	x	2	4	x
Tinta Acrílica	x	x	1	x
Aguarrás	x	x	1	x
Registro Base	x	2	5	x
Fio Flex	x	x	5	2
Eletroduto	x	12	13	x
Calça	4	3	2	x
Tinta Latex	x	x	1	x
Anel Esg	x	1	54	x
Espuma Exp.	x	9	2	x

Fonte: Autoria Própria

Ao analisar esta tabela é possível perceber que o pedido da maioria dos produtos em cada período é igual à quantidade demandada pelo mesmo. O desconto por quantidade de compra não está compensando neste caso. Ou também, as quantidades para desconto vão além do necessário para construir apenas uma torre. Deve-se discutir a necessidade de conversar com os fornecedores e definir outras quantidades de desconto, como também, pensar em planejar os produtos para mais de uma torre, comparar os dados e ver se compensa financeiramente.

Os custos obtidos estão na Tabela 11. Além disso, os custos excedentes de cada material também estão especificados para posterior análise. O custo de material, para 18 torres, é apenas o valor simulado de 1 torre multiplicado pelo total de torres da obra (18 torres). Este valor pode sofrer alteração caso a empresa opte por planejar o estoque total. Isto está sendo feito para que possa ter uma comparação com todos os custos envolvidos.

Tabela 11: Custos

Material	Custo Estoque (1 Torre)	Custo Material (1 Torre)	Custo Material (18 Torres)	Custo Excedente
Janela Grande	R\$1.028,87	R\$6.315,54	R\$113.679,72	R\$14.889,60
Selador Madeira	R\$2.882,62	R\$1.255,50	R\$22.599,00	R\$13.057,20
Forro PVC	R\$207,34	R\$117,04	R\$2.106,72	R\$11.369,50
Arremate U	R\$760,66	R\$365,70	R\$6.582,60	R\$5.485,50
Tinta Acrílica	R\$381,18	R\$89,90	R\$1.618,20	R\$5.214,20
Aguarrás	R\$138,06	R\$117,00	R\$2.106,00	R\$5.148,00
Registro Base	R\$181,91	R\$89,67	R\$1.614,06	R\$4.393,83
Fio Flex	R\$5,25	R\$2,38	R\$42,84	R\$3.471,00
Eletroduto	R\$416,88	R\$607,5	R\$10.935	R\$3.321,00
Calça	R\$449,28	R\$233,28	R\$4.199,04	R\$3.110,40
Tinta Latex	R\$166,90	R\$87,84	R\$1.581,12	R\$1.844,64
Anel Esg	R\$3,35	R\$29,06	R\$523,08	R\$1.817,00
Espuma Exp.	R\$248,41	R\$158,50	R\$2.844,90	R\$1.682,00

Fonte: Autoria Própria

Como pode-se observar, o custo de sobra (custo excedente) ultrapassa a quantidade necessária para a construção de uma torre. Lembrando que, neste custo está inserido apenas o valor unitário de cada material multiplicado pela sua quantidade. Não está contabilizado custos de estocagem e transporte.

Na tabela 12, estão discriminados os valores totais (material + estoque) para 1 e 18 torres, comparados ao valor de custo excedente. Novamente, o custo de estoque será multiplicado pelo número total de torres, o qual sofrerá alteração caso os materiais sejam planejados de forma diferente.

Tabela 12: Resultados Custos Totais

Material	Custo Total (1 Torre)	Custo Total (18 Torres)	Custo Excedente
Janela Grande	R\$7.344,41	R\$132.199,38	R\$14.889,60
Selador Madeira	R\$4.138,12	R\$74.486,16	R\$13.057,20
Forro PVC	R\$324,38	R\$5.838,84	R\$11.369,50
Arremate U	R\$1.126,36	R\$20.274,48	R\$5.485,50
Tinta Acrílica	R\$471,08	R\$8.479,44	R\$5.214,20
Aguarrás	R\$255,06	R\$4.591,08	R\$5.148,00
Registro Base	R\$271,58	R\$4.888,44	R\$4.393,83
Fio Flex	R\$7,63	R\$137,34	R\$3.471,00
Eletroduto	R\$1.024,38	R\$18.438,84	R\$3.321,00
Calça	R\$682,56	R\$12.286,08	R\$3.110,40
Tinta Latex	R\$254,74	R\$4.585,32	R\$1.844,64
Anel Esg	R\$32,41	R\$583,38	R\$1.817,00
Espuma Exp.	R\$406,91	R\$7.324,38	R\$1.682,00

Fonte: Autoria Própria

Mesmo com a somatória dos custos envolvidos para cada material, ainda assim o custo de sobra excede com facilidade a necessidade demandada por 1 torre. Na próxima tabela apresentada, tabela 13, está simulado quantas torres poderiam ser supridas, com os respectivos materiais, em relação ao seu montante excedente. Além disso, também está mencionado a porcentagem equivalente do custo excedente quando comparado ao custo total de 1 torre.

