

## Previsão de demanda de cirurgias bariátricas utilizando modelos temporais e de correlação

Marcelo Carneiro Gonçalves, Arthur Beltrame, Karolina Strobel, Mateus Barbosa, Mirella Barreto

**Resumo:** A clínica GastroVida é especializada em cirurgia bariátrica. Essa modalidade tem se tornado cada vez mais conhecida e procurada por pacientes que sofrem com a obesidade. Dito isso, a clínica realiza cirurgia bariátrica e procedimentos endoscópicos em Curitiba, no hospital Nossa Senhora das Graças desde 2003. O objetivo do projeto é investir em ferramentas de planejamento e controle da produção para que os médicos da GastroVida tenham mês a mês o controle interno de clientes, o controle do pós-operatório, a identificação da sazonalidade do processo, previsões de demanda de instrumentos cirúrgicos, redução dos gaps entre cada operação, a otimização do tempo do médico no consultório entre outros fatores que tem impacto direto na qualidade de entrega desse serviço. A primeira etapa consistiu o levantamento e coleta de dados históricos das últimas cirurgias realizadas na clínica. Em seguida, foram aplicadas as ferramentas de previsão de demanda, com bases em séries temporais (5 últimos anos), a fim de selecionar aquela com a menor taxa de erro. Para obter o melhor método, foi utilizado a técnica de desvio médio absoluto (MAD) para propor uma ferramenta. É importante ressaltar que a previsão de demanda para serviços médicos é um objeto complicado de estudo uma vez que não há somente cirurgia planejadas, mas também as emergenciais. A partir disso, a técnica escolhida foi a previsão por sazonalidade simples.

**Palavras-chave:** Previsão da demanda; Cirurgia bariátrica; MAD; Clínica GastroVida.

### 1. Introdução

As informações adquiridas com o presente artigo possuem um papel fundamental para a organização e otimização do tempo dos profissionais tanto quanto no consultório como na prática, realizando cirurgias.

A clínica, apesar de possuir planilhas de controle de tipos de cirurgia, pré-operatórios e tipo de convenio, ainda não possui uma ferramenta para controle estatístico de paciente. Portanto, a análise realizada otimizará o processo para que os médicos da GastroVida tenham mês a mês o controle exponencial interno de clientes, o controle do pós-operatório, a identificação da sazonalidade do processo, as previsões de demanda de instrumentos cirúrgicos, redução dos gaps entre cada operação, a otimização do tempo do médico no consultório entre outros.

Tendo em vista que existem vários modelos de previsão de demanda, após atestados um a um, será feita a escolha daquele que melhor se adequar às características da empresa. Se faz necessário o uso de planilhas previamente elaboradas pelos médicos da GastroVida como base teórica da aplicação do sistema.

Portanto, neste trabalho foram testadas técnicas baseadas em séries temporais, sazonalidade, tendência e correlação, com a finalidade de propor para a empresa a técnica que apresentasse o menor erro de previsão.

## 2. Planejamento e Controle da Produção

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) é um sistema que faz a gerência dos recursos operacionais da empresa, envolvendo todas as operações e a consolidação das informações. As funções desse planejamento são sustentadas por três pilares: planejamento, programação e controle.

O planejamento determina quais produtos serão produzidos e quando. A programação por sua vez define os recursos que serão utilizados desde o início até o término do fluxo de produção. Por último, o controle realiza o monitoramento para corrigir possíveis desvios e falhas a serem identificados.

O grande objetivo do PCP é facilitar as práticas de planejamento e padronização de produtos para criar um fluxo de trabalho visando obter melhores resultados. Dito isso, a implementação de um planejamento bem estruturado tende a aumentar a eficiência, reduzir desperdícios e diminuir gargalos da produção/serviço (GALINDO; GONCALVES, 2019).

Para Tubino (2000) em uma organização, para atingir os objetivos pré-determinados, é preciso que os sistemas produtivos exerçam uma série de funções operacionais, que vão desde o projeto de produtos, até o controle dos estoques, recrutamento e treinamento (capacitação e aperfeiçoamento) de funcionários, aplicação dos recursos financeiros, distribuição dos produtos, etc) (TUBINO, 2000; LUSTOSA, 2009).

## 3. Metodologia

Os dados aplicados para a previsão de demanda são de uma clínica de cirurgia bariátrica localizada na cidade de Curitiba - PR no hospital Nossa Senhora das Graças. As informações selecionadas foram retiradas de uma planilha pré-existente realizada por um dos médicos da GastroVida. Vale ressaltar também que são realizados outros tipos de cirurgia nessa clínica, porém o presente relatório tomou como base apenas as bariátricas por serem as de maior frequência no estabelecimento.

As informações foram coletadas a partir de janeiro de 2015 até o mês de agosto de 2019, tendo em vista que os dados foram coletados em períodos mensais, com o qual a previsão será feita.

