

# 1

## Introdução

### 1.1

#### O Problema

Há mais de um século, estatísticos e economistas preocupam-se com a análise e a decomposição de séries temporais. A decomposição clássica das séries temporais (Pearsons, 1919) em componentes de tendência, cíclica, sazonal e irregular é motivada principalmente pelos analistas econômicos, que desejam ter informações sobre a situação histórica e corrente dos ciclos econômicos

Ajustes sazonais servem para facilitar o entendimento da evolução da economia no tempo, pois a estimação e a eliminação da sazonalidade permitem ver de modo mais claro o estado da economia do país, já que o comportamento da tendência fica mais nítido (Jevons, 1884). Além disso, as séries ajustadas sazonalmente são passíveis de comparação com outras séries de padrão sazonal diferente.

Vários métodos de ajuste sazonal têm sido desenvolvidos, no decorrer dos anos, para estimar essas componentes (Ladiray e Quenneville, 2000-2001). Como resumido na figura 1.1, os métodos de ajuste sazonal podem ser classificados em dois grandes grupos: os métodos não paramétricos ou implícitos, baseados em filtros e os métodos paramétricos ou explícitos, baseados em modelagem.

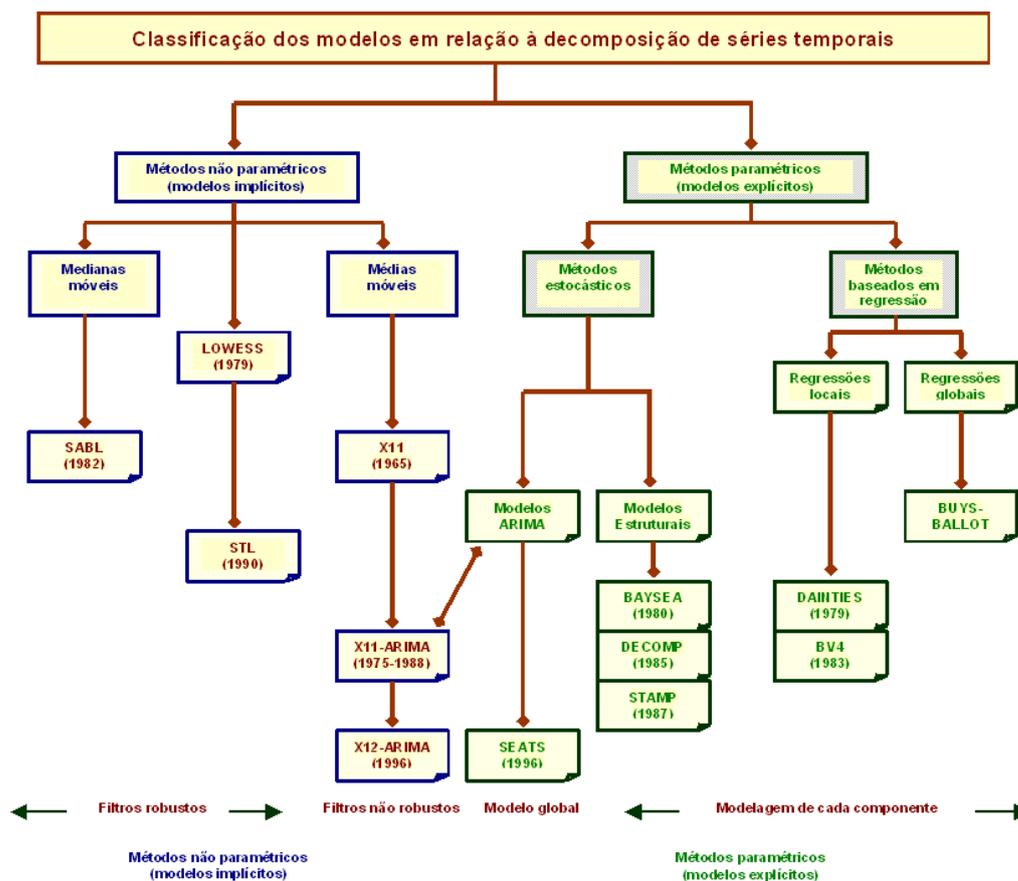


Figura 1.1 – Classificação dos principais métodos de ajuste sazonal.

Os métodos não paramétricos, também chamados de métodos empíricos, permitem decompor a série em componentes não observáveis mediante um procedimento iterativo baseado em filtragens sucessivas. Para estimar a série ajustada sazonalmente, os harmônicos sazonais precisam ser removidos.