Tabela 13: Custo Excedente

Material	Custo Total (1 Torre)	Custo Excedente	Qtde Torres	Porcentagem
Janela Grande	R\$7.344,41	R\$14.889,60	2,03	203%
Selador Madeira	R\$4.138,12	R\$13.057,20	3,16	316%
Forro PVC	R\$324,38	R\$11.369,50	35,05	3505%
Arremate U	R\$1.126,36	R\$5.485,50	4,87	487%
Tinta Acrílica	R\$471,08	R\$5.214,20	4,87	487%
Aguarrás	R\$255,06	R\$5.148,00	13,68	1368%
Registro Base	R\$271,58	R\$4.393,83	16,18	1618%
Fio Flex	R\$7,63	R\$3.471,00	454,91	45491%
Eletroduto	R\$1.024,38	R\$3.321	3,24	324%
Calça	R\$682,56	R\$3.110,40	4,56	456%
Tinta Latex	R\$254,74	R\$1.844,64	11,05	1105%
Anel Esg	R\$32,41	R\$1.817,00	56,06	5606%
Espuma Exp.	R\$406,91	R\$1.682,00	4,13	413%

Fonte: Autoria Própria

Ao analisar as tabelas, é possível perceber claramente que os valores de custo excedente impactam consideravelmente no orçamento da obra. O valor de sobra de cada material seria possível custear seu respectivo produto, no mínimo, para duas torres.

Para uma melhor visualização do problema, a somatória dos custos pode ser observada na tabela 14.

Tabela 14: Somatória dos Custos

	Soma Custos Estoque	Soma Custos Material	Soma Custo Total	Soma Custo Excedente
1 Torre	R\$6.870,71	R\$9.468,91	R\$16.339,62	R\$74.803,87
18 Torres	R\$123.672,78	R\$170.432,28	R\$294.113,16	

Fonte: Autoria Própria

A partir da Tabela 14 pode-se observar quão impactante é o custo de excesso de materiais. Estes representam 25% do montante de custo total, ou seja, $\frac{1}{4}$ do orçamento para os materiais da obra deve ser adicionado a mais para contabilizar o custo real pago pela empresa.

A Tabela 15 relaciona os custos de antes da simulação, com a ferramenta escolhida, com os valores obtidos após a mesma. Os custos comparados são apenas de material, pois os custos avaliados sem o planejamento são apenas de material. Os custos de estoque achados neste trabalho estão somados com o custo de transporte, por isso, não seria correto adicionar o custo total de um cenário sem o total do outro para uma real comparação.

Tabela 15: Comparação de cenários

Material	Custo Material Cenário 1	Custo Material Excedente	CT Obra Cenário 1	CT Obra Cenário 2	Economia
Janela Grande	R\$124.080,00	R\$14.889,60	R\$138.969,60	R\$113.679,72	R\$25.289,88
Selador Madeira	R\$24.356,70	R\$13.057,20	R\$37.413,90	R\$22.599,00	R\$14.814,90
Forro PVC	R\$2.090,00	R\$11.369,50	R\$13.459,60	R\$2.106,72	R\$11.352,88
Arremate U	R\$6.765,45	R\$5.485,50	R\$12.250,95	R\$6.582,60	R\$5.668,35
Tinta Acrílica	R\$899,00	R\$5.214,20	R\$6.113,20	R\$1.618,20	R\$4.495,00
Aguarrás	R\$2.106,00	R\$5.148,00	R\$7.254,00	R\$2.106,00	R\$5.148,00
Registro Base	R\$1.678,11	R\$4.393,83	R\$6.071,94	R\$1.614,06	R\$4.457,88
Fio Flex	R\$48,75	R\$3.471,00	R\$3.519,75	R\$42,84	R\$3.476,91
Eletroduto	R\$11.934,00	R\$3.321,00	R\$15.255,00	R\$10.935	R\$4.320,00
Calça	R\$3.965,76	R\$3.110,40	R\$7.076,16	R\$4.199,04	R\$2.877,12
Tinta Latex	R\$1.581,12	R\$1.844,64	R\$3.425,76	R\$1.581,12	R\$1.844,64
Anel Esg	R\$782,10	R\$1.817,00	R\$2.599,10	R\$523,08	R\$2.076,02
Espuma Exp.	R\$2.958,00	R\$1.682,00	R\$4.640,00	R\$2.844,90	R\$1.795,10