Tabela 1 – Demanda real (2015;2016)

<b>Período</b>	<b>Demanda Real</b>	<b>Período</b>	<b>Demanda Real</b>
<b>Janeiro 2015</b>	9	<b>Janeiro 2016</b>	11
<b>Fevereiro 2015</b>	11	<b>Fevereiro 2016</b>	8
<b>Março 2015</b>	15	<b>Março 2016</b>	9
<b>Abril 2015</b>	8	<b>Abril 2016</b>	8
<b>Mai 2015</b>	10	<b>Mai 2016</b>	11
<b>Junho 2015</b>	6	<b>Junho 2016</b>	13
<b>Julho 2015</b>	21	<b>Julho 2016</b>	17
<b>Agosto 2015</b>	5	<b>Agosto 2016</b>	18
<b>Setembro 2015</b>	11	<b>Setembro 2016</b>	11
<b>Outubro 2015</b>	13	<b>Outubro 2016</b>	10

<b>Novembro 2015</b>	11	<b>Novembro 2016</b>	10
<b>Dezembro 2015</b>	14	<b>Dezembro 2016</b>	7

Tabela 2 – Demanda real (2017;2018)

<b>Período</b>	<b>Demanda Real</b>	<b>Período</b>	<b>Demanda Real</b>
<b>Janeiro 2017</b>	6	<b>Janeiro 2018</b>	7
<b>Fevereiro 2017</b>	12	<b>Fevereiro 2018</b>	17
<b>Março 2017</b>	8	<b>Março 2018</b>	6
<b>Abril 2017</b>	7	<b>Abril 2018</b>	11
<b>Mai 2017</b>	10	<b>Mai 2018</b>	12
<b>Junho 2017</b>	10	<b>Junho 2018</b>	6
<b>Julho 2017</b>	13	<b>Julho 2018</b>	14
<b>Agosto 2017</b>	14	<b>Agosto 2018</b>	12
<b>Setembro 2017</b>	11	<b>Setembro 2018</b>	12
<b>Outubro 2017</b>	14	<b>Outubro 2018</b>	15
<b>Novembro 2017</b>	14	<b>Novembro 2018</b>	11
<b>Dezembro 2017</b>	9	<b>Dezembro 2018</b>	6

Tabela 3 – Demanda real (2019)

<b>Período</b>	<b>Demanda Real</b>
<b>Janeiro 2019</b>	6
<b>Fevereiro 2019</b>	9
<b>Março 2019</b>	12
<b>Abril 2019</b>	14
<b>Mai 2019</b>	10
<b>Junho 2019</b>	8
<b>Julho 2019</b>	9
<b>Agosto 2019</b>	9

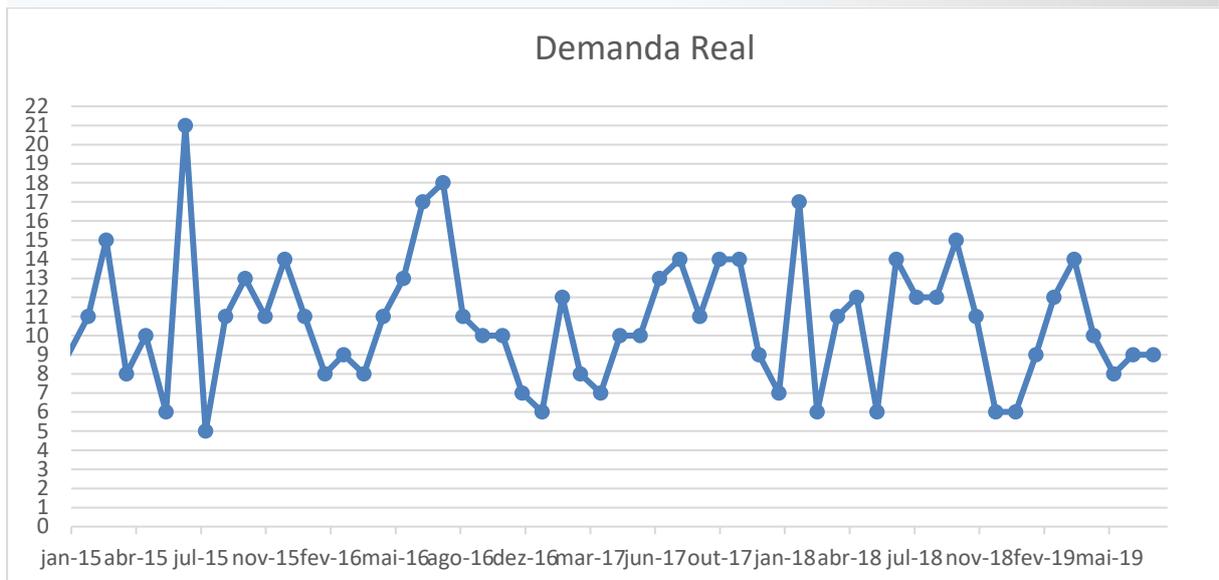


Gráfico 1 - Dispersão da demanda real. Fonte: Autores (2019)

Dessa forma com os dados obtidos foram analisadas as previsões de demanda baseadas em series quantitativas e históricas, algumas podem ser vistas na figura a seguir.

