



**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



**FLAVIO SOARES DIAS**

**ESTUDO DE CASO DA REDUÇÃO DE GARGALOS NA PRODUÇÃO**  
**INDÚSTRIA DE PLACAS ELETRONICAS**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PATO BRANCO**

**2019**

**FLAVIO SOARES DIAS**

**ESTUDO DE CASO DA REDUÇÃO DE GARGALOS NA PRODUÇÃO  
EM INDUSTRIAL DE PLACAS ELETRONICAS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – *Câmpus* Pato Branco.

Orientador(a): Prof. Dr  
Gilson Adamczuk Oliveira

**PATO BRANCO**

**2019**



---

## **ESTUDO DE CASO DA REDUÇÃO DE GARGALOS NA PRODUÇÃO EM INDUSTRIAL DE PLACAS ELETRONICAS**

Por  
**FLAVIO SOARES DIAS**

Esta monografia foi apresentada às 18:30 h do dia 25 de outubro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr Gilson Adamczuk Oliveira  
UTFPR – *Câmpus* Pato Branco  
(orientadora)

---

Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin  
UTFPR – *Câmpus* Pato Branco

---

Prof. Dr. José Donizetti de Lima  
UTFPR – *Câmpus* Pato Branco

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

## AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, pela fé e perseverança para vencer os obstáculos.

Aos meus pais, pela orientação, dedicação e incentivo nessa fase do curso de pós-graduação e durante toda minha vida.

O meu orientador professor Gilson Adamczuk Oliveira, que me orientou, pela sua disponibilidade, interesse e receptividade com que me recebeu e pela prestatividade com que me ajudou.

Agradeço aos pesquisadores e professores do curso de Especialização em Engenharia de Produção, professores da UTFPR, *Campus* Pato Branco.

Agradeço aos tutores presenciais e a distância que nos auxiliaram no decorrer da pós-graduação.

Agradeço meus pais Leonildo Dias e Evanilde Soares Potratz que sempre me incentivaram e me apoiaram no decorrer da pós-graduação.

Agradeço meus amigos e colegas da pós-graduação em especial Cledir Castanha de Moraes, Donlai Cezar Matielo, Maicon Lucas Narciso.

Enfim, sou grato a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

## RESUMO

DIAS, FLAVIO SOARES. **Estudo de caso da redução de gargalos na produção em industrial de placas eletrônicas**. 28fls. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

Este trabalho consiste um diagnóstico de gargalo de produção em um determinado equipamento específico com restrições de montagem, de empresa fornecedora de placas eletrônicas, localizada na região sul do Brasil. Verificou-se, através de análise de demanda, usando modelagem ARIMA para previsão de demanda em curto prazo, para que os gestores da empresa possam usar os dados para melhorar o planejamento, e possam melhorar sua percepção, o que é importante para a tomada de decisão. Para o desenvolvimento do trabalho foram usados conceitos teóricos relacionados sistemas produtivos. Com base nisso foi possível elaborar um planejamento, para que a empresa pudesse utilizar os resultados obtidos com os cálculos e aumentar sua eficiência e tomada de decisões de forma mais assertiva. O estudo realizado demonstrou que há uma necessidade de adquirir uma nova máquina de tropicalização devido ao aumento da demanda nesta etapa. Todo processo de melhoria dentro de uma empresa tem retorno positivo para a organização, utilizando melhor suas instalações, pessoas e máquina, resultando melhora no em geral da empresa em seu resultado ao longo dos meses e anos. O planejamento e controle de produção tem como princípio a ocupação da melhor forma possível da organização.

**Palavras-chave:** Gargalo em sistemas produtivos, Demanda, Restrições.

## ABSTRACT

DIAS, FLAVIO SOARES. **Damanda analysis to identify production bottles**. 28 sheets. Monograph (Specialization in Production Engineering). Federal Technological University of Paraná., Pato Branco, ano 2019.

Abstract: This work is a diagnosis of production bottleneck in a specific equipment with assembly restrictions, from a supplier of electronic boards, located in the southern region of Brazil. It was verified through demand analysis, using ARIMA modelling for short-term demand forecasting, so that company managers can use data to improve planning and improve their perception, which is important for decision making. For the development of the work were used theoretical concepts related productive systems. Based on this it was possible to elaborate a planning, so that the company could use the results obtained with the calculations and increase its efficiency and decision making more assertively. The study showed that there is a need to purchase a new tropicalization machine due to increased demand at this stage. Every improvement process within a company has a positive return for the organization, making better use of its facilities, people and machine, resulting in an overall improvement in the company's bottom line over the months and years. Production planning and control is based on the best possible occupation of the organization.

**Keywords:** Bottleneck in production systems, Demand, Constraints

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 Realocação de recurso com base em gargalo.....	12
Figura 2 Histórico de produção .....	21
Figura 3 Histórico de produção .....	22
Figura 4 Demanda etapa de tropicalização mês a mês .....	23
Figura 5 Demanda anual de etapa de tropicalização .....	23
Figura 6 Equipamento em estudo .....	24
Figura 7 Equipamento em estudo .....	25
Figura 8 Equipamento em estudo .....	25

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 Histórico de produção .....	17
Quadro 2 Histórico de produção .....	18
Quadro 3 Previsão de demanda .....	19
Quadro 4 Previsão de demanda .....	19
Quadro 5 Parâmetros utilizado .....	22

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 Problema de Pesquisa .....	11
1.2 Tema.....	11
1.3 Objetivo Geral .....	11
1.4 Objetivos Específicos .....	11
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>12</b>
2.1 Gargalos em Sistemas Produtivos .....	12
2.2 Planejamento e Controle da Produção .....	14
2.3 Séries Temporais e Previsão da Demanda .....	15
<b>3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....</b>	<b>16</b>
3.1 Plano de Delineamento da pesquisa .....	20
3.2 Universo e Amostra da Pesquisa .....	20
3.3 Levantamentos de Dados.....	21
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>27</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A tropicalização de placas eletrônica tem grande importância na fabricação, aumenta a vida útil do produto, com a camada de resina que é aplicado na placa e no componente, essa camada protege de temperaturas elevadas, umidade. No mundo dos negócios, muitas decisões tomadas podem determinar o sucesso ou fracasso de uma empresa. Para que tais decisões sejam tomadas de forma mais acertada, são imprescindíveis que os responsáveis pela tomada de decisão tenham a disposição as informações necessárias, dando mais racionalidade ao processo. A etapa de topicalização tem como objetivo proteger as placas de umidade quando a mesma estiver em campo, onde fica sujeito a variações de temperatura e umidade, pode ficar expostas a diversas temperaturas. O processo é feito com uma máquina que aplica uma camada de silicone no componente e na placa.

O setor de planejamento está ligado a todas as áreas da fábrica é de onde vem toda a informação de planejamento. A equipe deve ser treinada e capacitada para que posso tomar a melhor decisão possível. Algumas das funções da equipe de planejamento o controle de produção, seria, previsão de demanda, planejamento da capacidade produtiva, planejamento agregado de produção, planejamento mestre de produção, controle da produção etc.