Total		R\$74.803,97			R\$87.616,68
-------	--	--------------	--	--	--------------

Fonte: Autoria Própria

Antes de analisar a tabela, vale lembrar que CT é o custo do sistema. Após comparar os cenários, houve uma economia de R\$87.616,68. Considerando apenas a economia da compra dos materiais, sem considerar o custo excedente, ainda temos R\$12.812,71. Com isso, pode-se dizer que é viável a implantação do modelo, além de também ser viável a contratação de um funcionário para cuidar apenas da Gestão de Estoques da empresa. Tendo em vista o salário inicial de um Engenheiro, em média de R\$5.000,00, e a duração da obra 1 ano e meio aproximadamente, gasta-se com o profissional em torno de R\$90.000,00.

Há a necessidade de uma observação, o montante de R\$87.616,68 é para apenas 13 produtos dos 45 classificados como A e ainda existe os produtos B e C. Portanto, a real economia será maior do que este valor encontrado.

4.4 SUGESTÕES DE MELHORIAS

Após a obtenção do resultado, além das visitas à empresa, pode-se sugerir algumas melhorias para o desempenho da empresa que são fáceis de serem implementadas.

A empresa já possui um sistema de gestão de estoques com Estoque de Segurança, mas ele é dimensionado na maior parte das vezes de forma empírica pelos funcionários (engenheiro + mestre de obras). Este fator contribui para a falta e excesso de materiais no estoque. Por esse motivo, o Estoque de Segurança deveria ser implementado junto com o projeto da obra.

Muitos materiais ficam no tempo pelo fato do almoxarifado não obter tamanho suficiente, desta forma, ficam alocados em um canto, e os almoxarifes não sabem quantidades e quais materiais estão lá especificamente. Para resolver este problema, aplicar um 5S no almoxarifado, para uma armazenagem correta e especificações de tudo o que é estoque. Para cuidar desses materiais, adicionar um sistema de segurança monitorado por câmeras e alarmes. Um orçamento de 5

câmeras + alarme custa aproximadamente R\$2.000,00 para a instalação + R\$100,00 mensais. Comparado ao custo excedente, é uma solução viável.

Além disso, a empresa poderia ordenar um estudo para descobrir os reais motivos da sobra de tantos materiais. Durante a elaboração de um projeto novo, os profissionais tentam rever o que tem em estoque e alocar no projeto, mas nem sempre conseguem. Para resolver este problema, poderia haver padronização dos materiais que obtém maiores custos extras, ou seja, se sobrar, ele com certeza irá servir para as próximas obras.

Uma vez que a empresa possui uma média de 5 obras sendo realizadas em um mesmo momento, mas em diferentes períodos de conclusão, o estudo de viabilidade de um Centro de Distribuição também poderia ser demandado. As obras em conclusão ficam em cidades próximas e seguem todas um mesmo padrão de apartamentos e torres. Incluir padronização de materiais com um CD poderia melhorar os índices de custos obtidos atualmente.

4.5 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Alguns problemas foram encontrados durante a realização deste trabalho. A relação de materiais das sobras das obras não especificava exatamente que tipo de material era, muitas vezes faltava dimensões por exemplo. Por este motivo, não foi possível encontrar a demanda de todos os materiais classificados como A.

Um outro problema encontrado foi que, na empresa de construção civil a quantidade de materiais utilizados é enorme. A empresa possui um sistema de Gestão Interna, mas este não faz programações. Por este motivo, foi experimentado uma ferramenta mais simples de usar e que pudesse ser implementada e aceita pelos funcionários e gestores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O primeiro objetivo específico deste trabalho, "fazer a classificação ABC dos materiais para identificar quais são os mais críticos com relação à custo x quantidade", foi satisfeito. Durante o processo de conclusão deste objetivo, alguns problemas internos puderam ser detectados para posterior estudo. O levantamento do total de custo somado a partir destes materiais mostra que a empresa precisa ficar atenta ao seu Estoque e tentar otimizá-lo.

"Aplicação do modelo de controle de estoque Lote Econômico de Compra", durante a execução deste segundo objetivo proposto, houve a confirmação da necessidade de implantação de um Sistema de Gestão de Estoque na empresa. Custos que parecem ser pequenos, problemas que parecem ser rotineiros e normais, interferem significativamente no resultado e desempenho final da empresa.