Figura 1 - Técnicas de previsão de demanda

Técnica	Equação	Descrição
Média móvel simples (Mm)	$Mm_n = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{n}$	É um recurso utilizado para se identificar a tendência de um conjunto de dados dispostos em uma série temporal. Ela é a média de certo período de dados passados em série temporal.
Média Móvel ponderada (Mmp)	$Mmp_n = \frac{\sum_{i=1}^n w_i D_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$	A Mmp pondera, com peso, um determinado intervalo n de períodos. (Atribui um peso maior para valores de venda mais recentes)
Média exponencial móvel (Mem)	$M_i = M_{i-1} + \alpha (D_{i-1} - M_{i-1})$	É um indicador de tendências. Trata-se de uma média movel que dá um peso maior para os valores mais recentes considerando o erro cometido na previsão anterior.
Tendência linear	$Y = a + bX$	Relaciona o histórico de dados a serem analisados com uma reta que relaciona os dados de vendas e tempo.

Para realizar o monitoramento do modelo, calcula-se o Mean Absoute Deviation (MAD), que estabelece o valor absoluto médio da diferença entre a demanda prevista calculada por cada um dos modelos e a demanda real observada em um determinado período de observação. Quando os erros de precisão são maiores é sinal que o modelo de previsão deve ser alterado ou ajustado. O erro de previsão é a diferença entre o valor real e o valor previsto (PASCHOALINO, 2009). Vale ressaltar que o método que apresentar o MAD mais baixo será o

que nos proporcionar a melhor previsão de demanda, uma vez que apresentará o menor erro.

$$MAD = \frac{\sum |DR - DP|}{p}$$

Também foram utilizadas técnicas de sazonalidade, fazendo correlações entre o número de cirurgias e a temperatura na cidade de Curitiba, afim de fazer analogias as épocas dos anos que ocorrem uma maior procura pela cirurgia bariátrica.

#### 4. Resultados

Nesta seção serão apresentadas as técnicas que foram utilizadas para a realização deste trabalho.

##### 4.1 Técnicas de previsão

###### 4.1.1 Média móvel simples para 2 períodos

Nessa primeira previsão de demanda, apenas dois períodos foram considerados, sendo assim, foi possível começar a prever a demanda para o terceiro período (março/2015). Esta previsão pode ser observada no gráfico 2.

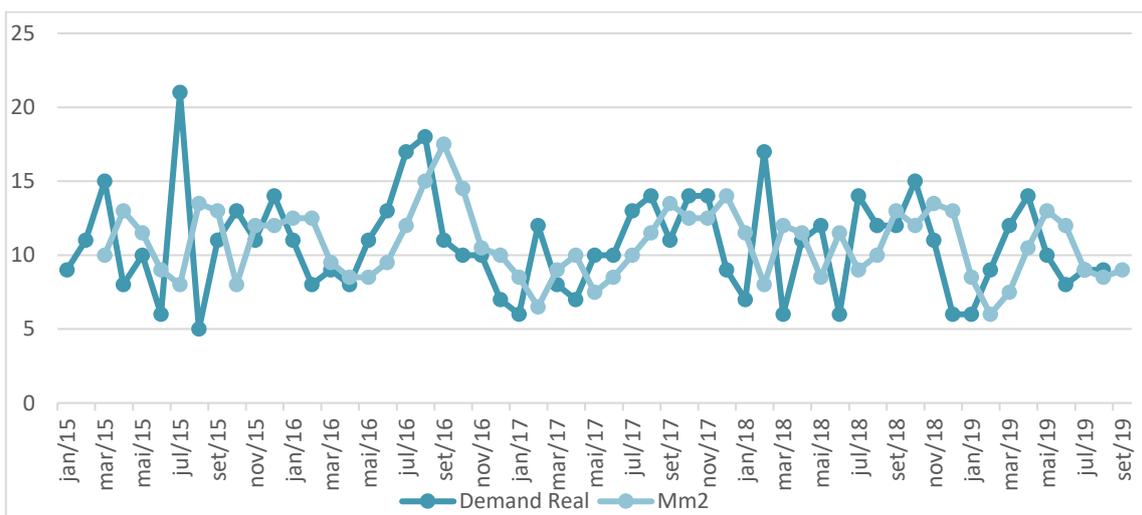


Gráfico 2 - Dispersão da demanda real vs demanda prevista (Media móvel simples com n=2). Fonte: Autores (2019)

Esse método de previsão obteve um erro médio absoluto (MAD) de 3,407 e uma previsão para setembro/2019 de 9 cirurgias. Esse valor será comparado com os demais métodos de previsões baseadas em séries temporais propostas no trabalho, para propor aquela com o menor erro de previsão.