O presente trabalho tem como intuito demonstrar, portanto, não só os gargalos de produção em curto prazo da empresa, mas também a todos que possam se interessar, que a previsão de series temporal feito pelo método ARIMA é uma ferramenta importante para auxiliar os gestores, quando aplicado de maneira eficiente e eficaz, o qual pode contribuir para a permanência e crescimento de uma empresa no mercado.

Dentro do contexto da engenharia de produção, o problema a ser resolvido neste trabalho, é determinar a demanda de produção com restrição específica, através de um pacote estatístico. Foi realizado a previsão de demanda e realizada uma análise para que os gestores possam aperfeiçoar e planejar com o máximo de informação, para uma decisão assertiva.

Apresenta-se inicialmente o referencial teórico que serve de fundamentação para o desenvolvimento do estudo de caso, logo após os cálculos utilizados os dados sobre a demanda, quantidade produzida por hora disponibilidade, fornecida

pela empresa, e a partir disso, uma análise de como poderão ser utilizados os resultados obtidos para uma melhor tomada de decisão.

### 1.1 Problema de Pesquisa

O presente trabalho tem como finalidade determinar como diminuir os custos da etapa de produção, identificar o gargalo de produção para o melhor planejamento e controle da produção.

### 1.2 Tema

O tema deste trabalho é um estudo de caso sobre uma empresa localizada no sul do Brasil do ramo de placas eletrônica, a empresa presta serviço de montagem de placas. O estudo busca identificar gargalo de produção na etapa de tropicalização, a empresa possui apenas uma máquina para suprir a necessidade, o diferencial da empresa é a capacidade de administrar a grande massa de produto.

### 1.3 Objetivo Geral

Identificar gargalos de produção para melhorar o planejamento da fábrica de eletrônica, que atua no ramo industrial, com objetivo de se destacar no mercado, reduzir custos de produção e aumentar sua produtividade.

### 1.4 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- Identificar o gargalo de produção para melhorar o planejamento da fábrica;
- Antecipar potenciais gargalos em uma máquina específica. A etapa chama-se tropicalização, baseado nas previsões de demanda dos próximos meses;
- Propor alternativas para reduzir o gargalo de produção, para melhor produtividade da organização assim aumentando lucro o que toda empresa deseja.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Gargalos em Sistemas Produtivos

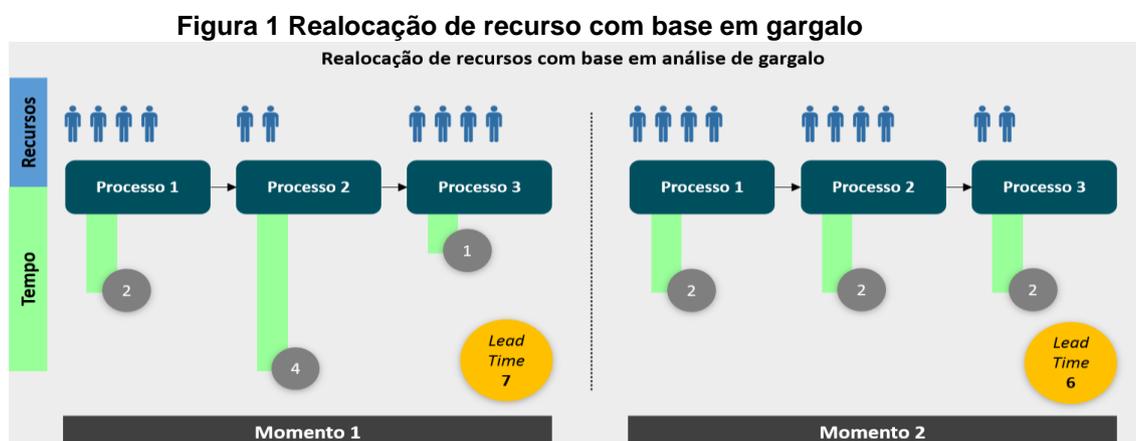
Segundo Pessoa (2003), “gargalo é qualquer obstáculo no sistema produtivo que restringe e determina o seu desempenho e a sua capacidade de obter uma maior rentabilidade”. Gargalo de produção está relacionado a capacidade produtiva de uma etapa de produção ou de um equipamento.

Já para Goldratt (2002), “gargalo é aquele recurso cuja capacidade é igual ou menor do que a demanda colocada nele”.

Segundo Araujo (2009), “gargalo é qualquer recurso cuja capacidade é inferior a demanda e, se ele não for solucionado, comprometerá os planos de produção da organização”.

O recurso definido para cada etapa do sistema produtivo geralmente sofrer alterações de demanda conforme variação do mercado, portanto é de extrema importância identificar qual são os gargalos e como resolvê-los? O gargalo em gerar em indústria ou em outro seguimento influencia diretamente no lucro da empresa, é primordial identificar os garbosos, afeta diretamente o sistema produtivo de qualquer empresa.

Segundo Goldratt (2006), “postula que não há lugar para incertezas”. O sistema produtivo da empresa não tem lugar para incerteza precisa trabalhar com previsões assertivas na tomada de decisão.



Fonte: Imagem nciolo.com

Segundo Goldratt (2006, “existem alguns passos a serem tomados para posicionar-se corretamente em relação às restrições do sistema buscando a melhor alternativa em busca de melhores ganhos, considerando que o objetivo de toda empresa é o lucro”.

Segundo Paranhos Filho (2007), “a capacidade do sistema será atribuída pela máquina que apresenta a menor competência, esta máquina será o gargalo de todo o sistema, determinando o ritmo pelo qual toda fábrica irá trabalhar no sistema de produção intermitente”.

A máquina determina todo o ritmo de produção da fábrica, a capacidade de produção é atribuída pela máquina, assim vem a necessidade de identificar com antecedência os gargalos de processo, o planejamento e controle de produção precisa prever com assertividade e antecipar os possíveis gargalos, para resolvê-los e não impacta a produtividade da empresa.

Para Goldratt e Cox (2002) “Gargalo é qualquer recurso cuja capacidade é igual ou menor que a demanda de mercado imposta sobre ele”.

Segundo Cox III e Spencer (2008), “os cinco passos para identificar os gargalos são:

- 1º passo: identificar o gargalo;
- 2º passo: decidir como estudar o gargalo;
- 3º passo: comandar tudo à decisão acima;
- 4º passo: aumentar a capacidade do gargalo;
- 5º passo: se o gargalo for resolvido, voltar ao início, mas não deixar que a falta de acompanhamento dos gestores e encarregados crie um gargalo”.

Segundo Krajewski, Ritzman e Malhotra (2012), “neste primeiro passo a empresa deve identificar o ponto gargalo que impede a produção de atender a programação de entrega”.

Segundo Antunes (2008), “Passo 2 – Utilizar da melhor forma possível as restrições do sistema. Se a restrição é interna à fábrica, ou seja, se existem gargalos, a melhor decisão consiste em maximizar o ganho nos gargalos”.