A realização do último objetivo, "Simular para analisar o comportamento do modelo proposto", confirmou a necessidade da empresa de um Sistema de Gestão de Estoques. Além disso, o sistema escolhido é passível de implementação, visto que, agrega bons resultados para a empresa em questão. A sugestão de Estoque de Segurança pode ainda, vir a agregar melhores resultados.

Para dar continuidade ao trabalho, pode-se testar outras formas de planejamento e, dar continuidade aos estudos do porquê tantos materiais em excesso e sem uso.

Estudar e visitar um modelo fora do padrão tradicional visto em sala de aula, fez a autora ampliar sua visão de empresa. E também, que mesmo não atingindo seus objetivos principais, o simples fato de estudar mais a fundo um problema, outras oportunidades de melhoria simples parecem aparecer, sejam elas fáceis de implementar. Todos da empresa foram extremamente eficientes e dispostos a ajudar. Não esconderam problemas internos nem dados e isto fez com que o a empresa pudesse ser amplamente compreendida.

As sugestões de melhorias já propostas podem ser discutidas pela aluna e empresa a fim de melhorar o processo produtivo.

Por fim, ao longo de todo o processo de produção deste trabalho foi possível conhecer como funciona uma empresa de construção civil, que problemas ela aponta e o que/onde Engenheiros de Produção podem atuar dentro da mesma. Visto que, o único tipo de Engenheiro presente nesta empresa é o civil com foco na construção em si, mas não no processo como um todo.

6 REFERÊNCIAS

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2006.

CORRÊA, H. L., GIANESI, I. G. N., CAON, M. **Programação e Controle da Produção: MRP II, ERP Conceitos, uso e implantação**. Base para SAP, Oracle Applications e outros Softwares Integrados de Gestão. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas S. A., 2007.

DELLAERT, N., JEUNET, J. An alternative to safety stock policies for multi-level rolling schedule MRP problems. **European Journal of Operational Research**, v. 163, p. 751–768, 2005.

DENARDO, E. V. **Dynamic programming: models and applications**. Courier Corporation, 2012.

DOS SANTOS, A. M., RODRÍGUEZ, I. A., **Controle de estoque de materiais com diferentes padrões de demanda: estudo de caso em uma indústria química**. *Gestão & Produção*, v.13, n.2, 2006.

DYE, C. Y., HSIEH, T. P. Deterministic ordering policy with price- and stock-dependent demand under fluctuating cost and limited capacity. **Expert Systems with Applications**, v. 38, p. 14976–14983, 2011.

GARCIA, Eduardo et al. **Gestão de estoques: otimizando a logística e a cadeia de suprimentos**. Editora E-papers, 2006.

GARCIA, E., LACERDA, L., AROZO, R. Gerenciando incertezas no planejamento logístico: o papel do estoque de segurança. **Revista Tecnológica**, v. 63, p. 36-42, 2001.

GUERRINI, F. M., BELHOT, R. V., JÚNIOR, W. A. **Planejamento e Controle da Produção - Projeto e Operação de Sistemas**. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2013.

HIGGINS, P. ROY, P. L. TIERNEY, L. **Manufacturing Planning and Control: Beyond MPR II**. London: Chapman & Hall: 1996.

HUNG, Y. F., CHANG, C. B. Determining safety stocks for production planning in uncertain manufacturing. **International Journal of Production Economics**, v. 58, n. 2, p. 199-208, jan. 1999.

KNOLLMANN, M., WINDT, K., DUFFIE, N. Evaluation of Capacity Control and Planned Lead Time Control in a Control-theoretic Model. **Procedia CIRP**, v. 17, p. 392–397, 2014.

KRAJEWSKI, L., RITZMAN, L., MALHOTRA, M. **Administração de Produção e Operações**. 8 ed. São Paulo, SP: Pearson, 2009.

LOULY, M. A. O., DOLGUI, A. Calculating safety stocks for assembly systems with random component procurement lead times: A branch and bound algorithm. **European Journal of Operational Research**, v. 199, p. 723–731, 2009.

LUSTOSA, L., MESQUITA, M. A., QUELHAS, O., OLIVEIRA, R. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2008.

MILLSTEIN, M. A., YANG, L., LI, H. Optimizing ABC inventory grouping decisions. **International Journal of Production Economics**, 2014.