###### 4.1.2 Média móvel simples para 4 períodos

Para esta previsão de demanda foram utilizados 4 períodos, permitindo uma previsão a partir do período 5 (maio/2015). Essa informação se apresenta no gráfico 3.

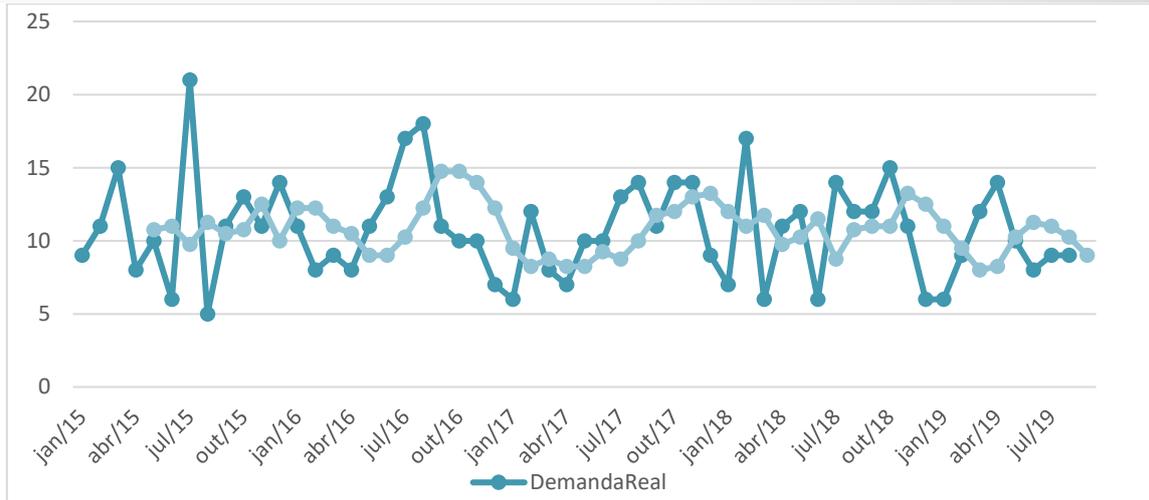


Gráfico 3 - Dispersão da demanda real vs demanda prevista (Media móvel simples com n=4). Fonte: Autores (2019)

Essa análise alcançou um erro médio absoluto (MAD) de 3,332 e uma previsão de demanda de 9 cirurgias. Podemos observar que o erro reduz quando o número de períodos (n) foi acrescido de 2 para 4.

#### 4.1.3 Média móvel simples para 8 períodos

Essa previsão foi obtida considerando um número de períodos (n) igual a 8, ou seja, é possível verificá-la a partir do nono período (setembro/2015). O resultado é observado no gráfico 4.

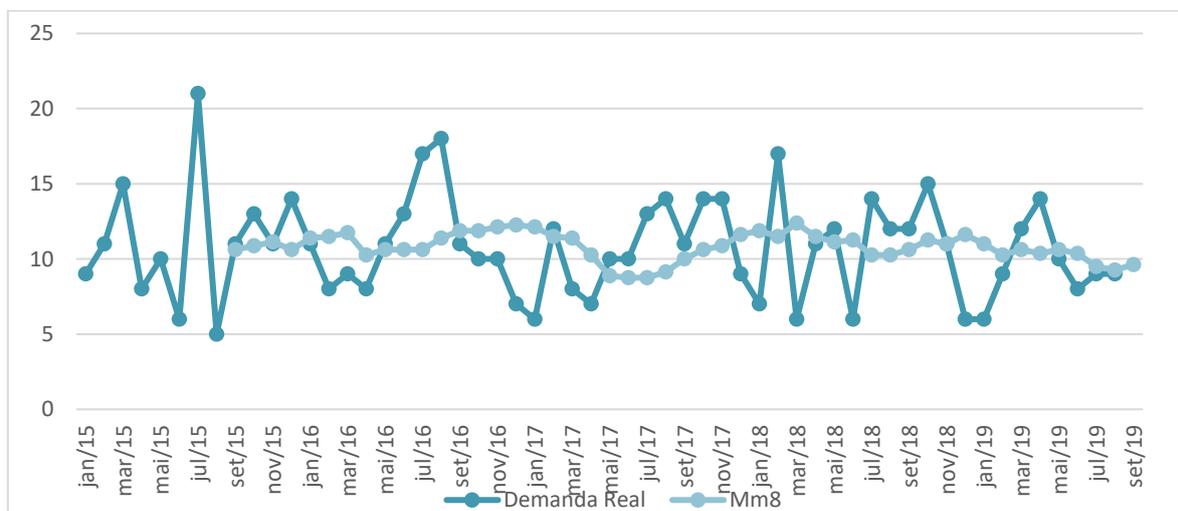


Gráfico 4 - Dispersão da demanda real vs demanda prevista (Media móvel simples com n=8). Fonte: Autores (2019)

O gráfico 4 mostra a previsão de demanda também baseada na técnica de média móvel simples, porém considerando oito períodos. Com isso, foi obtido um erro médio absoluto (MAD) de 2,714 e uma previsão de 10 cirurgias em setembro/2019, sendo esse o menor erro para as médias móveis simples consideradas. A seguir, serão testadas as demais técnicas propostas.

