CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI

FLÁVIO MARGARITELLI

BENEFÍCIO FINANCEIRO PROPORCIONADO PELA IMPLANTAÇÃO DA SERVITIZAÇÃO EM INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS ELETROMECÂNICOS PARA EDIFICAÇÕES

São Bernardo do Campo

2016

FLÁVIO MARGARITELLI

BENEFÍCIO FINANCEIRO PROPORCIONADO PELA IMPLANTAÇÃO DA SERVITIZAÇÃO EM INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS ELETROMECÂNICOS PARA EDIFICAÇÕES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro Universitário FEI para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica. Orientado pelo Prof. Dr. João Chang Jr.

São Bernardo do Campo

2016

Margaritelli, Flávio.
Benefício Financeiro Proporcionado pela Implantação da Servitização em Indústria de Equipamentos Eletromecânicos para Edificações / Flávio Margaritelli. São Bernardo do Campo, 2016.
132 p. : il.

Dissertação - Centro Universitário FEI.
Orientador: Prof. Dr. João Chang Jr.

1. Servitização. 2. Benefício financeiro. 3. Séries temporais. 4. Redes neurais artificiais. I. Chang Jr, João, orient. II. Título.

Elaborada pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da FEI com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

centro universitário FEI

APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO
ATA DA BANCA EXAMINADORA

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Mecânica

Mestrado

PGM-10

Aluno: Flávio Margaritelli **Matrícula:** 214113-3

Título do Trabalho: Benefício financeiro proporcionado pela implantação da servitização em indústria de equipamentos eletromecânicos para edificações.

Área de Concentração: Produção

Orientador: Prof. Dr. João Chang Junior

Data da realização da defesa: 23/09/2016

ORIGINAL ASSINADA

Avaliação da Banca Examinadora:

São Bernardo do Campo, 23 / 09 / 2016.

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA	
Prof. Dr. João Chang Junior	Ass.: _____
Prof.ª Dr.ª Gabriela Scur Almudi	Ass.: _____
Prof. Dr. Dirceu da Silva	Ass.: _____

A Banca Julgadora acima-assinada atribuiu ao aluno o seguinte resultado:

APROVADO ☒ REPROVADO ☐

VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO

APROVO A VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO EM QUE FORAM INCLUÍDAS AS RECOMENDAÇÕES DA BANCA EXAMINADORA

_____

Aprovação do Coordenador do Programa de Pós-graduação

_____

Prof. Dr. Rodrigo Magnabosco

Dedico este trabalho à minha esposa, Tania Mara Magalhães Thurler, pelo apoio irrestrito à realização dos meus objetivos; meu pai, Carlos Eduardo Margaritelli, por ser minha referência; minha mãe, Ivani Cecília Malvezzi Margaritelli, pela ternura incondicional e minha irmã Marta Maria Margaritelli, por inspirar a superação.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Chang Jr., pela dedicação, paciência e ensinamentos, que foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Wilson Hilsdorf, pela maestria em elucidar os conceitos fundamentais da pesquisa científica.

Ao Prof. Dr. Alexandre Massote, por despertar a importância do planejamento e do comprometimento para a conquista de uma meta.

À Prof. Dra. Gabriela Scur, pelo dinamismo de suas aulas, que proporcionaram discussões relevantes, enriquecendo o conteúdo da disciplina.

À Prof. Dra. Claudia A. Mattos, pela serenidade de suas apresentações, que tornaram o aprendizado acessível e sólido.

Ao Prof. Dr. Felipe Greml, por oferecer desafios que motivaram a superação.

RESUMO

Durante muito tempo a oferta de serviços em uma empresa de manufatura era considerada como uma atividade residual, entretanto, atualmente este conceito está mudando. Pesquisas indicam que a inclusão da oferta de serviços pode trazer benefícios à companhia, embora a servitização não possa ser vista como uma panaceia. Neste sentido, o “paradoxo de serviço” é discutido por pesquisadores, uma vez que a literatura ainda diverge sobre os reais benefícios do processo da servitização em uma empresa de manufatura. Este trabalho tem o objetivo de analisar de maneira quantitativa o benefício financeiro proporcionado pela implantação da servitização em uma indústria multinacional, de equipamentos eletromecânicos para edificações, que atua no mercado brasileiro. O estudo mostra que o incremento de negócios relacionados à serviços é capaz de contribuir para o aumento do faturamento da companhia, além disso, a venda de novos produtos parece influenciar positivamente a venda de serviços. A pesquisa também sugere que considerar a série de venda de serviços no modelo de previsão de faturamento de novos produtos traz maior acurácia, além disso, os modelos híbridos que combinam redes neurais artificias com séries temporais parecem apresentar melhor resultado (VAR e RNA).

Palavras chave: Servitização, Benefício financeiro, Séries temporais, Redes neurais artificiais

ABSTRACT

For a long time, services business in a manufacturing company was regarded as a residual activity, its existence was justified only by the necessity of selling new goods. Today this concept is changing, research indicates that the inclusion of services business to products can bring benefits to the company, although the servitization cannot be seen as a panacea. In this sense, the "service paradox" is discussed by researchers, since the literature still diverges on the real benefits of the servitization process in a manufacturing company. The purpose of this study is a quantitative analysis of the financial benefit provided by the deployment of servitization in a multinational industry of electromechanical equipment for buildings, which operates in the Brazilian market. The study shows that business related to services is able to contribute the increase of the company turnover, in addition the sale of new products appears to positively influence on the services sale billing. The research also suggests to consider the range of services on new product sale forecasting model brings greater billing accuracy, Furthermore, the hybrid models that combine artificial neural networks with time series seems to be better result (VAR and ANN).

Key-words: Servitization, Financial benefit, Time series, Artificial neural network

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 9

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA 10

1.2 OBJETIVOS E PERGUNTAS DE PESQUISA 13

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO 14

2 REVISÃO DE LITERATURA 15

2.1 SERVIÇOS: CONCEITO, IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E INOVAÇÃO 20

2.1.1 Conceito de Serviços 21

2.1.2 A importância econômica de serviços 24

2.1.3 Inovações em serviços 27

2.2 O CONCEITO DE SERVITIZAÇÃO 29

2.3 OS BENEFÍCIOS QUE LEVAM À SERVITIZAÇÃO 36

2.3.1 O benefício financeiro 38

2.3.2 A necessidade estratégica 39

2.3.3 A oportunidade de *marketing* 41

2.4 O PARADOXO DE SERVIÇO 42

2.4.1 Impacto Financeiro 47

3 METODOLOGIA 52

3.1 MODELOS PARA SÉRIES TEMPORAIS 55

3.1.1 Média móvel simples 60

3.1.2 Média móvel dupla 62

3.1.3 Amortecimento exponencial simples 63

3.1.4 Suavização exponencial de Holt 64

3.1.5 Suavização exponencial sazonal de Holt-Winters 65

3.1.6 Modelo ARIMA 66

3.1.7 Modelo VAR 73

3.2 REDES NEURAIS ARTIFICIAIS 76

3.3 MODELOS HÍBRIDOS.....81
3.4 COLETA DE DADOS.....83
4 RESULTADOS.....88
4.1 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SERVITIZAÇÃO NO FATURAMENTO TOTAL DA COMPANHIA.....88
4.2 A RELAÇÃO ENTRE A VENDA DE SERVIÇOS E PRODUTOS.....90
4.3 AVALIAÇÃO DOS MODELOS DE PREVISÃO PARA O FATURAMENTO DE PRODUTOS.....92
4.4 O USO DE UM MODELO HÍBRIDO PARA AVALIAR A RELAÇÃO ENTRE O FATURAMENTO DE SERVIÇOS E O FATURAMENTO DE NOVOS PRODUTOS.....101
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....105
REFERÊNCIAS.....110
APÊNDICE A – Artigos sobre servitização, relacionados com desempenho financeiro.....117
APÊNDICE B – Dados referentes ao faturamento mensal de uma empresa..118
APÊNDICE C – Estimativa do modelo ARIMA (1,1,2) para a série de faturamento de produtos.....122
APÊNDICE D – Estimativa do modelo VAR, combinando a série de faturamento de produtos com as séries de faturamento de serviços.....126
APÊNDICE E – Estimativa do modelo híbrido VAR e RNA.....130

1 INTRODUÇÃO

O mercado globalizado e sua consequente maior competitividade proporcionam um comportamento mais exigente dos consumidores, que tem forçado as empresas a investirem em constantes inovações, sejam elas tecnológicas ou não. Neste sentido, são lançados novos produtos, novos processos e novas formas de gerenciamento de negócio nas empresas. Tais mudanças são capazes de agregar valor ao produto oferecido, dificultando sua cópia.

Para Kastalli e Looy (2013), uma maneira de inovar e, simultaneamente, agregar valor ao consumidor é incrementar a oferta de serviços ao portfólio da companhia. Para estes autores, existe um número crescente de fabricantes de bens duráveis que passaram a ofertar serviços durante todo o ciclo de vida dos seus produtos. Estes serviços podem estar relacionados à manutenção corretiva, manutenção preventiva, modernização de sistemas ou à oferta de serviços complementares pela *web*.

Durante muito tempo a oferta de serviços em uma empresa de manufatura foi considerada como uma atividade residual (um mal necessário) e sua existência se justificava apenas pela necessidade da venda de novos bens. Atualmente este conceito está mudando, Guajardo *et al*. (2012) sugerem que a tendência de movimento em direção a uma economia baseada em serviços tem levado empresas de manufatura ao reconhecimento da importância estratégica desta linha de negócios, especialmente em indústrias que produzem bens complexos, com longos ciclos de vida e que podem proporcionar ao usuário consequências indesejadas em função do tempo de inatividade de um determinado sistema.

Segundo Neely (2009), as fronteiras entre empresas de manufatura e de serviço estão sendo eliminadas ao redor do mundo. O autor indica que este fenômeno está relacionado à sobrevivência da companhia, que passa a agregar ofertas de serviços e soluções por meio de seus bens ou eventuais sistemas associados a eles.

No final da década de 1980, Vandermerwe e Rada (1988) realizaram estudos sobre a tendência das empresas de manufatura que buscavam oferecer aos seus clientes uma combinação mais completa de bens e serviços. Os autores descreveram este processo de mudança por meio de exemplos de aplicação, avaliaram os principais motivos para implantação e salientaram os efeitos cumulativos deste

movimento, que denominaram *servitization*. Este trabalho adotou a terminologia utilizada em português (servitização).

O trabalho publicado por Vandermerwe e Rada (1998) deu origem a uma corrente de estudos sobre a servitização, que desde então tem despertado um aumento crescente do interesse científico (NEELY, 2009; BAINES *et al.*, 2009; WEEKS, 2010; KINNUNEN; TURUNEN, 2012; KASTALLI; LOOY, 2013).

Baines *et al*. (2009) acena que o crescimento do interesse acadêmico em relação ao setor de serviços está relacionado ao aumento do ciclo de vida do produto (bens e serviços) ofertado. Desta forma é possível gerar maior competitividade para a empresa, frente aos concorrentes que adotam estratégia exclusiva de preço. Outros estudos ainda acrescentam que o aumento do interesse acadêmico pode estar associado ao fato da servitização ser capaz de criar valor adicional às capacidades de manufatura (CÁCERES; GUZMÁN, 2014; KINNUNEN; TURUNEN, 2012; BAINES *et al*.,2009).

Skinner (1969) propôs as seguintes capacidades de manufatura: eficiência em custo, qualidade, confiabilidade e flexibilidade. O autor já mencionava nesta época a necessidade de interação entre a produção e a estratégia organizacional, por meio do desenvolvimento de capacidades de manufatura que melhor traduzissem as necessidades da empresa. A servitização surge como uma nova capacidade que deve ser considerada na estratégia organizacional. Para Kinnunem e Turunen (2012) a capacidade de servitização de uma companhia está relacionada com a habilidade em criar valor aos clientes, combinada com a disposição em estreitar relacionamentos; mantendo alto nível de produção e vendas de bens manufaturados, mesmo com o incremento da oferta de serviços.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Apesar do crescente interesse da comunidade científica em relação à servitização, a literatura ainda diverge sobre os reais benefícios do processo da servitização em uma empresa de manufatura. Para Bustinza, Parry e Vendrell-Herrero (2013), quando a mesma empresa oferece bens e serviços, corre o risco do aumento dos negócios envolvendo serviços prejudicar a venda de novos produtos manufaturados, uma vez que a prestação de serviços tende a aumentar a vida útil do equipamento, adiando sua reposição. Bowen, Siehl e Schneider (1989) sugerem que

o setor de serviços possui características de heterogeneidade, sendo pouco padronizado e intangível, o que acaba por dificultar sua implantação em uma empresa de manufatura e, consequentemente, a obtenção dos resultados desejados. A falta de lucro frente ao investimento realizado em serviços pode ser definida como o “paradoxo de serviço” (GEBAUER; FLEISH; FRIEDLI, 2005). Para Baines *et al*. (2009) o sucesso da servitização atravessa os principais desafios para sua adoção e estão relacionados às seguintes áreas: escopo de serviços, estratégia organizacional e transformação organizacional.

Por outro lado, existem trabalhos que sugerem benefícios proporcionados pela servitização. Guajardo *et al.* (2012) citam que a oferta de serviços pode trazer vários benefícios, entre eles a aproximação dos fabricantes aos consumidores. Para Kastalli e Looy (2013) a inclusão de serviços ao portfólio da empresa pode ser uma fonte extra de receita. Estes autores ainda indicam que, para uma empresa de manufatura de máquinas utilizadas na construção civil, a proximidade ente o cliente e a companhia, proporcionada pela atividade de serviços, pode impactar positivamente na venda de novos produtos, ao passo que o aumento da venda de novos produtos pode aumentar o potencial da venda de serviços. Estudos realizados por vários autores sugerem que a venda de serviços pode proporcionar alta rentabilidade às empresas de manufatura (JOHNSTON, 1995; ANDERSON; FORNELL; RUST, 1997; ARAUJO; SPRING, 2006). Outros autores, como Brax (2005), Gebauer, Fleish e Friedli (2005) e Baines *et al*. (2009), sugerem que o faturamento de serviços sofre menor influência dos efeitos causados pelos ciclos econômicos em relação ao faturamento que é proveniente da venda de novos produtos.

Diante da divergência, ainda existem poucos artigos que analisam de forma empírica os benefícios financeiros que podem ser proporcionados pela servitização. A produção científica que relaciona o incremento da venda de serviços ao impacto financeiro pode ser fruto de revisão de literatura (KOHTAMÄKI; HELO, 2015; HOLMBOM; BERGQUIST; VANHATALO, 2014), estudos de casos (BAINES; LIGHTFOOT, 2014; GÁSPÁR; SZÁSZ, 2014) ou pesquisas quantitativas que comparam os resultados de diferentes empresas servitizadas e não servitizadas (LI *et al.*, 2015; KOHTAMÄKI; PARTANEN; MÖLLER, 2012; COLEN; LAMBRECHT, 2011; LAY *et al*., 2010; NEELY, 2009). Neste contexto, os artigos se preocupam, sobretudo, em identificar fatores que favorecem o sucesso da servitização, bem como o desenvolvimento de capacidades apropriadas, além de comparar o desempenho de

empresas servitizadas com companhias exclusivamente manufatureiras, deixando de avaliar o real impacto que a venda de serviços pode trazer à venda de novos produtos e consequentemente à companhia.

Por outro lado, Kastalli e Looy (2013) conduziram uma pesquisa utilizando o método quantitativo para avaliar o impacto da servitização à venda de novos produtos. Os autores tomaram como base de dados os resultados das subsidiárias de uma empresa multinacional, que possuía uma gama de oferta de serviços implantada há décadas. Entretanto, neste trabalho, os autores não avaliaram o impacto da demanda de serviços no modelo de previsão de vendas de novos produtos.

Os dados dos trabalhos quantitativos existentes são provenientes de empresas já servitizadas, de acordo com Neely (2009), este fato pode trazer algum tipo de viés ao estudo, pois não existe comparação entre o resultado financeiro anterior à mudança de estratégia da companhia.

A maior parte dos segmentos industriais analisados pelos estudos existentes consideram produtos com alto valor agregado, longo ciclo de vida e que são comercializados diretamente para o usuário do sistema ou produto (KASTALLI; LOOY, 2013; AHAMED; KAMOSHIDA; INOHARA, 2013). Não existem estudos em relação ao resultado obtido pela servitização em indústrias que fornecem sistemas eletromecânicos para equipar edificações. Este tipo de produto pode ser comercializado para o construtor ou para o usuário, tem alto valor agregado e longo ciclo de vida e, após ser instalado, torna-se um ativo imobilizado da edificação.

Gebauer *et al*. (2012) identificaram que a pesquisa sobre servitização está concentrada em indústrias localizadas em países com economias desenvolvidas, desta forma, os autores indicam a oportunidade para o desenvolvimento de conhecimento sobre este fenômeno em empresas localizadas nos países que possuem economias em desenvolvimento.

Este trabalho preenche uma lacuna ao conduzir uma pesquisa que toma como base os dados de uma empresa multinacional, que atua no mercado brasileiro com a produção e o comércio de sistemas eletromecânicos para equipar edificações, avaliando o impacto financeiro da implantação da servitização, bem como a influência que o faturamento de serviços pode exercer na previsão de faturamento de novos produtos.

1.2 OBJETIVOS E PERGUNTAS DE PESQUISA

O objetivo desta pesquisa é o de analisar de maneira quantitativa o benefício financeiro proporcionado pela implantação da servitização, medindo o impacto que o faturamento de serviços causa no faturamento total de uma indústria de equipamentos eletromecânicos, que atua no mercado brasileiro. Os objetivos secundários da pesquisa são:

a) Avaliar a relação entre o faturamento proporcionado pela venda de novos produtos e o faturamento proporcionado pela venda de serviços;
b) Comparar a acurácia de modelos de previsão de faturamento de novos produtos, considerando a inclusão (ou não inclusão) da série de faturamento de serviços.
c) Comparar a acurácia de modelos híbridos (Séries Temporais combinada a Redes Neurais) para avaliar a relação entre o faturamento de serviços e o faturamento de novos produtos.

Neste sentido, foi utilizada a base de dados de uma empresa metalúrgica multinacional, que fabrica, comercializa e mantém soluções de acesso para edificações. Os dados relativos ao faturamento da empresa, à venda de novos produtos e à venda de serviços, foram obtidos por meio do resultado mensal da companhia, desde janeiro de 2006. O processo de servitização na companhia teve início em janeiro de 2011, sendo que os primeiros resultados significativos foram obtidos em julho de 2011. Os dados foram analisados até o mês de agosto de 2015.

Para atingir os objetivos propostos, a pesquisa foi conduzida sob abordagem quantitativa, com análise de séries temporais, no intuito de responder as seguintes perguntas:

a) A venda de serviços proporciona aumento de faturamento para uma empresa de manufatura?
b) A venda de serviços causa impacto positivo na venda de novos produtos para uma empresa de manufatura?
c) Considerar a série de faturamento de serviços no modelo de previsão de faturamento de novos produtos melhora a acurácia deste modelo?
d) O uso de um modelo híbrido (Series Temporais combinado a Redes Neurais) é mais adequado para avaliar a relação entre o faturamento de serviços e o faturamento de novos produtos?

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em cinco seções, sendo o primeiro a introdução, que apresenta o tema, as lacunas do conhecimento em relação ao assunto proposto e, consequentemente, os objetivos e as perguntas de pesquisa.

Na seção 2 se encontra a revisão da literatura sobre os temas selecionados. Neste tópico, o conceito de “serviços”, bem como sua importância econômica são abordados, posteriormente é apresentado o estado da arte da servitização. Isto inclui: os benefícios que levam à servitização e os desafios que devem ser superados para mitigar o “paradoxo de serviço”.

O conhecimento adquirido é reportado por meio da literatura já publicada, identificação dos artigos e os autores mais relevantes, além da apresentação das correntes que podem ser debatidas.

A seção 3 expõe a estratégia utilizada para a realização da pesquisa e justifica a utilização da abordagem quantitativa. Também se apresentam a coleta, a técnica e os processos utilizados para a análise dos dados, a fim de responder as perguntas de pesquisa, formuladas no item 1.2 (objetivos e perguntas de pesquisa).

Esta seção descreve os modelos de séries temporais (com ênfase nos modelos ARIMA e VAR) e redes neurais, utilizados na análise dos dados.

A seção 4 apresenta e discute os resultados obtidos, relacionando a informação obtida com as perguntas de pesquisa, tendo a finalidade de alcançar o objetivo proposto em 1.2

Em seguida, na seção 5, são feitas as considerações finais do trabalho, suas limitações e sugestões para futuras pesquisas.

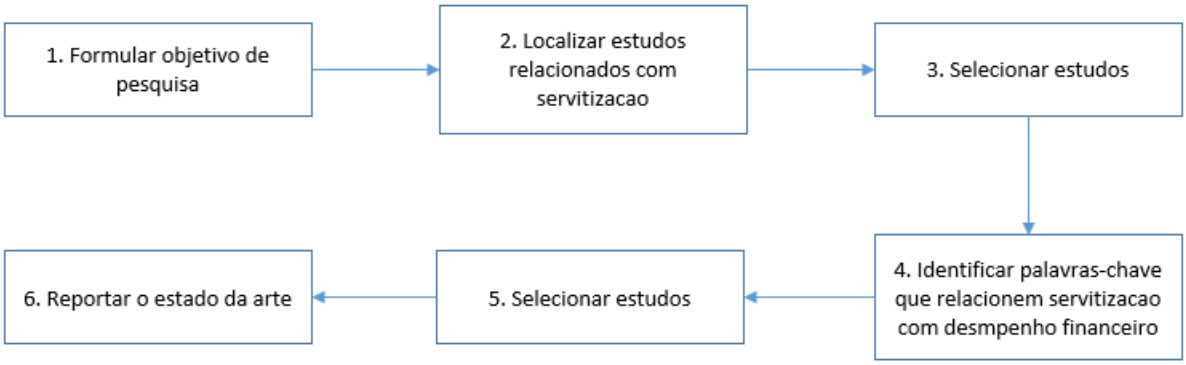
2 REVISÃO DE LITERATURA

O estado da arte é uma expressão que representa o estágio atual do nível de pesquisa científica sobre um determinado tema, trata-se do levantamento do conhecimento sobre um assunto a partir de pesquisas realizadas. Este capítulo reporta o conhecimento adquirido por meio de artigos científicos já publicados.

Segundo Mentzer e Khan (1995), a revisão de literatura permite identificar, interpretar e resumir a bibliografia atual disponível, apresentando uma perspectiva histórica sobre um determinado conhecimento, o que possibilita a identificação dos limites de um tema. Para Ferreira (2002), o que parece motivar o uso da revisão de literatura é a falta de percepção acerca da totalidade de estudos sobre uma área.

Para Colicchia e Strozzi (2012) a *Systematic Licterature Review* (SLR) é diferente de outros métodos de avaliação devido a transparência, a natureza explicativa e heurística, permitindo uma visão objetiva sobre os resultados da pesquisa, além de mitigar o viés. A Figura 1 representa o processo de pesquisa para a seleção dos artigos que foram utilizados neste trabalho, baseados na revisão de literatura sistemática (*Systematic Licterature Review*).

Figura 1– Processo de pesquisa para revisão de literatura



Fonte: Autor “adaptado de” Colicchia e Strozzi, 2012

Inicialmente, a pesquisa foi realizada na base de dados do Scopus e do Proquest, buscando artigos publicados entre 1988 e agosto de 2015, que continham em seus títulos, ou resumos, ou palavras-chave; os seguintes termos: *servitization*, *servitisation,* servitização.

O termo *product-service system* (PSS) não foi utilizado como chave de busca. Para Neely (2009) muitas pesquisas com ênfase em PSS têm foco no potencial

benefício ambiental que pode ser proporcionado pela combinação de produtos e serviços. Beuren, Ferreira e Miguel (2013) sugerem que o PSS tem a preocupação pela redução do impacto ambiental que pode ser causado pela eventual alta do consumo, desta forma o PSS procura analisar a transformação da venda exclusiva de um bem manufaturado para a venda de uma solução de uso, que combine bens e serviços de maneira rentável e competitiva. Apesar de existir a possibilidade de conexão com aspectos da servitização, o uso de PSS como chave de busca poderia afastar a pesquisa de seu objetivo, uma vez que a servitização envolve inovação nas capacidades organizacionais e seus respectivos processos. Existem diferenças significativas quanto à motivação entre estas duas correntes.

O uso do mesmo termo, escrito de três maneiras diferentes pode ser explicado pelo idioma da pesquisa: *servitization*, considera o inglês britânico; *servitisation*, considera o inglês norte-americano e servitização considera o idioma português. O ano de início da pesquisa se justifica para incluir os primeiros estudos sobre servitização, publicados por Vandermerwe e Rada em 1988.

O resultado da pesquisa realizada em cada base de dados foi inserido em uma planilha elaborada no *software* MS Excel, contendo os seguintes dados dos artigos encontrados: título da publicação, autores, resumo, idioma, ano de publicação, país de publicação. A duplicidade dos artigos que apareciam nas duas bases de dados foi eliminada. Foram considerados apenas os artigos escritos nos idiomas inglês ou português, desta forma não foram considerados 11 artigos escritos em chinês e 7 artigos escritos em espanhol.

Com estes critérios de pesquisa foram encontrados 172 artigos.

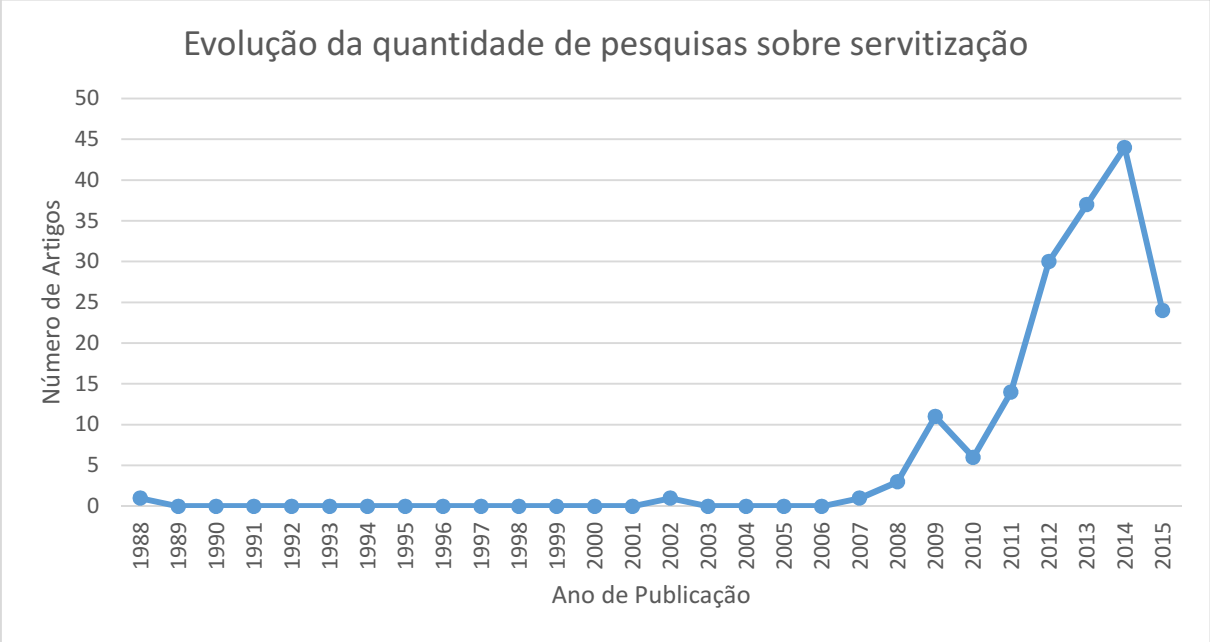
A Figura 2 mostra a evolução de publicações sobre servitização ao longo do tempo. Nesta figura é possível perceber que apesar do termo ter sido descrito pela primeira vez em 1988, apenas após o ano de 2006 este tema passou a despertar um gradativo interesse da comunidade científica.

Figura 3 apresenta a evolução da quantidade acumulada de artigos científicos publicados, relacionados ao estudo da servitização. A imagem indica que o estudo sobre este tema pode não ter saturado, uma vez que a inclinação da curva, indicando a quantidade somada de artigos publicados, parece ser ascendente.

