



# Identificação de padrões de demanda

Tatiana Balbi Fraga

Núcleo de Tecnologia, Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco

20 de junho de 2022

**Abstract:** Este artigo trata dos projetos de pesquisa desenvolvidos por alunos e professores da equipe GAMOS. Tais projetos estão sendo desenvolvidos em diferentes empresas do Agreste Pernambucano, como parte do Projeto de Pesquisa 'Estudo de Métodos de Previsão de Demanda e Proposição de Metodologia Combinada no Contexto das Micro e Pequenas Empresas do Agreste Pernambucano', especialmente na forma de projetos de iniciação científica ou projetos de conclusão de curso.

**Key words:** Padrões de Demanda, Micro e Pequenas Empresas, Projetos de Pesquisa.

## 1 Introdução

A previsão de demanda é essencial para o bom planejamento em qualquer empresa. Através de uma boa previsão é possível, entre outras coisas, controlar melhor os níveis de estoque, reduzindo custos e oferecendo um melhor nível de serviço aos clientes.

Conforme mostra Makridakis e Hibon (2000), a literatura apresenta uma grande variedade de metodologias que podem ser utilizadas para previsões de demanda, sendo que a performance dos distintos modelos de previsão varia de acordo a natureza dos dados e um modelo que gera bons resultados para determinada classe de itens de uma empresa pode gerar previsões ruins para outros itens dessa mesma empresa.

Uma estratégia natural utilizada para identificar o modelo de previsão adequado pra cada item consiste em comparar a performance dos distintos modelos candidatos utilizando dados históricos de vendas do item (Ulrich et al., 2022). Contudo, como geralmente as empresas produzem e/ou comercializam uma grande variedade de itens, essa estratégia acaba se tornando um esforço considerável.

De acordo com Ulrich et al. (2022), uma opção viável consiste em agrupar os itens de acordo com seus padrões de demanda, para posteriormente identificar o modelo de previsão adequado pra cada grupo e não mais para cada item individual. O projeto elaborado por Fraga (2019) propõem uma abordagem similar, contudo busca a identificação de padrões de demanda para os principais itens produzidos e/ou comercializados por um grupo de micro e pequenas empre-

sas do Agreste Pernambucano, visando o desenvolvimento de uma metodologia combinada que seja adequada a um conjunto de padrões de demanda distintos e recorrentes nestas empresas. Como parte do projeto proposto por Fraga (2019), o GAMOS estará desenvolvendo subprojetos de pesquisa, buscando identificar os padrões de demanda dos principais produtos de empresas de diferentes setores da região. Cada subprojeto buscará o atingimento dos seguintes objetivos:

- identificação de metodologia atualmente aplicada para previsão de demanda na empresa;
- identificação dos principais produtos;
- levantamento de dados (históricos de vendas e outros dados relevantes);
- compreensão de metodologias aplicadas para identificação de padrão de demanda; e
- análise dos padrões de demanda.

Os dados coletados nestes projetos, assim como os estudos realizados serão de grande importância científica, tendo em vista que serão utilizados para o desenvolvimento de uma nova metodologia de previsão de demanda combinada, e também poderão ser utilizados para outros trabalhos futuros relacionados aos setores estudados, tornando se referência para diversos estudos que venham a ser desenvolvidos.

## 2 Fundamentação Teórica

Os padrões de demanda são resultados da variação da demanda com o tempo, ou seja, do crescimento

ou declínio de taxas de demanda, sazonalidades e flutuações gerais causadas por diversos fatores' (Ballou (2001) apud Werner et al. (2006)).

De acordo com Ballou (2006), quando a demanda apresenta comportamento regular, os padrões de demanda podem ser divididos em componentes de tendência, sazonais ou aleatórios. Já nos casos em que a demanda de determinados itens é intermitente, em função do baixo volume geral e da incerteza quanto a quando e em que nível essa demanda ocorrerá, a série de tempo é chamada de incerta, ou irregular.