MONCAYO-MARTÍNEZ, L. A., ZHANG, D. Z. Optimising safety stock placement and lead time in an assembly supply chain using bi-objective MAX–MIN ant system. InMon. **International Journal of Production Economics**, v. 145, p. 18–28, 2013.

NITAHARA, A. IBGE Registra em Abril Crescimento de 0,50% no índice da construção civil. **EBC**. Maio, 2015. Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/noticias/economia/2015/05/ibge-registra-em-abril-crescimento-de-050-no-indice-da-construcao-civil>> Acesso em 11 de Abril de 2016.

OSMAN, H., DEMIRLI, K. Integrated safety stock optimization for multiple sourced stockpoints facing variable demand and lead time. **International Journal of Production Economics**, v. 135, p. 299–307, 2012.

PARTOVI, F. Y.; ANANDARAJAN, M. Classifying inventory using an artificial neural network approach. **Computers & Industrial Engineering**, v. 41, p. 389-404, 2002.

PERSONA, A., BATTINI, D., MANZINI, R., PARESCHI, A. Optimal safety stock levels of subassemblies and manufacturing components. **International Journal of Production Economics**, p. 147-159, 2007.

PUTERMAN, M. L. **Markov decision processes: discrete stochastic dynamic programming**. John Wiley & Sons, 2014.

RELPH, G., NEWTON, M. Both Pareto and EOQ have limitations: combining them delivers a powerful management tool for MRP and beyond. **International Journal of Production Economics**, 2014.

RIBEIRO, M. Y. D., CARMO, E. P., LOBATO, B. C., PINHO, A. P. S., LOPES, H. S. Aplicação do MRP como ferramenta para o planejamento e controle da produção em um indústria de cabos elétricos de alumínio. **ENEGEP**, out. 2015.

RICCI, J. CONCEIÇÃO, G. C. LIMA, A. B. **Ferramentas MRP Aplicadas no Controle de Estoque**. Taquaritinga: 2013.

ROBINSON, P. NARAYANAN, A. SAHIN, F. Coordinated deterministic dynamic demand lot-sizing problem: A review of models and algorithms. **Omega**, v. 37, p. 3–15, 2009

ROSA, H. MAYERLE, S. F. GONÇALVES, M. B. Continuous and periodic review inventory control: a comparative analysis using simulation. **Production**, v. 20, n. 4, p. 0-0, 2010.

SARIMVEIS, H. PATRINOS, P. TARANTILIS, C. D. KIRANOUDIS, C. T. Dynamic modeling and control of supply chain systems: A review. **Computers & Operations Research**, v. 35 p. 3530–3561, 2008.

SILVA, E. L. MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4 ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

SLACK, N., CHAMBERS, S., HARLAND, C., HARRISON, A., JOHNSTON, R., **Administração da produção**: edição compacta. São Paulo: Atlas, 1999.

SZAJUBOK, N. K., ALENCAR, L. H., ALMEIDA, A. T. Modelo de gerenciamento de materiais na construção civil utilizando avaliação multicritério. **Prod.**, São Paulo , v. 16, n. 2, p. 303-318, Aug. 2006 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132006000200010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 11 de Abril de 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132006000200010>.

TAHA, H. A. **Pesquisa operacional**. 8. ed. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2008.

TORABI, S. A., HATEFI, S. M., SALECK PAY, B. ABC inventory classification in the presence of both quantitative and qualitative criteria. **Computers & Industrial Engineering**, 2011.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**. 2. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2000.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Normas para apresentação de documentos científicos**. Curitiba: Editora da UFPR, 2001.

YOU, P. S., HSIEH, Y.C. An EOQ model with stock and price sensitive demand. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 45, p. 933–942, 2007.

APÊNDICE A - PLANEJAMENTO JANELA GRANDE

APÊNDICE B - PLANEJAMENTO REGISTRO BASE

General (Forward) Dynamic Inventory Model										Optimum Solution Summary					
Number of periods, N=		Current period=		1											
K1=	46,12	H1=	0,28	c1(z1)=	12,81	12,81									
Period	1	2													
D(1 to 3)=	2	6													
Are z1 values correct?										Optimum		Period 1		Period 2	
Period 0		z1=	1	2	3	4	5	6	7						
f0		C1(z1)=	58,93	71,74	84,55	97,36	110,17	122,98	135,79						
x2=	0	11111111	71,74	11111111	11111111	11111111	11111111	11111111	11111111		f1	z1			
x2=	1	11111111	11111111	84,83	11111111	11111111	11111111	11111111	11111111		71,74	2			
x2=	2	11111111	11111111	11111111	97,92	11111111	11111111	11111111	11111111		84,83	3			
x2=	3	11111111	11111111	11111111	11111111	111,01	11111111	11111111	11111111		97,92	4			
x2=	4	11111111	11111111	11111111	11111111	11111111	124,1	11111111	11111111		111,01	5			
x2=	5	11111111	11111111	11111111	11111111	11111111	11111111	137,19	11111111		124,1	6			
											137,19	7			

