

APLICANDO TEORIA DAS RESTRIÇÕES EM CONJUNTO COM INDICADORES: ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Bruna Furtado dos Santos (CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
CELSO SUCKOW DA FONSECA- CEFET/RJ - UNED-NI) brunafurtadods@gmail.com

Lucas Passos Flores (CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO
SUCKOW DA FONSECA- CEFET/RJ - UNED-NI) lucaspasosflores@gmail.com

Edson Vinicius Pontes Bastos (CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
CELSO SUCKOW DA FONSECA- CEFET/RJ - UNED-NI)
engenheiroedsonbastos@gmail.com

Resumo

Esse trabalho busca analisar o setor de empacotamento de massas para lasanha de uma indústria de alimentos no Rio de Janeiro por meio da Teoria das Restrições (TOC), comparando os seguintes métodos: Índice de Rendimento Operacional Global (IROG) e Índice de Rendimento Operacional Global Corrigido (IROGC). Sendo assim, por meio deste estudo, será possível equiparar a capacidade real dos recursos explorados. Além disso, empregou-se o estudo de tempos e movimentos como uma ferramenta para melhoria de processos, visto que as atividades realizadas no setor analisado ocorrem de forma manual.

Palavras-Chaves: Teoria das Restrições, Índice de Rendimento Operacional Global, Índice de Rendimento Operacional Global Corrigido.

1. Introdução

Segundo a pesquisa feita pela ONG Oxfam (Comitê de Oxford de Combate a Fome, 2011), a lasanha é o prato favorito do brasileiro, com o cotidiano exigindo cada vez mais praticidade, produzir sua própria massa não é algo simples. Com isto, a indústria alimentícia, enxerga crescimento na demanda e aumenta sua produção através de investimentos tecnológicos, humanos e de matéria-prima. Este é o caso da empresa que será estudada neste artigo.

O setor de empacotamento de lasanha será analisado, a fim de se alcançar resultados que gerem melhor aproveitamento do processo, da mão-de-obra, e do produto, além da diminuição de gastos e custos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é compreender o processo da fabricação da massa de lasanha, analisar e comparar o rendimento da capacidade real de cada recurso do processo, pelo método IROG e IROGC através da análise da TOC, e então propor

modificações. Modificações estas que venham simplificar as operações, diminuir desperdícios de produto, estoque intermediário e insumo.

Para esta análise, será necessário entender sobre o Índice de Rendimento Operacional Global, Teoria das Restrições, estudo de Tempos e Movimentos e Regressão Linear Simples, que serão abordados no decorrer deste trabalho.

Sendo o IROG um indicador operacional, ele se torna responsável por verificar o grau de desempenho do sistema.

A teoria das restrições busca a melhor maneira de explorar um recurso que limite a empresa de aumentar seu ganho. Sendo, portanto, um processo de melhoria contínua de extrema relevância, visto que quando um recurso gargalo passa a não ser mais o problema limitante, outro recurso se tornará a restrição.

Como o setor de empacotamento analisado é manual, o estudo de Tempos e Movimentos será útil na medida em que iremos cronometrar todo o processo, buscando saber o tempo médio das atividades.

A regressão, por sua vez, torna possível a realização de uma análise estatística com a finalidade de verificar se há, de fato, uma relação entre as variáveis estudadas.

2. Revisão da Literatura

Este tópico tem como objetivo fundamentar o trabalho teoricamente. Este capítulo será dividido nas seguintes etapas: índice de rendimento operacional global, teoria das restrições, estudo de tempos e movimentos.

2.1. Índice de Rendimento Operacional Global (IROG)

Segundo Pacheco, Júnior, Lacerda, Goldmeyer e Gilsa (2012), o IROG é visto como um indicador operacional, uma vez que é utilizado com a finalidade de aferir o nível de desempenho de um sistema de maneira global. Esse conceito é utilizado como importante ferramenta de cálculo da capacidade prática dos recursos. Através da equação abaixo encontramos o IROG:

Equação 1: IROG

$$\mu_{global} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i \times q_i}{T}$$

Fonte: Pacheco, Júnior, Lacerda, Goldmeyer e Gilsa (2012)

Sendo:

μ_g : Índice de Rendimento Operacional Global do recurso (IROG);

tp: Tempo de processo ou tempo padrão do produto;

q: Quantidade de produtos X processados;

T: Tempo disponível para a produção.