Boylan et al. (2008) distribuem os padrões de demanda entre normais, onde a demanda pode ser representada por uma distribuição normal, e não normais, no caso em que isso não é possível. De acordo com os autores, os padrões de demanda não normais podem ser classificados da seguinte forma:

- um item de *demand intermitente (intermittent)* é um item com ocorrências de demanda pouco frequentes;
- um item de *demand de movimento lento (slow moving)* é um item cuja demanda média por período é baixa. Isso pode ser devido a ocorrências de demanda pouco frequentes, tamanhos médios de demanda baixos ou ambos;
- um item de *demand errática (erratic)* é um item cujo tamanho de demanda é altamente variável;
- um item de *demand esporádica (lumpy)* é um item intermitente para o qual a demanda, quando ocorre, é altamente variável.; e
- um item de *demand agregada (clumped)* é um item intermitente para o qual a demanda, quando ocorre, é constante (ou quase constante).

Apesar da importância da identificação dos padrões de demanda para identificação dos métodos adequados de previsão, poucos autores tratam deste assunto e poucas técnicas são apresentadas na literatura para essa finalidade.

Businger e Read (1999) aplicam um sistema de agrupamento de itens utilizando um diagrama de plotagem em estrela considerando oito características dos dados de séries temporais: coeficiente de variação, número de zeros, tendência, picos (outliers), sazonalidade, corridas, assimetria e autocorrelação.

O coeficiente de variação ( $CV$ ) informa a variabilidade em relação à média. Essa medida adimensional informa o nível de dispersão: quanto mais alto for o ( $CV$ ), mais alta é a dispersão:

$$CV = \frac{s}{\bar{i}} \quad (1)$$

onde:

$\bar{i}$  é a média dos valores considerados, e

$s$  é o desvio padrão

$$s = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (i - \bar{i})^2} \quad (2)$$

O número de zeros ( $NZ$ ) é uma medida que indica o número de períodos com demanda zero (nula) dentro de determinado intervalo de tempo.

$$NZ = \sum_{i=1}^N I(y_i = 0) \quad (3)$$

Onde  $I(A) = 1$ , se  $A$  é verdadeiro, e  $I(A) = 0$ , se  $A$  é falso.

Essa medida é, em alguns casos, associada à intermitência. Sendo  $BP$  um valor de corte, se  $(NZ \geq BP)$  então a demanda é considerada intermitente (Boylan et al., 2008).

A tendência ( $T$ ) apresenta um padrão de variação suave e temporário na demanda. Para cálculo da tendência, Businger e Read (1999) dividem os dados avaliados em terços e calculam a tendência usando a seguinte expressão:

$$T = \frac{(Y_U - Y_L)}{(Y_{(\frac{5}{6})} - Y_{(\frac{1}{6})})} \quad (4)$$

Onde  $Y_U$  e  $Y_L$  representam as medianas dos terços extremos, sendo  $L$  o terço inferior, e  $U$  o terço superior. Observe que  $-1 \geq T \leq 1$ .

Picos ( $P$ ) é uma característica que informa sobre padrões nos dados temporais que podem representar anomalias ou dados súbitos.

$$P = \sum_{i=1}^N I(d_i > 2) \quad (5)$$

onde:

$$d_i = \frac{y_i - y_T}{s_T} \quad (6)$$

sendo  $y_T$  e  $s_T$ , respectivamente, a média e o desvio padrão aparados (i.e., após retirar 20% dos dados da amostra, sendo 10% referente aos menores valores e 10% referente aos maiores valores).