Baines *et al*. (2009) sugerem que o crescimento do interesse acadêmico em relação ao setor de serviços está relacionado ao aumento do ciclo de vida do produto

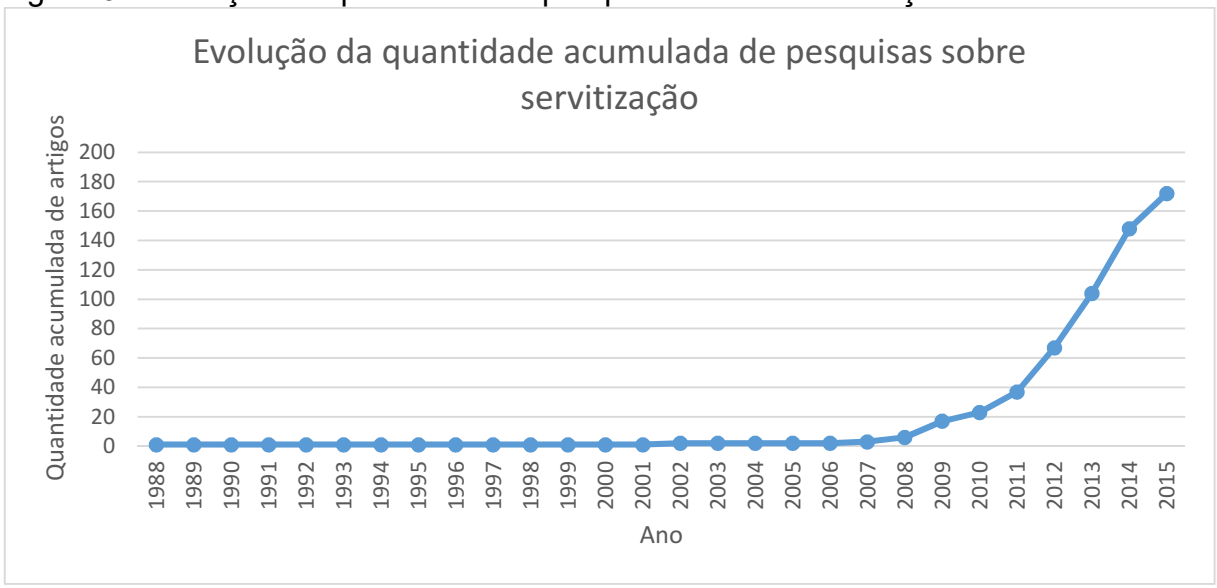
(bens e serviços) ofertado. Segundo o autor, o desenvolvimento do segmento de serviços em uma empresa de manufatura pode gerar o aumento de sua competitividade, frente aos concorrentes que adotam estratégia exclusiva de preço.

Figura 2– Evolução da quantidade de pesquisas sobre servitização



Fonte: Autor

Figura 3– Evolução da quantidade de pesquisas sobre servitização



Fonte: Autor

Segundo Neely (2009) as fronteiras entre a manufatura e os serviços estão se dissolvendo ao redor do mundo, pois aparentemente, uma empresa exclusiva de manufatura tem uma chance reduzida de sobreviver à concorrência global. Países como Estados Unidos e Reino Unido têm apresentado esforços para redução de custos a fim de tornar seus produtos mais competitivos, entretanto estes esforços parecem não ser o bastante, desta forma incrementam serviços e soluções aos produtos manufaturados. O autor atribui à tendência das empresas em movimentar sua estratégia no sentido da servitização como uma resposta à concorrência em um mercado globalizado, o motivo do crescimento do interesse acadêmico pelo tema.

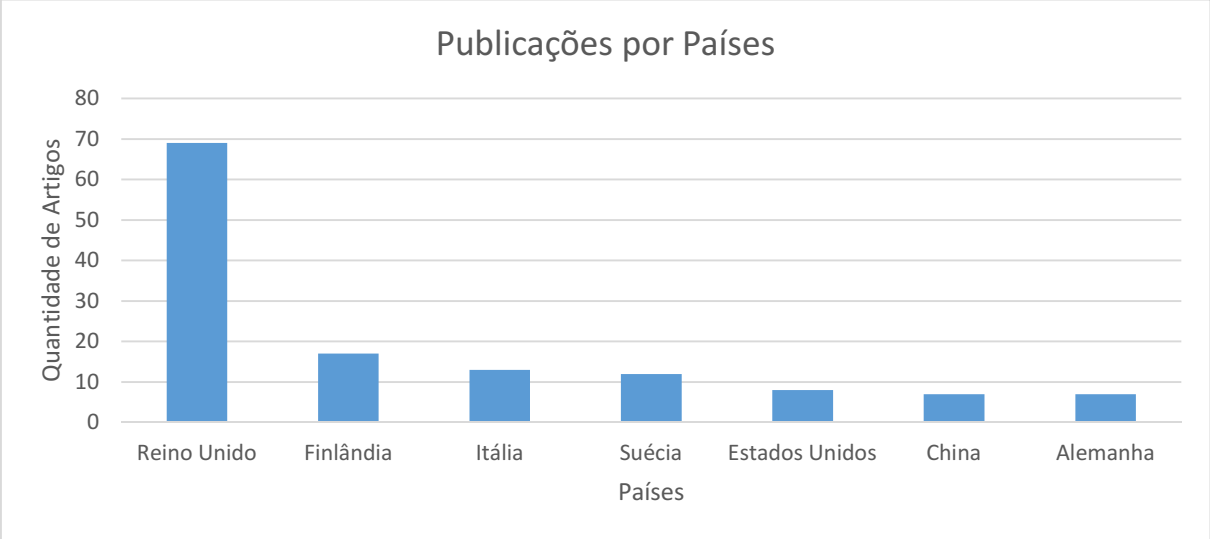
Cáceres e Guzmán (2014) relacionam a relevância da servitização com o crescimento da importância do setor de serviços para as economias dos países em desenvolvimento, os autores acrescentam que nas últimas décadas o processo de criação de valor mudou de um sistema baseado na exclusiva produção de bens em direção a uma economia baseada no conhecimento e nos fatores intangíveis, combinados aos bens manufaturados; neste sentido, apesar do processo de inovação em serviços não poder ser considerado unicamente como tecnológico, uma vez que a maior parte da inovação neste setor não é baseada na tecnologia física (por exemplo: novos ativos financeiros), este pode consistir em métodos ou mudanças na organização ou no *marketing* da companhia, que precisam ser melhor compreendidos. Para Kinnunem e Turunen (2012) os serviços oferecidos por uma empresa de manufatura têm revelado, cada vez mais, fazer parte da estratégia organizacional. Gebauer (2008) argumenta, adicionalmente, que o incremento de serviços ao portfólio de uma empresa ainda pode compensar financeiramente a eventual redução das margens dos produtos manufaturados.

A Figura 4 apresenta os 7 países que mais publicaram sobre o tema. Nesta imagem nota-se que o Reino Unido se destaca pela quantidade de artigos ligados à servitização: 69.

A primeira publicação científica brasileira que utilizou o termo “servitização” ocorreu em 2013. Beuren, Ferreira e Miguel (2013), utilizaram a metodologia de revisão de literatura para analisar os artigos publicados entre 2006 e 2010, neste trabalho os autores destacam a oportunidade competitiva que pode ser proporcionada pela combinação de produtos e serviços em uma empresa de manufatura, a evolução do estudo sobre PSS e cita perspectivas de pesquisas sobre o tema.

Após a análise inicial, utilizando as mesmas bases de dados (Scopus e Proquest), a pesquisa foi aprimorada, cruzando os termos: “servitization”, “servitisation” e servitização; com os termos: “performance”; “profitability”; “financial”; “desempenho”; “lucratividade” e “financeiro”. O objetivo da busca foi encontrar artigos que contivessem em seu título, resumo ou palavras-chave, pelo menos uma palavra indicando o tema “servitização”, relacionado com outra palavra que indicasse “resultado financeiro”; aproximando o resultado da pesquisa com o objetivo da dissertação.

Figura 4– Os 7 países que mais publicaram artigos sobre servitização

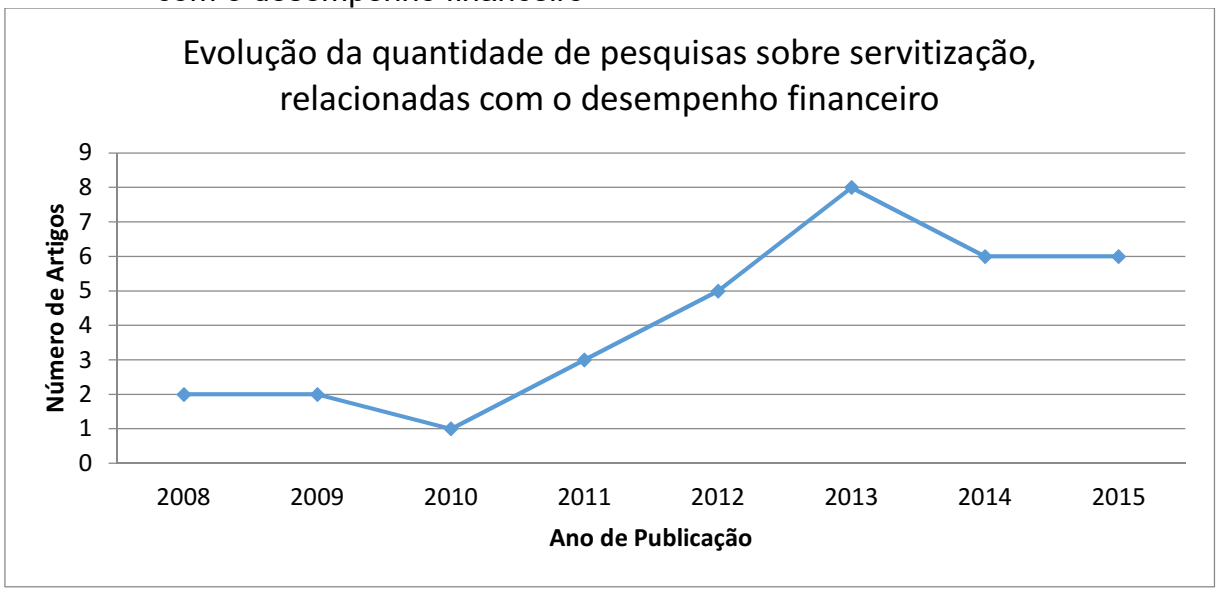


Fonte: Autor

A Figura 5 mostra a evolução de publicações sobre servitização, que tratam o tema sob o aspecto do desempenho financeiro. Nesta figura é possível perceber que os primeiros artigos foram publicados em 2008.

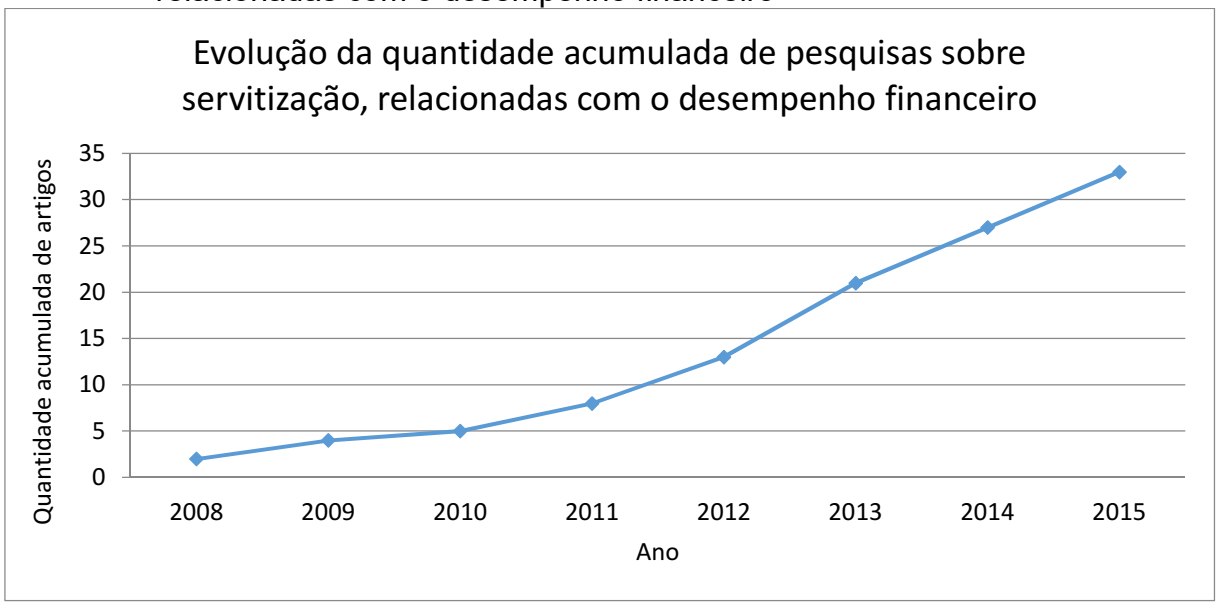
A Figura 6, por sua vez, indica que o estudo sobre o tema parece não ter saturado, o gráfico apresenta a quantidade somada dos artigos publicados, que relaciona a servitização com o desempenho financeiro.

Figura 5 – Evolução da quantidade de pesquisas sobre servitização, relacionadas com o desempenho financeiro



Fonte: Autor

Figura 6 – Evolução da quantidade acumulada de pesquisas sobre servitização, relacionadas com o desempenho financeiro



Fonte: Autor

2.1 SERVIÇOS: CONCEITO, IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E INOVAÇÃO

A apresentação do conceito de serviços, bem como suas principais diferenças em relação à produção de bens manufaturados, se faz necessário, uma vez que produtos e serviços se conectam quando existe o debate sobre servitização.

Segundo Baines *et al*. (2009) o ponto de partida de uma pesquisa é o processo de definições claras, neste sentido quando há referência a um produto ou bem manufaturado, geralmente há uma compreensão homogênea entre as empresas, uma vez que os termos remetem a um produto físico, por exemplo: um carro, um telefone celular; entretanto, o termo “serviço” é mais controverso.

2.1.1 Conceito de Serviços

Segundo Vandermerwe e Rada (1988) já foi empreendida muita energia na tentativa de definição de serviço, os autores sugerem que serviços são realizados, ao passo que produtos são produzidos, além disso, serviços são essencialmente intangíveis. Lovelock e Wright (2007) acrescentam que o serviço pode estar ligado a um produto físico, mas seu ato ou desempenho não resulta em propriedade.

Zeithaml, Parasuraman e Barry (1985) realizaram uma revisão de literatura de estudos relativos a serviços, publicados entre 1963 e 1983. Deste estudo extraíram características básicas dos serviços, que estavam presentes na literatura disponível: ser intangível (*intangibility*), ser heterogêneo (*heterogeneity*), ser inseparável (*inseparability*) e ser perecível (*perishability*); formando assim o IHIP (*intangibility*, *heterogeneity*, *inseparability*, *perishability*), um paradigma, conhecido pelas iniciais de cada palavra que descreve tais características no idioma inglês e, de acordo com Lovelock e Gummesson (2004), foi amplamente utilizado por cerca de duas décadas:

a) Intangível: serviços são ações, esforços e desempenho, não podem ser tocados, uma vez que não são objetos materiais;
b) Heterogêneo: forte variação de provedor para provedor e de cliente para cliente, uma vez que são difusos, especialmente quando comparados à produção em massa, além disso, a qualidade do serviço depende de quem o executa, de quando, onde e como são executados.
c) Inseparável: a produção e o consumo do serviço ocorrem de maneira simultânea;
d) Perecível: os serviços não podem ser armazenados.

Embora os paradigmas possam facilitar a pesquisa e gerar axiomas, que são úteis para o aprendizado, eles são apenas temporários e a validade do pressuposto deve estar sempre aberta ao desafio (LOVELOCK; GUMMESSON, 2004), neste sentido, apesar de amplamente utilizado, o IHIP foi debatido ao longo do tempo.

Segundo Spring e Araujo (2009), a adoção generalizada do IHIP para a definição de serviços pode ser enganosa, Sampson e Froehle (2006, p. 331) apresentaram a teoria unificada de serviços, UST (*Unified Services Theory*), cujo núcleo fundamental é que "em processos de serviços, o cliente fornece entradas significativas para o processo de produção", segundo os autores esta declaração define simultaneamente o que são serviços e o fazem deles serviços, uma vez que a presença de entradas de cliente estabelece um processo de produção como um processo de serviço (sua presença é suficiente), ou seja: a presença de entradas do cliente é uma condição necessária e suficiente para definir um processo de produção como um processo de serviço. Seguindo este contexto, Sping e Araujo (2009) sugerem três tipos de entradas:

a) *Self-inputs*, onde há co-produção ou a presença do próprio cliente, exemplo: transporte, cuidados de saúde e restaurantes;
b) Bens tangíveis, exemplo: conserto de um carro, reparo em um bem manufaturado;
c) Informação fornecida pelo cliente, exemplo: dados para preparação da declaração de um imposto

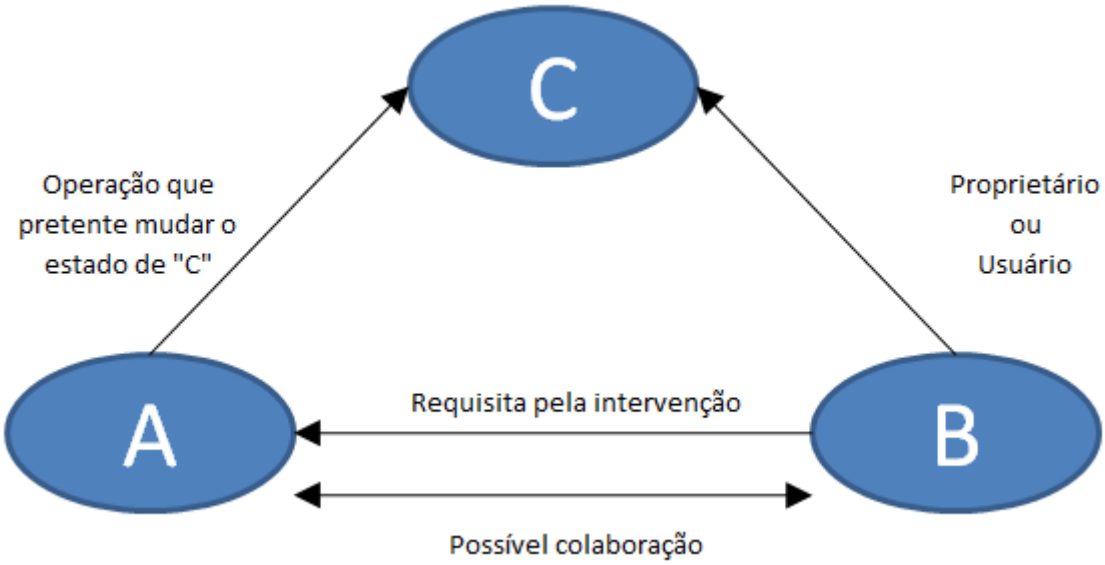
Segundo Gadrey (2000), o serviço não é uma entidade, entretanto, diz respeito a uma entidade que pertence a quem solicita o serviço; requer uma relação entre quem procura o serviço e o prestador de serviço; tem como saída uma mudança na condição da entidade, entretanto nenhum direito de propriedade pode ser atribuído a esta saída. Gallouj e Savona (2009) acrescentam que o serviço não produz uma saída que possa ser incorporada em qualquer coisa que seja fisicamente quantificável. Segundo os autores, a prestação de serviço se trata de um processo, uma sequência de operações, uma fórmula, um protocolo, ou a solução de um problema.

Araujo e Spring (2006) desenvolveram um diagrama, denominado “triângulo de serviços” que sintetiza a definição de Gadrey (2000), conforme apresenta a Figura 7.

De acordo com o triângulo de serviços, sugerido por Araujo e Spring (2006), com base na definição inicial de Gadrey (2000), o Consumidor é representado pela letra “B”, o prestador de serviço é representado pela letra “A” e o estado de uma

realidade é representado pela letra “C”. A atividade de serviço é uma operação que pretende mudar o estado de uma realidade “C”, que é propriedade ou utilizada pelo consumidor “B”, a mudança é realizada pelo prestador de serviço “A”, sempre que requerida pelo consumidor “B”, mas sem levar à produção de um bem que possa circular na economia de maneira independente de “C”, circulação entendida como a transferência ou propriedade de direitos ao invés de circulação no espaço.

Figura 7 - Triângulo de serviços



Fonte: Autor “adaptado de” Araujo e Spring, 2006

Entretanto, para o próprio Gadrey (2000), a definição citada até este momento abrange apenas um tipo de serviço, denominado “pedido de intervenção”. Pode-se citar como exemplos de um “pedido de intervenção” o conserto de um automóvel, o corte de cabelo ou até mesmo uma intervenção cirúrgica. O autor reforça a pesquisa sugerindo que o “pedido de intervenção” não pondera atividades como o uso de uma rede de telefonia, ou canais de televisão por assinatura, onde a aquisição é justamente o direito temporário do uso de um determinado sistema, que deve ser mantido para assegurar este propósito. Neste caso, a atividade principal do prestador de serviço é a manutenção da capacidade, denominado como o “direito para o uso da capacidade”. Gadrey (2000) ainda identifica outra categoria de serviço, baseada no “desempenho efetivo de uma capacidade humana”, podendo ser citado como exemplo um restaurante ou um professor em sala de aula.

Neste sentido, Gradey (2000) define serviço, de maneira mais abrangente, como a compra por um agente “B” (consumidor) do direito de uso (geralmente por um período especificado), ou de uma capacidade técnica e humana, possuídos ou controlados por um agente “A” (fornecedor), a fim de produzir efeitos úteis sobre o agente “B” (consumidor) ou sobre mercadorias “C” (estado de uma realidade) detida pelo agente “B” (consumidor) ou para o qual ele é responsável.

O Quadro 1 sumariza as características de serviços apresentadas neste tópico, comparando as diferenças entre bens manufaturados e serviços.

Quadro 1 - Diferenças entre serviços e bens manufaturados

BENS	SERVIÇOS
Material, físico, tangível	Uma atividade, uma ação, intangível
Homogêneo: repetibilidade, baixa variância	Heterogêneo: qualidade em função de quem o executa, de quando, onde e como são executados.
Pode ser estocado	Não pode ser estocado
Produção e consumo em momentos distintos	Produção e consumo simultâneos
Cliente não participa do processo produtivo	Cliente participa da produção, fornecendo entradas

Fonte: elaborado pelo autor, baseado em Araujo e Spring, 2006; Gadrey, 2000; Sampson e Froehle, 2006; Zeithaml, Parasuraman e Barry, 1985;

2.1.2 A importância econômica de serviços

A prestação de serviços é parte integrante da vida dos consumidores, as pessoas passam por experiências relacionadas a este tipo de atividade frequentemente, por exemplo: relacionamento com companhia de telefonia móvel, contratação de canais de televisão, manutenção ou conserto de um bem, serviços bancários, procedimentos de diagnósticos médicos. Anderson *et al*. (2013) sugerem que diariamente os consumidores recebem ofertas e prestações de serviços que podem afetar significativamente o seu bem-estar.

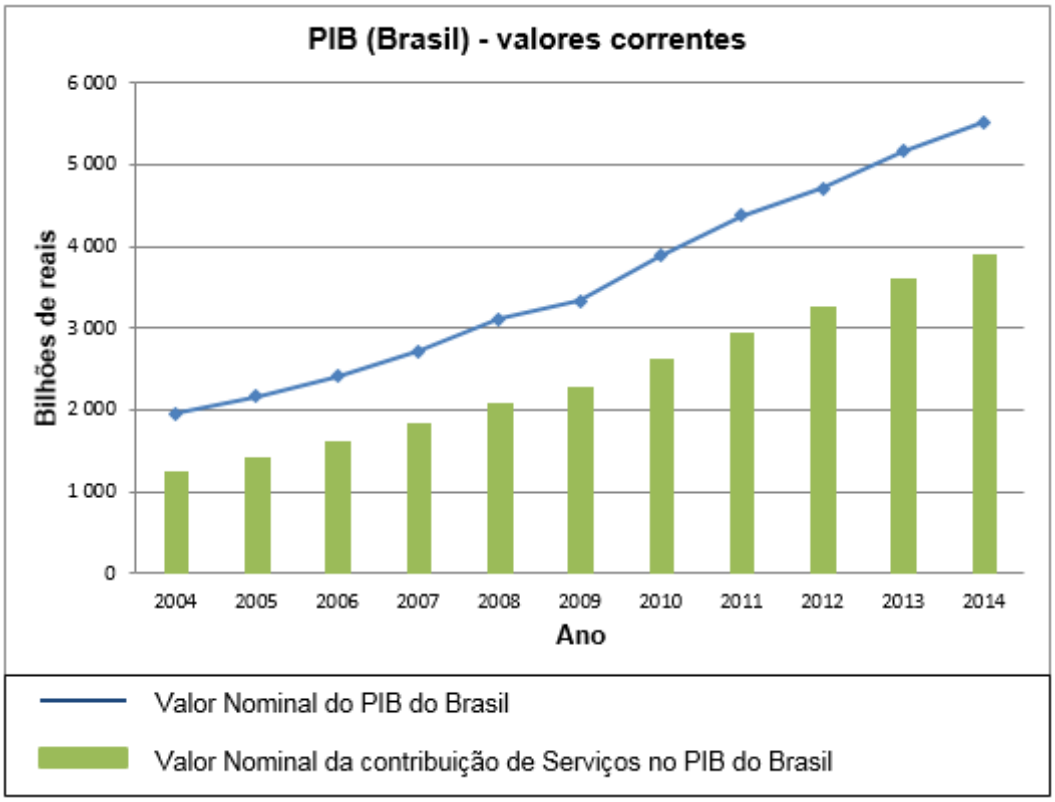
Parece haver consenso sobre a importância do papel que o setor de serviço desempenha na economia (LOVELOCK; GUMMESSON, 2004; DE KEYSER; LARIVIERE, 2014). Para Cáceres e Guzman (2014), nas últimas seis décadas, ocorreram rápidas mudanças estruturais na maioria das economias em todo o mundo. Segundo os autores, a contribuição do setor de serviços no PIB (Produto Interno Bruto) dos países em desenvolvimento era cerca de 50% na década de 1950, passando para mais de 65% de contribuição nos dias atuais. Aproximadamente 80% da economia estadunidense é constituída por serviços (DE KEYSER; LARIVIERE, 2014). Além disso, nas últimas décadas, em uma escala global, apenas o setor de serviços parece ter continuado o crescimento e a geração de novos postos de trabalho, enquanto a agricultura e manufatura caíram proporcionalmente no PIB e na geração de empregos (CÁCERES; GUZMAN, 2014). O desenvolvimento das economias em direção à serviços atraiu a atenção da comunidade científica na Europa e nos Estados Unidos, simultaneamente (LOVELOCK; GUMMESSON, 2004). Durante as últimas três décadas, o número de pesquisas sobre serviços aumentou consideravelmente, atingindo um bom nível de maturidade, apesar da pesquisa ter limitado sua influência sobre a disciplina de *marketing* em geral (GRONROOS; RAVALD, 2011)

Conforme estudo apresentado por De Vargas *et al*. (2013), o setor de serviços no Brasil também parece ter chamado a atenção de pesquisadores e empresários, uma vez que esta linha de negócios responde por uma significativa parte do PIB. Para os autores, a pesquisa brasileira parece ter alinhamento de abordagem teórica em relação aos rumos da pesquisa internacional.

A Figura 8 apresenta a evolução do PIB do Brasil, considerando: o valor nominal total, em moeda local (Reais) e o valor nominal que representa a contribuição de serviços na composição do resultado final. Esta figura indica o crescimento do PIB, assim como o aumento gradativo do valor nominal da contribuição de serviços, o que sugere o destaque desta atividade para a economia do país.