#### 4.1.4 Média móvel ponderada

Para esse método utilizou-se três pesos ponderados 0,338; 0,197; 0,395, sendo o período mais recente relacionado ao primeiro e assim respectivamente. Esses pesos foram calculados pela ferramenta Solver do Excel, otimizando o erro absoluto médio (MAD). Esse método permite a previsão a partir do período 4 (abril/2015) que está representado no gráfico 5.

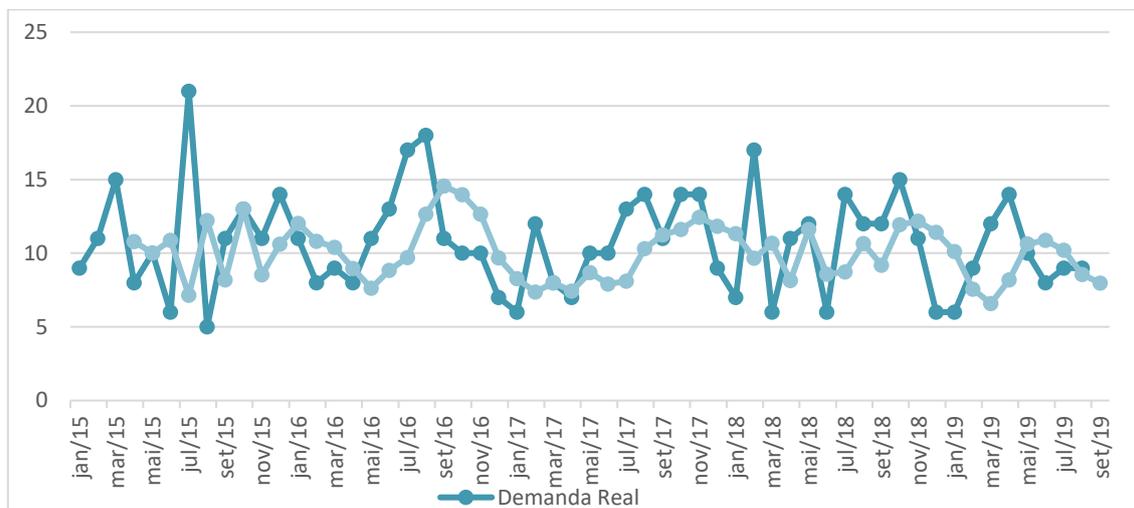


Gráfico 5 - Dispersão da demanda real vs demanda prevista (Media móvel ponderada com n=3). Fonte: Autores (2019)

Esse método obteve um erro médio absoluto (MAD) de 3,136 e uma previsão para setembro/2019 de 8 cirurgias. Demonstrando assim, que essa técnica possui menor erro que as médias móveis simples com n igual a 2 e 4, porém maior que a com n igual a 8.

#### 4.1.5 Média exponencial móvel (suavização exponencial)

Esse método permite a previsão a partir do segundo período (fevereiro/2015) e utiliza um coeficiente de ponderação  $\alpha$  de 0,051181, que foi encontrado com ajuda da ferramenta Solver do Excel, otimizando o erro médio absoluto (MAD). Os resultados são mostrados no gráfico 6.

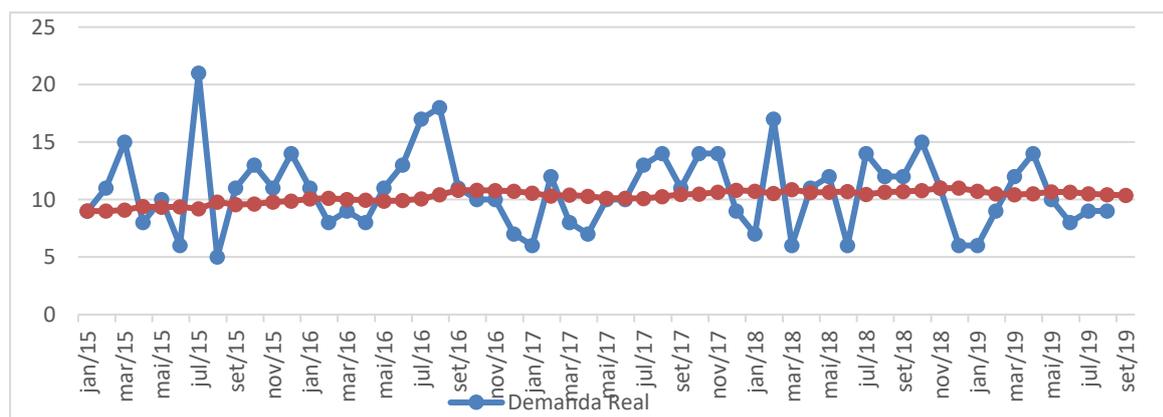


Gráfico 6 - Dispersão da demanda real vs demanda prevista (Media exponencial móvel). Fonte: Autores (2019)

Com esse técnica verificou-se uma previsão de 11 cirurgias para setembro/2019 um erro médio absoluto (MAD) de 2,780, que quando comparado com as técnicas anteriores, conclui-se que a média móvel simples para n igual a 8 ainda é a que possui menor erro de previsão.