Com foco em melhorar a eficiência de um posto de trabalho no gargalo, resultando em trazer ganhos para a organização, através da redução dos custos de produção, por exemplo, após identificar o rendimento e ocorrendo um aumento de eficiência, este aumento possibilita a redução dos turnos de produção para atendimento da demanda. Podendo gerar lucratividade e também aumentar a receita através do atendimento de novas demandas, sem que seja necessária a aquisição de novos equipamentos. Outro aspecto relevante é a possibilidade de maior flexibilidade para a fábrica, visto que é possível ampliar a quantidade de preparações (setups). (ANTUNES, ALVAREZ, KLIPPEL, BORTOLOTTO E DE PELLEGRIN, 2008)

Conforme Antunes e Klippel (2001), o IROG também pode ser calculado através da equação abaixo:

Equação 2: IROG

$$\mu_{global} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3$$

Fonte: Pacheco, Júnior, Lacerda, Goldmeyer e Gilsa (2012)

Sendo:

μ_1 : Índice do Tempo Operacional (ITO);

μ_2 : Índice de Performance Operacional (IPO);

μ_3 : Índice de Produtos Aprovados (IPA).

O ITO corresponde ao tempo total em que a máquina esteve disponível, menos as paradas. O IPO consiste no desempenho do recurso, calculado através dos tempos de operações em vazio, paradas momentâneas e quedas de velocidade. O IPA mede o tempo total de produção de peças boas, menos o tempo gasto com sucata e retrabalho.

2.1.1. Índice de Rendimento Operacional Global Corrigido (IROGC)

Segundo Pacheco, Júnior, Lacerda, Goldmeyer e Gilsa (2012), o IROGC, a partir da visão de capacidade dos gargalos da TOC é obtido multiplicando-se o IROG (μg nas equações apresentadas) pelo indicador IPAC (Índice de Produtos Aprovados Corrigido). O IPAC é calculado multiplicando os IPAs dos recursos posteriores ao gargalo.

Conforme Pacheco, Júnior, Lacerda, Goldmeyer e Gilsa (2012), o modelo de cálculo, IROGC, é um índice mais robusto na análise e gerenciamento da capacidade produtiva, em comparação ao IROG, contribuindo no processo de tomada de decisão sobre os níveis de capacidade produtiva, além de auxiliar melhor na programação da produção no chão de fábrica e no atendimento às demandas.

2.2. Teoria das Restrições (TOC)

De acordo com Neto e Marco (2006), a Teoria das Restrições, pode ser considerada como um processo de melhoria contínua, uma vez que seu objetivo é encontrar as restrições do sistema, também conhecidos como gargalos, e buscar a melhor forma de explorá-las e maximizar sua capacidade, gerando, portanto, maior ganho para o sistema como um todo.

Segundo, ainda, Neto e Marco (2006), restrição é tudo o que impede a empresa de alcançar seus objetivos e metas. Isto é, tudo que atrapalhe a organização de aumentar seus lucros é considerado gargalo.

Para conduzir essas restrições, existem cinco passos que devem ser necessariamente seguidos na seguinte sequência:

- a) Identificar a restrição do sistema:

Neste primeiro passo, como afirmam Pacheco, Júnior, Lacerda, Goldmeyer e Gilsa (2012), é preciso definir o que impede a empresa de atingir seus objetivos. Essa restrição, por sua vez, pode ser interna ou externa ao sistema.