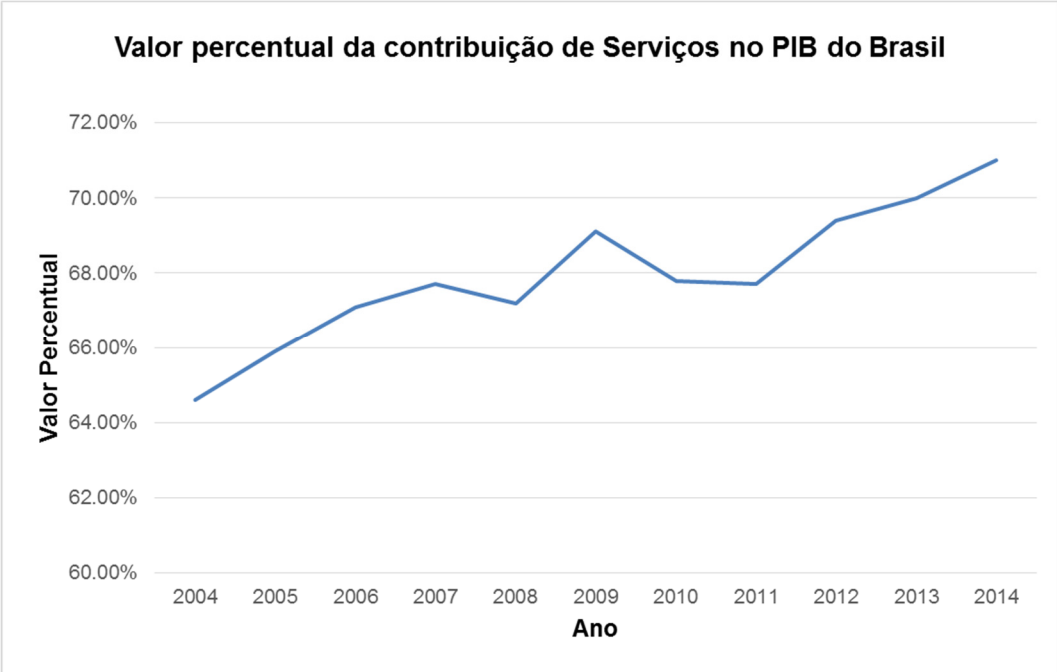
A Figura 9 apresenta a evolução percentual da contribuição de serviços no PIB do Brasil. A imagem indica que o percentual do PIB relativo à contribuição de serviços, parece ser ascendente.

Figura 8– Evolução do PIB do Brasil, valores nominais



Fonte: Indicadores, Banco Mundial

Figura 9 - Evolução percentual da contribuição de serviços no PIB do Brasil



Fonte: Indicadores, Banco Mundial

A análise da Figura 8 e da Figura 9 alude para o aumento gradativo da importância desta linha de negócios durante este período.

2.1.3 Inovações em serviços

De Vargas *et al*. (2013) identificaram, por meio de revisão de literatura, três abordagens teóricas sobre inovações em serviço, que agrupam a evolução do conhecimento sobre este tema desde a década de 1990: tecnicista, baseada em serviços e integradora.

A abordagem tecnicista (ou ciclo reverso de produto) está baseada nas inovações provocadas pelo desenvolvimento em tecnologia, informação e comunicação (DE VARGAS *et al.*, 2013; GALLOUJ; SAVONA, 2009). Segundo De Vargas *et al*. (2013) dentro da abordagem tecnicista existem três estágios de uma inovação. O primeiro estágio, a introdução de uma nova tecnologia, não traria resultados surpreendentes e seria responsável por uma pequena melhoria no desempenho do serviço. No segundo estágio a inovação ainda seria incremental, mas devido ao resultado obtido no primeiro estágio, neste momento, já era possível a implantação de melhorias na qualidade do serviço. Durante o terceiro estágio, a

tecnologia permitiria a reorganização das atividades e, consequentemente, a oferta de serviços totalmente novos.

Para Gallouj e Savona (2009) este tipo de abordagem reduz a inovação em serviços tão-somente à uma adaptação ou a utilização de tecnologia, sem contemplar a inovação tecnológica endógena, tampouco a inovação não tecnológica.

A abordagem orientada a serviços visa identificar quaisquer particularidades da natureza do serviço, bem como sua organização; esta abordagem tenta destacar todas as especificidades de uma prestação de serviço, tendo o foco nas singularidades de seu processo produtivo, ou seja: as oportunidades de inovação se concentram na forma difusa e na incerteza, que são peculiares da prestação de serviços (DE VARGAS *et al*., 2013; GALLOUJ; SAVONA, 2009). Apesar de incluir contribuições da abordagem tecnológica, este enfoque tenta ampliar as perspectivas de inovação para abraçar os aspectos não-tecnológicos, além de reforçar a relação entre usuário e fornecedor, como fonte de oportunidade para a inovação (GALLOUJ; SAVONA, 2009).

A abordagem integradora direciona o desenvolvimento de uma estrutura conceitual comum para bens manufaturados e serviços, capaz de criar uma visão ampliada de inovação que pode ser aplicada tanto para um bem tangível, como para um serviço intangível (GALLOUJ; SAVONA, 2009).

Segundo De Vargas *et al*. (2013), este tipo de abordagem procura estabelecer características de inovação, que sobressaem às características específicas de serviços e possibilita equalizar análises que integrem o setor de manufatura e o setor de serviços, neste sentido Gallouj e Weinstein (1997) sugerem que uma inovação pode ser:

a) Inovação radical – envolve a criação de um produto ou serviço totalmente novo;
b) Inovação de melhoria – resulta da alteração de alguma característica, supostamente melhor em relação ao produto ou serviço existente;
c) Inovação incremental – substituição ou adição de alguma característica do produto atual;
d) Inovação *ad hoc* – alteração das características de um produto ou serviço, com o objetivo de encontrar uma solução interativa para um determinado problema particular, colocado por um cliente. Esta alteração é baseada em conhecimento disponível e experiência acumulada;

e) Inovação de recombinação – criação de novos produtos e serviços, por meio da combinação de características de produtos e serviços existentes;
f) Inovação de formalização – é uma forma de especificar e nomear as características e funções de produtos ou serviços, organizando sua sequência; ou seja: viabilizar a reprodução de uma solução, por meio da padronização de características.

2.2 O CONCEITO DE SERVITIZAÇÃO

Por um longo tempo a literatura sobre inovação de bens manufaturados e inovação em serviços caminhou de maneira independente, entretanto as soluçõs integradas de produtos e serviços representam um tipo de inovação (WINDAHL *et al*., 2004).

Segundo Schemenner (2009), a integração de produtos e serviços já existe há mais de 150 anos, contudo a produção de bens e a prestação de serviços eram realizados por empresas distintas, desta maneira, geralmente, não era o fabricante de bens que tinha o relacionamento mais próximo com o consumidor, o autor acrescenta que as inovações nas redes de suprimentos, a partir da segunda metade do século XIX, direcionou as empresas que queriam estabelecer barreiras à entrada de novos competidores para o movimento das inovações que integram produtos e serviços, transferindo o controle destes dois segmentos para a mesma companhia, no entanto este tema passou a receber maior atenção da comunidade científica apenas nos últimos 20 anos.

O termo servitização foi criado por Vandermerwe e Rada (1988) para descrever o processo que cria valor às empresas, adicionando serviços aos bens manufaturados. Desde então, pesquisadores da área buscaram uma definição mais completa para explicar melhor a abrangência deste tema.

Ren e Gregory (2007) definiram a servitização como um processo de mudança que orienta as empresas de manufatura para o desenvolvimento de serviços, com o objetivo de satisfazer as necessidades do cliente, criar vantagem competitiva e proporcionar melhor desempenho da empresa.

Para Baines *et al*. (2009) e Weeks (2010), servitização é a inovação estratégica das capacidades de uma organização associada a inovação do processo para a criação de valores. Estas inovações possibilitam às empresas promover a mudança

da simples oferta de bens manufaturados à venda de bens e serviços de maneira integrada. Weeks (2010) argumenta que o processo de servitização não implica na redução da importância que deve ser atribuída à manufatura, mas que os serviços deveriam assumir “o seu lugar de direito” na gestão contemporânea dos negócios.

Paralelamente, apareceram outras correntes, abordadas por pesquisadores de diferentes áreas de conhecimento, que trazem diferentes definições relacionadas com a integração entre produtos e serviços, mas cujas essências são análogas e produzem pesquisas que podem se conectar:

a) Segundo Windahl *et al*. (2004), “solução integrada” é a estratégia que combina produtos e serviços em uma mesma companhia, com a finalidade de atender uma necessidade específica do cliente. Este tipo de estratégia traz desafios a serem superados, por exemplo: o planejamento para iniciar o movimento de transformação e as capacidades que devem ser desenvolvidas para se gerar soluções completas aos clientes. Segundo o autor, tais obstáculos podem explicar o motivo de poucas empresas buscarem esta transformação, apesar dos benefícios que possam ser alcançados.
b) Para Oliva e Kallenberg (2003), quando uma empresa assume o risco de toda operação, desde a fabricação até a manutenção do usuário final, existe uma estratégia de “serviços operacionais”. Neste sentido os autores acrescentam que a consolidação da oferta de serviço é normalmente acompanhada por uma forte iniciativa para melhorar a eficiência, a qualidade e o tempo de entrega dos serviços prestados.
c) Conforme Geum et al. (2011) a “integração de produtos e serviços” é a inovação estratégica que inclui a convergência entre produtos e serviços, no sentido de atender aos valores dos clientes e trazer novas oportunidades de crescimento para a empresa.
d) Os “produtos funcionais” foram definidos por Markeset e Kumar (2005) como uma alternativa para a venda e o suporte de um produto convencional, neste cenário o fabricante garante o desempenho do produto. Em outras palavras, os clientes não compram produtos ou serviços, mas em vez disso compram *performance*, como por exemplo: metro perfurado por turno, volume por hora.

e) Para Baines *et al*. (2007) o sistema de produto-serviço (*Product Service System*, PSS) é a integração da oferta de produtos e serviços que fornecem o valor ao uso. O PSS oferece a oportunidade de dissociar o sucesso econômico ao consumo de material e, consequentemente, reduzir o impacto ambiental causado pela produção, comercialização e descarte de bens manufaturados.

Desde a publicação de Vandermerwe e Rada (1988) até os dias atuais, parece ter ocorrido uma ligeira evolução no conceito de servitização, no entanto para Baines *et al*. (2009), existe consenso que o alicerce das definições sobre o tema é a crescente oferta da prestação de serviços, tomando como base os produtos comercializados pela empresa. Segundo o autor, este conceito é coberto de maneira implícita por uma variedade de temas relacionados com a integração entre produtos e serviços.

O Quadro 2 sumariza os conceitos apresentados, indicando a evolução cronológica da definição de servitização e as definições de outros termos que utilizam a integração de produtos e serviços em uma mesma companhia como base de pesquisa para trabalhos que possam se conectar.

Quadro 2 - Definições sobre servitização e outros termos que se conectam

Termo	Autores	Definição
serviços operacionais	Oliva e Kallenberg (2003)	O risco de toda operação assumido pela empresa, desde a fabricação até a manutenção do usuário final.
solução integrada	Windahl et al. (2004)	Estratégia que combina produtos e serviços em uma mesma companhia, com a finalidade de atender uma necessidade específica do cliente.
produtos funcionais	Markeset e Kumar (2005)	Alternativa para a venda e o suporte de um produto convencional, neste cenário o fabricante garante o desempenho do produto.
Product Service System (PSS)	Baines et al. (2007)	A oportunidade de dissociar o sucesso econômico ao consumo de material e, consequentemente, reduzir o impacto ambiental de atividade econômica.
integração de produtos e serviços	Geum et al. (2011)	Inovação estratégica que inclui a convergência entre produtos e serviços, no sentido de atender aos valores dos clientes e trazer novas oportunidades de crescimento para a empresa.
Servitização	Vandermerwe e Rada (1988)	O processo que cria valor às empresas, adicionando serviços aos bens manufaturados.
Servitização	Ren e Gregory (2007)	O processo de mudança que orienta as empresas de manufatura para o desenvolvimento de serviços, com o objetivo de satisfazer as necessidades do cliente, criar vantagem competitiva e proporcionar melhor desempenho da empresa.
Servitização	Baines et al. (2009) Weeks (2010)	A inovação estratégica das capacidades de uma organização associada a inovação do processo para a criação de valores. Estas inovações possibilitam às empresas promover a mudança da simples oferta de bens manufaturados à venda de bens e serviços de maneira integrada.

Fonte: Autor

A aplicação de uma estratégia voltada para a servitização impulsiona a mudança do foco da empresa. De acordo com Neely, Benedettini e Visnjic (2011), ao invés de “produtos”, a companhia deve pensar em “soluções”; as “saídas” deveriam ser “resultados”; em oposição às “transações” as empresas precisariam focar em “relacionamentos”; e os “fornecedores” formariam a “rede de parceiros”.

Tukker (2004) propõe que existem oito formas de integrar produtos e serviços, que podem variar gradativamente desde a oferta de bens com serviços complementares, até a oferta de serviços que são complementados por outros bens:

a) Serviço relacionado ao produto: neste caso a empresa comercializa os bens manufaturados e os serviços que possam ser necessários durante o uso do produto. Neste sentido, de acordo com Oliva e Kallenberg (2003), o potencial para a venda de serviços pode ser a base de produtos já instalados;
b) Assessoria e consultoria: neste tipo de integração, a empresa de manufatura pode oferecer assessoria e consultoria aos clientes, para o uso mais eficiente do bem manufaturado adquirido;
c) Locação de produto: neste caso a empresa não vende o produto, comercializa contratos de aluguel, com a inclusão de eventuais reparos e manutenções;
d) Compartilhamento: da mesma forma que a “locação de produtos”, a empresa comercializa contratos de aluguel, se responsabilizando pela manutenção do bem, entretanto, o que difere estas duas maneiras de integrar produtos e serviço é que no “compartilhamento”, o uso do produto não é exclusivo de um único cliente e pode ser dividido, de forma sequencial, por diferentes usuários;
e) *Pool* de produto: similar ao compartilhamento, a empresa aluga seu bem para clientes que, desta vez, podem usar o produto simultaneamente;
f) Gerenciamento de atividades: nesta modalidade, uma parte da atividade de uma empresa é terceirizada, considerando que os contratos de terceirização incluam indicadores de desempenho, para controlar a qualidade do serviço, por exemplo: a terceirização de fornecimento de refeições coletivas, limpeza de escritórios;
g) Pagamento por unidade de serviço: neste caso, o usuário já não compra o produto, apenas a saída do produto de acordo com o nível de utilização;

h) Resultado funcional: aqui, o fornecedor negocia com o cliente a entrega de um resultado. O fornecimento do produto é, em princípio, totalmente gratuito, o fornecedor é remunerado de acordo com o resultado contratado alcançado, por meio de medições.

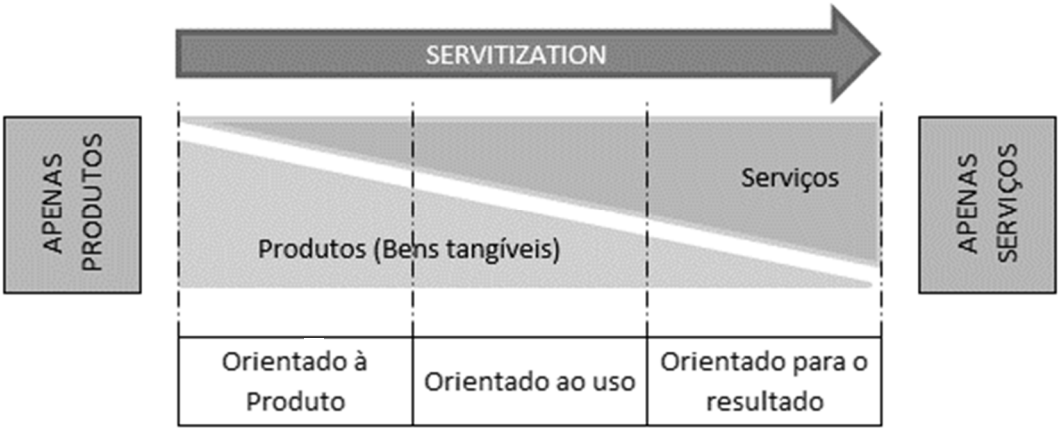
Baines *et al*. (2009) acrescentam que a variação gradativa do tipo de servitização deve considerar uma estratégia centralizada no cliente para poder entregar os resultados desejados por ele.

Segundo Gebauer (2008), as diferentes formas de servitização variam de acordo com as características da empresa, bem como a abrangência dos seus negócios relacionados a serviços.

Tukker (2004) dividiu as oito formas de servitização em três categorias principais. A primeira “Orientado a produto”, onde o modelo de negócio principal ainda é voltado para as vendas de bens tangíveis, mas alguns serviços extras são adicionados (exemplo: suporte técnico ao produto). A segunda “Orientado ao uso”, nesta categoria o produto tradicional ainda tem um papel central, mas o modelo de negócio não é voltado para venda de bens. O produto permanece como propriedade do fornecedor, entretanto ele é disponibilizado para o cliente de maneiras diferentes, sendo que às vezes pode ser compartilhado por um número de usuários (exemplo: *leasing*). A última categoria é “Orientado para o resultado”. Aqui, o cliente e o fornecedor têm acordo sobre o resultado de uma solução e não há nenhum produto pré-determinado (exemplo: terceirização de parte de uma atividade). A Figura 10 ilustra as categorias dos sistemas que agregam produtos e serviços, ao longo do processo de servitização.

Brax (2005), por sua vez, classifica a combinação de produtos e serviços e cinco estágios, que conotam o mesmo sentido de evolução, proposto por Tukker (2004): fornecimento exclusivo de bens manufaturados, fornecimento de bens manufaturados acompanhados de serviços complementares; venda híbrida de produtos e serviços, fornecimento de serviços acompanhados por produtos complementares, venda exclusiva de serviços.

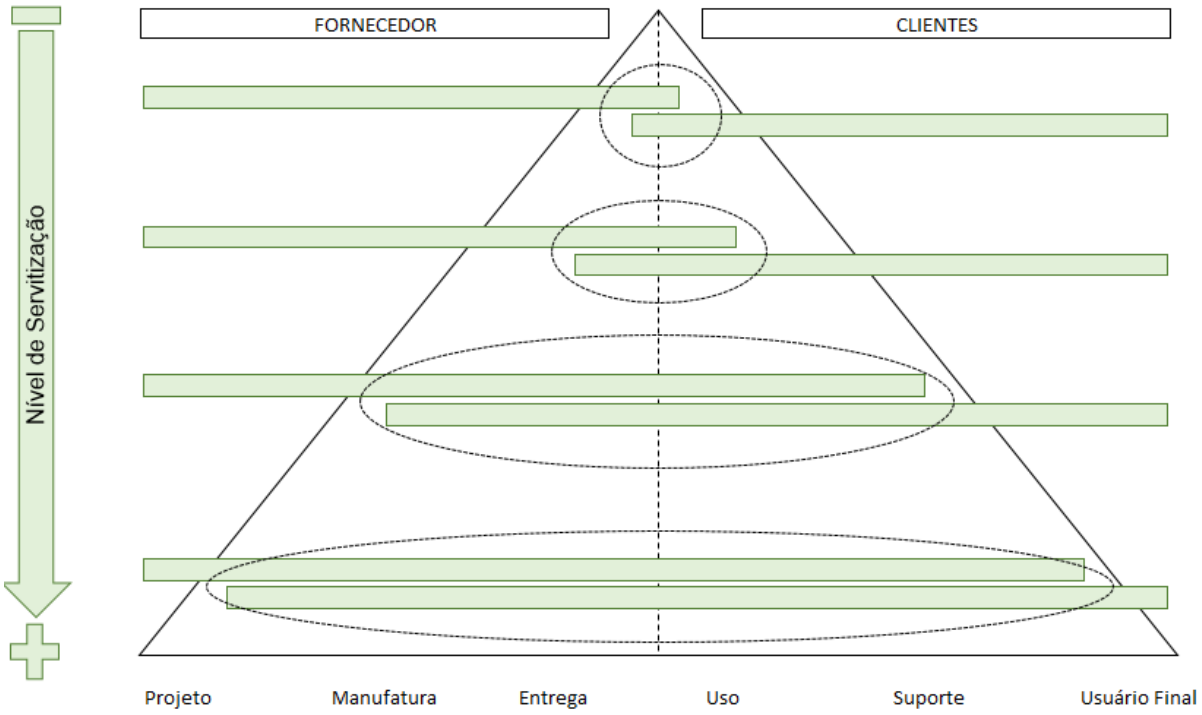
Figura 10– Formas de servitização



Fonte: Autor “adaptado de” Tukker, 2004, p. 248

Martinez *et al*. (2010), por sua vez, atribuem as diferentes expressões da servitização a uma evolução de foco, mudando a oferta de “serviços orientados para o produto” para a oferta de “serviços orientados para o usuário”. Além disso, este processo evolutivo deve considerar uma mudança gradativa na natureza da interação entre a empresa e o cliente, conforme ilustra a Figura 11.

Figura 11 - Evolução da interação entre cliente e fornecedor em função do nível de servitização



Fonte: Autor “adaptado de” Martinez *et al*., 2010, p. 451

Normalmente a servitização ocorre como resposta para melhoria no desempenho financeiro de uma companhia, ou pela oportunidade de *marketing* entendida para "ter os melhores serviços para vender mais produtos", ou pela necessidade estratégica de diferenciação dos produtos (GEBAUER; FRIEDLI; FLEISCH, 2006), no entanto, para Ahamed, Kamoshida e Inohara (2013) esta não é uma escolha estratégica fácil, além disso a empresa de manufatura precisa desenvolver cuidadosamente seus serviços.

Oliva e Kallenberg (2003) e Ahamed, Kamoshida e Inohara (2013) alegaram que, para implantar a servitização com sucesso, as organizações precisam de processos novos e alternativos, que tendam a alterar: suas estratégias, suas operações, cadeias de valor, tecnologia, além do apoio de pessoas para a mudança cultural da empresa.

O processo de revisão de literatura permitiu identificar e analisar três tópicos que recebem atenção acadêmica: o conceito de servitização; os benefícios que podem ser obtidos por meio da servitização e os desafios de implantação que podem proporcionar o “paradoxo de serviço.

2.3 OS BENEFÍCIOS QUE LEVAM À SERVITIZAÇÃO

Para Vandermerwe e Rada (1988) a servitização tem como principal direcionador o próprio cliente, como em qualquer estratégia de *marketing*. A diferença consiste que o foco deixa de ser o corriqueiro atendimento às necessidades dos clientes e passa a ser o propósito de estabelecer e manter um relacionamento com o cliente. Esta mudança tem como objetivo proporcionar uma barreira frente aos competidores, além de criar certa dependência entre a empresa e o cliente. Oliva e Kallenberg (2003) acrescentam que a mudança de comportamento é fundamental para o sucesso da nova estratégia: o desenvolvimento do serviço deve deixar de focar exclusivamente o funcionamento do produto e com a servitização passa a buscar a adequação do produto ao uso do cliente. Baines *et al*. (2009) completam que esta mudança de foco contribui para que a companhia deixe de fazer a simples venda do produto e passe a comercializar soluções.

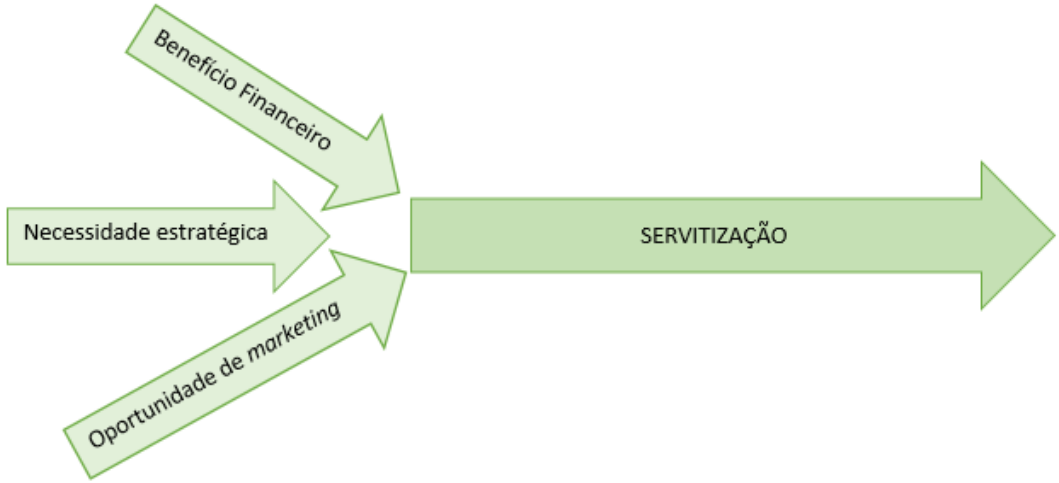
A literatura demonstra consenso ao sugerir 3 fatores que direcionam as empresas para a servitização: o benefício financeiro, a necessidade estratégica e a oportunidade de *marketing* (OLIVA; KALLENBERG, 2003; GEBAUER; FRIEDLI;

FLEISCH, 2006; BAINES *et al*., 2009; WEEKS, 2010; CÁCERES; GUZMÁN, 2014). A Figura 12 ilustra os fatores que direcionam à servitização.

Apesar do consenso de diversos autores quanto aos três fatores que direcionam as empresas a adotar tal estratégia, o caminho para a transformação da estratégia de uma empresa centrada em manufatura para uma empresa que combine bens e serviços ainda não é completamente compreendido (TUKKER, 2004; VOSS, 2005; AHAMED; KAMOSHIDA; INOHARA, 2013).

Ahamed, Kamoshida e Inohara (2013) realizaram um estudo empírico onde demonstraram que: a visão organizacional bem definida, a força de *marketing* e uma liderança focada, podem impactar de maneira positiva na implantação da servitização.

Figura 12 - Fatores que direcionam à servitização



Fonte: Autor

Por meio de um estudo de caso, Lay *et al*. (2010) demonstraram que a oportunidade de combinar bens e serviços depende do tipo de produto, do tamanho do lote e do nível de customização. A fabricação de lotes menores, combinada a produção de bens customizados, pode gerar maior oferta de serviços que a fabricação de grandes lotes padronizados. Lay *et al*. (2010) e Gebauer, Fleisch e Friedli (2005) mostraram, de maneira qualitativa, que os produtos inovadores são mais propensos a impulsionar a venda de serviços, pois tais produtos geram a necessidade de maior apoio técnico, para que os benefícios da inovação sejam explorados.

Baines *et al*. (2009) citam exemplos bem-sucedidos de empresas que adotaram a servitização e mencionam que geralmente a adoção desta estratégia ocorre em empresas de grande porte que oferecem bens com alto valor agregado. Estas

empresas mudaram sua posição na cadeia de valor deixando de fornecer apenas bens, para ofertar aos seus clientes soluções mais completas. Entretanto, para Kastalli e Looy (2013) o impacto da servitização no desempenho da empresa de manufatura ainda deve ser melhor estudado e compreendido, reduzindo a probabilidade de ocorrência do paradoxo de serviço.

2.3.1 O benefício financeiro

O benefício financeiro está relacionado ao aumento do faturamento proporcionado pela nova oferta de serviços.

Segundo Oliva e Kallemberg (2003) e Brax (2005), além de gerar uma nova e importante fonte de faturamento, a inclusão de serviços nas empresas de manufatura pode equilibrar os efeitos dos ciclos econômicos que impulsionam o investimento e a compra de novos equipamentos. Oliva e Kallemberg (2003) ainda acrescentam que a venda de contratos de serviços pode reduzir a imprevisibilidade da demanda sobre a capacidade instalada e assim, permitir a maior utilização da capacidade média da companhia.

Gebauer, Friedli e Fleisch (2006) sugerem que serviços proporcionam maiores margens de contribuição que a comercialização de bens, além de gerar receitas substanciais, tendo como com base os produtos já instalados, com um longo ciclo de vida. Os autores realizaram um estudo de caso, em empresas Suíças e Alemãs, fabricantes de máquinas e equipamentos, para identificar fatores comuns às estas companhias, que levam ao aumento da lucratividade por meio da oferta de serviços. Neste estudo, foi possível identificar as seguintes características nas empresas que tiveram êxito com a servitização:

a) Desenvolvimento de serviços orientados para o cliente;
b) Foco na criação de valor para o cliente (serviços de apoio ao cliente);
c) Relacionamento com o mercado, ou seja, maior interação com o cliente;
d) Estratégia de serviço bem definida na companhia;
e) Estrutura de serviço separada do restante da organização;
f) Desenvolvimento de uma cultura de serviço, ou seja, a compreensão sobre a importância dos serviços para os negócios da empresa.

Gebauer (2009) acrescenta que a venda de um novo produto pode significar o aumento potencial da oferta de serviços. Seguindo esta perspectiva, Kastalli e Looy

(2013) apresentaram estudo empírico, utilizando a base de dados global de uma empresa de máquinas e equipamentos, para demonstrar que a implantação da servitização favoreceu o crescimento do faturamento global da companhia, uma vez que o aumento da venda de serviços proporcionou o aumento da venda de novos produtos. Além disso, a venda de novos produtos, também proporcionou o aumento da venda de serviços. Por este ângulo, os autores sugerem que produtos e serviços podem trazer benefícios complementares às receitas de uma companhia.