#### 4.1.6 Regressão Linear

A técnica de regressão linear utilizada do método de mínimos quadrados para projetar uma equação linear que melhor se encaixe nos dados apresentados e assim fazer a previsão dos próximos meses. O método de regressão linear é apresentado a seguir no gráfico 7.

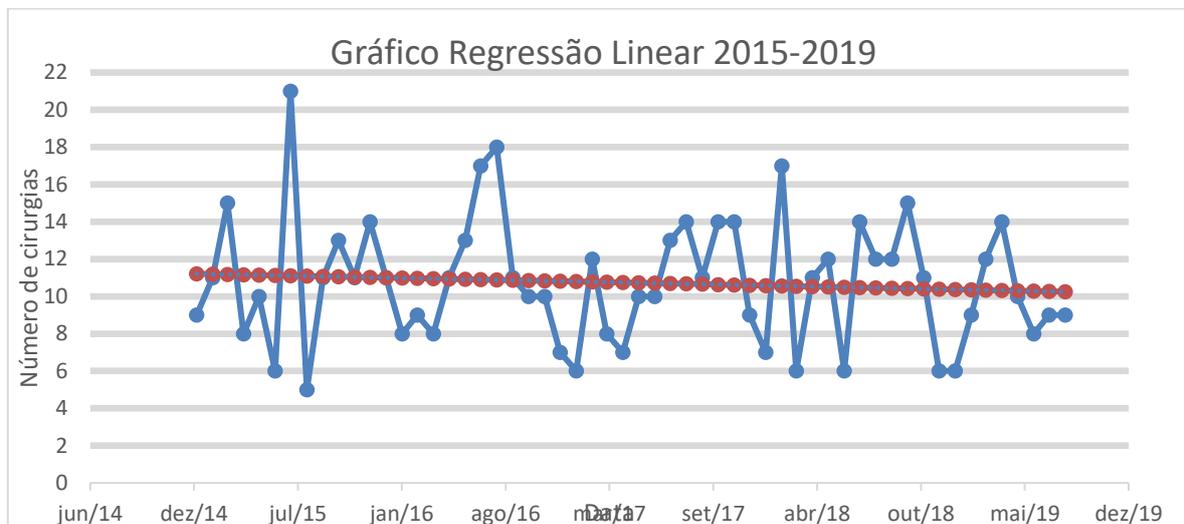


Gráfico 7 - Dispersão da demanda real vs demanda prevista (Regressão Linear). Fonte: Autores (2019)

#### 4.1.7 Suavização exponencial com tendência

Neste método é usado o método de suavização exponencial já utilizado anteriormente com um fator de correção baseado em uma tendência de crescimento ou decréscimo previsto através dos últimos dados de demanda real e da projeção realizada. O método de suavização exponencial com tendência é apresentado a seguir no gráfico 8.