A sazonalidade informa comportamentos que se repetem a cada ciclo (normalmente de 3 meses). Businger e Read (1999) representam a sazonalidade através da seguinte medida adimensional:

$$SS = 1 - \frac{ss_w}{ss_T} \quad (7)$$

onde:

$$ss_w = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=i}^{n_i} x_{ij} \quad (8)$$

e

$$ss_T = \sum_i \sum_j (x_{ij} - \bar{x})^2 \quad (9)$$

sendo:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \quad (10)$$

e

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^4 n_i \bar{x}_i \quad (11)$$

tal que:

$y_i^w$  representa os dados winsorizados (i.e. após retirar 20% dos dados da amostra, sendo 10% referente aos menores valores e 10% referente aos maiores valores,

substituindo esses dados, respectivamente, pelo menor e pelo maior valor dentro do intervalo de dados restantes (%80 dos dados));

$n = 4k + r$  representa o número total de períodos para  $r = 0, 1, 2, 3$ , sendo o período ( $n_i$ ), é definido por:

$$n_i = \begin{cases} 4k, & \text{se } r = 0 \\ 4k + i, & \text{se } r > 0 \end{cases} \quad (12)$$

$$x_{ij} = y_{i+4(j-1)}^w \quad i = 1, \dots, 4 \quad j = 1, \dots, k \quad (13)$$

e

$$x_{i(k+1)} = y_{n_i}^w \quad i = 1, \dots, r \quad r > 0 \quad (14)$$

De acordo com Businger e Read (1999), a característica corrida representa um intervalo no qual observações sucessivas ocorrem todas no mesmo lado da mediana do processo. Businger e Read (1999) utilizam o número de corridas acima e abaixo da mediana. Os autores afirmam que um valor baixo para o número total de corridas pode confirmar uma tendência; enquanto que um valor alto sugere agrupamento ou outro comportamento oscilatório.

$$Run = \frac{|R - E[R]|}{\sqrt{Var(R)}} \quad (15)$$

onde:

R representa a soma dos números de corridas abaixo e acima da mediana (após exclusão dos valores iguais à mediana),

$$E[R] = 1 + \frac{2n_1n_2}{n_1 + n_2} \quad (16)$$

$$Var(R) = \frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)} \quad (17)$$

sendo:

$n_1$  o número total de observação acima da mediana; e

$n_2$  o número total de observação abaixo da mediana.

A assimetria ( $A$ ) é a razão entre a média aritmética ( $\bar{y}$ ) e a mediana ( $m$ ).

$$A = \frac{\bar{y}}{m} \quad (18)$$

Valores de  $A$  maiores que 1, indicam uma assimetria positiva, e valores de  $A$  menores do que 1, indicam uma assimetria negativa.

A correlação  $CR$  indica a relação entre dois semestres subsequentes:

$$CR = \frac{|RVN - 2|}{\sigma} \quad (19)$$

onde:

$$\sigma^2 = \frac{4(n-2)(5n^2 - 2n - 9)}{5n(n+1)(n-1)^2} \quad (20)$$

$$RVN = \frac{12NM}{n(n^2 - 1)} \quad (21)$$

$$NM = \sum_{i=1}^{n-1} [r_i - r_{i+1}]^2 \quad (22)$$

$r_i$  representa o rank de  $y_i$ .

Após calculadas, as características coeficiente de variação, número de zeros, tendência, picos (outliers), sazonalidade, corridas, assimetria e autocorrelação são utilizadas por Businger e Read (1999) para agrupamento dos itens, sendo então identificado qual modelo ARIMA é mais adequado para cada grupo.

Williams (1984) apresenta um esquema para classificação da demanda em suave (smooth), de movimento lento, ou esporádica, particionando a variabilidade da demanda durante um lead time ( $C_{LTD}^2$ ) em suas partes causais constituintes: variabilidade dos números de pedidos ( $\frac{C_n^2}{L}$ ), variabilidade dos tamanhos dos pedidos ( $\frac{C_x^2}{\bar{n}L}$ ) e variabilidade dos prazos de entrega ( $C_L^2$ ).

$$C_{LTD}^2 = \frac{C_n^2}{L} + \frac{C_x^2}{\bar{n}L} + C_L^2 \quad (23)$$

onde:

$n$  representa os números de pedidos que chegam em unidades de tempo sucessivas (variáveis randômicas independentes e identicamente distribuídas (IIDRVs), com média  $\bar{n}$  e variância  $var(n)$ ),

$x$  representa os tamanhos dos pedidos (IIDRVs, com média  $\bar{x}$  e variância  $var(x)$ ),

$L$  representa os prazos de entrega (IIDRVs, com média  $\bar{L}$  e variância  $var(L)$ ), e

$C_i$  representa o coeficiente de variação de  $i$ .