General (Forward) Dynamic Inventory Model										Optimum Solution Summary					
Number of periods, N=		Current period=		2											
K1=	46,12	H1=	0,28	c1(z1)=	12,81	12,81									
Period	1	2													
D(1 to 3)=	2	6													
Are z1 values correct?										Optimum		Period 1		Period 2	
Period 0		z1=	1	2	3	4	5								
f0		C2(z2)=	58,93	71,74	84,55	97,36	110,17								
71,74	x3=	0	183,03	182,75	182,47	182,19	181,91				f2	z2			
84,83											181,91	5			
97,92											97,92	4			
111,01											111,01	5			
124,1											124,1	6			
137,19											137,19	7			

APÊNDICE C - PLANEJAMENTO SELADOR MADEIRA

General (Forward) Dynamic Inventory Model										Optimum Solution Summary					
Number of periods, N=		2		Current period=		1									
K1=	813,56	H1=	0,21	c1(z1)=	251,1	225,99	25			x	f	z	x	f	z
Period	1	2									Period 1		Period 2		
D(1 to 2)=	1	4													
Are z1 values correct?										Optimum					
Period 0	z1=	1	2	3	4	5			Period 1						
f0	C1(z1)=	1064,66	1315,76	1566,86	1817,96	2069,06			f1	z1	1	2	3	4	
x2=	0	1064,66	11111111	11111111	11111111	11111111			1064,66	1	3	3	4		
x2=	1	11111111	1315,97	11111111	11111111	11111111			1315,97	2	4	4			
x2=	2	11111111	11111111	1567,28	11111111	11111111			1567,28	3					
x2=	3	11111111	11111111	11111111	1818,59	11111111			1818,59	4					
x2=	4	11111111	11111111	11111111	11111111	2069,9			2069,9	5					

General (Forward) Dynamic Inventory Model										Optimum Solution Summary					
Number of periods, N=		2		Current period=		2									
K1=	813,56	H1=	0,21	c1(z1)=	251,1	225,99	25			x	f	z	x	f	z
Period	1	2									Period 1		Period 2		
D(1 to 2)=	1	4													
Are z1 values correct?										Optimum					
Period 0	z1=	1	2	3	4			Period 1							
f0	C2(z2)=	1064,66	1315,76	1566,86	1817,96			f2	z2	1	2	3	4	5	
1064,66	x3=	0	2883,25	2883,04	2882,83	2882,62			2882,62	4	4	5			
1315,97															
1567,28															
1818,59															
2069,9															

APÊNDICE D - FORRO PVC

General (Forward) Dynamic Inventory Model														Optimum Solution Summary					
Number of periods, N= 3			Current period= 1								Optimum		Period 1		Period 2				
K1=	30,1	H1=	0,54	c1(z1)=		8,36	8,36				x	f	z	x	f	z			
Period	1	2	3						Optimum		Period 1		Period 2						
D(1 to 3)=	8	4	2						Period 1		Period 2								
Are z1 values correct?														Period 1		Period 2			
Period 0	z1=	8	9	10	11	12	13	14	Optimum		Period 1		Period 2						
f0	C1(z1)=	96,98	105,34	113,7	122,06	130,42	138,78	147,14	f1	z1	Period 1		Period 2						
x2=	0	96,98	11111111	11111111	11111111	11111111	11111111	11111111	96,98	8	1	1							
x2=	1	11111111	105,88	11111111	11111111	11111111	11111111	11111111	105,88	9	2	2							
x2=	2	11111111	11111111	114,78	11111111	11111111	11111111	11111111	114,78	10	3	3							
x2=	3	11111111	11111111	11111111	123,68	11111111	11111111	11111111	123,68	11	4	4							
x2=	4	11111111	11111111	11111111	11111111	132,58	11111111	11111111	132,58	12	5	5							
x2=	5	11111111	11111111	11111111	11111111	141,48	11111111	11111111	141,48	13	6	6							
x2=	6	11111111	11111111	11111111	11111111	11111111	150,38	11111111	150,38	14									