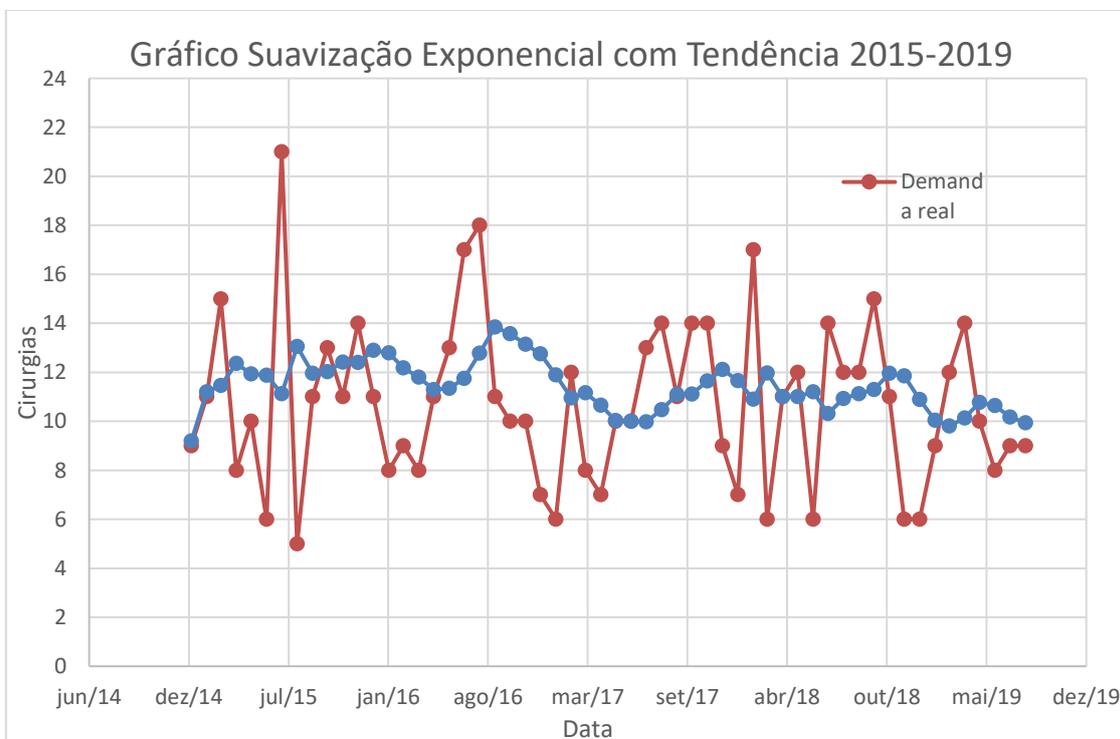


Gráfico 8 - Dispersão da demanda real vs demanda prevista (Suavização exponencial com tendência). Fonte: Autores (2019)

### 3.1.8 Modelo de sazonalidade

A sazonalidade é expressa em termos de quantidade, ou de uma porcentagem, da demanda que se desvia dos valores médios da série. Caso exista tendência, ela deve ser considerada. No caso da GatroVida, constatou-se que existe sim, certa sazonalidade para as operações bariátricas. Empregando os últimos dados da demanda, é possível concluir pelo gráfico abaixo que o número de cirurgias realizadas no inverno é superior ao número de cirurgias realizadas no verão.

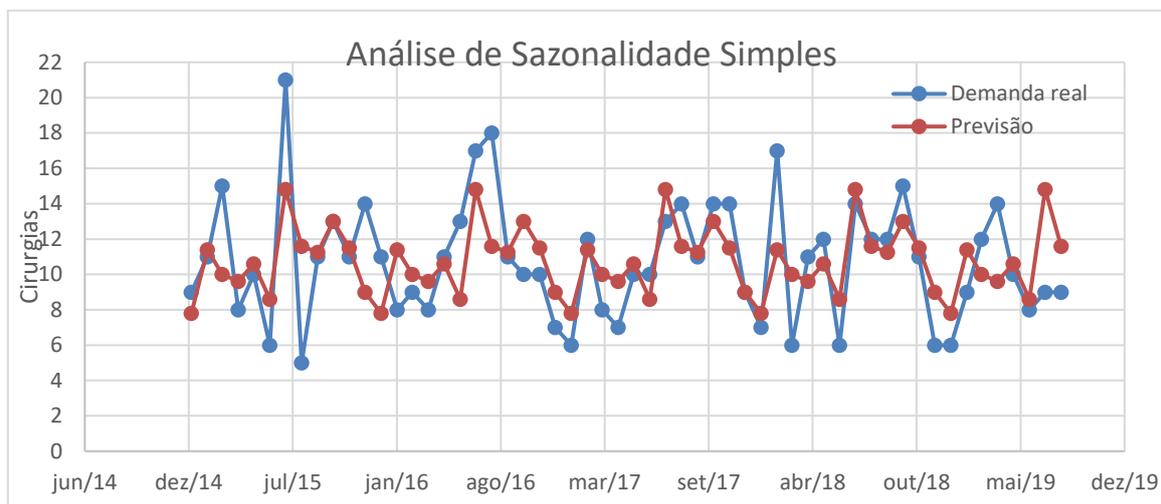


Gráfico 9 - Dispersão da demanda real vs demanda prevista (Modelo de sazonalidade). Fonte: Autores (2019)

O índice de sazonalidade é obtido pela divisão do valor da demanda no período pela média móvel centrada neste período. O período empregado para o cálculo da média móvel é o ciclo da sazonalidade. Quando se dispõem de dados suficientes, calculam-se vários índices para cada período e tira-se uma média.

### 4.1.9 Correlação

Para análise da técnica de correlação, foram utilizadas as variáveis de número de cirurgias e temperatura. Onde o número de cirurgias varia em função da temperatura.