Podemos dizer que uma restrição é interna à empresa quando sua capacidade de produção não atende à demanda de determinado produto. Por outro lado, quando a capacidade de produção excede à demanda de certo produto, consideramos uma restrição externa à empresa.

b) Explorar a restrição do sistema:

Nesta etapa, deve-se fazer com que a restrição identificada anteriormente atinja o maior ganho possível, assim como afirmam Neto e Marco (2006). Para tal, deve ser aproveitado todo seu tempo disponível, a fim de utilizar o gargalo em sua capacidade máxima.

De acordo com Goldratt (1990), uma hora perdida em um recurso gargalo é uma hora perdida em todo o sistema. Sendo assim, é possível notar que este passo aumenta o desempenho não só da restrição, mas de todo o sistema.

c) Subordinar tudo à restrição anterior:

Neste ponto é natural que recursos não gargalo se mantenham ociosos durante certo período de tempo, visto que todo o sistema está focado em atender a capacidade da restrição. Então, conforme Oliveira (2016), o potencial atingido por um recurso não gargalo não é determinado com base em sua própria capacidade. Este potencial é estabelecido pela restrição do sistema. Afinal, ótimos globais não são garantidos por ótimos locais. Sendo assim, se essa exigência não for respeitada, problemas como estoque intermediário, por exemplo, podem ocorrer.

d) Elevar a restrição do sistema:

Aqui, buscam-se maneiras de aumentar a capacidade da restrição. Neto e Marco (2006) admitem que, geralmente, isto acontece por meio de investimentos como a compra de novos equipamentos ou incremento de processos, por exemplo.

e) Se em um passo anterior uma restrição for quebrada, volte ao primeiro passo:

Na medida em que alterações são feitas no sistema, novas restrições aparecem. Oliveira (2016) afirma que todo recurso com capacidade restrita deve ser analisado e identificado, pois em algum momento se tornará o gargalo. Portanto, no momento que a restrição que estava sendo tratada anteriormente deixa de ser um limitante de capacidade, aparecerá outra, que por sua vez deverá ser resolvida de acordo com os passos citados anteriormente.

Por isso pode-se dizer que a Teoria das Restrições é um processo de melhoria contínua. Afinal, sempre haverá um gargalo no sistema produtivo e é necessário sempre procurá-lo com a finalidade de gerar ganho para o sistema.

2.3. Estudo de Tempos e Movimentos

O estudo de tempos, de acordo com Peinado e Graeml (2007), estabelece, com base no auxílio de um cronômetro, o tempo essencial para desempenhar determinada tarefa. O propósito da medição de tempo de trabalho é estipular a forma preferível de desenvolver a tarefa analisada.

De acordo com Ohno (1997), é relevante que o movimento do operário na produção agregue valor, ou seja, busca-se fazer apenas movimentos necessários e essenciais para realizar a tarefa na qual está trabalhando.

Segundo Barnes (1977), o estudo feito referente às operações, mostra que somente movimentos e procedimentos essenciais agregam valor.

3. Metodologia

As técnicas usadas para coletar os dados foram: observação do processo durante a produção de massa e pesquisa bibliográfica. Afinal, segundo Lima e Míoto (2007), a pesquisa bibliográfica acarreta em ordenar os procedimentos e procurar solução para as questões analisadas.

Na observação, a intenção era analisar o fluxo de produção, principalmente a parte do empacotamento que é o foco desta pesquisa. Esta etapa foi importante para verificar o ritmo de trabalho dos operadores, a sequência do processo produtivo e o tempo que cada operador leva para desenvolver suas respectivas atividades, bem como os movimentos utilizados para realizar cada atividade. Já a pesquisa bibliográfica trouxe embasamento teórico para aplicar os conceitos necessários para consolidar a pesquisa.

Este artigo se trata de um estudo de caso, na medida em que são empregados procedimentos como estabelecimento da base de dados. De acordo com Yin (2005), o estudo de caso possibilita que os responsáveis pela pesquisa se relacionem de maneira aprofundada com o estudo em questão.

Assumimos esta pesquisa tanto quantitativa, quanto qualitativa, pois há análise estatística e índices numéricos, bem como há um modelo padronizado de investigação e análise, como no caso da teoria das restrições, por exemplo.