General (Forward) Dynamic Inventory Model														Optimum Solution Summary					
Number of periods, N= 3			Current period= 2								Optimum		Period 1		Period 2				
K1=	30,1	H1=	0,54	c1(z1)=		8,36	8,36				x	f	z	x	f	z			
Period	1	2	3						Optimum		Period 1		Period 2						
D(1 to 3)=	8	4	2						Period 1		Period 2								
Are z1 values correct?														Period 1		Period 2			
Period 0	z1=	1	2	3	4	5	6	Optimum		Period 1		Period 2							
f0	C2(z2)=	38,46	46,62	55,18	63,54	71,9	80,26	f2	z2	Period 1		Period 2							
x3=	0	162,14	161,6	161,06	160,52	11111111	11111111	160,52	4	123,68	11	2	144,78	10					
x3=	1	171,58	171,04	170,5	169,96	169,42	11111111	169,42	5	132,58	12		141,48	13					
x3=	2	181,02	180,48	179,94	179,4	178,86	178,32	178,32	6	150,38	14								

General (Forward) Dynamic Inventory Model														Optimum Solution Summary					
Number of periods, N= 3			Current period= 3								Optimum		Period 1		Period 2				
K1=	30,1	H1=	0,54	c1(z1)=		8,36	8,36				x	f	z	x	f	z			
Period	1	2	3						Optimum		Period 1		Period 2						
D(1 to 3)=	8	4	2						Period 1		Period 2								
Are z1 values correct?														Period 1		Period 2			
Period 0	z1=	1	2						Optimum		Period 1		Period 2						
f0	C3(z3)=	38,46	46,62						f3	z3	Period 1		Period 2						
x4=	0	207,88	207,34						207,34	2	123,68	11							
											132,58	12							
											141,48	13							
											150,38	14							

APÊNDICE E - ARREMATE EM U

APÊNDICE F - PLANEJAMENTO ANEL ESGOTO

APÊNDICE G - PLANEJAMENTO ELETRODUTO

APÊNDICE H - FIO FLEXÍVEL VERMELHO

APÊNDICE I - PLANEJAMENTO ESPUMA EXPANSIVA

APÊNDICE J - PLANEJAMENTO CALÇA

General (Forward) Dynamic Inventory Model										Optimum Solution Summary							
Number of periods, N= 3			Current period= 1														
K1=	72	H1=	0,33	c1(z1)=	25,92	20	10					x	f	z	x	f	z
Period	1	2	3									Period 1			Period 2		
D(1 to 3)=	4	3	2														
Are z1 values correct?										Optimum							
Period 0	z1=	4	5	6	7	8	9					Period 1			Period 2		
f0	C1(z1)=	175,68	201,6	227,52	253,44	279,36	305,28	f1	z1								
x2=	0	175,68	1111111	1111111	1111111	1111111	1111111	175,68	4								
x2=	1	1111111	201,93	1111111	1111111	1111111	1111111	201,93	5								
x2=	2	1111111	1111111	228,18	1111111	1111111	1111111	228,18	6								
x2=	3	1111111	1111111	1111111	254,43	1111111	1111111	254,43	7								
x2=	4	1111111	1111111	1111111	1111111	280,68	1111111	280,68	8								
x2=	5	1111111	1111111	1111111	1111111	1111111	306,93	306,93	9								

General (Forward) Dynamic Inventory Model										Optimum Solution Summary							
Number of periods, N= 3			Current period= 2														
K1=	72	H1=	0,33	c1(z1)=	25,92	20	10					x	f	z	x	f	z
Period	1	2	3									Period 1			Period 2		
D(1 to 3)=	4	3	2														
Are z1 values correct?										Optimum							
Period 0	z1=	1	2	3	4	5					Period 1			Period 2			
f0	C2(z2)=	97,92	123,84	149,76	175,68	201,6	f2	z2									
175,68	x3=	0	326,1	325,77	325,44	1111111	1111111	325,44	3								
201,93	x3=	1	352,68	352,35	352,02	351,69	1111111	351,69	4								
228,18	x3=	2	379,26	378,93	378,6	378,27	377,94	377,94	5								
254,43																	
280,68																	
306,93																	

General (Forward) Dynamic Inventory Model										Optimum Solution Summary								
Number of periods, N= 3			Current period= 3															
K1=	72	H1=	0,33	c1(z1)=	25,92	20	10					x	f	z	x	f	z	
Period	1	2	3									Period 1			Period 2			
D(1 to 3)=	4	3	2															
Are z1 values correct?										Optimum								
Period 0	z1=	1	2									Period 1			Period 2			
f0	C3(z3)=	97,92	123,84															
325,44	z3=	0	449,61	449,28														
351,69																		
377,94																		