O Quadro 3 sintetiza as diferentes formas de benefícios financeiros que podem ser proporcionadas pela servitização, segundo a literatura.

Quadro 3 - Formas de benefícios financeiros

Benefícios Financeiros	
1	Nova fonte de receita
2	Menor influência de ciclos econômicos
3	Maior margem de contribuição
4	produtos e serviços podem trazer benefícios complementares às receitas

Fonte: Autor

2.3.2 A necessidade estratégica

O movimento em direção a uma economia baseada em serviços tem levado muitas empresas de manufatura a reconhecerem à importância estratégica dos serviços, que podem ser ofertados para garantir a disponibilidade e o funcionamento adequado de seus produtos, durante o todo seu ciclo de vida. Este direcionamento pode se tornar uma importante fonte de receita, lucro e crescimento, portanto, surge como uma fonte de vantagem competitiva.

A necessidade estratégica se refere à oportunidade de criar vantagem competitiva sustentável para a companhia por meio do incremento da venda de serviços.

O processo de criação da vantagem competitiva sustentável passa pelas características inerentes da natureza dos serviços, como o fato de serem difíceis de

imitar, pois são menos visíveis e mais dependentes do esforço do trabalho (OLIVA; KALLEMBERG, 2003; GEBAUER; FRIEDLI; FLEISCH, 2006; GEBAUER, 2008; GUAJARDO *et al*., 2012).

De acordo com Brax (2005), a oferta de serviços pode facilitar as vendas de produtos, uma vez que o desempenho dos aspectos técnicos e funcionais da prestação de serviços pode melhorar a reputação da empresa. O autor ainda acrescenta que a venda de serviços combinados aos produtos, possibilita o crescimento da empresa em mercados maduros, ademais, por meio da maior proximidade com os clientes, a empresa recebe informações para o desenvolvimento de novos produtos de maneira mais rápida e assertiva.

Segundo Gebauer (2008), outro fator relevante está relacionado ao fato da servitização criar uma barreira para a entrada de novos competidores. De acordo com o autor, isto ocorre devido à dificuldade em imitar serviços, assim os competidores podem ser comparados e classificados pelos seus clientes, evitando a competição exclusiva por preços e estimulando o desenvolvimento de relacionamento e confiança.

O Quadro 4 sintetiza as características da necessidade estratégica, que direcionam à servitização, segundo a literatura.

Quadro 4 - Características da necessidade estratégica que direcionam à servitização

Necessidade estratégica	
1	possibilidade de criar vantagem competitiva sustentável
2	Pode facilitar a venda de novos produtos
3	Proporciona crescimento em mercados maduros
4	Cria barreira para a entrada de novos competidores
5	Estimula a diferenciação entre os competidores, evitando a competição exclusiva por preços

Fonte: Autor

2.3.3 A oportunidade de *marketing*

A oportunidade de *marketing* está ligada ao relacionamento com os clientes.

Para Vandermerwe e Rada (1988) cada vez mais os clientes demandam por serviços, pois desejam obter mais valor e desempenho de sistemas combinados de produtos e serviços. Os clientes desejam soluções, mais do que produtos ou serviços de forma separada. Desta forma, além de atender uma nova necessidade, a venda de serviços combinados a bens manufaturados pode aumentar a fidelidade de clientes. Baines *et al*. (2009) complementam que esta relação pode ser conduzida para o ponto onde o cliente trona-se dependente do fornecedor.

A oferta de serviços também pode influenciar a decisão de compra de um bem manufaturado, uma vez que ao combinar o fornecimento de bens e serviços há possiblidade de gerar comodidade aos clientes, evitando a busca por novos fornecedores (MATHIEU, 2001; KINNUNEM; TURUNEN, 2012).

De acordo com Brax (2005) e Baines *et al*. (2009), o desenvolvimento das ofertas de serviços possibilita maior conhecimento sobre as necessidades dos clientes, permitindo que a empresa apresente soluções mais apropriadas.

Nesta direção, Mathieu (2001) e Gebauer (2008) acrescentam que a proximidade entre o cliente e o fornecedor pode facilitar um contato constante entre as partes, intensificando a oportunidade para o fornecedor estar presente no momento certo para oferecer outros produtos ou serviços.

O Quadro 5 sintetiza as oportunidades de marketing que levam à servitização, segundo a literatura.

Quadro 5 - Oportunidades de marketing que levam à servitização

Necessidade estratégica	
1	Atende a uma nova necessidade de clientes: fornecimento de soluções
2	Aumenta a fidelidade dos clientes
3	Pode aumentar o grau de dependencia do cliente com o fornecedor
4	Pela comodidade e o relacionamento estabelecido, pode aumentar a venda de produtos
5	Permite a identificação e apresentação de soluções mais apropriadas
6	Intensifica a oportunidade para o fornecedor estar presente no momento certo para realizar uma venda

Fonte: Autor

2.4 O PARADOXO DE SERVIÇO

Conforme exposto por Benedettini e Neely (2010), a competição entre as empresas com o foco exclusivo no custo e na qualidade do bem manufaturado está cada vez mais difícil de se sustentar, além disso existe uma predisposição dos clientes em exigir rápidas inovações e produtos mais personalizados, assim investir em serviços parece estar em voga. Entretanto, a implantação da servitização não deve ser vista como uma panaceia, pois traz desafios que devem ser superados para que o objetivo estratégico seja alcançado.

Segundo Neu e Brown (2005), a transição da manufatura para outro sistema que combine bens e serviços envolve várias dificuldades. Estudos empíricos demonstram que algumas empresas não conseguem obter o retorno esperado do investimento quando agregam serviços aos bens manufaturados (GEBAUER; FLEISCH; FRIEDLI, 2005; NEELY, 2009; BENEDETTINI; NEELY, 2010). Gebauer, Fleish e Friedli (2005) definiram como o “paradoxo de serviço” o fenômeno do elevado

investimento para o aumento da oferta de serviço ao negócio, que não gera os lucros esperados para a companhia.

O paradoxo de serviço pode ser melhor compreendido quando as diferenças entre bens e serviços são analisadas. Serviços são mais intangíveis do que bens, tendem a ser menos padronizados, mais heterogêneos e mais customizados no ponto de vista comercial. Tais características fazem dos serviços uma linha de negócios mais orientada aos clientes do que os bens manufaturados (CÁCERES; GUZMÁN, 2014; BOWEN; SIEHL; SCHNEIDER, 1989). Ao agregar a oferta de serviços aos bens manufaturados, parte do desafio passa a ser encontrar o ponto de equilíbrio onde a companhia consegue desenvolver capacidades para contemplar bens e serviços.

De acordo com Kinnunen e Turunen (2012) a transição do foco exclusivo na venda de produtos para uma estratégia que combine produtos e serviços pode ser difícil para uma empresa de manufatura, pois muitas vezes são necessárias mudanças significativas na estratégia corporativa, na cultura organizacional, na estrutura organizacional, no relacionamento com os fornecedores e no relacionamento com os clientes.

Para Slack (2005) a servitização envolve novos riscos que devem ser avaliados pela organização:

a) O uso de recursos que poderiam ser destinados a outras atividades;
b) Questões culturais significativas. Algumas empresas ainda têm dúvidas de como direcionar suas ações, pois tendem a pensar como companhias de manufatura de bens que agregam serviços e não como companhias de serviços cujas ofertas incluem bens manufaturados;
c) A criação de serviços é uma tarefa significativamente diferente de projetar novos bens manufaturados. Serviços, pela sua natureza, são difusos e difíceis de definir. Isto tem várias implicações: na forma como os serviços são percebidos pelos clientes, como a qualidade é definida e como a inovação é gerenciada.

Gebauer, Fleish e Friedli (2005) complementam a ideia do Slack (2005), sugerindo que a implantação de qualquer estratégia depende da motivação gerencial e do suporte da organização. As ausências destes fatores contribuem para o surgimento do paradoxo de serviço. Os autores acrescentam que existe a possibilidade de que isto ocorra quando:

a) A equipe gerencial tem ênfase exagerada em características tangíveis, limitando o investimento de recursos na área de serviços;
b) Falta reconhecimento do potencial econômico dos serviços, contribuindo para a subestimativa de esforços na área de serviços;
c) Existe aversão ao risco por parte da organização.

Brown, Sichtmann e Musante (2011) acrescentam que os riscos relacionados com a reputação da companhia também são um desafio em potencial, uma vez que a empresa pode sofrer consequências negativas se a qualidade dos serviços for aquém à qualidade dos produtos manufaturados ou da expectativa dos clientes.

Por outo lado, utilizando uma base de dados obtida por respostas de um questionário enviado a funcionários de empresas japonesas que adotaram a servitização, Ahamed, Kamoshida e Inohara (2013) conduziram um estudo empírico para identificar fatores que contribuem para o sucesso desta estratégia. Neste trabalho os autores identificaram que o esclarecimento da visão estratégica, aliada à liderança ativa e o aumento da proximidade com o cliente, podem influenciar positivamente o resultado financeiro obtido pela servitização. Os autores ressaltam que a mudança de um sistema de manufatura para um sistema que combina produtos e serviços não é uma escolha simples e o primeiro passo deve ser o desenvolvimento do escopo de serviços.

Nesta direção, por meio de estudo quantitativo, realizado a partir de questionários respondidos por 1.972 empresas localizadas na Europa, Lay *et al*. (2010), sugerem que a infusão de serviço em uma empresa de manufatura depende do nível da orientação estratégica que esta companhia tem em relação à serviços. Os mesmos autores também insinuam que a abrangência dos serviços depende dos tipos de produtos que são manufaturados, quer dizer, as empresas que produzem bens de acordo com as demandas do cliente em menores lotes, podem ter melhor desempenho na servitização do que as empresas que produzem grandes lotes de produtos padronizados.

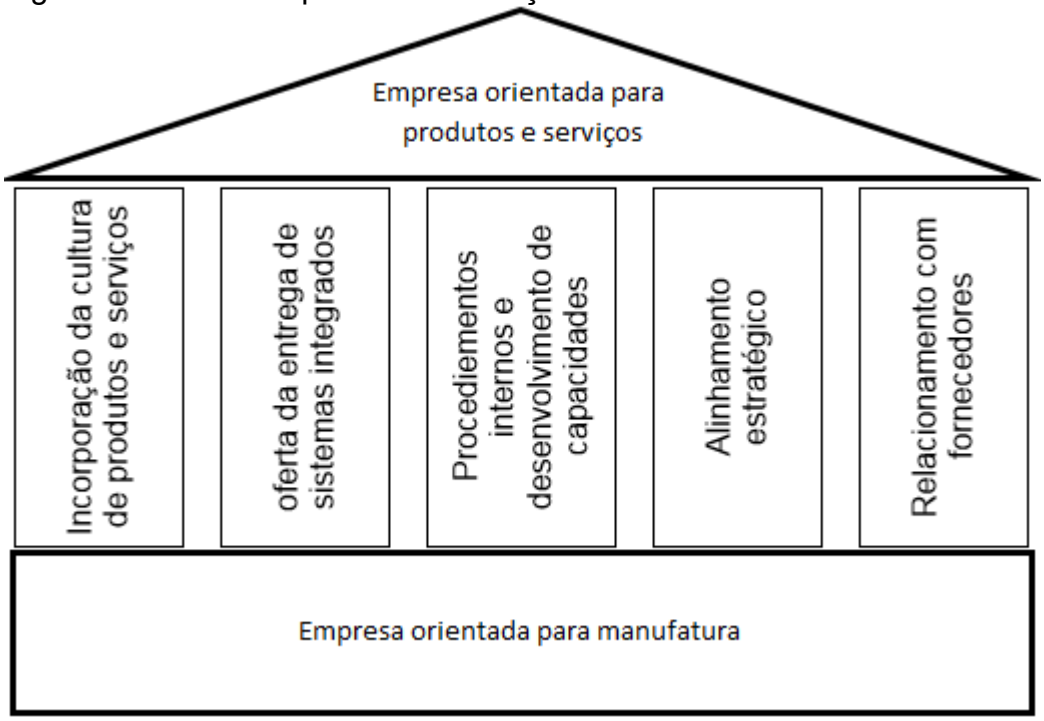
Martinez *et al*. (2010) destacam que a adoção de uma estratégia que combine produtos e serviços necessita de investimentos para criação de novas capacidades que ampliem os limites organizacionais, tais como: o desenvolvimento de habilidades inéditas para os recursos humanos da empresa e o investimento em tecnologias que proporcionam controle e desempenho do serviço. Na visão de Cohen, Agrawal e Agrawal (2006) também há necessidade de se considerar uma cadeia de suprimentos

específica para atender o pós-vendas, oferecendo a combinação de produtos e serviços por meio de uma rede de recursos (material, pessoas, central de atendimento, estoque e transporte). Portanto, a curto prazo, pode ser um desafio para as organizações conseguirem faturamentos significativos em serviços.

Dentro desta perspectiva, Baines *et al*. (2013) complementam que os recursos humanos envolvidos com os serviços que garantem o desempenho de um produto devem ser qualificados para ter flexibilidade, capacidade para construir relacionamentos, devem ser centrados nos objetivos ligados à prestação de serviços, ter autenticidade e resiliência, além de possuir aptidão técnica, permitindo respostas rápidas e eficazes aos clientes.

Martinez *et al*. (2010) ainda ressaltam mais 5 desafios organizacionais que devem ser superados e consequentemente, servirem de alicerce para o sucesso da servitização, conforme ilustra a Figura 13.

Figura 13 - Desafios para a Servitização



Fonte: Autor “adaptado de” Martinez *et al*., 2010, p. 456

A incorporação da cultura de produtos e serviços destaca a importância da nova filosofia de produtos e serviços que as empresas precisam abraçar.

A oferta da entrega de sistemas integrados implica em uma presença mais abrangente nos pontos de contato com o cliente, como resultado, uma gama mais ampla de pessoas pode ser exposta ao cliente.

Os procedimentos internos e desenvolvimento de capacidades, se refere à exigência de aquisição de novas capacidades e procedimentos que permitam que a organização possa competir em serviços.

O Alinhamento estratégico é o entendimento da nova mentalidade no sentido da prestação de serviços.

Quando uma empresa se transforma em um provedor de soluções integradas, o relacionamento com fornecedores deve ser destacado, pois os problemas e as aplicações dos clientes passam a ter uma visão diferente dentro da companhia, que apela para um maior grau de cooperação dos seus fornecedores e sua rede de apoio.

Segundo Slack (2005), a maioria das organizações que adotam a servitização evoluem quando usam uma estrutura organizacional que separa a divisão de serviços da fabricação de bens, criando uma linha de negócios dedicada aos desafios e riscos que envolvem a combinação de produtos e serviços.

Baines *et al*. (2009) sumarizam os desafios apresentados para a servitização em 03 aspectos: escopo de serviços, estratégia organizacional e transformação organizacional. Ainda não existem trabalhos empíricos que consigam avaliar o impacto de cada aspecto na formação do paradoxo de serviços. Outro fator que poderia gerar interesse acadêmico está ligado ao desenvolvimento de capacidades de manufatura que possibilitem a implantação da servitização, com maior assertividade. As características de serviços demandam diferentes capacidades de operações, que devem ser analisadas para evitar a ocorrência de *trade-offs* (BAINES *et al.*,2009; KINNUNEN; TURUNEN, 2012; CÁCERES; GUZMÁN, 2014). O estudo realizado por Baines e Lightfoot (2014) aponta capacidades de operação que podem proporcionar serviços com alto desempenho, como por exemplo: a proximidade da empresa com a operação dos clientes; o monitoramento remoto do desempenho do trabalho; o desenvolvimento de pessoas capazes de construir relacionamentos, que sejam flexíveis e compromissadas com os objetivos da organização, além de resiliência.

2.4.1 Impacto Financeiro

A discussão sobre o paradoxo de serviço, bem como os motivos que favorecem seu surgimento, despertaram o desdobramento desta linha de pesquisa em direção ao entendimento do impacto financeiro que pode ser proporcionado pela servitização. Embora estudos de caso tenham provado o enorme potencial da servitização, Li *et al*. (2015) aludem que as pesquisas empíricas ainda têm demonstrado resultados conflitantes frente ao desafio de desenvolver e implantar um modelo de negócios de serviços.

A pesquisa conduzida por Baveja, Gilbert e Ledingham (2004) indica que apenas 21% das empresas que adotam uma estratégia de serviços obtém o retorno financeiro esperado, as demais acabam por desistir depois de alguns anos.

Neely (2009), por outro lado, comparou resultados financeiros de empresas servitizadas com outras puramente de manufatura. O autor indica que o faturamento e o lucro das empresas de pequeno porte que adotaram a servitização é maior do que o resultado obtido pelas empresas de mesmo porte puramente manufatureiras. Por outro lado, o resultado parece ser invertido quando as empresas servitizadas de grande porte são comparadas com as empresas de manufatura. Segundo o autor, este resultado pode representar uma dificuldade maior na implantação e desenvolvimento da servitização em empresas de grande porte, mas ele ainda ressalta que a pesquisa não distinguiu os diferentes tipos de servitização adotados pelas empresas, tampouco as respectivas condições financeiras antes do processo de implantação da nova estratégia.

Neste sentido, Parida *et al*. (2014) realizaram uma pesquisa para avaliar o impacto financeiro da servitização em empresas finlandesas e suecas. A amostra foi estratificada de acordo com o tipo de servitização adotado, seguindo o modelo proposto por Tukker (2004) e descrito no item 2.2: servitização orientada ao produto, ou orientada ao uso, ou orientada para o resultado. Os autores descrevem que o modelo de negócio de manutenção e suporte técnico ao produto (orientado ao uso) está fortemente relacionado com ganhos no desempenho financeiro, assim como os modelos de desenvolvimento de serviços funcionais (orientado para o resultado). No entanto, o modelo de negócios de complementos de serviços ao cliente (exemplo: suporte telefônico, treinamento ao usuário, demonstrações de produto) teve um efeito negativo no desempenho financeiro da amostra. Estes resultados sugerem que o foco

exclusivo em estratégias centradas no produto não é suficiente para aumentar a receita da companhia.

Lay *et al*. (2010) observam a importância da amplitude de oferta de serviço. O trabalho quantitativo realizado pelos autores, com os dados de indústrias europeias, sugere que o volume de negócios pode ser aumentado, quando se oferece uma vasta gama de serviços.

Li *et al*. (2015) ressaltam que a relação entre a servitização e o desempenho da empresa também deve considerar os países onde as companhias estão localizadas. O estudo empírico realizado pelos autores, considerou os dados coletados de empresas localizadas na província de Zhejiang, na China, e demonstrou que faltam, às empresas de pequeno porte, a capacidade para apoiar o desenvolvimento de serviços, desta forma, os benefícios dos serviços que foram adicionados ao portfólio, podem não ser tão evidentes frente aos custos preliminares da servitização, contrapondo a sugestão de Neely (2009). Os autores ainda completam que o resultado financeiro pode estar relacionado com a maturidade da servitização da empresa, e sugerem que as empresas se concentrem em aumentar a capacidade de ofertar soluções integradas.

Para Kastalli e Looy (2013) o resultado financeiro obtido pela servitização pode ser dividido em três estágios. O primeiro, no início do processo, quando a empresa começa a colher resultados positivos, sem grandes investimentos. Em um segundo momento, a empresa passa a fazer um esforço deliberado para servitização, no intuito de desenvolver o negócio e obter maiores benefícios financeiros, no entanto, diante de um investimento geralmente alto, o lucro passa a ser absorvido, o que traz a curva de rentabilidade para baixo. No terceiro estágio, a empresa alcança economia de escala e, consequentemente, pode obter maior lucro. Segundo os autores, o chamado "paradoxo de serviço" acontece na segunda fase, onde o lucro é compensado pelo aumento dos custos. Esta observação parece estar alinhada com as considerações de Li *et al*. (2015). Gebauer *et al*. (2012) também ressaltam o desenvolvimento não-linear dos benefícios financeiros proporcionados pela servitização.

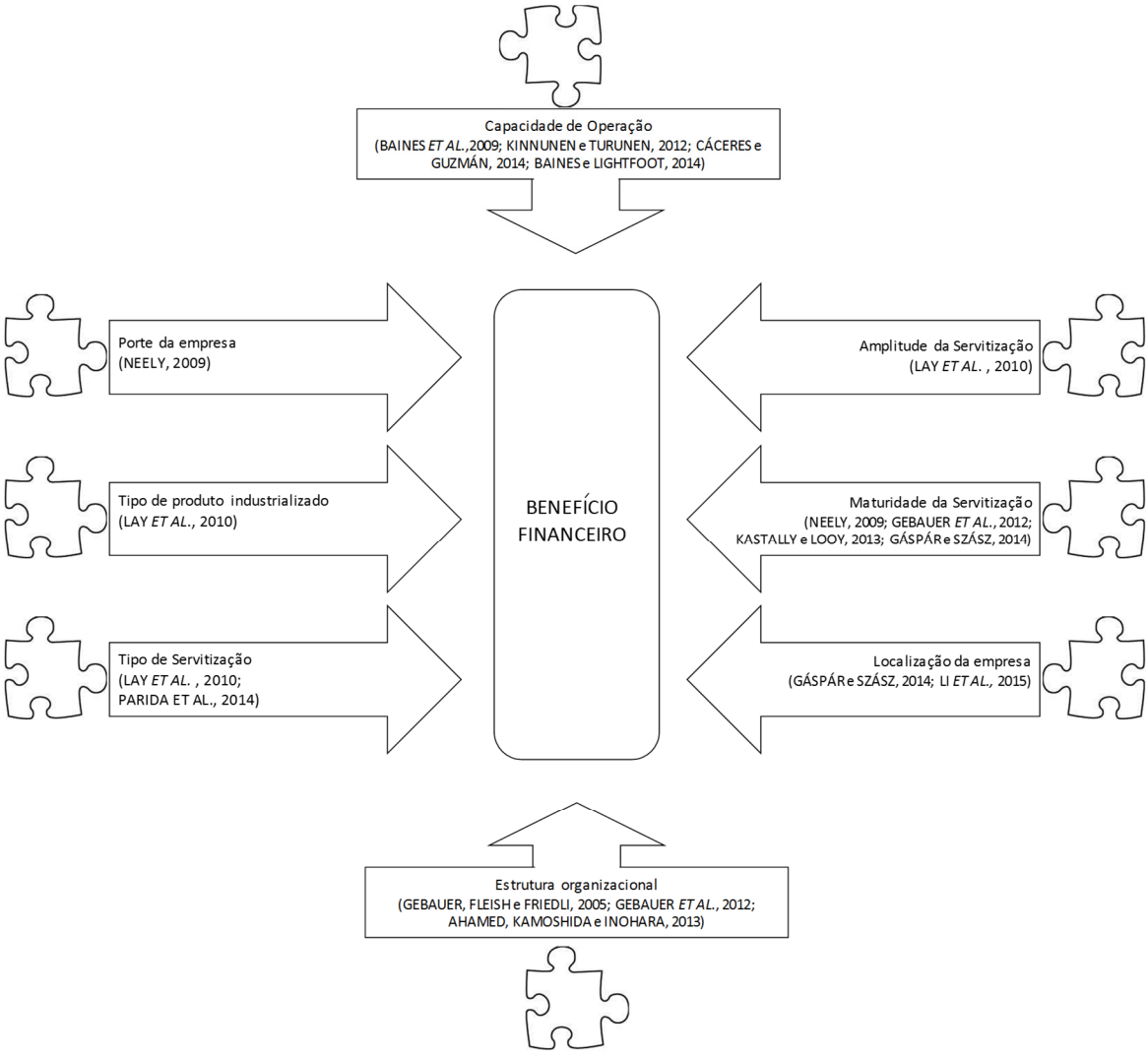
O resultado do estudo de caso, realizado por Gáspár e Szász (2014), para avaliar o benefício financeiro da implantação da servitização na indústria farmacêutica da Romênia, também realça a literatura, uma vez que indica o crescimento do faturamento e do lucro da companhia, no entanto, o ciclo de crescimento financeiro,

que se expressou de maneira acentuada logo após o início da servitização, diminuiu o ritmo até estabilizar depois de alguns anos.

Para Gebauer *et al*. (2012) muitas empresas de manufatura que atuam em mercados multinacionais têm mostrado que as estratégias ligadas ao incremento de serviço ao portfólio da companhia estão se tornando cruciais para sobrevivência. Segundo Kohtamäki, Partanen e Möller (2012), negócios relacionados à serviços são esperados como o elemento chave para a competitividade das indústrias, transformando-as provedoras de soluções integradas. Lay *et al*. (2010) notam que cerca de 85% das indústrias europeias pesquisadas, oferecem algum tipo de serviço em seu portfólio. Parece haver consenso na literatura sobre os desafios, as mudanças estruturais necessárias e o desenvolvimento de novas capacidades de operação, conforme descrito na seção 2.4.

Os benefícios financeiros perecem estar relacionados à fatores que devem ser observados. A Figura 14 representa o benefício financeiro como o resultado da combinação entre a capacidade de operação da empresa, a estrutura organizacional, o porte da empresa, o tipo de produto industrializado, o tipo de servitização, a amplitude da servitização, a maturidade da servitização e a localização da empresa.

Figura 14 - Fatores que influenciam o benefício financeiro da servitização



Fonte: Autor

O benefício financeiro obtido pela servitização está relacionado ao aumento de faturamento e lucratividade de uma empresa. O caminho para obtenção deste benefício parece estar cercado por riscos e desafios, entretanto a literatura aponta para fatores que devem ser observados, no intuito de mitigar o surgimento do paradoxo de serviço e desenvolver um ambiente propício para a melhoria esperada:

a) Desenvolvimento de novas capacidades de operação;
b) Mudança da estrutura organizacional;
c) Tipo de produto industrializado;
d) Tipo de servitização;
e) Amplitude da servitização;

f) Maturidade da servitização;
g) Porte da empresa;
h) Localização da empresa.

Adicionalmente, Kastalli, Looy e Nelly (2013) ressaltam a importância de avaliar o benefício financeiro da servitização de maneira integrada ao desempenho da venda novos produtos. Segundo os autores, esta conexão parece necessária pois produtos e serviços podem apresentar um comportamento complementar, ou podem surgir como substitutos entre si. Desta maneira, o benefício financeiro da servitização passa pela influência que esta nova linha de negócios exerce sobre a tradicional venda de produtos.

3 METODOLOGIA

Para Kovacs *et al*. (2012) um dos objetivos de uma produção acadêmica é servir de referência para estudos futuros, assim posto a escolha criteriosa dos métodos empregados nas investigações são de suma importância, uma vez que é a partir delas que se dará o processo evolutivo da pesquisa científica. Desta forma, para Dalfovo, Lana e Silveira (2008), todo trabalho de pesquisa deve ser planejado e executado de acordo com as normas que acompanham cada método, que significa a escolha de procedimentos sistemáticos para a descrição e explicação de fenômenos.

Segundo Cooper e Schindler (2003), para que uma pesquisa possa contribuir à evolução do conhecimento, é recomendado a utilização de instrumentos que sejam adequados ao conceito do estudo e ao problema de pesquisa, seguindo, dessa forma, os padrões do método científico. Os autores ainda alertam sobre a dificuldade em realizar um estudo perfeito, pois qualquer método pode apresentar falhas, e assim destacam a importância do senso crítico para a seleção de uma metodologia que possibilite a geração do conhecimento.

Conforme Creswell (2007), nas últimas duas décadas a quantidade de estratégia de investigação se multiplicou à medida que tecnologias de informática aprimoram as análises de dados e a capacidade de analisar modelos complexos, assim o pesquisador tem muitas alternativas de escolha. Dalfovo, Lana e Silveira (2008) acrescentam que esta escolha se deve pela natureza do problema e o nível de aprofundamento.

Inicialmente, Miguel *et al*. (2012) recomendam como o primeiro passo a definição da abordagem de pesquisa, que orientará as escolhas subsequentes dos métodos e técnicas de pesquisa, uma vez que cada abordagem contém um conjunto de características peculiares. Creswell (2007) e Miguel *et al*. (2012) sugerem três tipos de abordagens de pesquisa, que são mais usuais para pesquisas em Engenharia de Produção e Gestão de Operações: abordagens qualitativas, abordagens quantitativas e métodos mistos.