O método de análise é quantitativo por meio de regressão linear. A regressão é uma ferramenta utilizada para averiguar se há relação entre as variáveis em estudo, por meio uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes. Conforme Amaral, Silva e

Reis (2009), este método é aplicado com intenção de entender processos com base nos valores de outras variáveis e gerar gráficos. Esses gráficos demonstram como a variável dependente se comporta em função da independente.

Ainda de acordo com Amaral, Silva e Reis (2009), para que se estabeleça um modelo que explique a análise, é necessário verificar o tipo de curva e a equação que mais se aproximam dos pontos presentes no diagrama de dispersão.

Segundo Quinino, Reis e Bessegato (2011), a importância do coeficiente de determinação R^2 , é associado ao teste de significância de um modelo de regressão linear para validação.

4. Análise e discussão dos resultados

4.1. Processo de fabricação e embalagem da massa

A fim de obter melhor compreensão sobre a coleta de dados e a proposta do estudo de caso, é necessário descrever como é realizado o processo de fabricação da lasanha, desde a mistura dos insumos até o empacotamento do produto final.

Primeiro, há uma masseira responsável por misturar os insumos, depois essa massa passa por um molde, porém a massa sai em tamanho extenso para passar pelo processo de secagem que dura de 23 a 24 horas.

Após este processo, a massa é retirada da máquina e cortada em tamanho comercial. Neste ponto começa o ambiente de estudo, que é a saída da massa pronta do maquinário, sendo fiscalizada por uma operadora. Toda massa não conforme é separada para reprocesso de outras massas.

O processo de embalar o produto já começa de forma manual. Assim que o produto chega à área de empacotamento, as funcionárias pegam a massa e a distribuem em cartuchos de plástico, que darão suporte e segurança para o produto ser transportado.

Sete operadoras são responsáveis por essa etapa, visto que a fabricação total da massa é bem demorada, e assim não há produção emitida com tanta frequência diária, não necessitando de funcionários fixos. Quando não há produção de lasanha, esses operadores são alocados em outras linhas de produção.

Continuando o processo de empacotamento, a próxima etapa é colocar a embalagem externa do produto. Esta fase é feita através de uma máquina. Ela envelopa o produto com um plástico

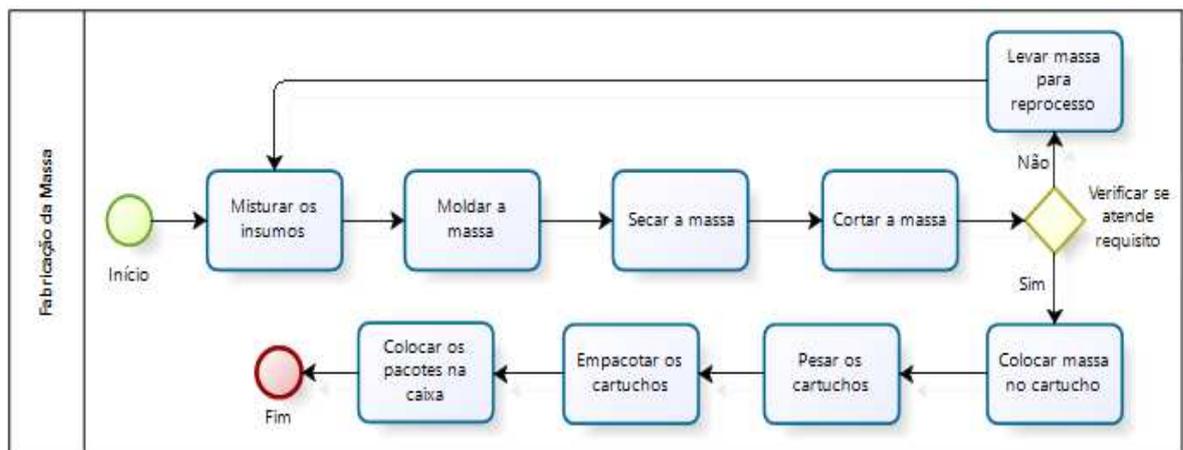
que carrega todas as suas informações. O cartucho preenchido com a massa entra nesta máquina através da ajuda de uma operadora.