O terceiro passo é identificar e gerenciar os gargalos, após identificar decidir o método de estudo para solucionar o mesmo.

Segundo Antunes (2008), “Passo 4 – este passo pode ser levado adiante pela adoção de uma série de ações físicas sobre o sistema, como, por exemplo; aumento da eficiência do gargalo, compra de máquinas (recursos), redução dos tempos de preparação no gargalo etc”.

Segundo Krajewski, Ritzman e Malhotra (2012) “afirmam que no quinto passo é preciso monitorar e não deixar que a falta de ações se torne um gargalo”.

O gargalo tem como princípio identificar estudar como o processo virou gargalo encontrar a melhor forma de estudar as possibilidades de resolvê-los. Depois de resolvido o mais importante é não deixar de acompanhar o processo para que não volte a acontecer.

## 2.2 Planejamento e Controle da Produção

Segundo Slack (2015), “se não houver uma forma de quantificar o trabalho, as atividades e operações por meio da estimativa de tempos, não seria possível saber a melhor forma de se dividir o trabalho através de equipes ou aos funcionários”. A capacidade produtiva precisa estudar tempos padram, realizar cronoanálise para definir os tempos de cada operação dentro da empresa.

Conforme Martins e Laugeni (2006), “pelo estudo de tempos pode-se estabelecer padrões para os sistemas produtivos de modo a facilitar o planejamento do processo, uma vez que os recursos disponíveis são usados com eficácia, atentando para o tempo necessário para a execução de cada tarefa”. É necessário o estudo de tempo na organização para um melhor desempenho, tendo assim a melhor eficiência possível para atingir seu objetivo.

Segundo CHIAVENATO (1990), “o planejamento da produção constitui o que produzir primeiro, ponderando a capacidade de produção em contrapartida à demanda que deve ser atendida”. A demanda deve ser prevista para um melhor planejamento da produção, tendo como objetivo planejar da melhor forma possível a produção para que não aja desperdício de tempo em nem uma etapa da linha de montagem.

Segundo VOLLMANN ET (2006), “os sistemas de PCP ineficazes são a maldição de muitos gerentes e tem sido a maior causa de falência de muitas empresas”.

Segundo Formoso (1991), planejamento é “o processo de tomada de decisões que envolve o estabelecimento de metas e dos procedimentos necessários para atingi-las, sendo efetivo quando seguido de um controle”. Isatto (2000), “afirma que não existe a função controle sem planejamento e que o planejamento é praticamente inócuo se não existe controle”.

A base do planejamento e o controle das operações da empresa para isso necessita de previsões assertivas de métodos eficazes para a tomada de decisão.

### 2.3 Séries Temporais e Previsão da Demanda

Tubino (2009), “aborda as séries temporais e as correlações ao analisar os métodos de previsão da demanda”. Séries temporais analisam o histórico do passado para definir uma demanda futura. Tubino (2009) e Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), “afirmam que a previsão de demanda possibilita aos gestores a antecipação o futuro, de modo que estes possam planejar as ações de maneira adequada”. Para Tubino (2009), “a previsão de demanda é a base para o planejamento estratégico”.

As séries temporais são métodos matemáticos que analisam dados do passado para que possa prever demandas futuras, assim ajudando os gestores na tomada de decisão dentro da empresa.

Conforme Ediger e Akar (2007), “o ARIMA é um dos mais populares modelos para análise da previsão de demanda para séries temporais. Segundo BABAI (2013), os modelos ARIMA são modelos que utilizam apenas dados históricos de séries temporais com o intuito de expressar como as séries reagem de acordo com a variação estocástica anterior”.

Segundo (BABU; REDDY, 2014) “Os modelos ARIMA podem ajudar a entender a dinâmica dos dados em uma determinada aplicação”. O método ARIMA utiliza apenas dados históricos é um dos mais populares para análise de previsão de demanda de séries temporais.

Segundo Downing e Clark (2006) “as séries temporais (ou históricas) são conjuntos de medidas de uma mesma grandeza, relativas a vários períodos consecutivos”.

Para CHAFTFIELD (2000) “a maioria das séries temporais são estocásticas, ou aleatórias, em que o futuro é apenas parcialmente determinado por valores

passados, sendo o modelo para estas séries muitas vezes chamado de um processo estocástico.

Segundo Box, Jenkins e Reinsel (1994) “citam quatro principais aplicações para a previsão por intermédio de séries temporais: planejamento econômico e de negócios, planejamento de produção, inventário e controle de produção e, por fim, controle e otimização de processos industriais”.

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2004) “a aplicação do modelo ARIMA é composta de quatro etapas, identificação, estimação, verificação e previsão”. Já para CHAFTFIELD (2000) “os métodos clássicos funcionam bastante bem quando a variação é dominado por uma tendência linear regular e/ou sazonalidade regular”.

Segundo MORETTIN e TOLOI (1981) “o objetivo destes métodos é identificar um padrão básico presente nos dados históricos da série e conseqüentemente prever futuros valores”. Ainda, Segundo esses autores, “o termo médio móvel é utilizado porque à medida que uma observação está disponível, a média das observações é recalculada com a utilização deste valor e desprezando o mais antigo”.

### **3 METODOLOGIA DA PESQUISA**

A metodologia sendo aplicada com base nos métodos de pesquisa trará os resultados esperados.

Conforme BARROS & LEHFELD (2000). “a metodologia, em um nível aplicado, examina e avalia as técnicas de pesquisa, bem como a geração ou verificação de novos métodos que conduzem a captação e processamento de informações com vistas a resolução de problemas de investigação”.

O estudo realizado na empresa procurou analisar a etapa de tropicalização, para realização do estudo foi necessário retirar relatórios do sistema SAP da produção de janeiro de 2016 a julho de 2019, com base no relatório já é possível realizar o estudo de caso proposto. O estudo teve a coleta de dados de 21 produtos que tem restrições específica para produzir e posteriormente tem a necessidade de passar na etapa de tropicalização.

Para a elaboração deste trabalho foi utilizado modelo de series temporais modelo ARIMA, foi feita análise gráfica de estacionariedade da série para escolher o valor de  $d= 1$  ou  $d= 2$ .O estudo teve como estratégia AAM1, os modelos ARIMA

automático. Foi analisado estratégia do método iterativo para identificação como auto regressivo integrado de medias moveis (MA). O estudo exigiu uma investigação sobre os dados da série, para definição de AR número de termos auto-regressivos, MA número termos de médias móveis para atingir o objetivo. A seguir quadro 1 e 2 demonstra o histórico da produção analisado no estudo.