A pesquisa qualitativa é fundamentalmente interpretativa. Para Miguel *et al*. (2012), este tipo de pesquisa abriga uma série de técnicas de interpretação que procuram descrever, decodificar e traduzir o entendimento das variáveis de um determinado fenômeno.

Por outro lado, a pesquisa com abordagem quantitativa tem o ato de mensurar variáveis como característica predominante, desta forma são obtidas evidências de variáveis, sem a presença de subjetividade no processo de construção do conhecimento (MIGUEL *et al*. 2012).

Dalfovo, Lana e Silveira (2008) sugerem que as coletas de dados das pesquisas quantitativas enfatizam os números, que em seguida são analisados com o apoio de técnicas estatísticas ou outras técnicas matemáticas.

Miguel *et al*. (2012) descrevem os seguintes atributos da abordagem quantitativa:

a) A capacidade de mensurar dados, uma das principais características, pois atribuir valores numéricos às variáveis tem um papel central neste tipo de processo. A partir destes dados e da teoria existente, as hipóteses podem ser deduzidas e testadas;
b) A casualidade, uma vez que em várias pesquisas existe a preocupação em explicar as relações entre a causa e o efeito entre variáveis dependentes e variáveis independentes;
c) A generalização, ou seja: a possibilidade de generalizar os resultados obtidos para além dos limites pesquisados;
d) A replicação, que trata da possibilidade de repetir uma pesquisa para obter resultados que possam ser comparados à outras pesquisas, com a finalidade de validar o estudo inicial, ou aplica-lo em ambientes e populações diferentes.

A abordagem quantitativa contempla diversos métodos de pesquisa (MIGUEL *et al*., 2012; CRESWELL, 2007), dentre eles, Miguel *et al*. (2012) destacam àqueles que são, na visão dos autores, os mais apropriados para pesquisas na área de Engenharia de Produção e Gestão de Operações: pesquisa de avaliação, modelagem, simulação, experimento e quase-experimento.

Esta pesquisa foi conduzida de maneira quantitativa, com abordagem de modelagem. A opção pela utilização deste método se justifica pelas características da pesquisa realizada, segundo Miguel *et al*. (2012), a pesquisa de modelagem permite compreender melhor o ambiente estudado, identificar problemas e formular estratégias para tomada de decisão. O modelo pode ser definido como uma representação de uma situação, conforme vista por uma pessoa (ou grupo de

pessoas), e pode ser construído para auxiliar o tratamento de um determinado cenário de maneira sistemática.

Na introdução deste trabalho, foi apresentado o objetivo desta pesquisa que é analisar o benefício financeiro proporcionado pela implantação da servitização, bem como analisar a influência que o faturamento de serviços exerce na qualidade do modelo de previsão de faturamento de novos produtos, em uma indústria de equipamentos eletromecânicos, que atua no mercado brasileiro.

Para atingir o objetivo proposto, ainda foram propostas quatro perguntas para serem respondidas após a análise dos dados:

a) A venda de serviços proporciona aumento de faturamento para uma empresa de manufatura?
b) A venda de serviços causa impacto positivo na venda de novos produtos para uma empresa de manufatura?
c) Considerar a série de faturamento de serviços no modelo de previsão de faturamento de novos produtos melhora a acurácia deste modelo?
d) O uso de um modelo híbrido (Series Temporais combinado a Redes Neurais) é mais adequado para avaliar a relação entre o faturamento de serviços e o faturamento de novos produtos?

Para atender aos objetivos da pesquisa, foram necessárias coletas de séries históricas de dados de mensuráveis, que pudessem estabelecer uma relação de causa e efeito entre as seguintes variáveis: faturamento da empresa, faturamento de serviços e faturamento de novos produtos. Neste sentido, com base na pesquisa da teoria existente e com o uso de técnicas estatísticas de séries temporais, foi possível dar continuidade ao trabalho.

Os dados foram analisados com o auxílio dos *softwares* MS Excel 2016, Eviews versão 6.0 e Matlab versão 2014. As próximas seções do Capítulo 3 (Metodologia) descrevem e justificam as técnicas estatísticas utilizadas para o tratamento e interpretação dos dados. Neste mesmo capítulo, foi inserida uma seção sobre Redes Neurais, uma vez que esta técnica foi utilizada para a comparação de modelos de previsão de séries temporais, com modelos híbridos de previsão (series temporais, combinada às redes neurais). A última seção do Capítulo 3 detalha a coleta de dados.

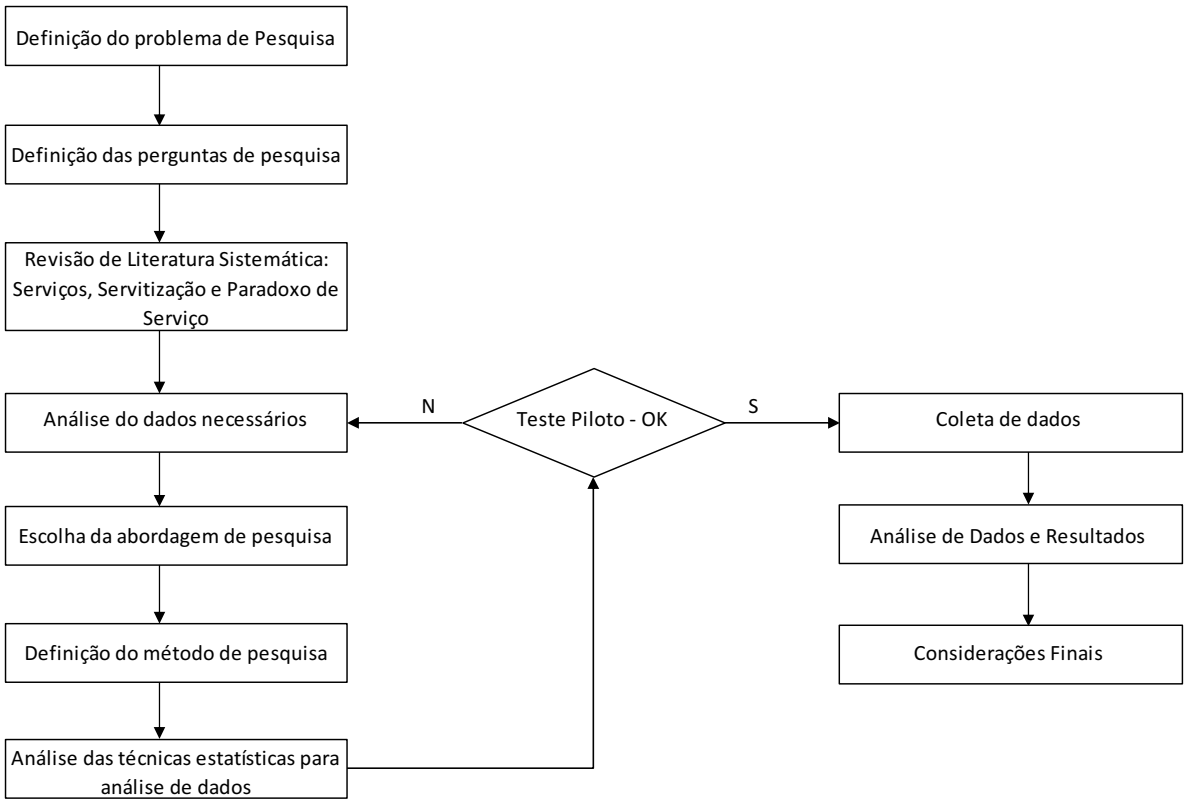
Makridakis, Wheelwright e Hyndman (1998) sugerem os seguintes passos para uma análise de séries temporais:

a) Definição do problema de pesquisa;

b) Coleta de dados;
c) Análise preliminar dos dados;
d) Escolha e ajuste do modelo.

A Figura 15 representa o procedimento de pesquisa, utilizado neste trabalho.

Figura 15 - Procedimento de pesquisa



Fonte: Autor “adaptado de” Creswell, 2007

3.1 MODELOS PARA SÉRIES TEMPORAIS

Segundo Cardoso (2001) uma série temporal é uma sequência de dados obtidos em intervalos regulares de tempo durante um período específico. Morettin e Toloi (2006) acrescentam que uma série temporal pode ser qualquer conjunto de observações ordenadas no tempo, como por exemplo: valores diários da poluição de uma cidade, índices econômicos mensais, precipitação atmosférica anual de uma determinada região, registro de marés, consumo mensal de um determinado insumo utilizada na produção de um bem, faturamento mensal de uma companhia.

Ehlers (2007) salienta que a característica mais importante destes tipos de dados é que as observações vizinhas são dependentes, ou seja: enquanto a ordem dos dados é irrelevante para outros modelos de regressão, para a análise de séries temporais é crucial.

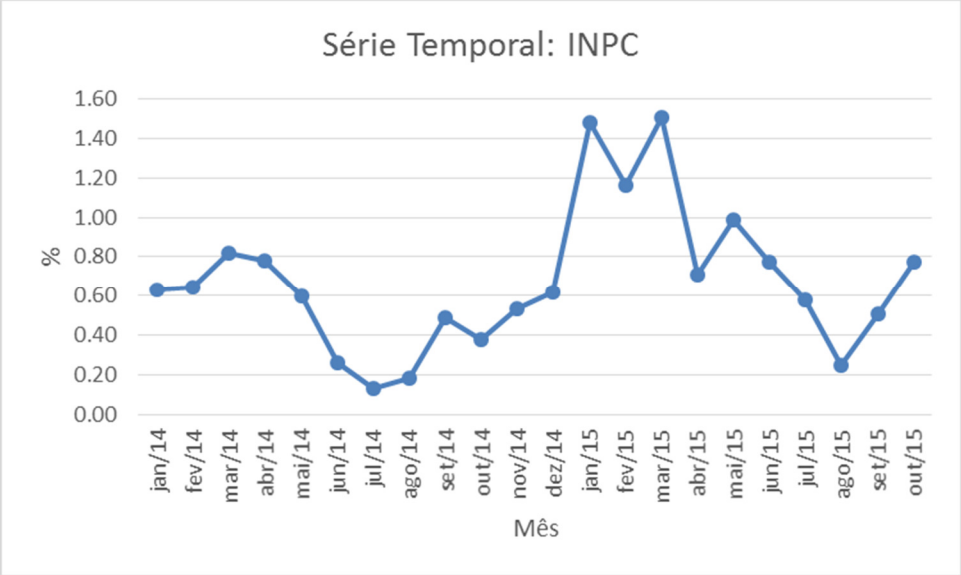
A Figura 16 mostra um exemplo de uma série temporal, trata-se de uma amostra da série mensal do Índice Nacional de Preço ao Consumidor (INPC), entre janeiro de 2014 até outubro de 2015. Sendo o conjunto T = {t : t1 < t < t2} a série temporal será dada por:

$$\{Z(t) : t \in T\} \quad (1)$$

Onde:

- Z_t = valor real observado no período t

Figura 16 - Representação gráfica de uma série temporal



Fonte: IBGE (acesso em novembro de 2015)

Em algumas situações, é admissível que o objetivo da análise de uma série temporal seja fazer previsões de valores futuros, por outro lado, em outras circunstâncias a estrutura da série ou a sua relação com outras series temporais pode ser o interesse da investigação (EHLERS, 2007). Morettin e Toloi (2006) definiram 4 tipos de objetivos de uma análise de séries temporais:

a) Fazer previsões de valores futuros com base em valores passados, por exemplo: vendas, consumo de estoque, crescimento demográfico. Vale ressaltar que neste caso se assume que o futuro envolve incerteza, ou seja

as previsões não são perfeitas, entretanto o objetivo é a tentativa de redução dos erros de previsão, maximizando o grau de assertividade no processo de tomada de decisão nas mais variadas áreas de aplicação, como: Finanças, Marketing, Ciências Econômicas.

b) Descrever o comportamento de uma série, a construção de gráficos, identificação de tendências, ciclos ou sazonalidade.
c) Investigar o mecanismo gerador da série, procurar compreender melhor sua formação, ou utilizar a análise de uma série temporal para explicar a variação de outra série de dados temporais.
d) Procurar periodicidades relevantes, identificando padrões.

De acordo com Wanke e Julianelli (2011), as técnicas de séries temporais são baseadas na identificação de padrões existentes nos dados históricos, desta forma os autores destacam os 5 componentes, que são considerados nas principais técnicas:

a) Tendência – considera as movimentações contínuas. A tendência se identifica com um movimento suave da série no longo prazo, podendo representar o crescimento ou declínio de uma série, sendo este linear ou exponencial.
b) Ciclo – as ondas que apresentam aspectos de regularidade e de longa duração em torno da tendência.
c) Sazonalidade – oscilações crescentes ou decrescentes em um dado período, representa um comportamento de curto ou médio prazo. Ehlers (2007) cita o exemplo da venda de brinquedos, onde o autor comenta ser natural a existência de picos nos meses de dezembro (devido ao Natal) e outubro (devido ao dia das crianças).
d) Aleatoriedade – classificado como resíduos e exprime a influência de fatores casuais, que não podem ser explicados pela tendência, ciclo e sazonalidade.
e) Nível – representa o comportamento da série, caso não exista nenhum outro componente, trata-se do ponto inicial da série.

Além destes atributos, Morettin e Toloi (2006) acrescentam que as séries econômicas e financeiras ainda podem apresentar as seguintes características:

a) Pontos influentes – observações que tem efeito desproporcional sobre os resultados de uma regressão, neste caso, ao eliminá-lo do ajuste da regressão, ocorreria uma mudança substancial nos valores ajustados.

b) Heterocedasticidade condicional – volatilidade não estacionária, isto é a variância condicional não reage de forma linear aos valores de uma série temporal.

Uma das proposições mais frequentes que se faz sobre uma série temporal, está relacionada com sua estacionariedade. Para Morettin e Toli (2006), geralmente se supõe que uma série temporal seja estacionária. Segundo Bueno (2011) a constatação da estacionariedade é fundamental para desenvolver inferências estatísticas sobre os parâmetros.

Diz-se que uma série temporal é estacionária quando ela flutua aleatoriamente, ao redor de uma média e variância constante ao longo do tempo. Tecnicamente existem 2 tipos de estacionariedade: fraca ou estrita (MORETTIN; TOLOI, 2006; BUENO, 2011).

Considerando um processo aleatório $Z = \{Z(t), t \in T\}$ uma série temporal é estritamente estacionária quando:

$$F(z_1, ..., z_n; t_1 + \tau, ..., t_n + \tau) = F(z_1, ..., z_n; t_1, ..., t_n); \quad (2)$$

Onde:

a) Z_n = valor real observado no período n;

b) Sendo $t_1, ..., t_n, \tau$, pertencentes a T.

Neste caso as distribuições não se alteram ao longo do tempo, a média (μ) e a variância V(t) são constantes.

A série temporal é fracamente estacionária quando o segundo momento não centrado é um número finito e quando a média e a variância são as mesmas durante todo o período, ainda que a distribuição da variável aleatória se modifique ao longo do tempo:

$$E|z_t|^2 < \infty \quad (3)$$

$$E(z_t) = \mu, \text{ para todo } t \in T \quad (4)$$

$$E\ (z_t - \mu)\ (z_{t-j} - \mu) = z_j \quad (5)$$

Onde:

a) Z_t = valor real observado no período t;

b) Z_j = valor real observado no período j;

c) μ = média da amostra

Segundo Morettin e Toloi (2006), a maior parte das séries econômicas e financeiras, que se encontram na prática, não são estacionárias. Nestes casos, há

possibilidade de transformações para possibilitar a continuidade da análise. Desta maneira, os autores comentam que a forma mais comum consiste em tomar diferenças sucessivas da série original, até se obter a série estacionária:

$$\Delta Z(t) = Z(t) = Z(t) - Z(t-1) \quad (6)$$

A segunda diferença é:

$$\Delta^2 Z(t) = \Delta[\Delta Z(t)] = \Delta[Z(t) - Z(t-1)] \quad (7)$$

Onde:

a) Z_t = valor real observado no período t;

b) $Z_{(t-1)}$= valor real observado no período t-1;

Existem diversas formas de transformar uma série não-estacionária em uma série estacionária, dentre elas cabe destacar (EHLERS, 2007):

a) Transformação logarítmica

$$y' = \ln(y) \quad (8)$$

b) Diferença do logaritmo

$$y' = \ln(y) - \ln(y-1) \quad (9)$$

Onde:

a) y = valor real observado no período t;

b) y-1 = valor real observado no período t-1;

Segundo Bueno (2011) o ruído branco também é um processo fundamental em uma série temporal. O autor comenta que o termo é fruto de uma comparação do comportamento da luz branca com a função densidade espectral de uma série temporal, de acordo com a analogia, ambas se propagam de forma horizontal, além disso o processo provoca alterações na série de dados, assim como as ondas eletromagnéticas produzem ruídos na sintonia de um rádio. Tecnicamente, se aplica a série de erros de uma sequência, dada por $\{\varepsilon_t\}$, com média zero e variância constante:

$$E(\varepsilon_t) = 0; \forall t \quad (10)$$

$$E(\varepsilon_t^2) = \sigma^2, \forall t \quad (11)$$

$$E(\varepsilon_t \varepsilon_{t-j}) = 0; \forall j \quad (12)$$

Wanke e Julianelli (2011) indicam que os diversos tipos de técnicas utilizadas em análises de séries temporais podem ser classificados de 2 formas: series temporais de modelo fixo, series temporais de modelo aberto.

As técnicas de séries temporais de modelo fixo são mais simples de serem implementadas e não exigem séries muito longas, é possível destacar os seguintes exemplos: média simples, média móvel simples, média móvel dupla, amortecimento exponencial simples, suavização exponencial de Holt, suavização exponencial sazonal de Holt-Winters.

As técnicas de séries temporais de modelo aberto, inicialmente analisam o comportamento das séries, com o objetivo de identificar componentes que existem de fato em sua natureza, por exemplo, temos as técnicas: ARMA (Auto-Regressive Moving Average), ARIMA (*Auto-Regressive Integrated Moving Avarage*), SARIMA (*Sazonal Auto-Regressive Integrated Moving Average*), ARCH (*Auto-Regressive Conditional Heteroskedasticity*), VAR (*Vector Auto-Regressive*).

As próximas seções apresentam algumas das técnicas listadas, indicando seu caráter evolutivo.

3.1.1 Média móvel simples

Esta técnica se destaca por ser a mais elementar dentre os modelos de previsões quantitativas, ademais pode ser facilmente implantada e utilizada, sem a necessidade de séries históricas extensas (MAKRIDANIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998; PEINADO; GRAEML, 2007; WANKE; JULIANELLI, 2011).

O objetivo da média móvel simples é obter a previsão de um valor futuro, a partir da média aritmética de *r* observações recentes (MORETTIN; TOLOI, 2006; WANKE; JULIANELLI, 2011):

$$M_t = \frac{Z_t + Z_{t-1} + \cdots + Z_{t-r+1}}{r} \quad (13)$$

Onde:

a) M_t = média móvel simples
b) Z_t = valor real observado no período t
c) *r* = número de períodos

De acordo com Morettin e Toloi (2006) a média móvel recebe este nome pois a cada período, a observação mais antiga é substituída pela mais recente, segundo Wanke e Julianelli (2011) esta característica proporciona um rápido ajuste no comportamento da série, entretanto não parece ser adequada para aquelas que

apresentam tendência ou sazonalidade, neste sentido, os autores sugerem que a média móvel simples seja mais apropriada para as previsões de curto e médio prazo.

A média móvel simples não considera observações mais antigas, o que para Morettin e Toloi (2006) parece ser razoável, uma vez que o parâmetro deve variar suavemente ao longo do tempo, entretanto vale ressaltar que as propriedades do modelo dependem da determinação do número de períodos. Morettin e Toloi (2006) ainda ressaltam que se *r* = 1; então o valor mais recente é utilizado como previsão do valor futuro, o que os autores chamam de "método ingênuo", por outro lado se *r* = T; então a previsão do valor futuro é igual a média aritmética de todos os valores passados (média simples), neste sentido sugerem que o valor de *r* deve ser proporcional à aleatoriedade. Uma forma de encontrar o melhor valor de *r* é analisar a qualidade das estimativas pela somatória dos erros quadráticos, neste caso, o menor valor representa o modelo com maior capacidade de previsão (MORETTIN; TOLOI, 2006; ROSSI; DAS NEVES, 2014):

$$S = \sum_t^T (Z_t - \hat{Z}_t)^2 \qquad (14)$$

Onde:

a) S = somatória dos erros quadráticos
b) Z_t = valor real
c) $\widehat{Z_t}$= valor previsto

Parece haver consenso quanto às vantagens e desvantagens desta técnica (MAKRIDANIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998; MORETTIN; TOLOI, 2006; PEINADO; GRAEML, 2007; WANKE; JULIANELLI, 2011).

A facilidade de implantação, aliada à flexibilidade do modelo (devido à variação de *r* em função do comportamento da série), estão entre as principais vantagens da média móvel simples, por outro lado a desvantagem está relacionada com séries ou eventos que apresentam tendências ou sazonalidade, proporcionando falta de precisão ou defasagem na acurácia com a previsão seguinte. De maneira geral, a literatura sugere que a técnica de média móvel simples deve ser utilizada em situações onde a demanda observada apresente pouca variação em seu comportamento, não havendo crescimento ou diminuição ao longo do tempo, tampouco flutuações periódicas, caso contrário haverão erros significativos.

3.1.2 Média móvel dupla

Partindo de uma desvantagem apontada para média móvel simples, Wanke e Julianelli (2011) indicam que a média móvel dupla se apresenta como uma alternativa potencial, para a análise de séries temporais que apresentam tendência. Esta técnica é constituída por 5 etapas matemáticas:

1. Cálculo da média móvel simples

$$M_t = \frac{Z_t + Z_{t-1} + \cdots + Z_{t-r+1}}{r} \quad (15)$$

2. Cálculo da média móvel, considerando apenas os valores estimados anteriormente

$$M'_t = \frac{M_t + M_{t-1} + \cdots + M_{t-r+1}}{r} \quad (16)$$

3. Soma da média móvel simples à diferença entre às séries calculadas nos passos 1 e 2

$a_t = M_t + (M_t - M'_t)$ (17)

4. Calculo do ajuste de tendência (como um coeficiente angular de reta

$$b_t = \frac{2}{r-1}(M_t - M'_t) \quad (18)$$

5. Cálculo da previsão dos próximos períodos

$P_{t+p} = a_t + b_t \cdot p$ (19)

Onde:

a) p = número de período futuros a serem previstos
b) M_t = média móvel simples para o período t
c) M_{t-1} = média móvel simples para o período t-1
d) Z_t = valor real observado no período t
e) Z_{t-1} = valor real no período t-1
f) *r* = número de períodos

Apesar da média móvel dupla parecer ser mais completa do que a média móvel simples, cabe destacar que os cálculos atribuem o mesmo peso a todas as observações, além disso, as séries que apresentam sazonalidade ou ciclos continuam com grande potencial para distorções de previsão.

3.1.3 Amortecimento exponencial simples

A análise dos dados e o modelo de previsão de valores futuros, por meio do amortecimento exponencial simples (ou suavização exponencial simples), permite atribuir maior peso às observações mais recentes, admitindo que estas são mais importantes para a determinação do valor previsto (WANKE; JULIANELLI, 2011). Morettin e Toloi (2006) acrescentam que esta técnica elimina uma das desvantagens da média móvel simples, uma vez que se apresenta como uma média ponderada da série. O amortecimento exponencial simples pode ser descrito matematicamente por:

$$\widehat{Z_t} = \alpha Z_t + \alpha(1-\alpha)Z_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 Z_{t-2} + \cdots \quad (20)$$

Ou

$$\widehat{Z_t} = \alpha Z_t + (1-\alpha)P_t \quad (21)$$

Onde:

a) $\widehat{Z_t}$ = Previsão para o próximo período
b) α = coeficiente de amortecimento $(0 \leq \alpha \leq 1)$
c) Z_t = valor observado no período t
d) P_t = previsão referente ao período t

Apesar de considerar a média ponderada das observações ao longo do tempo, o amortecimento exponencial simples não considera a tendência e a sazonalidade da amostra, além disso, parece haver consenso na literatura quanto a maior dificuldade do uso desta técnica: a determinação do coeficiente de amortecimento "α" (MORETTIN; TOLOI, 2006; WANKE; JULIANELLI, 2011; ROSSI; DAS NEVES, 2014). Assim como sugerido para o cálculo do número de períodos "*n*" para média móvel simples, Morettin e Toloi (2006) sugerem a somatória dos erros quadráticos, para determinar o valor mais adequado de α:

$$S = \sum_t^T (Z_t - \hat{Z}_t)^2 \quad (22)$$

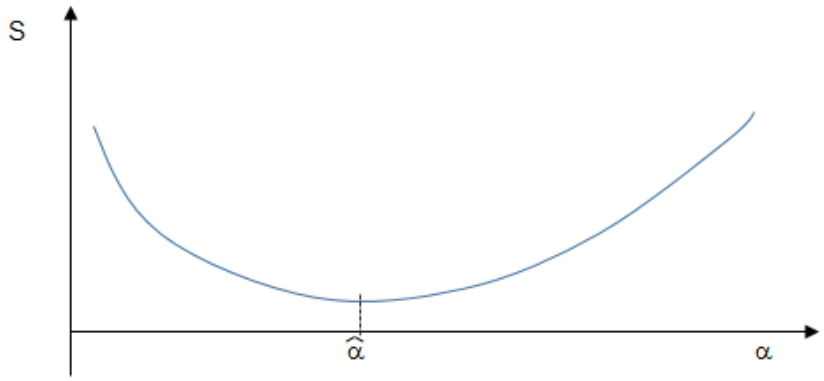
Onde:

a) S = somatória dos erros quadráticos
b) Z_t = valor real
c) $\widehat{Z_t}$= valor previsto

Rossi e Das Neves (2014) acrescentam que, para identificação do valor mais adequado, o ideal seria a obtenção da curva formada pelo resultado da somatória dos

erros quadráticos, com a variação do coeficiente de amortecimento “α”, conforme indica a Figura 17.

Figura 17 - Somatória do erro quadrático, em função do coeficiente de amortecimento



Fonte: Rossi e Das Neves, 2014, p. 259

3.1.4 Suavização exponencial de Holt

Como alternativa a uma deficiência do modelo de amortecimento exponencial simples, surge a suavização exponencial de Holt, que permite considerar a tendência de uma série temporal.

Segundo Rossi e Das Neves (2014), o modelo de suavização exponencial de Holt parte das equações apresentadas para a técnica do amortecimento exponencial simples, acrescentando, por analogia, um parâmetro para tendência de variação.

Os valores do nível e da tendência da série no período “t” são estimados por (MORTTIN; TOLOI, 2006; WANKE; JULIANELLI, 2011):

$$N_t = \alpha Z_t + (1-\alpha)(N_{t-1} + T_{t-1}) \quad (23)$$

$$T_t = \beta(N_t - N_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1} \quad (24)$$

$$P_{t+h} = N_t + hT_t \quad (25)$$

Onde:

a) N_t = componente de nível

b) T_t= componente de tendência

c) α = coeficiente de amortecimento $(0 \leq \alpha \leq 1)$

d) β = coeficiente de amortecimento para tendência $(0 \leq \beta \leq 1)$

e) Z_t = valor observado no período t

f) P_t = previsão referente ao período t

g) *h* = número de períodos futuros que se deseja estimar

A equação (23) é resultado da adição da componente de tendência ao amortecimento exponencial simples, a equação (24) ajusta a estimativa de tendência e finalmente, a equação (25) retorna a previsão para os próximos períodos "*h*".

Vale destacar que este modelo ainda não considera a existência de sazonalidade e assim como o amortecimento exponencial simples, concentra sua dificuldade de aplicação na obtenção dos coeficientes mais adequados.

3.1.5 Suavização exponencial sazonal de Holt-Winters

Existem outras formas de análise para as séries temporais que apresentam um comportamento mais complexo (MORETTIN; TOLOI, 2006), neste sentido, para Wanke e Julianelli (2011), a suavização exponencial se apresenta como uma evolução da suavização exponencial de Holt, pois incrementa o ajuste sazonal para cada período:

$$S_t = \gamma\left(\frac{Z_t}{N_t}\right) + (1-\gamma)S_{t-c} \quad (26)$$

O termo $\left(\frac{Z_t}{N_t}\right)$ representa o ajuste sazonal para o período "t" e o termo S_{t-c} representa o ajuste sazonal para o período "t-c".