O processo de empacotamento não termina após a adição da embalagem externa. Existe a necessidade de embalar o produto para o transporte logístico, ou seja, colocá-lo dentro de caixas de papelão que contenham informações básicas do produto transportado.

Este processo também é parcialmente manual. O funcionário coloca os produtos nas caixas de papelão, e depois passa por uma esteira onde são lacradas e postas em organização para preencher um pallet. Sendo que um pallet comporta 18 caixas, que por sua vez contêm 32 pacotes, cada.

Todo o processo acima pode ser ilustrado através do seguinte fluxograma:

Figura 1: Fluxograma da fabricação da massa



Fonte: Elaboração própria

Após compreender o ambiente de estudo, é possível pensar nas restrições, e, após identificá-las, decidir como explorá-las em sua maior capacidade.

5. Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada em dias diferentes e horários específicos, sendo eles no início da produção, antes e após o almoço e próximo do final da produção. É importante informar que a coleta de dados não foi feita em dias corridos porque a produção não ocorre diariamente. A produção acontece de acordo com a demanda a ser atendida, ou seja, quando há um pedido para ser entregue, há produção até que a quantidade de caixas necessárias seja

feita. Para o recolhimento de dados, enquanto um pesquisador observava os movimentos dos operadores, o outro cronometrava.

Para a validação dos dados abordados foi feita uma regressão linear simples em cada etapa de coleta, com intuito de verificar a correlação dos dados, expandindo e generalizando a amostra onde necessário, de forma coerente. A coleta foi dividida nas etapas descritas a seguir:

5.1. Abastecimento dos cartuchos

Nessa etapa foram cronometrados quantos cartuchos os operadores conseguem abastecer por minuto. A massa que sai da máquina é retirada por um operador e colocada na mesa em que 7 outros operadores se encontram colocando a massa no cartucho. Nessa coleta de dados, foram observados 4 operadores do total de 7.

Tabela 1: Quantidade de cartuchos abastecidos

Operador 1		Operador 2		Operador 3		Operador 4	
Tempo (min)	QTDE						
1	1	1	2	1	3	1	3
1	1	1	3	1	4	1	2
2	6	2	4	2	8	2	6
2	6	2	4	2	6	2	8
3	12	3	6	3	12	3	12
3	12	3	6	3	9	3	12
4	12	4	12	4	12	4	12
4	12	4	12	4	16	4	16
5	15	5	10	5	20	5	20
5	20	5	15	5	20	5	15

Fonte: Elaboração própria

Tabela 2: Estatística de Regressão Linear

<i>Estatística de regressão</i>		<i>valor-P</i>	
R múltiplo	0,992973579	Interseção	0,055751517
R-Quadrado	0,985996529	Variável X 1	1,05742E-08
R-quadrado ajustado	0,984246095		
Erro padrão	2,71339271		
Observações	10		

Fonte: Elaboração própria

Pela tabela 2, percebe-se uma alta capacidade explicativa entre as variáveis, onde o R-Quadrado está próximo de 1.

5.2. Pesagem dos cartuchos

Cada cartucho deve pesar 500g. No processo anterior, os mesmos são abastecidos sem pesagem. Neste passo, esses cartuchos são pesados e os operadores acrescentam ou retiram massa do recipiente de acordo com a necessidade para chegar ao peso ideal.