**Quadro 1 Histórico de produção**

ANO	MÊS	Produto 1	Produto 2	Produto 3	Produto 4	Produto 5	Produto 6	Produto 7	Produto 8	Produto 9	Produto 10	Produto 11
2016	jan	456	156	0	0	100	408	187	0	30	140	0
2016	fev	325	408	0	0	100	939	100	0	237	140	0
2016	mar	400	973	0	0	364	931	144	50	175	100	0
2016	abr	430	873	0	0	180	1286	101	96	25	207	0
2016	mai	324	584	1	0	517	980	141	126	270	58	0
2016	jun	400	237	56	0	252	1198	132	78	133	13	0
2016	jul	331	530	90	0	252	985	124	106	142	150	0
2016	ago	200	384	31	98	84	1536	360	3	240	197	0
2016	set	307	821	72	60	438	696	149	220	60	41	0
2016	out	500	952	31	105	84	596	106	35	152	94	100
2016	nov	492	170	53	42	284	1592	156	260	16	138	525
2016	dez	408	1991	52	22	473	1318	273	84	46	3	434
2017	jan	380	1501	85	39	162	1290	140	232	230	97	283
2017	fev	267	1266	77	39	419	1481	297	18	152	89	480
2017	mar	311	672	84	30	368	1074	137	26	27	61	332
2017	abr	526	1635	66	59	252	1178	140	216	76	73	273
2017	mai	521	768	89	23	233	1529	140	110	28	84	512
2017	jun	333	1275	84	69	348	589	189	6	202	167	446
2017	jul	435	1066	89	103	261	972	268	6	169	61	439
2017	ago	323	432	89	50	90	1079	265	98	12	38	412
2017	set	448	1172	73	83	364	1093	192	208	184	92	405
2017	out	361	1467	47	81	452	1560	286	222	178	188	503
2017	nov	331	170	46	40	120	1143	199	101	255	41	488
2017	dez	219	1586	79	45	256	517	215	74	190	43	501
2018	jan	215	1461	39	89	172	546	329	26	177	159	427
2018	fev	220	1638	58	65	134	698	236	75	75	88	127
2018	mar	233	1256	53	56	371	795	258	166	264	179	316
2018	abr	471	1716	37	37	343	1064	193	46	166	128	142
2018	mai	201	644	79	102	254	606	253	192	187	148	119
2018	jun	401	347	69	70	314	1028	356	190	203	191	475
2018	jul	398	432	32	42	430	848	359	125	15	23	130
2018	ago	284	588	55	80	215	836	124	162	76	21	330
2018	set	481	1063	57	36	399	1310	117	263	186	28	291
2018	out	477	899	84	102	405	672	304	92	12	34	347
2018	nov	324	899	64	90	226	463	158	215	12	135	296
2018	dez	217	1016	64	51	130	1440	317	72	238	30	524
2019	jan	358	1746	45	74	439	1283	309	39	235	131	388
2019	fev	377	1954	89	100	84	861	100	217	258	127	435
2019	mar	332	1732	58	87	171	1437	298	17	27	164	101
2019	abr	393	1241	58	77	363	1537	324	55	199	3	171
2019	mai	362	1566	51	103	177	994	152	48	34	23	363
2019	jun	416	1246	47	39	470	1427	211	108	27	196	184
2019	jul	456	171	90	88	162	1535	231	197	26	199	173

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 2 Histórico de produção**

ANO	MÊS	Produto 12	Produto 13	Produto 14	Produto 15	Produto 16	Produto 17	Produto 18	Produto 19	Produto 20	Produto 21
2016	jan	21	20	294	150	401	406	30	0	1700	1015
2016	fev	8	51	290	535	608	412	30	0	1699	1132
2016	mar	9	50	261	533	131	485	60	0	2326	65
2016	abr	10	12	260	38	748	211	60	0	420	225
2016	mai	12	39	380	100	373	440	85	0	816	945
2016	jun	29	6	40	4	439	437	101	0	802	633
2016	jul	20	42	382	502	835	272	84	0	2462	1106
2016	ago	24	2	573	5	468	709	96	22	1811	1082
2016	set	13	20	534	384	658	305	50	20	1190	850
2016	out	35	4	200	2	738	926	35	11	1120	767
2016	nov	30	24	280	462	569	195	90	10	2271	120
2016	dez	27	34	210	87	755	488	60	15	873	22
2017	jan	21	41	448	519	226	558	58	16	1147	722
2017	fev	8	42	166	13	200	204	71	21	1753	452
2017	mar	11	46	406	467	707	507	98	16	809	793
2017	abr	33	11	267	49	618	843	57	17	1573	251
2017	mai	13	38	216	493	830	297	33	13	2034	1099
2017	jun	8	15	369	229	713	641	78	10	1961	200
2017	jul	34	7	321	272	286	800	53	13	2240	143
2017	ago	10	6	528	26	678	445	74	18	1177	151
2017	set	24	7	155	467	181	450	66	11	646	500
2017	out	18	38	490	527	148	547	61	13	605	978
2017	nov	29	35	238	81	357	214	69	16	1928	1053
2017	dez	18	14	472	439	243	711	83	11	834	267
2018	jan	24	51	59	62	638	269	95	13	1517	618
2018	fev	33	16	442	514	488	538	61	17	1615	711
2018	mar	10	14	291	490	200	550	41	17	1723	977
2018	abr	18	15	569	362	315	640	70	16	558	643
2018	mai	18	37	110	279	133	516	48	17	1061	846
2018	jun	20	18	287	130	720	392	51	21	1687	703
2018	jul	28	44	478	523	192	743	47	15	2451	669
2018	ago	14	37	195	431	603	453	32	17	1155	670
2018	set	35	23	106	128	603	213	94	19	791	582
2018	out	14	21	256	65	720	493	101	16	1097	1062
2018	nov	25	23	279	416	182	336	56	11	2162	377
2018	dez	18	51	346	297	651	202	45	18	1585	822
2019	jan	9	40	247	305	817	450	81	20	662	940
2019	fev	24	41	353	122	608	422	62	21	1193	989
2019	mar	12	29	367	333	361	236	97	13	1951	1002
2019	abr	21	17	258	342	309	435	34	20	2170	740
2019	mai	35	35	367	158	499	472	60	12	2212	953
2019	jun	18	22	539	351	448	755	33	10	2168	591
2019	jul	11	12	74	33	264	356	101	19	1445	395

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base no histórico de produção de 43 período chegamos na previsão de demanda dos 21 produtos para os próximos 6 meses, utilizando no estudo modelagem ARIMA de series temporais, a tabela abaixo mostra a demanda de agosto de 2019 até janeiro de 2020:

Quadro 3 Previsão de demanda

Produto 1				Produto 2				Produto 3			
Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%	Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%	Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%
44	420	234	606	44	1119	243	1995	44	81	35	127
45	368	168	569	45	1716	803	2629	45	74	24	123
46	353	151	554	46	588	-366	1542	46	61	4	119
47	347	141	552	47	1127	172	2082	47	72	12	133
48	371	157	585	48	1924	967	2881	48	90	27	153
49	368	153	582	49	1333	436	2349	49	92	25	159
Produto 4				Produto 5				Produto 6			
Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%	Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%	Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%
44	85	28	142	44	297	64	530	44	713	240	1187
45	81	24	138	45	186	-60	432	45	778	291	1266
46	95	38	152	46	302	55	550	46	1333	824	1842
47	89	32	146	47	315	67	563	47	1115	606	1624
48	93	34	152	48	275	19	530	48	785	275	1295
49	96	36	155	49	272	13	532	49	678	159	1196
Produto 7				Produto 8				Produto 9			
Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%	Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%	Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%
44	282	135	430	44	176	9	343	44	107	-57	272
45	436	288	584	45	146	-22	313	45	165	0	330
46	229	77	381	46	162	-6	329	46	264	92	436
47	270	116	423	47	131	-47	308	47	355	183	527
48	354	201	507	48	157	-21	336	48	117	-69	303
49	199	46	353	49	164	-15	343	49	60	-127	247
Produto 10				Produto 11				Produto 12			
Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%	Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%	Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%
44	81	-49	212	44	332	11	654	44	23	5	41
45	78	-53	209	45	219	-129	567	45	22	3	40
46	174	42	306	46	269	-114	653	46	22	4	41
47	120	-20	259	47	341	-97	779	47	26	7	44
48	77	-63	217	48	342	-105	789	48	20	0	40
49	51	-89	191	49	338	-117	793	49	15	-5	35

Fonte: Elaborado pelo software.

Quadro 4 Previsão de demanda

Produto 13				Produto 14				Produto 15			
Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%	Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%	Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%
44	23	-8	55	44	405	175	636	44	206	-120	532
45	23	-8	55	45	358	123	593	45	402	51	753
46	31	-1	63	46	588	352	824	46	489	114	863
47	33	0	66	47	216	-39	472	47	186	-132	564
48	34	0	68	48	282	16	548	48	298	-87	682
49	34	0	69	49	306	39	573	49	282	-103	666
Produto 16				Produto 17				Produto 18			
Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%	Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%	Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%
44	422	23	821	44	625	276	975	44	99	59	140
45	375	-24	775	45	540	179	902	45	48	7	90
46	456	51	860	46	253	-126	633	46	58	14	102
47	484	48	920	47	462	67	857	47	85	39	130
48	385	-63	833	48	330	-70	730	48	79	33	125
49	495	45	945	49	375	-27	777	49	63	15	110
Produto 19				Produto 20				Produto 21			
Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%	Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%	Period	Forecast	Lower 95,0%	Upper 95,0%
44	21	11	31	44	589	-561	1740	44	577	-127	1281
45	14	2	25	45	680	-493	1853	45	814	85	1542
46	18	6	29	46	1712	539	2885	46	848	107	1589
47	19	8	30	47	2548	1213	3883	47	581	-170	1332
48	18	6	29	48	1850	501	3199	48	721	-30	1472
49	16	4	28	49	646	-703	1996	49	844	78	1611

Fonte: Elaborado pelo software.

Quadro 3 e 4 mostram demanda prevista para 21 produtos em estudo, durante o período em que os dados reais estão disponíveis. Para períodos além do final da série, mostra limites de previsão de 95,0% para as previsões. Esses limites mostram onde é provável que o valor real dos dados em um momento futuro selecionado

esteja com 95,0% de confiança. Para ajuste de modelo mais apropriado para suas necessidades, se baseou no erro percentual absoluto médio (MAPE).

### 3.1 Plano de Delineamento da pesquisa

Conforme o estudo foi necessário proceder uma pesquisa bibliográfica, documental e exploratória. Utilizará de pesquisa bibliográfica com base em matérias já elaboradas tendo como base livros artigos científicos. Pesquisa documental com base em documentos contábeis, relatórios financeiros de produção e demais relatórios. Segundo FACHIN (2003), “a pesquisa bibliográfica diz respeito ao conjunto de conhecimentos humanos reunidos nas obras. Tem como finalidade fundamental conduzir o leitor a determinado assunto e proporcionar a produção, coleção, armazenamento, reprodução, utilização e comunicação das informações coletadas para o desempenho da pesquisa”.

A pesquisa bibliográfica são conhecimentos reunidos em obras, com finalidade de conduzir o leitor a determinado assunto com base em informações coletadas. Segundo VERGARA (2005), “Investigação documental é realizada em documentos conservados no interior de órgãos públicos e privados de qualquer natureza, ou com pessoas: registros, análises, anais, regulamentos, circulares, ofícios, memorandos, balancetes, comunicações informais e outras”.

A investigação documental é realizada com base em documentos ou pessoas em dentro da organização de órgãos públicos e privado de qualquer natureza.

Segundo VERGARA (2005), “a investigação exploratória é realizada em área na qual a pouco conhecimento acumulado e sistematizado”.

A investigação exploratória é realizada onde a poucos conhecimentos não dispõe de um controle sistêmico, as empresas de pequeno porte.

### 3.2 Universo e Amostra da Pesquisa

O universo da pesquisa será a empresa estudo de caso de uma empresa situada na região sul do Brasil, fabricante de placas eletrônicas, que tem como atividade abordando principalmente a área operacional da empresa. Terá como base a operação da empresa verificar o processo de tropicalização, todos os produtos que utilizam este equipamento da empresa desde compra da matéria prima como é feita,

qual o processo de produção dessa placa eletrônica. Tem como função verificar acompanhar todo o processo.

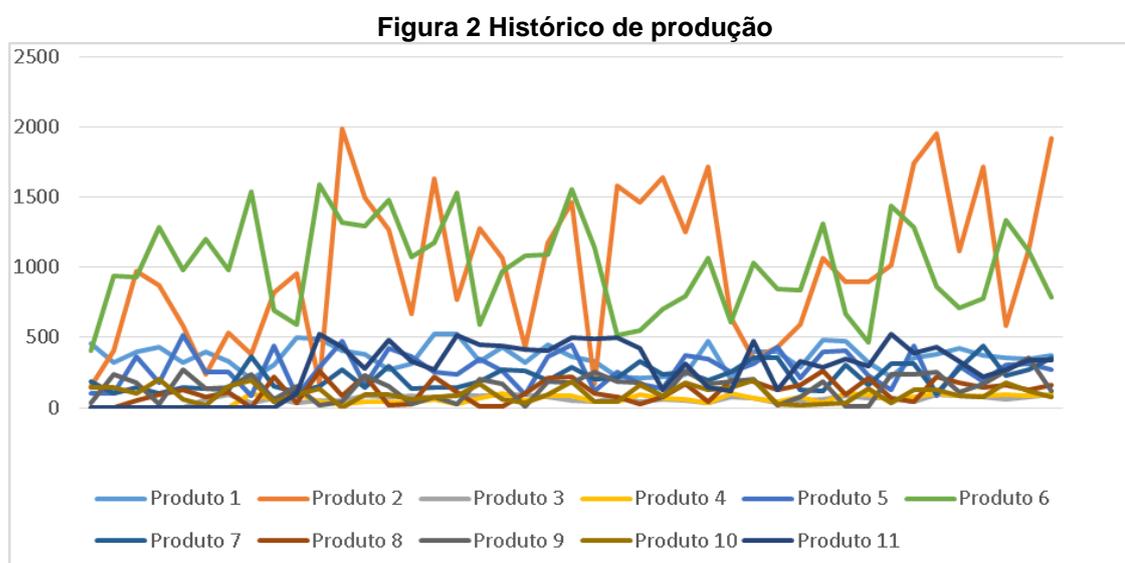
Para um melhor planejamento na sua tomada de decisão será realizado a pesquisa com base no seu histórico assim ajudando na gestão da empresa investigada, para tomar a decisão mais assertiva possível.