APÊNDICE K - PLANEJAMENTO TINTA ACRÍLICA

General (Forward) Dynamic Inventory Model																				
Number of periods, N=	1					Current period=	1								Optimum Solution Summary					
K1=	291,28	H1=	0,02	c1(z1)=	89,9	80,91	5								x	f	z	x	f	z
Period	1													Period 1		Period 2				
D(1 to 3)=	1													Optimum						
Are z1 values correct?	yes	yes	yes	yes	yes	yes									Period 1	Period 2				
Period 0	z1=	1	2	3	4	5	6									z				
f 0	C1(z1)=	381,18	471,08	560,98	650,88	740,78	821,68									f1	z1			
	x2=	0	381,18	1111111	1111111	1111111	1111111	1111111	1111111									381,18	1	

APÊNDICE L - PLANEJAMENTO AGUARRÁS

General (Forward) Dynamic Inventory Model											Optimum Solution Summary																																																																																																																																																																																																																						
Number of periods, N=	1	Current period=	1									x	f	z	x	f	z																																																																																																																																																																																																																
K1=	21,06	H1=	0,04	c1(z1)=	117	105,3																																																																																																																																																																																																																											
Period	1										Period 1			Period 2																																																																																																																																																																																																																			
D(1 to 3)=	1																																																																																																																																																																																																																																
<i>Are z1 values correct?</i>											Optimum																																																																																																																																																																																																																						
Period 0	z1=	1	2	3	4	5	6					Period 1																																																																																																																																																																																																																					
f0	C1(z1)=	138,06	255,06	372,06	489,06	606,06	723,06					f1	z1																																																																																																																																																																																																																				
x2=	0	138,06	1111111	1111111	1111111	1111111	1111111					138,06	1																																																																																																																																																																																																																				
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Period</th> <th>z1</th> <th>f0</th> <th>x2</th> <th>z1</th> <th>f0</th> <th>x2</th> <th>z1</th> <th>f0</th> <th>x2</th> <th>z1</th> <th>f0</th> <th>x2</th> <th>z1</th> <th>f0</th> <th>x2</th> <th>z1</th> <th>f0</th> <th>x2</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>138,06</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>255,06</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>372,06</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>489,06</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>606,06</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>723,06</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>138,06</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>255,06</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>372,06</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>489,06</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>606,06</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>723,06</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>138,06</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>255,06</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>372,06</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>489,06</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>606,06</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>723,06</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1</td> <td>138,06</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>255,06</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>372,06</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>489,06</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>606,06</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>723,06</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1</td> <td>138,06</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>255,06</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>372,06</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>489,06</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>606,06</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>723,06</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>1</td> <td>138,06</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>255,06</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>372,06</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>489,06</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>606,06</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>723,06</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>1</td> <td>138,06</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>255,06</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>372,06</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>489,06</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>606,06</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>723,06</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>1</td> <td>138,06</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>255,06</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>372,06</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>489,06</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>606,06</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>723,06</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>1</td> <td>138,06</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>255,06</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>372,06</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>489,06</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>606,06</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>723,06</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>1</td> <td>138,06</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>255,06</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>372,06</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>489,06</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>606,06</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>723,06</td> <td>0</td> </tr> </table>																	Period	z1	f0	x2	z1	f0	x2	z1	f0	x2	z1	f0	x2	z1	f0	x2	z1	f0	x2	1	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0	2	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0	3	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0	4	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0	5	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0	6	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0	7	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0	8	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0	9	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0	10	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0
Period	z1	f0	x2	z1	f0	x2	z1	f0	x2	z1	f0	x2	z1	f0	x2	z1	f0	x2																																																																																																																																																																																																															
1	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0																																																																																																																																																																																																															
2	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0																																																																																																																																																																																																															
3	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0																																																																																																																																																																																																															
4	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0																																																																																																																																																																																																															
5	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0																																																																																																																																																																																																															
6	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0																																																																																																																																																																																																															
7	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0																																																																																																																																																																																																															
8	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0																																																																																																																																																																																																															
9	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0																																																																																																																																																																																																															
10	1	138,06	0	1	255,06	0	2	372,06	0	3	489,06	0	4	606,06	0	5	723,06	0																																																																																																																																																																																																															

APÊNDICE M - PLANEJAMENTO TINTA LATEX