Tabela 3: Quantidade de cartuchos pesados

Operador 1		Operador 2	
Tempo (min)	QTDE	Tempo (min)	QTDE
1	9	1	7
1	9	1	8
2	14	2	14
2	22	2	20
3	30	3	27
3	33	3	27
4	36	4	32
4	32	4	28
5	45	5	45
5	50	5	45

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4: Estatística da Regressão Linear

<i>Estatística de regressão</i>		<i>valor-P</i>	
R múltiplo	0,975737695	Interseção	0,8389343
R-Quadrado	0,95206405	Variável X 1	1,472E-06
R-quadrado ajustado	0,946072056		
Erro padrão	6,421643092		
Observações	10		

Fonte: Elaboração própria

Pela tabela 4, percebe-se uma alta capacidade explicativa entre as variáveis, onde o R-Quadrado está próximo de 1.

5.3. Empacotamento dos cartuchos

O processo de empacotamento ocorre por meio de uma máquina, porém ela não funciona perfeitamente devido um defeito na peça fotocélula, responsável por medir o comprimento do pacote, indicando onde a embalagem deve ser selada.

De acordo com a programação da máquina, deveriam ser empacotados 40 pacotes/minuto, diferente da coleta de dados.

Tabela 5: Quantidade de cartuchos empacotados

Tempo (min)	QTDE
1	25
1	25
2	54
2	54
3	69
3	69
4	84
4	84
5	135
5	135

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6: Estatística da Regressão Linear

<i>Estatística de regressão</i>		<i>valor-P</i>	
R múltiplo	0,972827	Interseção	0,7271498
R-Quadrado	0,946393	Variável X 1	1,06E-05
R-quadrado ajustado	0,938735		
Erro padrão	9,09272		
Observações	9		

Fonte: Elaboração própria

Pela tabela 6, percebe-se uma alta capacidade explicativa entre as variáveis, onde o R-Quadrado está abaixo de 95%, porém próximo desse número desejado pela estatística.

5.4 Armazenagem dos pacotes

Esta etapa ocorre por meio de um operador que se encontra no final da linha de produção. Conforme os pacotes saem da máquina, este operador pega um por um e os aloca dentro das caixas de papelão e, quando cheias, são lacradas por fita. Essas caixas de papelão comportam 32 pacotes, cada. Uma vez completamente preenchidas, elas são armazenadas em pallets. Cada pallet comporta 18 caixas.

Tabela 7: Quantidade de cartuchos Armazenagem

Tempo (min)	QTDE
1	21
1	21
2	47
2	47
3	59
3	59
4	84
4	84
5	99
5	99

Fonte: Elaboração própria

Tabela 8: Estatística da Regressão Linear

<i>Estatística de regressão</i>		<i>valor-P</i>	
R múltiplo	0,994264	Interseção	0,130637
R-Quadrado	0,988562	Variável X 1	4,702E-09
R-quadrado ajustado	0,987132		
Erro padrão	3,28253		
Observações	10		

Fonte: Elaboração própria

Pela tabela 8, percebe-se uma alta capacidade explicativa, onde o R-Quadrado está próximo de 1.

6. Resultados

Para identificar o gargalo do processo aplicou-se a relação entre capacidade e demanda alegada por Antunes et al. (2008). Conforme indicado na tabela 7, com base na descrição feita no item 5 desse presente artigo, os dados foram convergidos para produção diária, tendo em vista que a empresa adota o método de produção puxada. A demanda diária, informada pelo gerente industrial, é de 250 caixas, equivalente a 8000 pacotes de lasanha de 500g em um turno de 8 horas. O ITO, IPO, IPA foram aferidos com informações do responsável pela linha de produção. O IROG de cada recurso foi inicialmente calculado e depois multiplicado pela capacidade nominal dos recursos. O recurso 1 corresponde ao início do processo até o corte da massa, todo esse processo é feito pela máquina de produção da massa, cuja sua capacidade nominal corresponde 10 toneladas em turno de 8 horas (especificação da máquina), equivalente a 2500 pacotes por hora. O recurso 2 relaciona-se ao item 5.1, recurso 3 diz

respeito ao item 5.2, recurso 4 harmoniza-se ao item 5.3 e o recurso 5 está em concordância com o item 5.4.