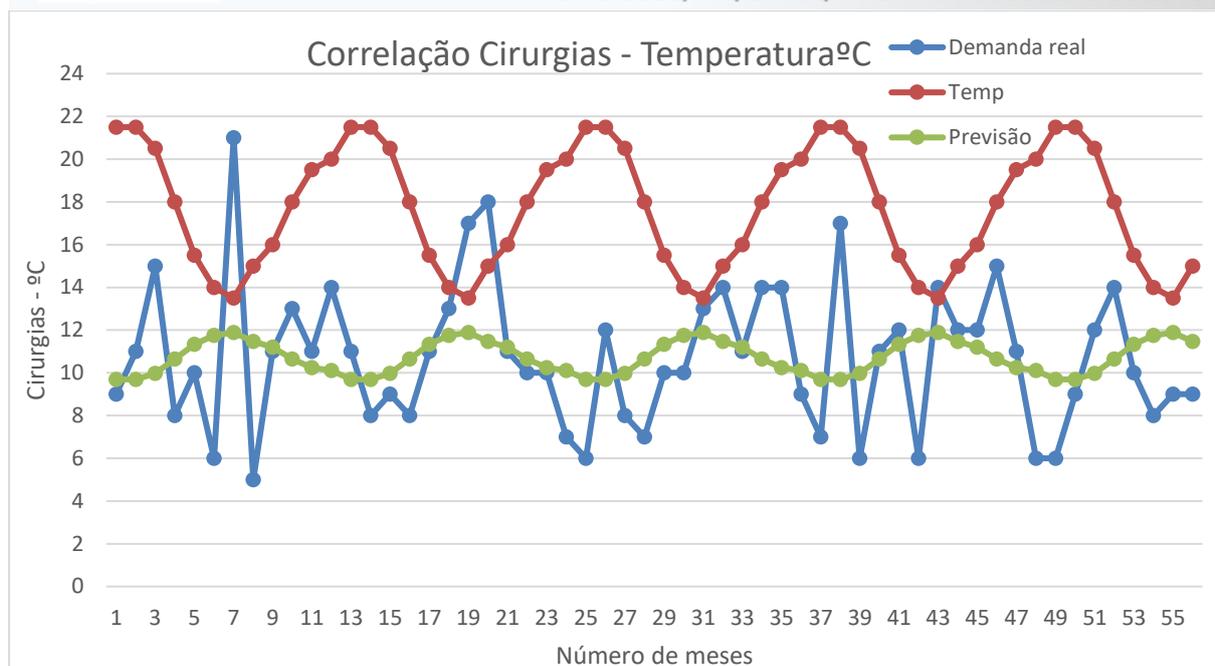


Gráfico 10 - Dispersão da demanda real vs demanda prevista (Correlação). Fonte: Autores (2019)

#### 4.2 Monitoramento do modelo de previsão por meio do MAD

A partir dos dados coletados e da utilização das ferramentas de previsão foi possível o cálculo dos respectivos erros MADs para a comparação de qual método é mais preciso para o período proposto de estudo. A tabela 5 mostra os erros MADs de forma crescente, indicando a ordem de acerto dos métodos propostos. O método mais preciso para o período analisado foi o de sazonalidade simples com um MAD de 2,1375.

Método	Erro MAD
Sazonalidade Simples	2,1375
Correlação	2,5705
Regressão Linear	2,6293
Média Móvel Simples n=8	2,714
Média Exponencial Móvel n=3	2,7800
Suavização exponencial com tendência	2,9293
Média Móvel Ponderada n=3	3,136
Média Móvel Simples n=4	3,332
Média Móvel Simples n=2	3,407

Tabela 5 – Erros MAD por método. Fonte: Autores (2019)

#### 5. Conclusão

Conclui-se que o objetivo do trabalho foi alcançado, em testar técnicas baseadas em séries temporais, sazonalidade, tendência e correlação, com a finalidade de propor para a empresa a técnica que se apresenta o menor erro de previsão.

De acordo com a figura 10 onde consta a relação da demanda real de cirurgias com a temperatura na cidade de Curitiba, foi possível observar um número maior de cirurgias quando a temperatura estava mais baixa, ou seja, a maioria das operações são realizadas no inverno por motivos de recuperação e estar em boa forma para o verão. Devido ao fato dessas cirurgias terem maior frequência em certos meses do ano, foi observado certa sazonalidade nos dados, o que refletiu no cálculo do MAD, onde o método de previsão utilizando sazonalidade simples apresentou um valor de 2,1375, inferior ao erro dos demais, mesmo utilizando o solver do Excel para a otimização dos pesos na média móvel ponderada e do alpha para o cálculo da média exponencial móvel, sendo assim esse se apresentou o melhor método para o cálculo de previsão de cirurgias.

### Referências

GALINDO, A. R. G.; GONÇALVES, M. C. Aplicação de Métodos Baseado em Séries Temporais de Previsão de Demanda em uma Empresa do Setor Pet Shop. In: **Encontro Mineiro de Engenharia de Produção**, 2019, Viçosa/MG.

LUSTOSA, L. J.; et. al. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

PASCHOALINO, P.; FERREIRA, C.; BRICK, E. **Análise a aplicação de modelos de previsão de demanda dos itens de fardamento da marinha do Brasil**. 2009 UFF. Rio de Janeiro.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção**. 2ª edição, São Paulo. 2000. Editora Atlas.

TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

**Temperatura de curitiba**. Disponível em:

< <https://www.climatempo.com.br/climatologia/271/curitiba-pr> > Acesso em: 30 out. 2019.