Os valores do nível e da tendência da série no período "t" são estimados por (MORTTIN e TOLOI, 2006; WANKE e JULIANELLI, 2011):

$$N_t = \alpha\left(\frac{Z_t}{S_{t-C}}\right) + (1-\alpha)(N_{t-1} + T_{t-1}) \quad (27)$$

$$T_t = \beta(N_t - N_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1} \quad (28)$$

$$P_{t+h} = (N_t + hT_t)\cdot S_{t+h-c} \quad (29)$$

Onde:

a) N_t = componente de nível
b) T_t= componente de tendência
c) St = componente sazonal
d) α = coeficiente de amortecimento $(0 \leq \alpha \leq 1)$
e) β = coeficiente de amortecimento para tendência $(0 \leq \beta \leq 1)$
f) γ = coeficiente de amortecimento para sazonalidade $(0 \leq \gamma \leq 1)$
g) Z_t = valor observado no período t
h) P_t = previsão referente ao período t

i) h = número de períodos futuros que se deseja estimar

j) c = número de períodos utilizados para o cálculo do ajuste sazonal

Morettin e Toloi (2006) comentam que, assim como o método de Holt, a maior dificuldade da suavização exponencial sazonal de Holt-Winters é a estimativa dos coeficientes de amortecimento. Ademais, segundo os mesmos autores, a desvantagem do uso deste método é evidente quando se pretende estudar propriedades estatísticas, por exemplo: média, variância; como consequência, há maior dificuldade para a construção de um intervalo de confiança.

3.1.6 Modelo ARIMA

O modelo *Auto-Regressive Integrated Moving-Average* (ARIMA) foi desenvolvido por Box-Jenkins (1970), este modelo tem sido aplicado com sucesso em diversas situações (WALLS; BENDELL, 1987) e com destaque na previsão de séries temporais de economia (HO; XIE, 1998).

Segundo Werner e Ribeiro (2003), o modelo auto regressivo integrado de média móvel (ARIMA, traduzido para o idioma português) estabelece a previsão do valor futuro de uma variável com o uso de uma estrutura de correlação temporal, também chamada de autocorrelação. Segundo os autores, este modelo consiste na estimativa de uma variável a partir de uma função linear, por meio de diversas observações históricas, considerando seus erros aleatórios.

Morettin e Toloi (2006) afirmam que o modelo ARIMA é capaz de representar tanto séries estacionárias como séries não-estacionárias, e ainda destacam, como característica evolutiva do modelo, a possibilidade de descrever a influência dos erros auto-correlacionados no desenvolvimento da série. Segundo Morettin e Toloi (2006), existem três classes de processos que podem ser descritos pelo modelo ARIMA:

a) Processos lineares estacionários.
b) Processos lineares não-estacionários homogêneos – onde a série produz erros auto-correlacionados, proporcionando séries não-estacionárias em nível ou inclinação.
c) Processos de memória longa – Processos estacionários que possuem uma função de autocorrelação com decaimento lento.

Wanke e Julianelli (2011) descrevem que o modelo ARIMA é composto por três termos: o autorregressivo, a tendência e a média móvel; representados pelas letras "*p*", "*d*" e "*q*" respectivamente.

O termo autorregressivo (AR, representado pela letra "*p*") está relacionado com o número de observações sucessivas que apresentam dependência.

O termo de tendência (I, representado pela letra "*d*") é a técnica utilizada para transformar a série em estacionária.

O termo de médias móveis (MA, representado pela letra "*q*") significa a persistência de um choque aleatório de uma observação para a outra.

Uma determinada série temporal não sazonal pode ser modelada pela combinação de diversos valores históricos e seus erros, conforme Equação 30, e pode ser representada como ARIMA (*p*, *d*, *q*):

$$X_t = C + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \ldots + \phi_p X_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \ldots - \theta_q e_{t-q} \quad (30)$$

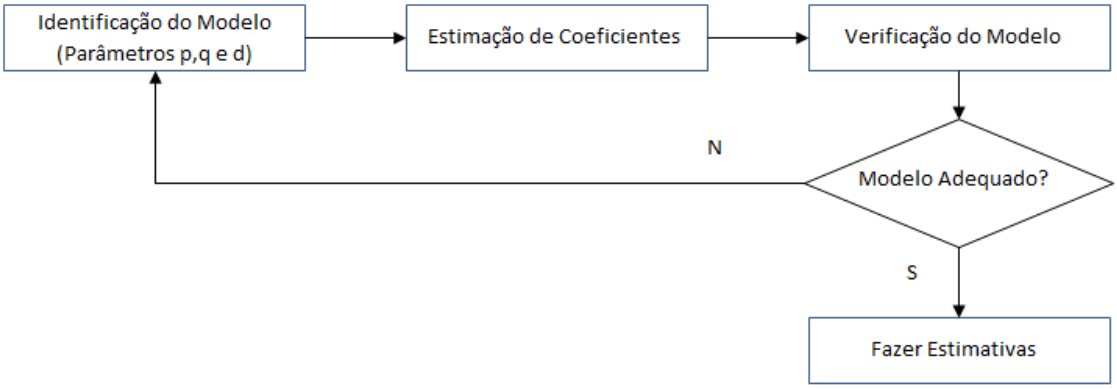
Onde:

a) X_t = valor da observação no período t;
b) e_t = erro aleatório para o período t;
c) C, ϕ_i (i = 1, 2,3, ..., p) e θ_j (1,2,3, ... q) = parâmetros do modelo;
d) *p* = número de ordem de auto regressão (deve ser número inteiro maior do que 0);
e) *q* = parâmetro de média móvel (deve ser número inteiro maior do que 0);
f) Os erros aleatórios (e_t) são assumidos como independentes e identicamente distribuídos com média zero e variância constante, σ^2.

Se *q* = 0, então a Equação 30 torna-se um modelo (AR) auto regressivo de ordem *p*. Quando *p* = 0, se reduz a um modelo (MA) de média móvel. A tarefa de construir um modelo ARIMA passa por determinar os níveis de ordem apropriados (*p*, *d*, *q*).

A Figura 18 mostra o fluxograma sugerido por Wanke e Julianelli (2011) para a realização de previsões por meio do modelo ARIMA.

Figura 18 - Fluxograma para uso do modelo ARIMA



Fonte: Autor “adaptado de” Wanke e Julianelli, 2011

Segundo Morettin e Toloi (2006), a fase crítica do processo é a identificação do modelo. Os autores sugerem que a primeira etapa deva ser a verificação da necessidade de transformação da série original, com o objetivo de deixa-la estacionária, em seguida os valores de “*p*” e “*q*” devem ser obtidos com base nas funções de autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACP).

Inicialmente, para identificar se a série é estacionária, ou seja, se as observações temporais flutuam aleatoriamente em torno de uma média e variância constante, pode-se utilizar o recurso de gráficos. Quando a série não é estacionária, Morettin e Toloi (2006) recomendam que se tome a diferença da série original, até que seja obtida uma série estacionária, de modo que o processo $\Delta^d X_t$ seja reduzido para um modelo ARMA (*p*, *q*), desta forma, o número de diferenças necessárias para o alcance de uma série estacionária deve ser atribuído ao termo de tendência “*d*” do modelo ARIMA.

Segundo Bueno (2011), a função de autocorrelação (FAC) é a medida padronizada da dependência entre duas variáveis Z_t e Z_{t-j}, de acordo com Morettin e Toloi (2006) a FAC (r_j) é estimada por:

$$r_j = \frac{c_j}{c_0}; \qquad j=0,1,\ldots, N-1 \tag{31}$$

$$c_j = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N-j}[(Z_t - \bar{Z})(Z_{t+j} - \bar{Z})]; \quad j=0, 1, \ldots, N-1 \tag{32}$$

Sendo:

a) Z_t = o valor observado no período t;

b) $\bar{Z}$ = a média da amostra, isto é:

$$\bar{Z} = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N} Z_t \tag{33}$$

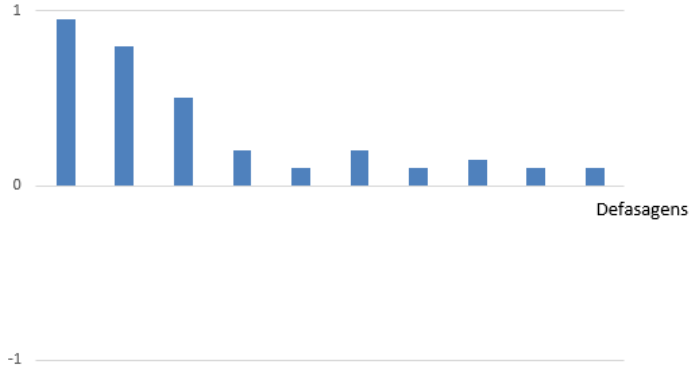
A função de autocorrelação parcial (FACP) é a medida de dependência entre Z_t e Z_{t-k}, suprimindo a dependência entre os valores intermediários, ou seja: o procedimento consiste em regredir Z_t contra Z_{t-1} e obter $\phi_{1,1}$, em seguida regredir Z_t contra Z_{t-1} e Z_{t-2}, obter $\phi_{2,1}$ e $\phi_{2,2}$, entretanto apenas o último interessa; e assim por diante (BUENO, 2011).

Os gráficos formados pela FAC e FACP formam o correlograma que deve ser analisado para identificação da estacionariedade e dos termos "*p*" e "*q*" do modelo ARIMA (MORETIN; TOLOI, 2006; BUENO, 2011).

A série pode ser reconhecida como estacionária se o correlograma formado pela FAC e pela FACP tiver decaimento rápido, ou apresentar um truncamento abrupto (BUENO, 2011), conforme elucida a Figura 19 e a Figura 20, respectivamente; por outro lado, se correlograma exibir um gráfico com decaimento lento, podemos ter uma série não estacionária, a Figura 21 apresenta um exemplo de um correlograma com decaimento lento.

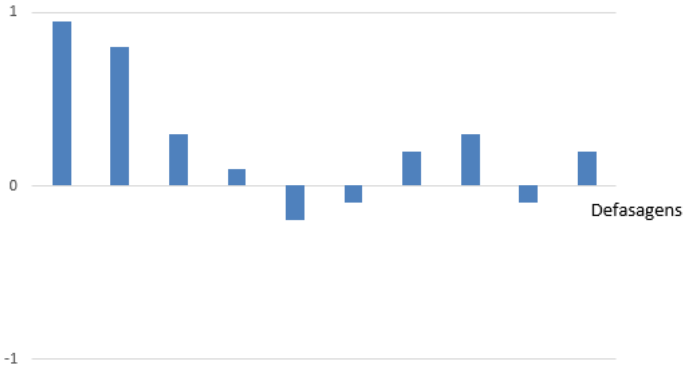
A identificação dos termos "*p*" e "*q*" do modelo ARIMA é realizada pela análise simultânea dos gráficos obtidos pela FAC e FACP.

Figura 19 - Exemplo de correlograma com decaimento rápido



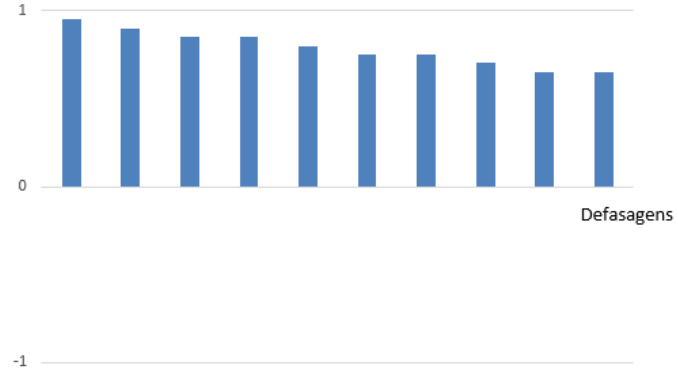
Fonte: Autor

Figura 20 - Exemplo de correlograma com truncamento abrupto



Fonte: Autor

Figura 21 - Exemplo de correlograma com decaimento lento



Fonte: Autor

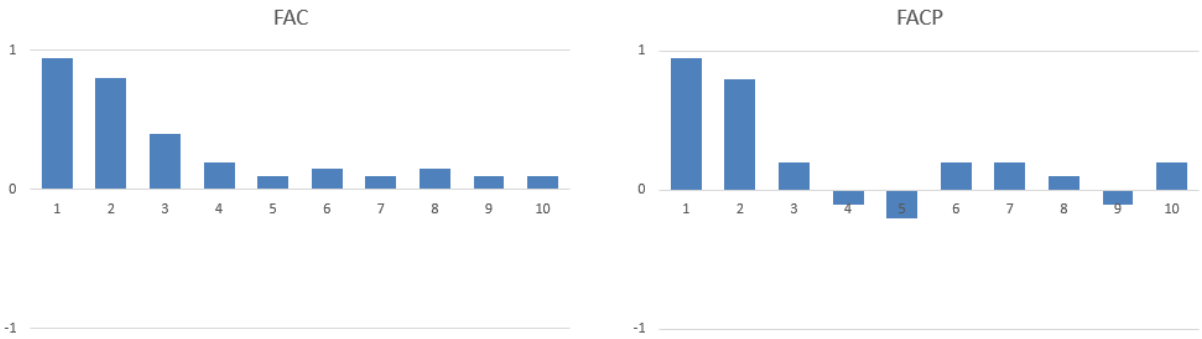
Os modelos puramente autorregressivos, que apresentam AR("*p*") e MA(0) podem ser caracterizados pelo decaimento rápido da FAC e o truncamento abrupto da FACP (MORETTIN; TOLOI, 2006; BUENO, 2011), conforme Figura 22. O termo "*p*" pode ser igual ao número de picos na defasagem da FACP. Este modelo pode ser representado por:

$$X_t = C + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \ldots + \phi_p X_{t-p} + e_t \quad (34)$$

Onde:

a) X_t = valor da observação no período t;
b) e_t = erro aleatório para o período t;
c) C, ϕ_i (i = 1, 2,3, ..., p) e θ_j (1,2,3, ... q) = parâmetros do modelo;
d) *p* = número de ordem de auto regressão (deve ser número inteiro maior do que 0);
e) Os erros aleatórios (e_t) são assumidos como independentes e identicamente distribuídos com média zero e variância constante, σ^2.

Figura 22 - FAC e FACP para AR("p") e MA(0)



Fonte: Autor

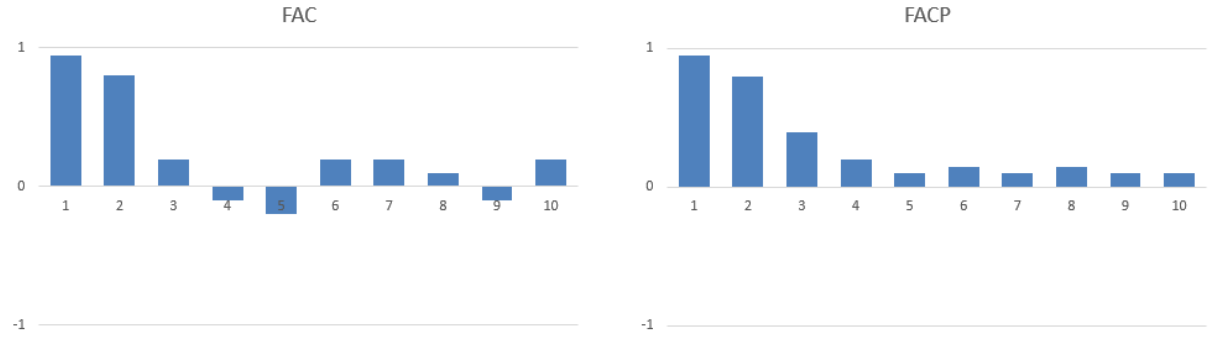
Os modelos de média móvel, que apresentam AR(0) e MA("*q*") podem ser caracterizados pelo truncamento abrupto da FAC e o decaimento rápido da FACP (MORETTIN; TOLOI, 2006; BUENO, 2011), conforme Figura 23. O termo "q" pode ser igual ao número de picos na defasagem da FAC. Este modelo pode ser representado por:

$$X_t = C + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \ldots - \theta_q e_{t-q} \quad (35)$$

Onde:

a) X_t = valor da observação no período t;
b) e_t = erro aleatório para o período t;
c) C, ϕ_i (i = 1, 2,3, ..., p) e θ_j (1,2,3, ... q) = parâmetros do modelo;
d) *q* = parâmetro de média móvel (deve ser número inteiro maior do que 0);
e) Os erros aleatórios (e_t) são assumidos como independentes e identicamente distribuídos com média zero e variância constante, σ^2.

Figura 23 - FAC e FACP para AR(0) e MA("q")



Fonte: Autor

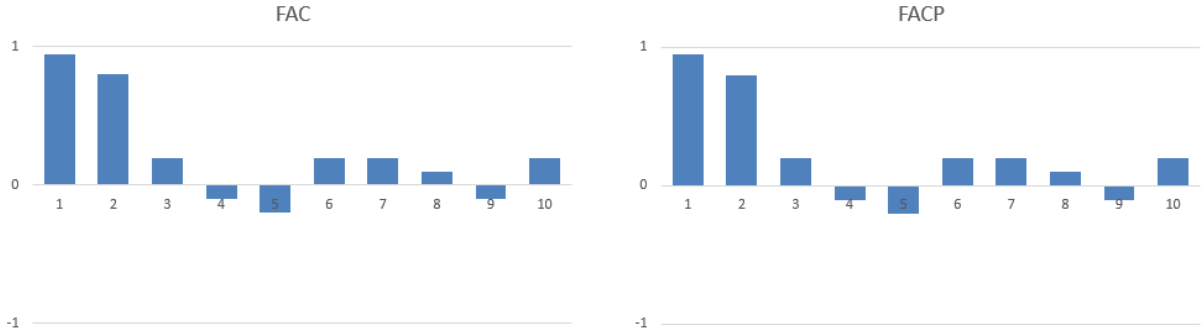
Os modelos de média móvel, que apresentam AR(“*p*”) e MA(“*q*”) podem ser caracterizados pelo truncamento abrupto da FAC e da FACP (MORETTIN; TOLOI, 2006; BUENO, 2011), conforme Figura 24. Este modelo pode ser representado, conforme Equação (30), descrita anteriormente:

$$X_t = C + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \ldots + \phi_p X_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \ldots - \theta_q e_{t-q}$$

Onde:

a) X_t = valor da observação no período t;
b) e_t = erro aleatório para o período t;
c) C, ϕ_i (i = 1, 2,3, ..., p) e θ_j (1,2,3, ... q) = parâmetros do modelo;
d) *p* = número de ordem de auto regressão (deve ser número inteiro maior do que 0);
e) *q* = parâmetro de média móvel (deve ser número inteiro maior do que 0);
f) Os erros aleatórios (e_t) são assumidos como independentes e identicamente distribuídos com média zero e variância constante, σ^2.

Figura 24 - FAC e FACP para AR(“p”) e MA(“q”)



Fonte: Autor

O Quadro 6 apresenta um resumo do processo de análise do correlograma formado pela FAC e FACP, para a identificação dos termos “*p*” e “*q*”, que formam o modelo ARIMA (*p*, *d*, *q*).

Quadro 6 - Análise de FAC e FACP para identificar “p” e “q”

MODELO	FAC	FACP
AR(p)	Decai rapidamente	Truncamento abrupto, na defasagem "p"
MA(q)	Truncamento abrupto, na defasagem "q"	Decai Rapidamente
ARMA(p, q)	Truncamento abrupto	Truncamento abrupto

Fonte: Bueno, 2011, p. 47

Bueno (2011) comenta que pode ser difícil visualizar o momento que se inicia o decaimento de uma função, principalmente quando o formato deste decaimento não é bem definido, o que acaba por prejudicar a identificação dos termos "*p*" e "*q*". Morettin e Toloi (2006) recomendam, para estes casos, o ajuste de alguns modelos de baixa ordem, por exemplo: ARMA (1,1) ARMA(1,2), ARMA(2,1), ARMA(2,2); para em seguida, utilizar critérios que permitam a escolha do modelo mais adequado, por exemplo: mínimos quadrados ordinários, teste de hipótese F, teste de hipótese T.

3.1.7 Modelo VAR

Os modelos abordados anteriormente são univariados, isto significa que a capacidade de análise se limita a séries que sofrem a influência de uma única variável, entretanto, de acordo com Bueno (2011), é possível identificar outros fenômenos que são expressos por meio de diversas variáveis. Neste sentido, o modelo de Vetor Autorregressivo (VAR) é uma adaptação do modelo autorregressivo univariado (ROSSI; DAS NEVES, 2014), permitindo expressar e estimar sistemas mais completos, com mais de uma variável endógena (BUENO, 2011).

De acordo com Bueno (2011), pode-se expressar um modelo de vetor regressivo de ordem "*p"*, ou seja, um modelo VAR (*p*); por um vetor com "*n"* variáveis endógenas (chamadas X_t), conectadas por uma matriz *A*, da seguinte maneira:

$$AX_t = B_0 + \sum_{i=1}^{p} B_i X_{t-i} + B_{\varepsilon_t} \quad (36)$$

Onde:

a) *A* = uma matriz *n* x *n*, que define as restrições contemporâneas entre as variáveis;
b) X_t = variáveis endógenas;
c) B_0 = vetor de constantes *n* x 1;
d) B_i = matrizes *n* x *n*;
e) *B* = matriz diagonal *n* x *n* de desvios padrão;
f) ε_t = vetor *n* x 1, formado pelos erros aleatórios não correlacionados.

Para Rossi e Das Neves (2014), a maneira mais simples de resolver este sistema seria, primeiramente, transformá-lo em equações descasadas e então analisar a trajetória de cada uma dessas variáveis. Neste sentido, Morettin (2011) e Bueno (2011) recomendam o uso do modelo em sua forma reduzida, pois pode

simplificar as análises, as estimativas e as previsões, facilitando a compreensão desta metodologia, uma vez que a forma reduzida não explica a dependência contemporânea entre as variáveis endógenas.

Para estimar a forma reduzida do modelo VAR(*p*), Bueno (2011) sugere que:

$$X_t = A^{1-}B_0 + \sum_{i=1}^{p} A^{-1}B_i X_{t-i} + A^{-1}B_{\varepsilon_t} = \Phi + \sum_{i=1}^{p} \Phi_i X_{t-i} + e_t \quad (37)$$

Onde:

a) $\Phi_i = A^{-1}B_i$, sendo *i*=0, 1, ..., *p*

b) A = uma matriz inversa n x n;

c) Xt = variáveis endógenas;

d) B0 = vetor de constantes n x 1;

e) Bi = matrizes n x n;

f) B = matriz diagonal n x n de desvios padrão;

g) ε_t = vetor n x 1, formado pelos erros aleatórios não correlacionados.

Considerando o modelo reduzido com duas variáveis endógenas (*n* = 2) e ordem igual a 1 (*p* = 1), tem-se VAR(1):

$$X_{1t} = \phi_{10} - \alpha_{12}X_{2t} + \phi_{11}X_{1,t-1} + \phi_{12}X_{2,t-1} + e_{1t} \quad (38)$$

$$X_{2t} = \phi_{20} - \alpha_{21}X_{1t} + \phi_{21}X_{1,t-1} + \phi_{22}X_{2,t-1} + e_{2t} \quad (39)$$

Bueno (2011) comenta que, de maneira geral, a forma reduzida não pode ser estimada de maneira direta, uma vez que X_{1t} e X_{2t} são individualmente correlacionados com e_{2t} e e_{1t}, respectivamente, pois cada uma das variáveis contemporâneas depende da outra, Rossi e Das Neves (2014) recomendam uma nova transformação para reverter à solução do modelo para os termos das variáveis originais do sistema, desta maneira o modelo pode ser escrito pela álgebra matricial:

$$\begin{bmatrix} 1 & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{1t} \\ X_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \phi_{10} \\ \phi_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} \\ \phi_{21} & \phi_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{1,t-1} \\ X_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} \quad (40)$$

Entretanto, Bueno (2011) sugere que se ambas as séries forem estacionárias, pode-se estimar o modelo normalmente, neste sentido, as hipóteses assumidas são:

a) X_{1t} e X_{2t} são séries estacionárias;

b) e_{1t} e e_{2t} têm média 0 e desvio padrão igual a 1;

c) e_{1t} e e_{2t} são estocásticos e não apresentam autocorrelação.

De acordo com Morettin (2011), a construção de um modelo VAR segue o mesmo ciclo usado nos modelos univariados ARIMA para identificação do parâmetro "*p*".

Bueno (2011) e Morettin (2011) indicam que existem várias maneiras de se identificar a ordem "*p*", entretanto os autores alertam que não é uma tarefa simples, pois a defasagem necessária para obter ruído branco em relação a primeira variável endógena não é a mesma para se obter na segunda variável. Deve-se usar a quantidade de defasagens necessárias para obter ruídos brancos em todas as variáreis endógenas.

Uma possibilidade para identificar a ordem "*p*" tem como base ajustar sequencialmente os modelos autorregressivos vetoriais de ordens 1, 2, ..., *k*; em seguida, Bueno (2011) e Morettin (2011) sugerem testar a significância dos coeficientes, que podem ser calculados pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO), uma vez que, para Morettin (2011) os MQO fornecem estimadores consistentes e eficientes. Seguindo esta alternativa tem-se:

$$X_t = \Phi_0^{(1)} + \Phi_1^{(1)} X_{t-1} + e_t^{(1)} \quad (41)$$

$$X_t = \Phi_0^{(2)} + \Phi_1^{(2)} X_{t-1} + \Phi_2^{(2)} X_{t-2} + e_t^{(2)} \quad (42)$$

...

$$X_t = \Phi_0^{(k)} + \Phi_1^{(k)} X_{t-1} + \ldots + \Phi_k^{(k)} X_{t-k} + e_t^{(k)} \quad (43)$$

Em seguida, testa-se as hipóteses:

H_0: $\Phi_k^{(k)} = 0$ (44)

H_1: $\Phi_k^{(k)} \neq 0$ (45)

Morettin (2011) recomenda o teste da razão de verossimilhanças baseado nas estimativas das matrizes de covariância dos resíduos:

$$\hat{e}_t^{(k)} = X_t - \Phi_0^{(k)} - \Phi_1^{(k)} X_{t-1} - \cdots - \Phi_K^{(k)} X_{t-K} \quad (46)$$

$$\hat{\Sigma}_k = \frac{1}{T-k} \sum_{t=k+1}^{T} \hat{e}_t^{(k)} \left(\hat{e}_t^{(k)}\right)' \quad (47)$$

$$RV(k) = (T-k) \ln \frac{|\hat{\Sigma}_{k-1}|}{|\hat{\Sigma}_k|} \quad (48)$$

Onde:

a) Para K = 0; $\hat{e}_t^{(0)} = X_t - \bar{X}$

b) Φ = parâmetros da equação;

c) X_{t-k} = variáveis exógenas;

d) $\hat{\Sigma}_k$= matriz de covariância dos resíduos.

e) $RV(k)$ = Razão de verossimilhança

Bueno (2011) e Morettin (2011) ainda citam outras maneiras de identificar a ordem "*p*" de um modelo VAR(*p*), como os critérios de Akaike, de Schwarz e o critério de Hannan-Quinn, que são respectivamente representados pelas equações:

$$AIC(k) = \ln\left(\left|\hat{\Sigma}_k\right|\right) + \frac{2kn^2}{T} \quad (49)$$

$$BIC(k) = \ln\left(\left|\hat{\Sigma}_k\right|\right) + \frac{kn^2 \ln(T)}{T} \quad (50)$$

$$HQC(k) = \ln\left(\left|\hat{\Sigma}_k\right|\right) + \frac{kn^2 \ln(\ln T)}{T} \quad (51)$$

Onde:

a) $\hat{\Sigma}_k$= matriz de covariância dos resíduos;

b) kn^2 = número total de parâmetros estimados em todas as equações

c) T = tamanho da amostra

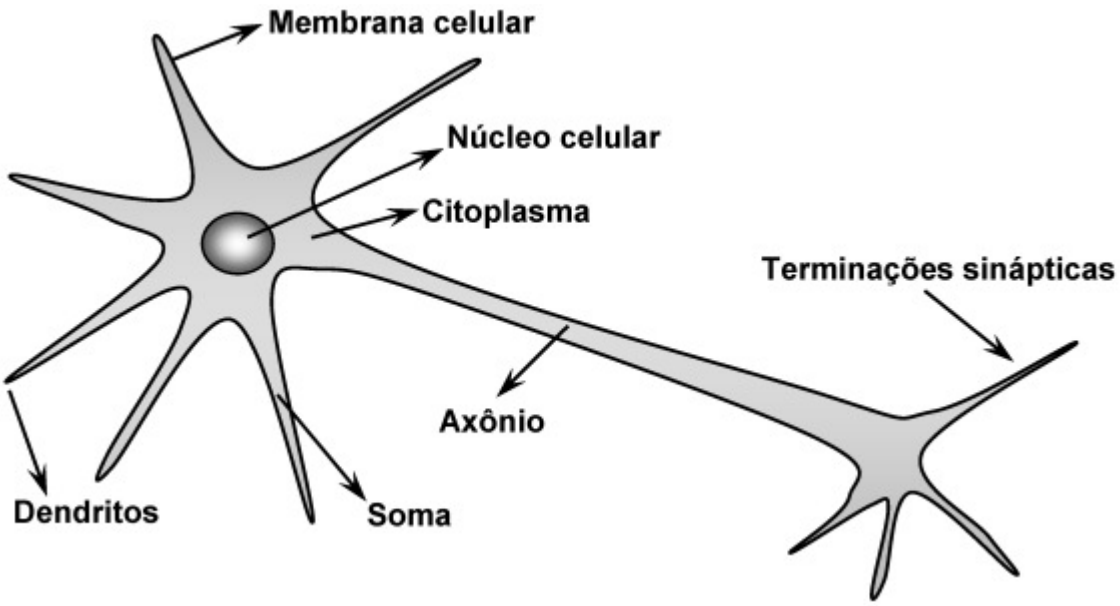
O software EViews fornece o valor da razão de verossimilhança (RV), além dos critérios de Akaike, de Schwarz e de Hannan-Quinn, permitindo a escolha do valor de ordem "*p*" para o modelo VAR(*p*). Bueno (2011) ressalta a importância de combinar aos processos de identificação, o bom senso e o critério da parcimônia.