### 3.3 Levantamentos de Dados

O levantamento de dados foi feito através de entrevistas não estruturadas com cinco funcionários da empresa sendo quatro do setor de planejamento e uma pessoa do setor de engenharia industrial. Também serão utilizados os relatórios de produção, relatório de demanda e de demais relatórios gerenciais.

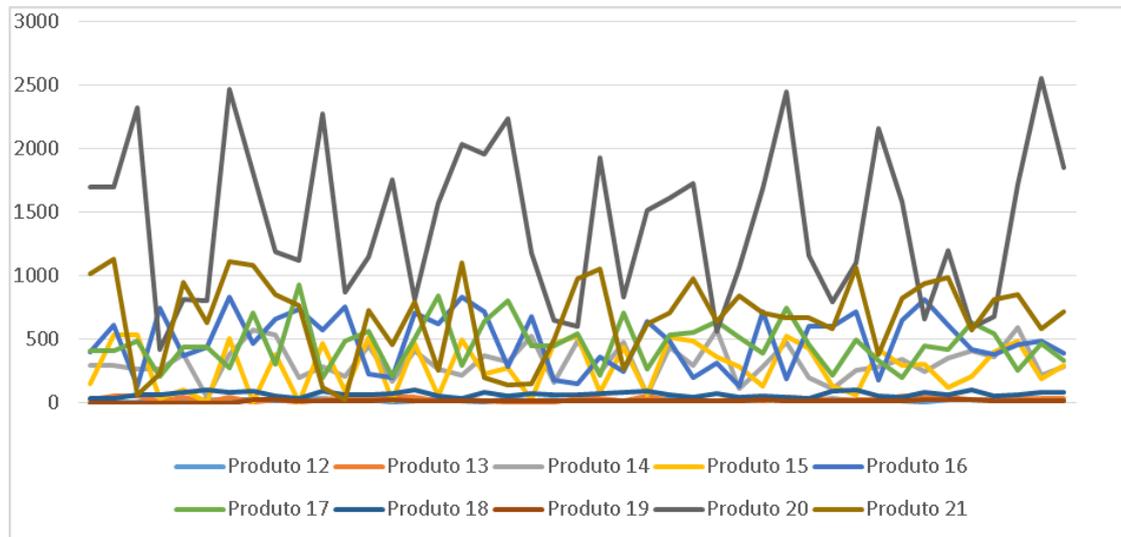
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de demanda foi utilizado o modelo ARIMA de Box e Jenkins Autoregressive integrated moving average utilizou-se da estratégia AAM1 modelo de previsão de series temporal automático em curto prazo no Pacote Estatístico com atualização de software chegou-se às demandas previstas de 21 modelos de placas eletrônicas. As figuras 2 e 3 mostras histórico dos produtos onde foi feita análise do gráfico de estacionariedade para definir número de diferenciações para que a série se torne estacionária.



**Fonte: Elaborado pelo autor.**

Figura 3 Histórico de produção



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nas análise simulada no gráfico baseado em  $W_t (d=1)$  e  $W_t (d=2)$  e no erro percentual absoluto médio (MAPE), concluído os parâmetros abaixo como mostra logo abaixo quadro 5.

Quadro 5 Parâmetros utilizado

PRODUTO	Parâmetros
Produto 1	Model: ARIMA(4,1,4)x(1,0,0)12 with constant
Produto 2	Model: ARIMA(5,1,3)x(1,0,0)12 with constant
Produto 3	Model: ARIMA(2,1,5)x(1,0,0)12 with constant
Produto 4	Model: ARIMA(4,1,1)x(1,0,0)12 with constant
Produto 5	Model: ARIMA(4,1,5)x(1,0,0)12 with constant
Produto 6	Model: ARIMA(4,1,4)x(1,0,0)12 with constant
Produto 7	Model: ARIMA(4,1,4)x(1,0,0)12 with constant
Produto 8	Model: ARIMA(1,1,4)x(1,0,0)12 with constant
Produto 9	Model: ARIMA(4,1,3)x(1,0,0)12 with constant
Produto 10	Model: ARIMA(4,1,4)x(1,0,0)12 with constant
Produto 11	Model: ARIMA(4,1,5)x(1,0,0)12 with constant
Produto 12	Model: ARIMA(4,1,3)x(1,0,0)12 with constant
Produto 13	Model: ARIMA(4,1,5)x(1,0,0)12 with constant
Produto 14	Model: ARIMA(4,1,4)x(1,0,0)12 with constant
Produto 15	Model: ARIMA(2,1,1)x(1,0,0)12 with constant
Produto 16	Model: ARIMA(4,1,3)x(1,0,0)12 with constant
Produto 17	Model: ARIMA(4,1,5)x(1,0,0)12 with constant
Produto 18	Model: ARIMA(4,1,4)x(1,0,0)12 with constant
Produto 19	Model: ARIMA(4,1,4)x(1,0,0)12 with constant
Produto 20	Model: ARIMA(4,1,1)x(1,0,0)12 with constant
Produto 21	Model: ARIMA(3,1,3)x(1,0,0)12 with constant

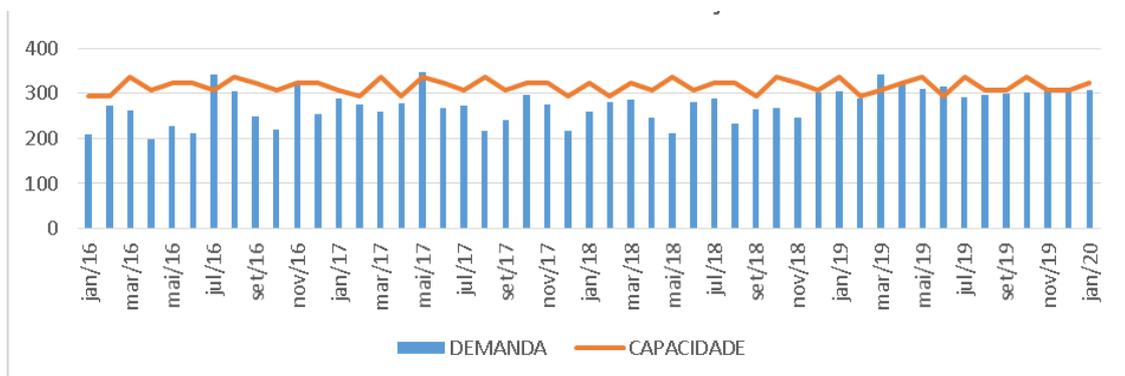
Fonte: Elaborado pelo software.