Tal esquema foi posteriormente revisado por Eaves e Kingsman (2004), considerando também o padrão de demanda irregular. A classificação adaptada por pelos autores é apresentada na tabela a seguir.

$\frac{C_n^2}{L}$	$\frac{C_x^2}{\bar{n}L}$	$C_L^2$	padrão de demanda
baixo	baixo		suave
baixo	alto		irregular
alto	baixo		de movimento lento
alto	alto	baixo	intermitente
alto	alto	alto	atadamente intermitente

Tabela 1: Classificação dos padrões de demanda de acordo com Eaves e Kingsman (2004).

Observe que os valores dos critérios de corte definidos para diferenciar alto e baixo são arbitrários.

Syntetos et al. (2005) sugerem um esquema de categorização contruído a partir da comparação do erro médio quadrado de três diferentes metodologias (método de Croston, método de Croton modificado e amortecimento exponencial simples). De acordo com esse esquema, os parâmetros quadrado do coeficiente de variação do tamanho da demanda ( $CV^2$ ) e intervalo médio entre demandas ( $p$ ) são usados para classificar a demanda entre errática, esporádica, suave e intermitente. A tabela a seguir apresenta a classificação proposta pelos autores.

Observe que nesse esquema de classificação são definidos os pontos de corte  $CV^2 = 0.49$  e  $p = 1.32$ .

$CV^2$	$p$	padrão de demanda
0.49	1.32	
baixo	baixo	suave
baixo	alto	intermitente
alto	baixo	errática
alto	alto	esporádica

Tabela 2: Classificação dos padrões de demanda de acordo com Syntetos et al. (2005).

### 3 Metodologia

Estes projetos serão desenvolvidos através dos 5 atividades, conforme descrito a seguir:

Atividade 1: identificação da metodologia de previsão de demanda aplicada nas empresas - através de conversas com funcionários das empresas.

Atividade 2: identificação dos principais produtos - através da metodologia de classificação ABC (utilizando dados históricos dos últimos meses para todos os produtos).

Atividade 3: levantamento de dados históricos de vendas e dos últimos quatro anos (quando disponíveis) e de outras informações necessárias para os principais produtos (de acordo com classificação ABC).

Atividade 4: compreensão das metodologias aplicadas para identificação de padrões de demanda, conforme descritas na segunda seção.

Atividade 5: aplicação das metodologias de identificação de padrões de demanda e análise dos resultados.

Atividade 6: preparação de relatórios e artigos para o CONIC.

### 4 Resultados esperados

Após a aplicação da metodologia acima descrita, esperamos obter os seguintes resultados:

- dados de históricos de vendas dos principais produtos das empresas estudadas;
- mapeamento dos padrões de demanda destes produtos;
- aprofundamento do conhecimento dos participantes dos projetos sobre os comportamentos de vendas e sobre a identificação de padrões de demanda;
- artigo apresentado no CONIC.

Os resultados destes trabalhos também serão incluídos em pelo menos um artigo que será submetido para revista.