3.2 REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

As redes neurais artificiais, ou *Artificial Neural Networks* (ANN) em inglês, são modelos matemáticos computacionais, baseados no funcionamento do sistema nervoso de seres humanos (SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010; WANKE; JULIANELLI, 2011; WANG *et al*. 2013), que possuem vasta possibilidades de aplicações em diversas áreas de conhecimento, entre elas, o estudo das séries temporais (SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010).

Para melhor compreensão do modelo, cabe destacar, de maneira simplificada, o funcionamento da comunicação entre os neurônios biológicos, conforme ilustra a Figura 25.

Figura 25 - Neurônio biológico



Fonte: Silva, Spatti e Flauzino, 2010, p. 29

Os dentritos, formados por vários prolongamentos, são responsáveis pela captura de estímulos. Estes estímulos são processados pelo corpo celular a fim de produzir um potencial de ativação, que indicará se o neurônio poderá disparar um impulso elétrico ao longo do axônio, que por sua vez conduz este estímulo até as terminações sinápticas, que se encarregam de transferir estes impulsos para outros dentritos de outros neurônios (SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010).

Os modelos de redes neurais artificiais são construídos a partir de neurônios artificias que basicamente coletam sinais de entrada, que são agregados por meio de uma função operacional e em seguida produzem uma determinada resposta, considerando sua função de ativação. A Figura 26 representa um neurônio artificial, onde (SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010; BRAGA; CARVALHO; LUDERMIR, 2014):

a) $x_1, x_2, ..., X_n$: representam os sinais de entrada, que são medidas recebidas do meio externo;
b) $W_1, W_2, ..., W_n$: representam os pesos sinápticos, que são os valores de ponderação de cada variável, classificando sua relevância para o funcionamento do neurônio;
c) Σ: representa a combinação linear, ou seja: a somatória dos valores de entrada ponderados;

d) θ: limiar de ativação, variável que especifica o valor que deve ser comparado à combinação linear (Σ), para que o neurônio dispare uma resposta;

e) u: potencial de ativação, ou seja, a diferença entre a combinação linear (Σ) e o limiar de ativação (θ);

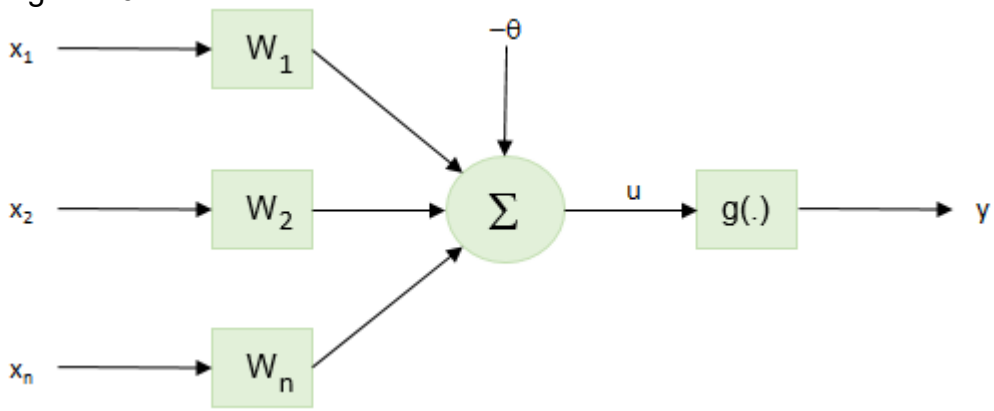
$$u = \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot x_i - \theta \quad (52)$$

f) g(.): função de ativação, cuja função é limitar a saída do neurônio dentro de um intervalo de valores;

g) y: sinal de saída.

$$y=g(u) \quad (53)$$

Figura 26 - Neurônio artificial



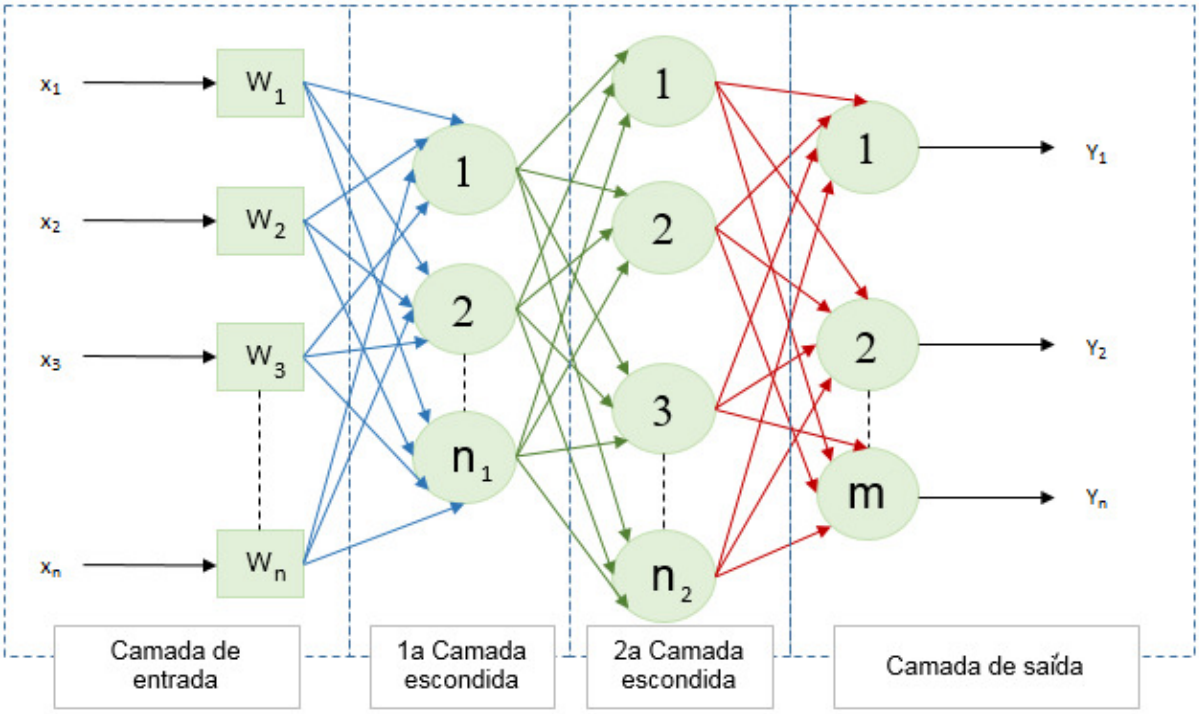
Fonte: Silva, Spatti e Flauzino, 2010, p. 34

De acordo com Braga, Carvalho e Ludermir (2014), os neurônios artificias possuem capacidade computacional limitada, quando são analisados de maneira individual, entretanto, um arranjo de neurônios artificias conectados forma uma rede neural, capaz de resolver problemas complexos. Para compreender melhor as formas mais comuns da arquitetura composta pelo conjunto de neurônios artificias, Silva, Spatti e Flauzino (2010) sugerem que uma rede neural possa ser dividida em 3 partes, sendo:

1- Camada de entrada: formada pelos sinais de entrada;
2- Camadas escondidas: neurônios que têm a função de extrair características associadas ao processo;
3- Camadas de saída: neurônios responsáveis pela produção do resultado final.

A Figura 27 ilustra um exemplo de rede neural com múltiplas camadas.

Figura 27 - Exemplo de rede neural com múltiplas camadas

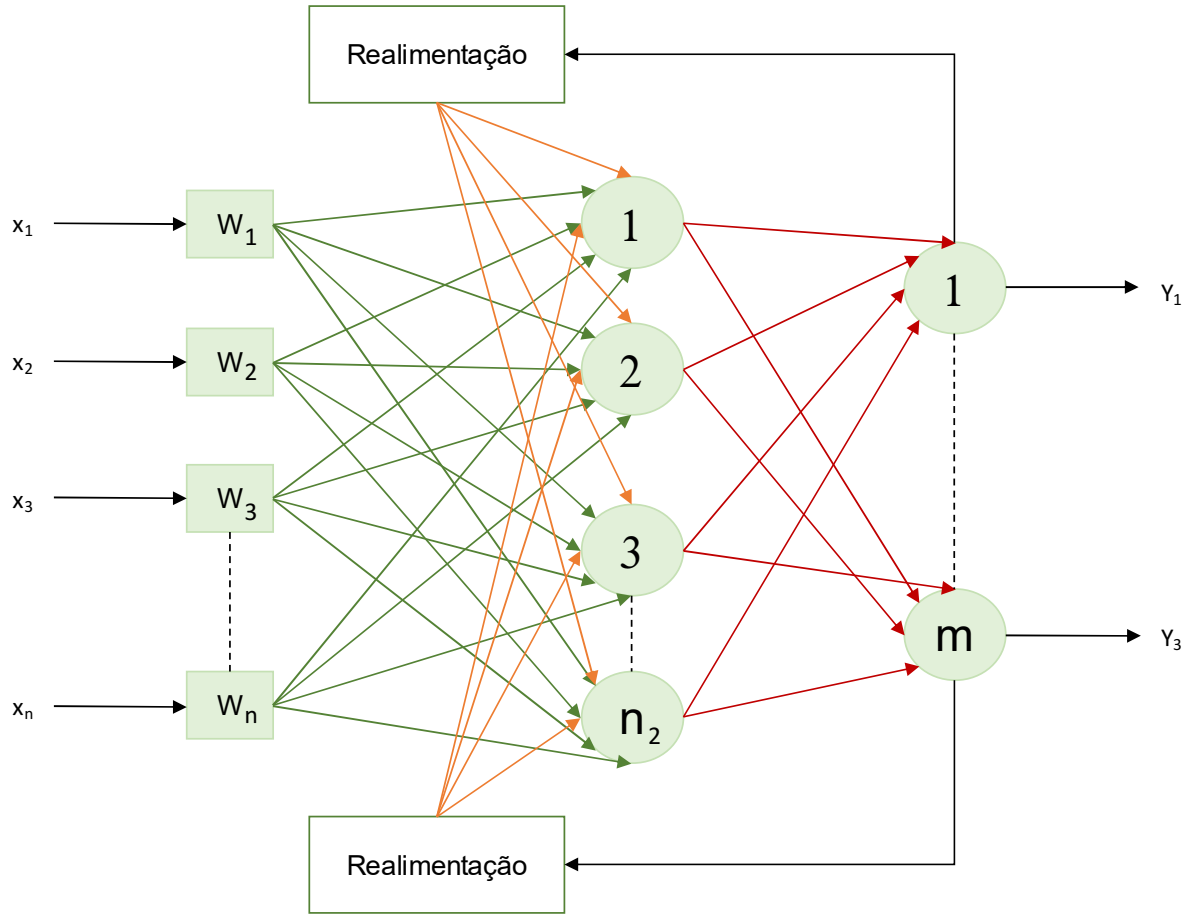


Fonte: Autor “adaptado de” Silva, Spatti e Flauzino, 2010, p. 48

Para Silva, Spatti e Flauzino (2010), a arquitetura de uma rede neural define como será o relacionamento entre os neurônios artificias no processo de produção de uma determinada resposta. Braga, Carvalho e Ludermir (2014) acrescentam que a definição desta estrutura depene de uma série de fatores, entre eles: a complexidade do problema, a representatividade dos dados e o conhecimento prévio do assunto. Os autores parecem concordar sobre as principais arquiteturas de redes neurais que podem ser desenvolvidas: arquitetura *feedfoward* de camada simples, arquitetura *feedforward* de múltiplas camadas, arquitetura recorrente, arquitetura em estrutura reticulada.

De acordo com Braga, Carvalho e Ludermir (2014), a arquitetura recorrente é a mais adequada para estudar séries temporais. Segundo os autores, este tipo de arquitetura forma redes neurais cujas saídas realimentam outros neurônios, como sinais de entrada. Por conta desta realimentação, este tipo de rede se qualifica para processamentos dinâmicos, principalmente com sistemas variantes em relação ao tempo, uma vez que as saídas atuais levam em consideração os valores de saídas anteriores. A Figura 28 apresenta um exemplo de arquitetura recorrente.

Figura 28 - Exemplo de arquitetura recorrente



Fonte: Autor, baseado em Silva, Spatti e Flauzino, 2010, p. 48; Braga, Carvalho e Ludermir, 2014, p. 11

Por outro lado, Silva, Spatti e Flauzino (2010) aludem que o modelo mais adequado para o estudo de séries temporais possa ser o *Percepcton* de Múltiplas Camadas (arquitetura *feedforward* de múltiplas camadas), com processo de treinamento supervisionado, do tipo *backpropagation* (ou algoritmo de retropropagação do erro).

O processo de aprendizado é uma das características mais importantes das redes neurais artificiais (WANG *et al.*, 2013; BRAGA; CARVALHO; LUDERMIR, 2014). De acordo com Braga, Carvalho e Ludermir (2014) o aprendizado é o processo iterativo de ajuste de parâmetros de uma rede neural onde, ao final do processo, os pesos das conexões guardam o conhecimento adquirido do ambiente externo. Para Silva, Spatti e Flauzino (2010), tratam-se de passos ordenados para obtenção dos

pesos sinápticos, com o objetivo de generalizar soluções cujas respostas refletem de forma representativa o sistema físico que está sendo mapeado.

De acordo com Wang *et al*. (2013), o modelo ANN pode ser utilizado para analisar séries temporais não lineares, sendo capaz de estimar um evento futuro por meio de observações dos eventos passados, conforme a equação 54:

$$X_t = f(X_{t-1}; \dots; X_{t-p}; w) + \varepsilon_t \quad (54)$$

Onde *w* é o vetor que representa os parâmetros e *f* é a função determinada pela rede neural com seus respectivos pesos sinápticos. Wang *et al*. (2013) comentam que o maior desafio para o uso deste modelo é a determinação do termo "*p*", que representa a quantidade de observações passadas que deve ser incluída na equação; e o termo "*q*", representando o número de camadas escondidas que o modelo deve considerar.

3.3 MODELOS HÍBRIDOS

De acordo com Zhang (2003), embora os modelos tradicionais de análise de séries temporais apresentem como ponto forte a flexibilidade de modelagem, podendo representar vários tipos de séries temporais, eles estão limitados as análises de séries estacionárias, sendo que os processos de transformação de uma série não estacionária em séries estacionárias nem sempre são satisfatórios. Em contrapartida, o mesmo autor sugere que a grande vantagem das redes neurais artificiais está na sua capacidade de modelagem de sistemas não-lineares, o modelo é adaptativo e formado com base nas características dos dados.

Neste sentido, Zhang (2003) apresentou uma proposta de modelo híbrido, mesclando ARIMA com ANN para analisar as séries temporais. Para justificar sua proposta, o autor argumenta que muitas vezes é difícil de se determinar uma série temporal. Normalmente a série estacionária é gerada a partir de um processo subjacente, que pode ser linear ou não linear. Os diferentes modelos são comparados e, consequentemente, aquele com o resultado mais preciso é selecionado, no entanto, isto não significa que o mesmo modelo seja o mais adequado para usos futuros, pois existe um potencial de incerteza do modelo e também a provável alteração da estrutura da amostra. Combinando métodos diferentes, o problema da seleção de modelo pode ser minimizado.

Além disso, para Morettin (2011), no mundo real, uma série temporal raramente é somente linear ou não linear; estas séries podem conter, simultaneamente, padrões lineares e não lineares. Nestes casos, Zahng (2003) sugere que tanto o modelo ARIMA como o ANN podem trazer resultados pouco satisfatórios, entretanto, combinando os 2 modelos, há possibilidade de modelar com maior precisão as estruturas complexas das autocorrelações.

De acordo com Wang *et al.* (2013) e Babu e Reddy (2014), o modelo híbrido utiliza o ARIMA para analisar a parte linear de uma série, enquanto o ANN analisa a parte não linear, neste sentido uma série temporal complexa precisa ser dividida, com as técnicas de decomposição, nestas duas componentes. Wang *et al*. (2013) ainda sugerem que o modelo híbrido pode ser aditivo ou multiplicativo, conforme indicam as equações, respectivamente:

$y_t = L_t + N_t$ (55)

$y_t = L_t * N_t$ (56)

Onde:

a) L_t = componente linear
b) N_t = componente não-linear

O método consiste nos seguintes passos:

a) Aplicação do modelo ARIMA para a componente linear (y_t; t=1, 2,...n), gerando uma série de estimativas, chamada $\hat{L}_t$;
b) Comparação da série $\hat{L}_t$ com y_t, para obter a série da componente não linear.

   Se o modelo híbrido for multiplicativo, então:

   $$e_t = \frac{y_t}{\hat{L}_t} \quad (57)$$

   Se o modelo híbrido for aditivo, então:

   $$e_t = y_t - \hat{L}_t \quad (58)$$

c) Aplicar o modelo ANN para a série não linear:

   $$e_t = f(e_{t-1}; \dots; e_{t-n}; w) + \varepsilon_t \quad (59)$$

   Onde:

   - *w* = vetor que representa os parâmetros

3.4 COLETA DE DADOS

Foram coletados os dados referentes ao faturamento mensal de uma empresa metalúrgica, multinacional, fabricante de sistemas de automatismo para acesso social de edificações. As observações foram realizadas de janeiro de 2006 até agosto de 2015.

A companhia observada é de origem alemã e conta com 100 anos de história, contudo atua no mercado brasileiro desde o início da década de 1980. Os produtos relativos aos sistemas de automatismo foram implantados no final da década de 1980 e consolidaram a empresa como uma referência neste segmento.

Os bens manufaturados comercializados pela companhia tornam-se ativos imobilizados do condomínio. Os sistemas de automatismo podem ser negociados diretamente com o proprietário da edificação, ou com o construtor (responsável pela obra civil).

A venda de um sistema de automatismo está baseada em uma série de benefícios que o produto traz ao condômino e para o usuário da edificação, deste modo, além da sofisticação e da valorização do empreendimento, estes sistemas são capazes de:

a) Oferecer economia da energia elétrica utilizada pelos aparelhos de ar condicionado, uma vez que o sistema de automatismo contribui para manter o isolamento entre o ambiente interno e externo, reduzindo a troca de calor;
b) Aumentar a segurança patrimonial, principalmente quando combinado a um sistema de controle de acesso;
c) Contribuir para higiene e prevenção de contaminação, sobretudo em edificações hospitalares.

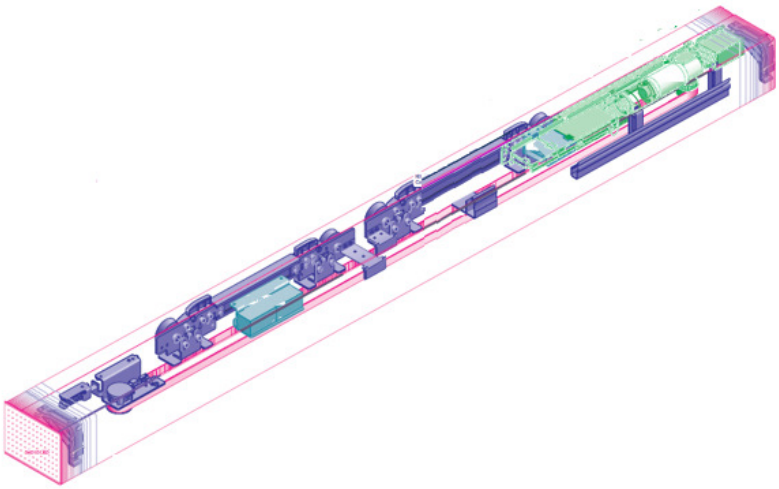
Todavia, é importante ressaltar que os produtos eletromecânicos, podem apresentar falhas ocasionais ou mau funcionamento, quando isto ocorre, além de perder os benefícios listados, o cliente ainda pode sofrer o transtorno causado por algum tipo de acidente com o usuário.

A Figura 29 apresenta um sistema de automatismo para acesso social, sob a forma de um desenho em planta, elevação e vista lateral esquerda. A Figura 30 apresenta o desenho detalhado, em perspectiva, do automatismo.

Figura 29 - Planta, elevação e vista lateral esquerda de um sistema de automatismo

Fonte: Autor

Figura 30 - Perspectiva detalhada do automatismo



Fonte: Autor

Analisando o cenário composto pelo valor que o produto manufaturado agrega à edificação, os transtornos que podem ser causados por eventual falha e as oportunidades de negócios que soluções integradas podem trazer para a empresa, em janeiro de 2011 a companhia iniciou o processo de servitização. Neste período a empresa criou um departamento exclusivo, que seria responsável pelo desenvolvimento de novos procedimentos, por comercializar e operar serviços que

fossem relacionados com seus bens manufaturados, isto é: instalação de novos produtos, manutenções corretivas avulsas e contratos de manutenção preventiva.

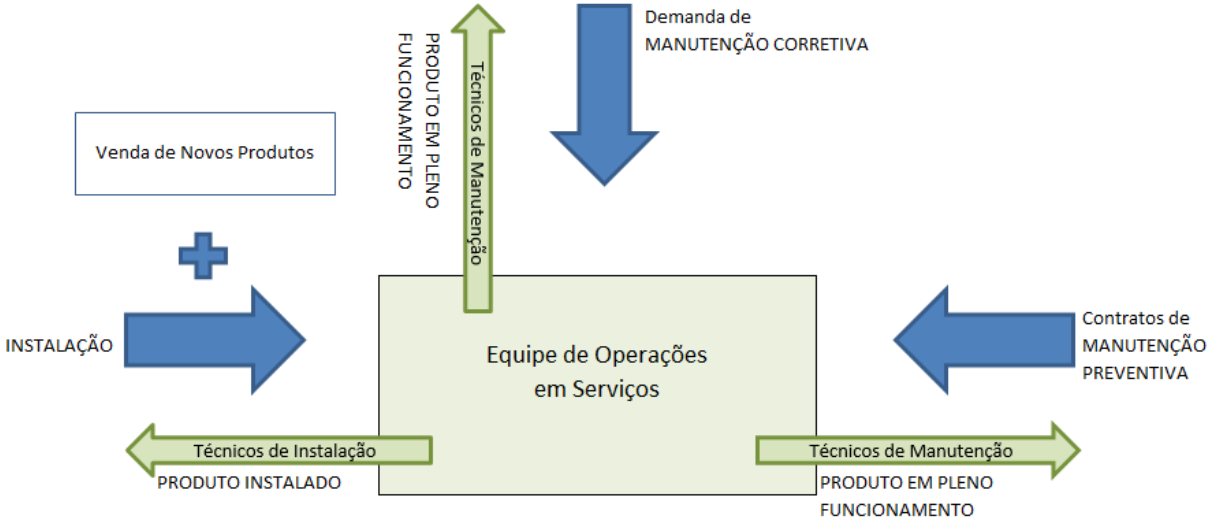
Diante desta perspectiva, o serviço de instalação passou a ser oferecido aos clientes durante todas as negociações que envolvessem a venda de novos produtos.

De acordo com as mudanças implantadas, uma equipe específica ficou responsável pelo atendimento da demanda de manutenções corretivas, incluindo o registro de cada etapa do processo, operação, agendamentos e faturamento do serviço executado.

As manutenções preventivas passaram a ser ofertadas por uma equipe dedicada exclusivamente à venda de contratos de manutenção. Este tipo de serviço inclui visitas planejadas para a realização de procedimentos técnicos preventivos além de atendimentos emergenciais, requisitados sob demanda. O contrato de manutenção permite o faturamento mensal de um valor fixo, acordado com o cliente.

A Figura 31 representa o funcionamento do departamento de serviços.

Figura 31 - Fluxo de negócios relacionados à serviços



Fonte: Autor

Os dados obtidos foram estratificados nos seguintes tipos de faturamento:

a) Venda de novos produtos;
b) Instalações dos novos produtos;
c) Serviço de manutenção corretiva e preventiva;
d) Faturamento total da prestação de serviços (instalação e manutenção);
e) Faturamento total da companhia.

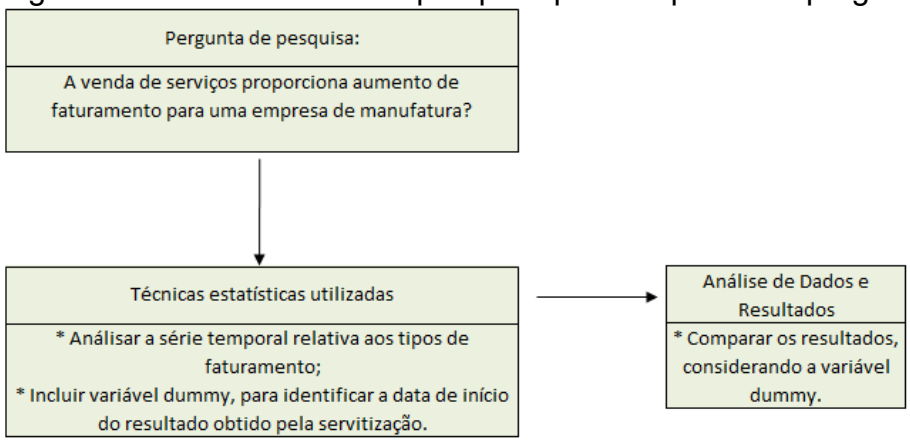
O Apêndice B apresenta os dados coletados.

Cada tipo de informação obtida forma uma série temporal de dados, a partir da qual, pode ser analisada para satisfazer os objetivos deste trabalho.

As Figuras 32, 33, 34 e 35, apresentam a técnica estatística utilizada no procedimento de pesquisa para responder as seguintes perguntas, respectivamente:

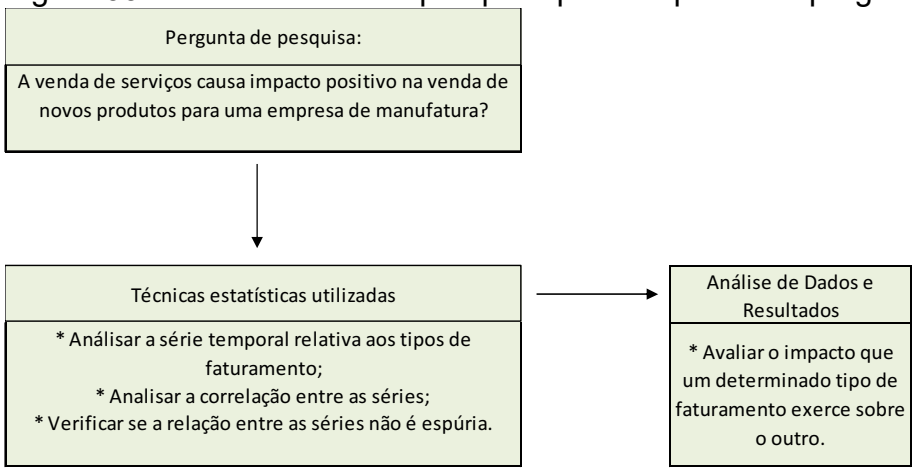
1. A venda de serviços proporciona aumento de faturamento para uma empresa de manufatura?
2. A venda de serviços causa impacto positivo na venda de novos produtos para uma empresa de manufatura?
3. Considerar a série de faturamento de serviços no modelo de previsão de faturamento de novos produtos melhora a acurácia deste modelo?
4. O uso de um modelo híbrido (Series Temporais combinado a Redes Neurais) é mais adequado para avaliar a relação entre o faturamento de serviços e o faturamento de novos produtos?