A entrevista realizada com funcionários de planejamentos e produção foi necessária para identificar de funcionamento do processo. De onde vem as informações, como identificar quais placas necessitam passa por essa etapa de aplicação do COATING.

Estas placas têm uma restrição devido ao processo de tropicalização, a fábrica tem apenas uma máquina para atender a demanda, são apenas alguns produtos que passam por essa etapa, o que tem levado um gargalo produtivo. Com a identificação obtida na análise do ano de 2019 até o mês de janeiro de 2020, pode-se observar que a uma carga maior que a disponibilidade nos meses de março e junho de 2019 em ralação os dias uteis. Assim nos meses de citados foi necessário disponibilizar mais horas de trabalho em horas extra para atender a demanda. Conforme figura 4 que até janeiro de 2020 disponibilidade atende à demanda, entre tanto vem crescendo a demanda fábrica na etapa de tropicalização.

A figura abaixo mostra a produção de placas eletrônicas até o mês de junho a partir julho são previsões estimadas pelo método AAM1.

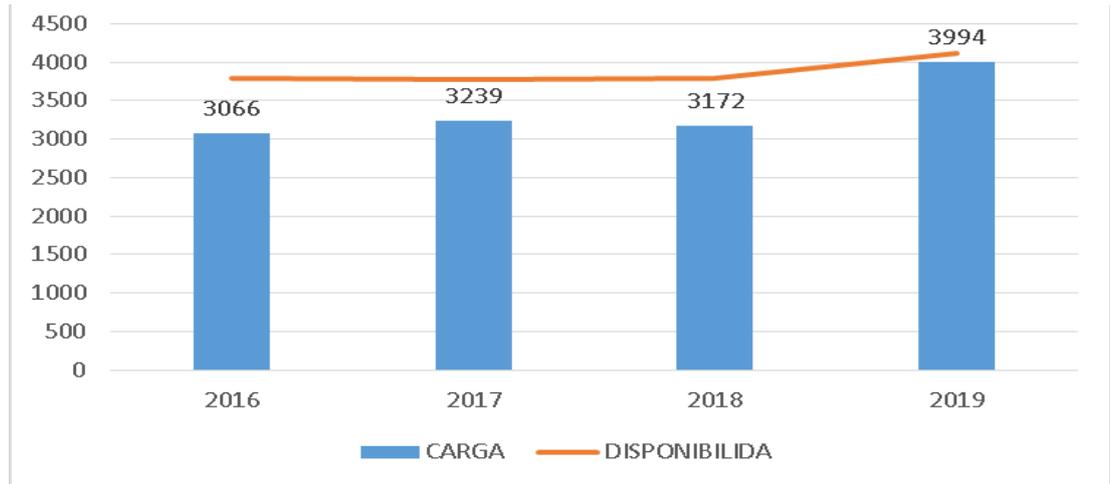
**Figura 4 Demanda etapa de tropicalização mês a mês**



**Fonte: Elaborado pelo autor.**

A necessidade a longo prazo já existe como podemos observa na Figura 5, vem crescendo a demanda, etapa de tropicalização é um processo que tem apenas um operador o gargalo é máquina. Cada produto específico tem o rate por hora, é feito crono-análise de todos os novos produtos de montagem. Assim pode-se analisar a carga dos produtos e a capacidade em horas como podemos ver no gráfico abaixo.

**Figura 5 Demanda anual de etapa de tropicalização**

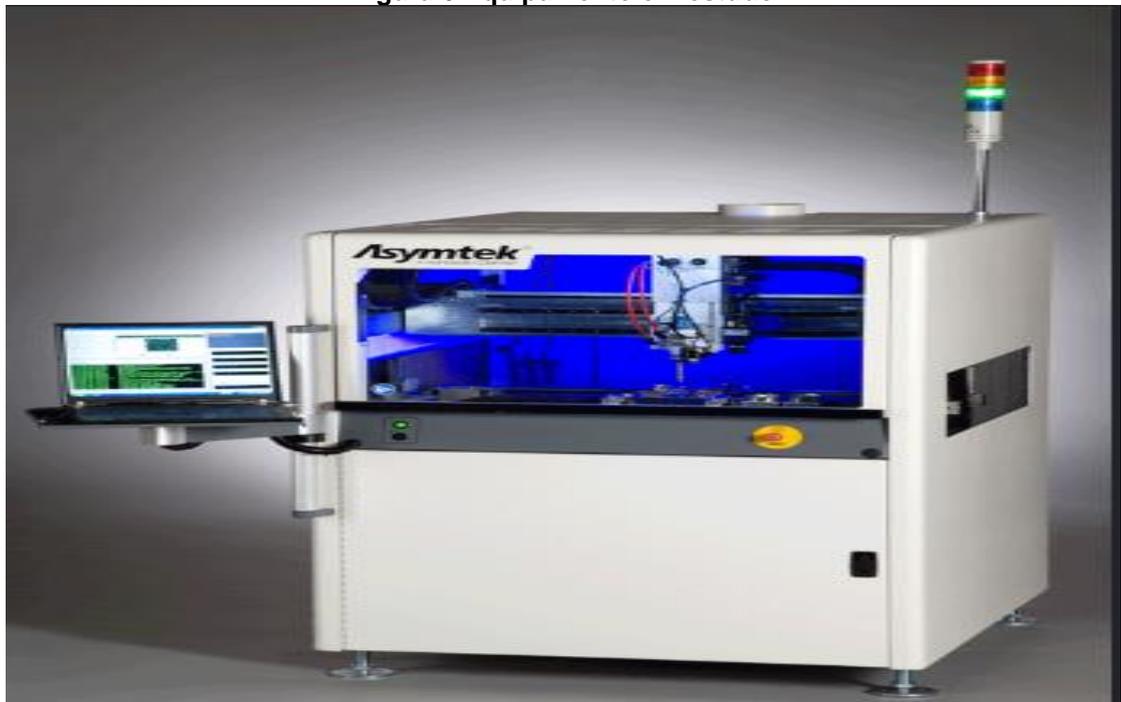


**Fonte: Elaborado pelo autor.**

As empresas vêm crescendo no mercado de eletrônico e cada vez mais procurando melhor qualidade dos seus produtos e com isso vem de encontro com nosso estudo, a necessidade de nosso cliente entregar placas com maior qualidade com base na diversidade de cada região. Assim a empresa precisa estar preparada para atender a demanda prevista que necessita desta etapa de tropicalização.