Os métodos paramétricos podem ser divididos em dois grupos: os métodos baseados em regressão e os que se apoiam em procedimentos estocásticos. Os métodos baseados em regressão definem uma função determinística para cada componente, exceto para a componente irregular. Os métodos baseados em modelos estocásticos (não determinísticos) utilizam modelos ARIMA para modelar as componentes não observáveis. Os métodos desse tipo podem ser subdivididos em dois grupos. No primeiro grupo estão os modelos que estimam as componentes a partir de um modelo ARIMA, ou seja, a série original é modelada e a modelagem das componentes é derivada do modelo escolhido para série original. No segundo grupo encontram-se os métodos que modelam e estimam

diretamente as componentes não observáveis da série, tal como a tendência, a sazonalidade e a componente irregular.

No contexto dos métodos de ajuste sazonal, o mais utilizado mundialmente é — sem dúvida nenhuma — o X11 (Shiskin, 1967). Desenvolvido em 1965 pelo *U.S. Census Bureau* esse algoritmo recebeu numerosos aperfeiçoamentos que culminaram, nos anos 1975 e 1988 (Dagum, 1980, 1988) no método X11-ARIMA<sup>1</sup>, versão desenvolvida pelo organismo de estatística do Canadá (Statistics Canada). Mais recentemente, em 1998, foi divulgada uma versão aperfeiçoada do X11-ARIMA, o X12-ARIMA ou X12-RegARIMA<sup>2</sup> (Findley, 1998) desenvolvido pelo *U.S. Census Bureau*. Esta última versão incorpora basicamente três melhorias à versão anterior: extensiva modelagem de séries temporais e capacidade de seleção de modelos de regressão linear com erros ARIMA; novos diagnósticos da qualidade e estabilidade dos ajustamentos sazonais e novas opções de ajuste do X11 (novas opções de filtros, novo modelo de decomposição etc). Apesar destas melhorias incorporarem métodos paramétricos e, essencialmente, modelos ARIMA, na realidade o ajuste sazonal é basicamente o mesmo inicialmente desenvolvido pelo método X11.

Criticado por muitos que ainda o chamam de caixa preta, por ser essencialmente um método não-paramétrico e pela multiplicidade de opções e tabelas produzidas pelo seu aplicativo X11, por outro lado pode-se dizer que o X11 é uma ferramenta estatística moderna pois é um método não-paramétrico que se baseia em sucessivas iterações e foi um dos primeiros métodos a fazer uso de computação intensiva (Ladiray e Quenneville, 2000-2001). Este método é recomendado para ajustar séries econômicas pelo FMI — Fundo Monetário Internacional (Bloem, 2001) — , pela ONU — Organização das Nações Unidas (System of National Accounts, 1993) – em seus manuais de contas nacionais e pela Statistical Office of the European Commission (Eurostat, 1998).

---

<sup>1</sup> Método X11-ARIMA foi desenvolvido pelo Statistics Canada; utiliza a metodologia do modelo ARIMA (modelo integrado auto-regressivo e de médias móveis), Box e Jenkins, 1970, para extrapolar as séries correntes para a frente e para trás, combinada com as técnicas de ajuste sazonal do X11.

<sup>2</sup> Método X12-ARIMA foi desenvolvido pelo *U.S. Census Bureau*; incorpora melhoramentos aos modelos X11 e X11 – ARIMA.

A recomendação internacional se baseia em alguns fatores, como por exemplo:

- **a disponibilidade**, em escala mundial, dos programas para o ajuste sazonal;
- **a robustez** dos procedimentos realizados;
- **a transparência** na realização do ajuste sazonal, possibilitando aos usuários conhecer todas as intervenções realizadas;
- **a flexibilidade** do método que deve permitir a realização de pré ajustes como: correção dos valores atípicos e de mudança de nível; correção dos efeitos de calendário como feriado móvel e anos bissextos; correção de efeitos inesperados como greves e catástrofes provocadas por fenômenos naturais e outros;
- **a confiabilidade**, o método utilizado deve fornecer uma série de diagnósticos para avaliar os resultados do ajuste tanto na etapa de modelagem como na etapa do ajuste propriamente dito;
- **a autonomia**, que permite que entidades estatísticas do mundo possam ajustar suas séries utilizando opções pré definidas de modo que a falta de conhecimento especializado não impeça a realização do mesmo desde que os principais diagnósticos sejam sempre avaliados. Esse fato é apoiado no conhecimento de que muitas séries apresentam bom comportamento e são fáceis de serem ajustadas, nesse caso, utiliza-se o programa de ajuste sazonal sem necessidade de contar com peritos mas, para ajustar séries muito instáveis, com forte componente irregular e/ou com a presença de sazonalidade móvel é necessário a experiência e conhecimento de um especialista para determinar se o ajuste está sendo realizado de modo coerente ou se é necessário refinar alguns parâmetros.