Tabela 8: Índice de Rendimento Operacional Global (IROG)

	Demanda mensal por recurso (h)				
	Recurso 1	Recurso 2	Recurso 3	Recurso 4	Recurso 5
Demanda Total por Recurso (D)	1000	1000	1000	1000	1000
Coefficiente do IROG - ITO	0,75	0,95	0,95	0,68	0,95
Coefficiente do IROG - IPO	0,83	0,73	0,79	0,88	0,9
Coefficiente do IROG - IPA	0,7	0,95	0,95	0,75	0,92
Índice de rendimento Operacional Global (IROG)	0,44	0,66	0,71	0,45	0,79
Capacidade de nominal do recurso ©	2500	1260	1056	1476	1280
Capacidade Real do recurso (C x IROG)	1089	830	753	662	1007
Diferença temporal ((C x IROG)-D)	89	-170	-247	-338	7

Fonte: Elaboração própria

Pelo modelo TOC a primeira etapa consiste em identificar o gargalo, com a visitação in loco, visualmente afirmaria que o gargalo seria o recurso 2 pelo estoque intermediário que antecede esse recurso, a capacidade é superior a demanda, como é visto na tabela 7. Porém, pela tabela do IROG identifica-se o gargalo sendo o recurso 4 pois é o recurso com a menor diferença temporal. Segundo Goldratt (1990), o gargalo é o recurso que limita o sistema alcançar a demanda estipulada.

O cálculo do IPAC de acordo item 2.1.1 é alcançado multiplicando-se os valores dos coeficientes de qualidade (IPA) de cada recurso posterior ao recurso gargalo, que pode ser observado no fluxograma do processo (figura 1) ou na Tabela 8, pois os recursos já estão em ordem de processo. Assim, obteve-se o seguinte resultado: 0,92 (referente ao IPA do recurso 5). O valor 0,92 representa a taxa de produtos que atende os requisitos após o gargalo, se comparar com a demanda é possível definir a quantidade de produto conforme do sistema. Para calcular o IROG Corrigido, multiplicou-se o IROG do gargalo identificado na tabela 8 (0,45) pelo IPAC (0,92). Neste caso $0,45 \times 0,8 = 0,41$. Como resultado, a capacidade real do recurso foi alterada para menor, que passou de 662 pacotes que atende os requisitos para 609 pacotes/hora e por consequência a diferença temporal ficou maior, onde antes era -338 pacotes, agora são -391. Com diagnóstico dos resultados em comparação com o resultado anterior, tem-se uma redução de 8% na capacidade real do recurso por hora, que é a mesma redução para todo o sistema, tendo em vista, que o gargalo define o ritmo da produção (GOLDRATT, 1990).

Tabela 9: Índice de Rendimento Operacional Global Corrigido (IROGC)

	Demanda mensal por recurso (h)				
	Recurso 1	Recurso 2	Recurso 3	Recurso 4	Recurso 5
Demanda Total por Recurso (D)	1000	1000	1000	1000	1000
Coefficiente do IROG - ITO	0,72	0,95	0,95	0,68	0,95
Coefficiente do IROG - IPO	0,81	0,73	0,79	0,88	0,9
Coefficiente do IROG - IPA	0,82	0,95	0,95	0,75	0,92
Índice de rendimento Operacional Global (IROG)	0,48	0,66	0,71	0,45	0,79
Novo Coeficiente do IROG - IPAC	0,82	0,95	0,95	0,92	
Novo IROG Corrigido do sistema	0,32	0,59	0,64	0,41	
Capacidade de nominal do recurso ©	2200	1260	1056	1476	1280
Capacidade Real do recurso (C x IROG)	1052	830	753	609	1007
Diferença temporal ((C x IROG)-D)	52	-170	-247	-391	7

Fonte: Elaboração própria

A importância do cálculo do IROGC provém de fortificar a análise da capacidade do recurso gargalo. Como é observado nas tabelas 8 e 9, a quantidade de produtos não entregues aumentou. Com isso, pode-se inferir que para uma tomada de decisão com menor risco de erro e com maior acuracidade, decorre da aplicação do IROG Corrido associado a análise do TOC. Como fundamental indicador, o IPAC deve ser considerado o primeiro índice a ser observado com maior detalhe, pois através dele define-se a nova capacidade do sistema.