### 5 Viabilidade de execução

Os projetos serão realizados preferencialmente no CAA-UFPE. Assim, todos os participantes destes projetos, terão acesso garantido a toda a infraestrutura necessária para o correto desenvolvimento de seu trabalho incluindo recursos físicos (sala e mobiliário), bibliográficos e computacionais da UFPE e mais especificamente do CAA. O departamento de engenharia de produção do CAA conta atualmente com dois laboratórios de informática que disponibilizam, pelo menos, 30 computadores. O GAMOS, em especial, conta com laboratório próprio, e que atualmente dispõe de 3 computadores. Em termos de recursos bibliográficos, os pesquisadores da área de engenharia da produção contam com a biblioteca central da UFPE e as bibliotecas setoriais do CTG (Centro de Tecnologia e Geociências) e do CCEN (Centro de Ciências Exatas e da Natureza), localizadas no campus da UFPE de Recife, e com a biblioteca do próprio CAA, que possuem assinatura de alguns dos principais periódicos na área além do acesso remoto à base de dados disponíveis hoje via rede entre elas o banco de dados disponibilizados pela CAPES e pelo sciencedirect.

Parte do projeto será também realizada através de visitas às empresas que serão escolhidas para realização desse trabalho. As parcerias com as empresas serão firmadas durante a realização do projeto e os termos de parceria serão anexados no relatório final.

### 6 Cronograma de Atividades

Cada projeto estará planejado para ser realizado durante o período de 1 ano, com início previsto para

2022/2023. As atividades descritas na metodologia estão projetadas para serem realizadas conforme cronograma apresentado a seguir:

Atividade	Cronograma (bimestre)					
	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>	4 <sup>o</sup>	5 <sup>o</sup>	6 <sup>o</sup>
1 <sup>a</sup>	xx					
2 <sup>a</sup>	xx					
3 <sup>a</sup>		xx	xx			
4 <sup>a</sup>			xx	xx	xx	
5 <sup>a</sup>			xx	xx	xx	xx
6 <sup>a</sup>						xx

Tabela 3: Cronograma planejado para os projetos.

## Referências

- Ballou, R.H. (2001). *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial*, 4. ed., Porto Alegre: Bookman.
- Ballou, R.H. (2006). *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial*, 5. ed., Porto Alegre: Bookman.
- Boylan, J.E., Syntetos, A.A., e Karakostas, G.C. (2008). 'Classification for forecasting and stock control: a case study'. *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 59, pp. 473–481.
- Businger, M.P., e Read, R.R. (1999). 'Identification of demand patterns for selective processing: a case study'. *Omega, Int. J. Mgmt Sci.*, Vol. 27, pp. 189–200.
- Eaves A.H.C., e Kingsman B.G. (2004). 'Forecasting for the ordering and stock-holding of spare parts'. *J. O. Pl. Res. Soc.*, Vol. 55, pp. 431–437.
- Fraga, T.B. (2019). 'Estudo de Métodos de Previsão de Demanda e Proposição de Metodologia Combinada no Contexto das Micro e Pequenas Empresas do Agreste Pernambucano'. Projeto de Pesquisa registrado em 09/11/2019, e aprovado pela Pró-reitoria de Pesquisa da UFPE em 11/02/2021 (Processo SIPAC 23076.057489/2019-21).
- Makridakis, S.G., Wheelwright, S.C., Hyndman, R.J. (1998). *Forecasting: Methods and Applications*, 3. ed., Wiley.
- Makridakis, S. e Hibon, M. (2000) 'The M3-Competition: results, conclusions and implications'. *International Journal of Forecasting*, Vol. 16, pp. 451–476.
- Syntetos, A.A., Boylan, J.E., e Croston, J.D. (2005) 'On the categorization of demand patterns'. *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 56 (5), pp. 495–503.
- Ulrich, M., Jahnke, H., Langrock, R., Pesch, R., e Senge, R. (2022) 'Classification-based model selection in retail demand forecasting'. *International Journal of Forecasting*, Vol. 38 (1), pp. 209–223.
- Werner, L, Lemos, F.O., Daudt, T. (2006) 'Previsão de demanda e níveis de estoque uma abordagem conjunta aplicada no setor siderúrgico'. *XIII SIMPEP*, Bauru, SP, Brasil.
- Williams, T.M. (1984). 'Stock control with sporadic and slow-moving demand'. *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 35 (10), pp. 939–948.