Apesar das recomendações internacionais, cada instituto de pesquisa utiliza o método que acha mais conveniente. Em um levantamento realizado em 2000, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, organismo responsável pelas estatísticas oficiais do país, pôde-se constatar que a maioria dos países das Américas utilizava o método X11 ou alguma versão mais recente deste

método. Na Europa, alguns países utilizam o X11, e outros, o TRAMO/SEATS<sup>3</sup>, (Gómez e Maravall, 1996). A Alemanha emprega o método denominado BV4 (Nourney, 1983). O IBGE utiliza atualmente os métodos da família X11 para ajustar sazonalmente suas séries, especialmente a versão mais atual, o Método X12-ARIMA. As séries ajustadas sazonalmente por esse Instituto são as séries de volume da produção industrial, do PIB - Produto Interno Bruto Trimestral, do IPCA - Índice de Preços ao Consumidor Amplo – e, ainda, da Pesquisa Mensal de Emprego. A metodologia utilizada pelo IBGE segue as recomendações internacionais oriundas da ONU, do EUROSTAT e do FMI.<sup>4</sup>

## 1.2

### O Propósito

Essa tese “**Filtros ótimos que conservam qualquer ordem de tendência**” aborda os fundamentos dos filtros simétricos de Henderson, (Kenny e Durbin, 1982), que está inserido no contexto de ajuste sazonal mais especificadamente nos métodos da família X11. Os objetivos específicos deste estudo são:

- ✓ **desenvolver** um filtro ótimo baseado em técnicas do domínio da frequência utilizando hipóteses mais amplas que os filtros de Henderson;
- ✓ **comparar** a performance dos dois filtros e;
- ✓ **propor** um método de ajuste sazonal baseado no filtro ótimo.

## 1.3

### Organização da Tese

Esta tese é composta por mais cinco capítulos além deste: Os métodos da família X11; Filtro de Henderson; Proposta de obtenção de novos pesos; Proposta de um método de ajuste sazonal; Conclusões e Trabalhos Futuros.

---

<sup>3</sup> TRAMO ("Time Series Regression with ARIMA Noise, Missing Observations and Outliers"), que prepara os dados transformando-os, se necessário, e escolhe um modelo ARIMA para os mesmos, e pelo programa SEATS ("Signal Extraction in ARIMA Time Series"), no qual a série é realmente decomposta.

<sup>4</sup> Eurostat comparou os principais métodos de ajuste sazonal (DAINTIES, SABL, BV4, X-11-ARIMA/88, X-11 UK, X-12-ARIMA, TRAMO/SEATS), e decidiu recomendar dois desses métodos: TRAMO/SEATS e X-12-ARIMA.

O segundo capítulo, *Os métodos da família X11*, é dedicado à apresentação completa de uma etapa do método X11 incluindo o passo a passo do método em um exemplo numérico. No terceiro capítulo, *Filtro de Henderson*, são abordados os fundamentos do filtro de Henderson e são construídas todas as etapas que levam aos coeficientes. No quarto capítulo, *Proposta de obtenção de novos pesos*, é apresentada a conceituação de análise no domínio da frequência e, em seguida, uma nova proposta de filtro é sugerida; também são realizadas simulações que permitem uma comparação entre a tendência estimada pelo filtro de Henderson e o filtro proposto. O quinto capítulo, *Proposta de um método sazonal*, apresenta um método de ajuste sazonal utilizando o filtro desenvolvido no capítulo anterior e sugere o emprego de um conjunto de dois filtros para extrair não somente a tendência, mas todas as componentes da série. Inclui também uma comparação entre o método tradicional e o proposto para os modelos de decomposição aditivo e multiplicativo. Finalmente, no último capítulo, *Conclusões e Trabalhos Futuros*, são apresentadas as principais conclusões obtidas e algumas sugestões para trabalhos futuros.