7. Considerações Finais

Este estudo, com uma abordagem qualitativa e quantitativa, teve o intuito de aplicar e entender o IROGC relacionado ao TOC, um modelo de análise e gerenciamento da capacidade real produtiva de cada recurso observado. Para aplicação do método proposto, conseguimos verificar a autenticidade dos dados coletados, através da regressão linear e do conhecimento do processo produtivo. Nesse sentido acredita-se que o estudo atendeu o primeiro objetivo proposto nessa pesquisa.

O artigo também comparou o IROG ao IROGC explicitando o caminho para obter a capacidade real dos recursos, com intenção de encontrar o gargalo através do método com o auxílio da TOC. Assim, a importância do tema, provém de encontrar o gargalo com as duas ferramentas associadas, pois com a ausência do IROG, poderia considerar o gargalo sendo o recurso 2, uma vez que, o recurso 2 encontra-se com maior estoque intermediário.

Após encontrar o gargalo (recurso 4), e tendo o conhecimento que é um equipamento mecânico com pouca interferência humana, recomenda-se aplicar o conceito de TRF, e focar na manutenção desse recurso. Pois a missão da manutenção é “garantir a disponibilidade da

função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado” (PINTO, 2001, p.95). Desta forma, concluem-se os objetivos propostos pelo estudo.

REFERÊNCIAS

AMARAL, G.D., SILVA, V.L., REIS, E.A. Análise de Regressão Linear no Pacote R. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Exatas. Departamento de Estatística. 2009.

ANTUNES, Junico; ALVAREZ, Roberto; KLIPPEL, Marcelo; BORTOLOTTI, Pedro; DE PELLEGRIN, Ivan. Sistemas de produção: sistemas e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ANTUNES JÚNIOR, J. A. V; KLIPPEL, M. Uma Abordagem Metodológica para o Gerenciamento das Restrições dos Sistemas Produtivos: a gestão sistêmica, unificada/integrada e voltada aos resultados do posto de trabalho. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 21, 2001, Salvador. Anais. Salvador: FTC, UNIMEP, UFRGS, UFSC e ABEPRO, 2001.

BARNES, R. M. Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho. 6 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1977.

GOLDRATT, E. E Cox, J. A Meta. 4. ed. rev. São Paulo: Claudiney Fullman, 1990.

LIMA, T.C.S., MIOTO, R.C.T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. Rev. Katál. Florianópolis v. 10 n. esp. p. 37-45 2007.

NETO, A.R., MARCO, R.A. A teoria das restrições na prática: elevação dos gargalos no processo produtivo de uma indústria metal mecânica. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 de Novembro de 2006.

OHNO, T. O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, J.A.A. Aplicação da teoria das restrições em uma indústria alimentícia. XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. João Pessoa/PB, Brasil, de 03 a 06 de outubro de 2016.

PACHECO, D.A.J, JÚNIOR, J.A.V.A., LACERDA, D.P., GOLDMEYER, D.B., GILSA, C.V. Modelo de gerenciamento da capacidade produtiva: integrandoteoria das restrições e o índice de rendimento operacional global (IROG). Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.12, n. 3, p. 806-826, jul./set. 2012.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. Administração da Produção: operações industriais e de serviço. Curitiba: UnicenP, 2007.

PINTO, Alan Kardec; NASCIF, Júlio Aquino. Manutenção - função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

QUININO, R.C., REIS, E.A., BESSEGATO, L.F. O Coeficiente de Determinação R² como Instrumento Didático para Avaliar a Utilidade de um Modelo de Regressão Linear Múltipla. Departamento de Estatística. UFMG, Brasil. 2011.

YIN, R.K. Estudo de caso – Planejamento e Métodos. 5. ed. Direito Bookman. 2005.