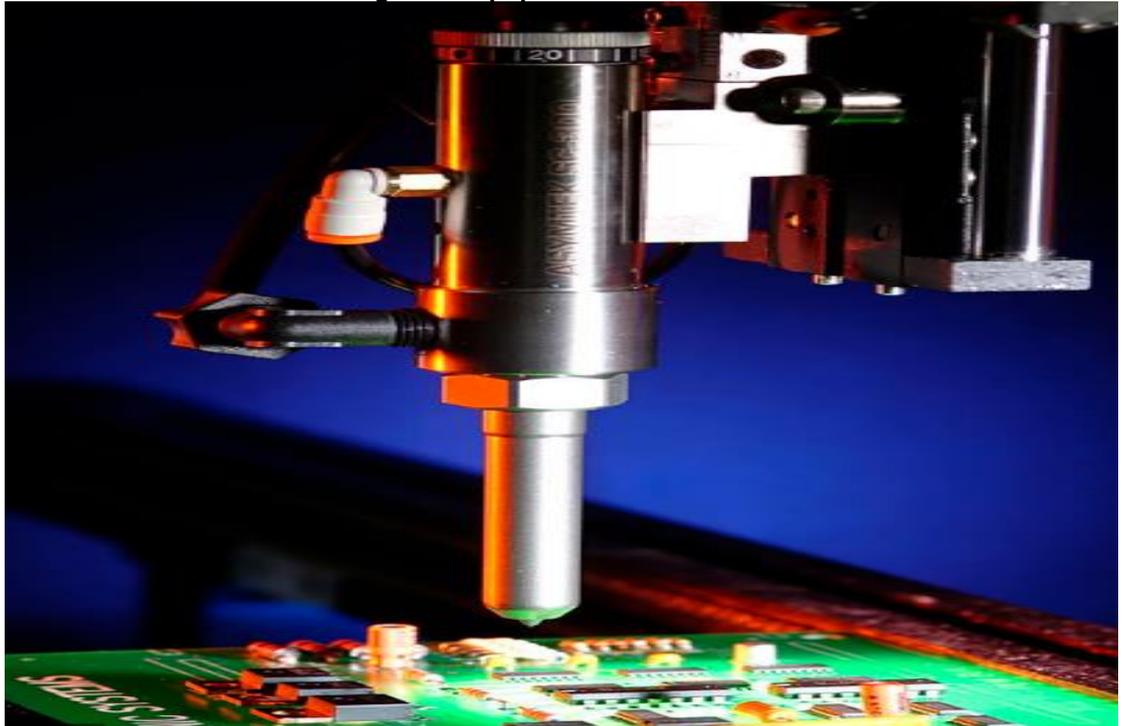
A figura 6, 7 e 8 mostra a máquina de tropicalização que fabrica utiliza.

**Figura 6 Equipamento em estudo**



**Fonte: Imagem <https://www.google.com>**

Figura 7 Equipamento em estudo



Fonte: Imagem <https://www.google.com>

Figura 8 Equipamento em estudo



Fonte: Imagem <https://www.google.com>

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve por objetivo determinar gargalo de equipamento na empresa de placas eletrônica, e determinar a demanda de produtos para que a empresa possa planejar e controlar a produção da melhor forma possível e ainda obter o lucro desejado.

Obteve-se os dados através de relatórios retirado do sistema SAP e controles passados pelos gestores. Chegou-se à conclusão que a empresa ainda não tem gargalo na etapa de tropicalização, mas a médio longo prazo será necessário adquirir uma nova máquina de tropicalização. A partir de todas essas informações os gestores puderam ver a necessidade de adquirir uma nova máquina no ano de 2020, o estudo alcançou seu objetivo que era poder mostrar que utilizando métodos de previsão de demanda pode-se tomar decisões mais assertivas para obter resultados desejados.

Quem detém a informação é capaz de tomar as decisões mais acertadas, todavia, a maior dificuldade dos principais gestores é transformar dados contidos nos demonstrativos em informações, já que seu conteúdo requer conhecimento mais aprofundado.

Para o pesquisador o objetivo do trabalho foi alcançado, pois foram realizados os cálculos para determinação da demanda e possível gargalo que a pesquisa mostrou que em curto prazo não será gargalo, mas a longo prazo sim. Este foi um trabalho de grande importância visto que poderá auxiliar a empresa, além de ajudar o autor a consolidar conhecimentos teóricos adquiridos durante a formação acadêmica de pós-graduação em engenharia de produção.

## REFERÊNCIAS

PESSOA, Paula, P. F. A. de. Gestão Agroindustrial. Fortaleza: Embrapa Agroindustrial Tropical, 2003.

GOLDRATT, Eliyahu M., COX, Jeff. A Meta: processo de aprimoramento contínuo. São Paulo: Educator, 2002.

COX III, James F., SPENCER, Michael S., trad. Fernanda Kohmann Dietrich. Manual da teoria das restrições. Rio Grande do Sul: Bookmann, reimp. 2008.

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P.. Administração da Produção. São Paulo: Saraiva, 2006.

SLACK, N.; BRANDON-JONES A. & JOHNSTON, R. Administração da Produção. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

CHIAVENATO, I. Iniciação ao Planejamento e Controle de Produção. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

VOLLMAN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D. C.; JACOBS, F. .Sistema de planejamento e controle da produção para gerenciamento da capacidade de suprimento. São Paulo: Bookman, 2006.

FORMOSO, C.T. A Knowledge Based Framework for Planning House Building Projects. 1991. Tese de Doutorado – Department of Quality and Building Surveying, University of Salford, Salford.

ISATTO, Eduardo Luis et. Alii. Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.

GOLDRATT, E. M. A Meta na Prática. São Paulo: Nobel, 2006.

BARROS, Aidil De Jesus Da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida De Souza. Fundamentos De Metodologia Científica. 2.Ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

FACHIN, Odília. Fundamentos de metodologia. 4.ed. SÃO PAULO: Saraiva, 2003.

EDIGER, V. Ş.; AKAR, S. ARIMA forecasting of primary energy demand by fuel in Turkey. Energy Policy, [s.l.], v. 35, n. 3, p.1701-1708, mar. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2006.05.009>.

BABU, C. N; REDDY, B. E. Prediction of selected Indian stock using a partitioning–interpolation based ARIMA–GARCH model. Applied Computing And Informatics, [s.l.],v.11,n.2,p.130143,jul.2015.ElsevierBV.<http://dx.doi.org/10.1016/j.aci.2014.09.002>.

TUBINO, D. F. Planejamento e controle da produção: teoria e prática. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. Administração de produção e operações. Tradução Mirian Santos Ribeiro. 8 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

PARANHOS FILHO, M. Gestão da Produção Industrial. Curitiba: Ibpex, 2007.  
ANTUNES, Junico et al. Sistemas de produção. Rio Grande do Sul: Bookman, reimp. 2008.

KRAJEWSKI, Lee, RITZMAN, Larry, MALHOTRA, Manoj. Administração de produção e operações. 8. ed. São Paulo: Pearson, reimp. 2012.

VERGARA, Sylvia Constant. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 6.ed. SÃO PAULO: Atlas, 2005.

CHAFTFIELD, Cris, (2000). Time Series Forecasting, Chapman & Hall/CRC.  
MORETTIN, Pedro A. e TOLOI, Clélia M (1981). Modelos para Previsão de Séries Temporais, Edgard Blucher,.

DOWNING, D; CLARK, J. Estatística Aplicada.2 ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

BOX, G. E. P; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C. Time Series Analysis: Forecasting and Control. 3 ed. New Jersey: Prentice Hall, 1994.