Figura 32 - Procedimento de pesquisa para responder a pergunta 1



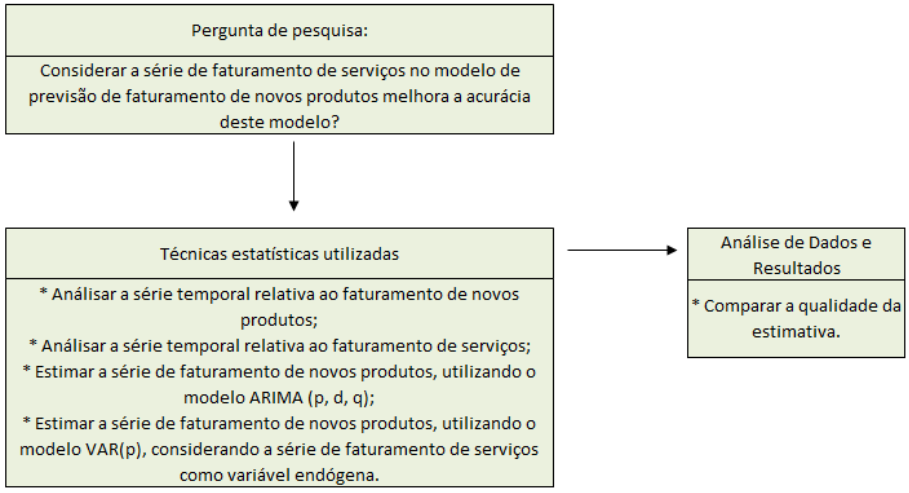
Fonte: Autor

Figura 33 - Procedimento de pesquisa para responder a pergunta 2



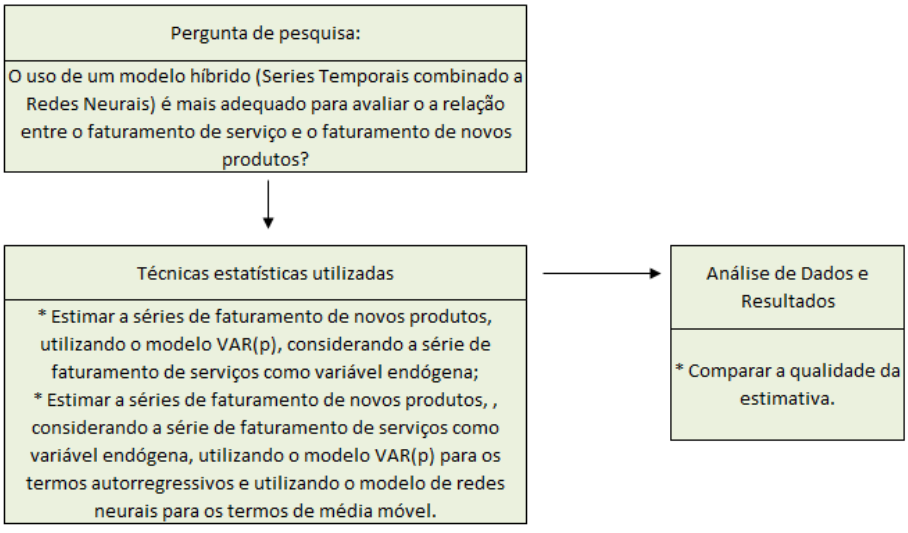
Fonte: Autor

Figura 34 - Procedimento de pesquisa para responder a pergunta 3



Fonte: Autor

Figura 35 - Procedimento de pesquisa para responder a pergunta 4



Fonte: Autor

4 RESULTADOS

Nessa seção serão apresentados os resultados obtidos pelos métodos quantitativos, que proporcionam dados substanciais para responder as perguntas de pesquisa deste trabalho.

4.1 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SERVITIZAÇÃO NO FATURAMENTO TOTAL DA COMPANHIA

Inicialmente foi avaliada a correlação entre a série temporal correspondente ao faturamento total da companhia e a série proveniente do faturamento da venda de serviços. Foram considerados os dados coletados desde janeiro de 2006 até agosto de 2015.

O resultado é apresentado na Tabela 1, que indica uma possível correlação positiva, entretanto, foi realizado o teste de cointegração de Johansen, por meio do software Eviews 6.0, com objetivo de identificar se estas correlações são espúrias, conforme apresenta a Tabela 2, que sugere a perfeita associação entre o faturamento de serviços e a série de faturamento total da empresa.

Tabela 1 - Correlação entre o faturamento total e o faturamento de serviços

Correlation			
	TOTAL	SERVICOS	
TOTAL	1.000000	0.819080	
SERVICOS	0.819080	1.000000	

Fonte: Autor

O resultado obtido no teste de Johansen pode ser explicado pela maneira que o faturamento total da companhia é formado, as observações desta série são as somatórias das vendas provenientes de produtos e serviços, no instante “t”. Diante desta situação, para responder à pergunta de pesquisa, foi necessária a análise da série de faturamento total da companhia, considerando uma variável *dummy* indicando o período de servitização, que teve início em janeiro de 2011.

Tabela 2 - Teste de Johansen para avaliar possível cointegração das séries

Date: 03/06/16 Time: 11:42
Sample (adjusted): 2006M06 2015M08
Included observations: 111 after adjustments
Trend assumption: Linear deterministic trend
Series: TOTAL SERVICOS
Lags interval (in first differences): 1 to 4

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None	0.100052	13.84483	15.49471	0.0873
At most 1	0.019124	2.143368	3.841466	0.1432

Trace test indicates no cointegration at the 0.05 level
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None	0.100052	11.70146	14.26460	0.1224
At most 1	0.019124	2.143368	3.841466	0.1432

Max-eigenvalue test indicates no cointegration at the 0.05 level
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Fonte: Autor

Foi utilizado um modelo fixo para estimativa de série temporal, o alisamento exponencial de Holt-Winters multiplicativo; associado a uma variável *dummy* que indicava o período da servitização.

Por meio do alisamento exponencial de Holt-Winters, foi possível obter as componentes de nível, tendência e sazonalidade, que foram calculadas, seguindo as equações (26) [$S_t = \gamma\left(\frac{Z_t}{N_t}\right) + (1-\gamma)S_{t-c}$], (27) [$N_t = \alpha\left(\frac{Z_t}{S_{t-C}}\right) + (1-\alpha)(N_{t-1} + T_{t-1})$] e (28) [$T_t = \beta(N_t - N_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}$], definidas no item 3.1.5, com o auxílio do software MS Excel 2016.

A regressão multivariada, calculada com auxílio do software MS Excel 2016, considerou:

$$Log(Z_t) = Log(N_t + hT_t) + Log(S_{t+h-c}) + DUMMY + e_t \quad (60)$$

Onde:

a) Z_t – observação do faturamento total;

b) $(N_t + hT_t)$ – soma da componente de nível e tendência no instante t.

c) S_{t+h-c} – componente de sazonalidade;

d) DUMMY – variável *dummy* para o início da servitização em janeiro de 2011;

e) e_t – erro aleatório.

A Tabela 3 apresenta o resultado da regressão, indicando que a servitização apresenta uma influência positiva no resultado do faturamento total. Os valores para a estatística T e estatística F apontam para expressivos percentuais de significância, sugerindo que os parâmetros calculados podem representar a série de faturamento total.

Tabela 3 - Regressão utilizando o modelo de Holt-Winters e uma variável *dummy*

Regression Statistics	
Multiple R	0.859493
R Square	0.738728
Adjusted R Square	0.730811
Standard Error	0.112916
Observations	103

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*gnificance F*
Regression	3	3.568911	1.189637	93.30519	9.66E-29
Residual	99	1.262246	0.01275		
Total	102	4.831157			

	Coefficients	*ndard Err*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*ower 95.0%*	*Upper 95.0%*
Intercept	1.002205	0.302122	3.317221	0.001272	0.40273	1.60168	0.40273	1.601680187
NtxhTt	0.644762	0.103959	6.202108	1.3E-08	0.438486	0.851038	0.438486	0.851038212
St	0.344355	0.123905	2.779198	0.006522	0.098502	0.590209	0.098502	0.590209034
Dummy para SERVITIZAÇÃO	0.121748	0.042409	2.87082	0.005007	0.0376	0.205896	0.0376	0.20589601

Fonte: Autor

A comparação da raiz do erro quadrático médio do modelo de Holt-Winters, definida no item 3.1.5 por meio da equação (29) [$P_{t+h} = (N_t + hT_t) \cdot S_{t+h-c}$], com o modelo que inclui a variável *dummy*, calculado na regressão, indica uma melhora de 9% na qualidade da previsão.

Retomando a primeira pergunta de pesquisa: a venda de serviços proporciona aumento de faturamento para uma empresa de manufatura? É possível, com base nos resultados obtidos, observar que a venda de serviços, de modo geral, pode proporcionar o aumento do faturamento total de uma empresa de manufatura, que fornece sistemas eletromecânicos para equipar edificações.

4.2 A RELAÇÃO ENTRE A VENDA DE SERVIÇOS E PRODUTOS

Os dados das séries que compõe o faturamento de serviços (instalação e manutenção) e a variável que representa o faturamento proveniente de produtos indicam uma possível correlação positiva. Ao mesmo tempo, não parece haver multicolinearidade entre a venda de novos produtos e qualquer variável que compõe o faturamento de serviços, conforme indica a Tabela 4.

Tabela 4 - Correlação entre variáveis de faturamento

	INSTALACAO	MANUTENCAO	PRODUTOS	SERVICOS
INSTALACAO	1.000000	0.559734	0.464329	0.831089
MANUTENCAO	0.559734	1.000000	0.707048	0.916497
PRODUTOS	0.464329	0.707048	1.000000	0.658705
SERVICOS	0.831089	0.916497	0.658705	1.000000

Fonte: Autor

Com objetivo de identificar se estas correlações são espúrias, fez-se o teste de cointegração de Johansen, com amparo do software Eviews 6.0, produzindo a Tabela 5.

Tabela 5- Teste de Johansen para avaliar possível cointegração entre produtos e serviços

Date: 02/23/16 Time: 22:54
Sample (adjusted): 2006M03 2015M08
Included observations: 114 after adjustments
Trend assumption: Linear deterministic trend
Series: PRODUTOS SERVICOS
Lags interval (in first differences): 1 to 1

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.215866	29.55225	15.49471	0.0002
At most 1	0.015927	1.830296	3.841466	0.1761

Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.215866	27.72195	14.26460	0.0002
At most 1	0.015927	1.830296	3.841466	0.1761

Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Fonte: Autor

O teste de cointegração de Johansen sugere que a relação entre as séries de faturamentos de produtos e serviços não é espúria, desta maneira pode-se entender que as variáveis não estão perfeitamente associadas.

Para identificar se existe influência mútua das características, foi realizado o teste de causalidade de Granger, conforme apresenta a Tabela 6, que indica a provável influência do faturamento de produtos sobre o faturamento de serviços, entretanto, o faturamento de serviços parece não ter forte impacto sobre o resultado do faturamento de produtos.

Tabela 6 - Teste de causalidade de Granger entre a série de produtos e serviços

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 02/23/16 Time: 23:04
Sample: 2006M01 2015M08
Lags: 4

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
SERVICOS does not Granger Cause PRODUTOS	112	1.27505	0.2847
PRODUTOS does not Granger Cause SERVICOS		7.86291	1.E-05

Fonte: Autor

Lembrando a segunda pergunta de pesquisa: a venda de serviços causa impacto positivo na venda de novos produtos para uma empresa de manufatura? É possível notar uma provável influência positiva que o faturamento de produtos exerce sobre o faturamento de serviços, ou seja: o aumento do faturamento de novos produtos pode provocar um aumento no faturamento de serviços. Entretanto, o inverso não se mostrou verdadeiro. Este resultado contradiz Kastalli e Looy (2013).

4.3 AVALIAÇÃO DOS MODELOS DE PREVISÃO PARA O FATURAMENTO DE PRODUTOS

Conforme abordado no capítulo 3, existem opções de métodos quantitativos para a estimativa de uma série temporal. Os métodos parecem evoluir dos mais simples de modelo fixo, aos mais complexos de modelo aberto, procurando aprimorar a qualidade da estimativa, em função das características da amostra. Para elaborar o modelo de previsão do faturamento de novos produtos, sem a influência das séries provenientes dos faturamentos de serviços, foi utilizado o método ARIMA.

A escolha do método foi motivada pela possibilidade de se trabalhar com séries temporais não-estacionárias, descrevendo também a influência exercida pelos erros auto-correlacionados.

Na primeira etapa, foi realizada a transformação logarítmica da série para suavizar o efeito da heterocedasticidade e em seguida aplicada a primeira diferença para obtenção de uma série estacionária, capaz de ser avaliada. A Tabela 7 apresenta o teste de Dickey-Fuller da série do faturamento de produtos convertida, para a obtenção da raiz unitária. Os dados indicam que a série é estacionária e tem raiz unitária.

Em seguida, por meio do correlograma, de aparência truncada, tanto da função de autocorrelação como da função de autocorrelação parcial, pode-se atribuir os termos “p” e “q” do modelo ARIMA (“p”,”d”,”q”), conforme apresenta a Figura 36.

Tabela 7 - Teste de raiz unitária para série de faturamento de produtos

Null Hypothesis: D_LOG_PRODUTOS has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 2 (Automatic based on SIC, MAXLAG=12)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-10.14240	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.489659	
	5% level	-2.887425	
	10% level	-2.580651	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D_LOG_PRODUTOS(-1)	-2.324351	0.229172	-10.14240	0.0000
D(D_LOG_PRODUTOS(-1))	0.730280	0.166157	4.395119	0.0000
D(D_LOG_PRODUTOS(-2))	0.214924	0.094132	2.283210	0.0244
C	0.024646	0.029385	0.838734	0.4035

R-squared	0.744871	Mean dependent var	0.004724
Adjusted R-squared	0.737784	S.D. dependent var	0.604722
S.E. of regression	0.309660	Akaike info criterion	0.528376
Sum squared resid	10.35603	Schwarz criterion	0.625465
Log likelihood	-25.58904	Hannan-Quinn criter.	0.567768
F-statistic	105.1053	Durbin-Watson stat	2.052665
Prob(F-statistic)	0.000000		

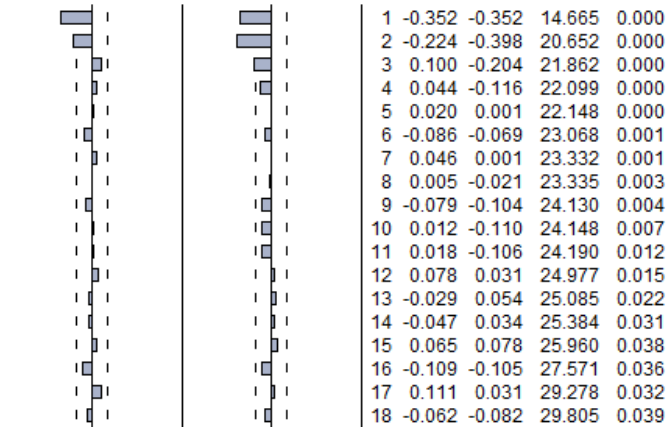
Fonte: Autor

Consequentemente, foi realizada a regressão, para identificação dos coeficientes responsáveis pela estimativa da série, conforme apresenta a Tabela 8. Por meio dos dados calculados, pode-se perceber um valor baixo para R-quadrado ajustado, indicando pouca representatividade do modelo, apesar da Estatística-T e da Estatística-F indicarem probabilidade inferior a 5% para o aceite da hipótese nula.

Apesar do R-quadrado ajustado ter baixa aderência, os testes de hipótese indicam a possibilidade de utilização dos coeficientes calculados para a estimativa do modelo.

Figura 36 - Correlograma para série de faturamento de produtos

Date: 02/22/16 Time: 21:54
Sample: 2006M01 2015M08
Included observations: 115



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	-0.352	-0.352	14.665	0.000
		2	-0.224	-0.398	20.652	0.000
		3	0.100	-0.204	21.862	0.000
		4	0.044	-0.116	22.099	0.000
		5	0.020	0.001	22.148	0.000
		6	-0.086	-0.069	23.068	0.001
		7	0.046	0.001	23.332	0.001
		8	0.005	-0.021	23.335	0.003
		9	-0.079	-0.104	24.130	0.004
		10	0.012	-0.110	24.148	0.007
		11	0.018	-0.106	24.190	0.012
		12	0.078	0.031	24.977	0.015
		13	-0.029	0.054	25.085	0.022
		14	-0.047	0.034	25.384	0.031
		15	0.065	0.078	25.960	0.038
		16	-0.109	-0.105	27.571	0.036
		17	0.111	0.031	29.278	0.032
		18	-0.062	-0.082	29.805	0.039

Fonte: Autor

O modelo foi estimado, considerando a fórmula

D(LOG(PRODUTOS))=0.00922204566408+[AR(1)=0.70795566178,MA(2)=0.75518 3119494] (61)

A estimativa obteve um erro quadrático médio de 74.968. Os valores da estimativa podem ser observados no Apêndice C.

Tabela 8 - ARIMA (1,1,2) para série de produtos

Dependent Variable: D(LOG(PRODUTOS))
Method: Least Squares
Date: 02/22/16 Time: 21:26
Sample (adjusted): 2006M03 2015M08
Included observations: 114 after adjustments
Convergence achieved after 8 iterations
MA Backcast: 2006M01 2006M02

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.009222	0.004270	2.159668	0.0330
AR(1)	-0.707956	0.074578	-9.492807	0.0000
MA(2)	-0.755183	0.073438	-10.28329	0.0000

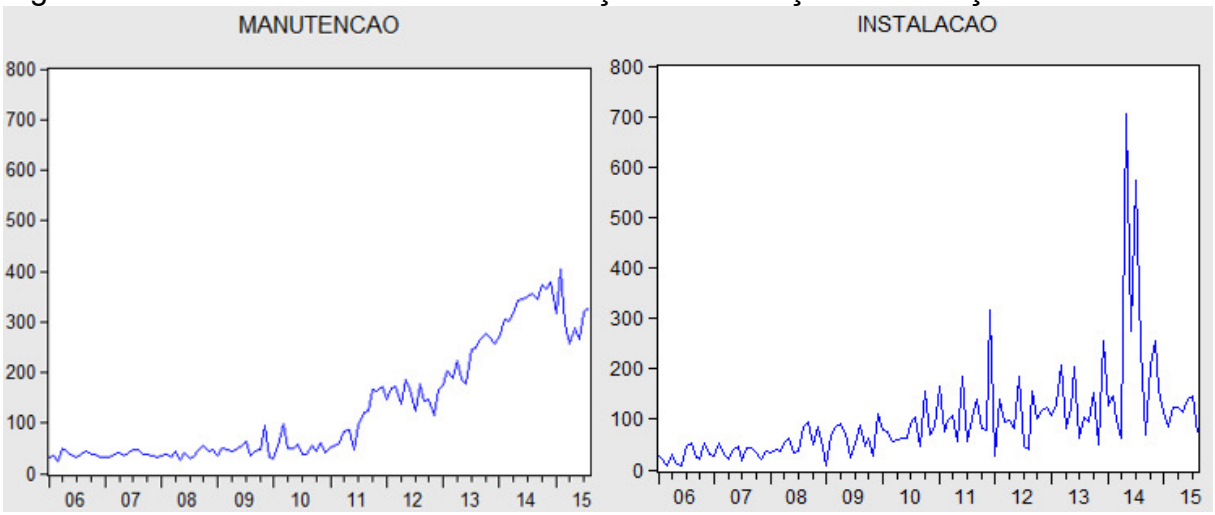
R-squared	0.357405	Mean dependent var	0.010285
Adjusted R-squared	0.345827	S.D. dependent var	0.364125
S.E. of regression	0.294508	Akaike info criterion	0.418943
Sum squared resid	9.627591	Schwarz criterion	0.490948
Log likelihood	-20.87977	Hannan-Quinn criter.	0.448166
F-statistic	30.86858	Durbin-Watson stat	1.898831
Prob(F-statistic)	0.000000		

Inverted AR Roots	-.71	
Inverted MA Roots	.87	-.87

Fonte: Autor

A série de faturamento de serviços é a somatória da série de faturamento de serviços de manutenção com a série de faturamento de serviços de instalação, desta forma, os tipos de faturamento de serviços foram estratificados e analisados de forma separada. A Figura 37 apresenta as séries de faturamento em serviços provenientes de manutenções e instalações.

Figura 37 - Série de faturamento em serviços: manutenção e instalação



Fonte: Autor

Assim como o faturamento de novos produtos, estas duas séries precisaram passar por processo de transformação logarítmica para suavização da heterocedasticidade. Após este procedimento, ao tomar a primeira diferença em cada série, pode-se obter suas respectivas raízes unitárias.

A Tabela 9 apresenta o teste de Dickey-Fuller para a série do faturamento de serviços de instalação, convertida para a obtenção da raiz unitária. Os dados indicam que a série tem raiz unitária, uma vez que a Estatística-T e a Estatística-F para o teste sinalizam uma probabilidade menor do que 5% para o aceite da hipótese nula.

A

Tabela 10 apresenta o teste de Dickey-Fuller para a série do faturamento de serviços de manutenção, convertida para a obtenção da raiz unitária. Os dados também indicam que a série tem raiz unitária.

Após transformar as séries em estacionárias, foi possível analisar a relação entre as variáveis por meio do vetor autorregressivo, com o uso do software Eviews 6.0. Os parâmetros calculados podem ser observados na Tabela 11 e Tabela 12.

Tabela 9 - Teste de raiz unitária para série de faturamento de instalação

Null Hypothesis: D_LOG_INSTALACAO has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 4 (Automatic based on SIC, MAXLAG=12)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-9.356902	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.490772	
	5% level	-2.887909	
	10% level	-2.580908	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D_LOG_INSTALACAO(-1)	-4.229095	0.451976	-9.356902	0.0000
D(D_LOG_INSTALACAO(-1))	2.284339	0.394860	5.785182	0.0000
D(D_LOG_INSTALACAO(-2))	1.416079	0.306084	4.626443	0.0000
D(D_LOG_INSTALACAO(-3))	0.774578	0.194280	3.986908	0.0001
D(D_LOG_INSTALACAO(-4))	0.276653	0.091542	3.022126	0.0032
C	0.085145	0.054723	1.555918	0.1228

R-squared	0.837087	Mean dependent var	-0.001022
Adjusted R-squared	0.829254	S.D. dependent var	1.371291
S.E. of regression	0.566636	Akaike info criterion	1.754803
Sum squared resid	33.39195	Schwarz criterion	1.902101
Log likelihood	-90.51414	Hannan-Quinn criter.	1.814548
F-statistic	106.8754	Durbin-Watson stat	1.986763
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fonte: Autor

Tabela 10 - Teste de raiz unitária para série de faturamento de manutenção

Null Hypothesis: D_LOG_MANUTENCAO has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 2 (Automatic based on SIC, MAXLAG=12)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-10.76989	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.489659	
	5% level	-2.887425	
	10% level	-2.580651	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D_LOG_MANUTENCAO(-1)	-2.356064	0.218764	-10.76989	0.0000
D(D_LOG_MANUTENCAO(-1))	0.759227	0.160550	4.728907	0.0000
D(D_LOG_MANUTENCAO(-2))	0.285216	0.089484	3.187341	0.0019
C	0.044491	0.021794	2.041461	0.0436

R-squared	0.756100	Mean dependent var	-0.006115
Adjusted R-squared	0.749325	S.D. dependent var	0.451270
S.E. of regression	0.225939	Akaike info criterion	-0.102039
Sum squared resid	5.513251	Schwarz criterion	-0.004950
Log likelihood	9.714175	Hannan-Quinn criter.	-0.062647
F-statistic	111.6012	Durbin-Watson stat	1.993369
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fonte: Autor

Tabela 11 - VAR: produtos, instalação e manutenção – parte 1

Vector Autoregression Estimates
Date: 02/22/16 Time: 21:45
Sample (adjusted): 2006M06 2015M08
Included observations: 111 after adjustments
Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]

	D(LOG(PRODUTOS))	D(LOG(MANUTENCAO))	D(LOG(INSTALACAO))
D(LOG(PRODUTOS(-1)))	-0.568589	-0.048849	0.390719
	(0.09951)	(0.07598)	(0.19946)
	[-5.71371]	[-0.64290]	[1.95893]
D(LOG(PRODUTOS(-2)))	-0.550254	-0.014614	0.432529
	(0.11008)	(0.08405)	(0.22064)
	[-4.99857]	[-0.17387]	[1.96034]
D(LOG(PRODUTOS(-3)))	-0.321510	-0.059632	0.441540
	(0.10929)	(0.08345)	(0.21905)
	[-2.94184]	[-0.71462]	[2.01572]
D(LOG(PRODUTOS(-4)))	-0.127963	-0.102521	0.091930
	(0.09634)	(0.07356)	(0.19310)
	[-1.32819]	[-1.39368]	[0.47607]
D(LOG(MANUTENCAO(-1)))	0.174842	-0.583289	0.024568
	(0.13071)	(0.09980)	(0.26199)
	[1.33761]	[-5.84437]	[0.09377]
D(LOG(MANUTENCAO(-2)))	0.295699	-0.431764	-0.113952
	(0.14304)	(0.10922)	(0.28669)
	[2.06727]	[-3.95333]	[-0.39747]
D(LOG(MANUTENCAO(-3)))	-0.056718	-0.260802	-0.268449
	(0.14437)	(0.11023)	(0.28937)
	[-0.39286]	[-2.36591]	[-0.92771]
D(LOG(MANUTENCAO(-4)))	0.150658	0.019701	-0.270102
	(0.12862)	(0.09821)	(0.25779)
	[1.17135]	[0.20061]	[-1.04775]
D(LOG(INSTALACAO(-1)))	-0.016507	0.066214	-0.871019
	(0.04954)	(0.03783)	(0.09930)
	[-0.33319]	[1.75043]	[-8.77178]
D(LOG(INSTALACAO(-2)))	0.020678	0.106616	-0.761246
	(0.06190)	(0.04727)	(0.12407)
	[0.33403]	[2.25567]	[-6.13537]
D(LOG(INSTALACAO(-3)))	-0.115386	0.124734	-0.417931
	(0.06123)	(0.04675)	(0.12273)
	[-1.88441]	[2.66796]	[-3.40535]
D(LOG(INSTALACAO(-4)))	-0.039422	0.075695	-0.229367
	(0.04933)	(0.03766)	(0.09886)
	[-0.79921]	[2.00985]	[-2.32003]
C	0.018273	0.038437	0.057486
	(0.02948)	(0.02251)	(0.05908)
	[0.61991]	[1.70787]	[0.97302]

Fonte: Autor

Tabela 12 - VAR: produtos, instalação e manutenção – parte 2

R-squared	0.427518	0.367791	0.499731
Adj. R-squared	0.357418	0.290378	0.438473
Sum sq. resids	8.547190	4.982882	34.33633
S.E. equation	0.295324	0.225490	0.591921
F-statistic	6.098690	4.751006	8.157872
Log likelihood	-15.20420	14.74328	-92.38257
Akaike AIC	0.508184	-0.031410	1.898785
Schwarz SC	0.825516	0.285922	2.216117
Mean dependent	0.010916	0.018929	0.016634
S.D. dependent	0.368412	0.267679	0.789912
Determinant resid covariance (dof adj.)		0.001510	
Determinant resid covariance		0.001039	
Log likelihood		-91.26835	
Akaike information criterion		2.347178	
Schwarz criterion		3.299175	

Fonte: Autor

Foi utilizado um *lag* de 4 termos autorregressivos, confirmados por meio dos testes *Final Prediction Error* (FPE) e *Akaike Information Criterion* (AIC), conforme indica a Tabela 13.

Tabela 13 - VAR: critério de seleção do lag

VAR Lag Order Selection Criteria
Endogenous variables: D(LOG(PRODUTOS)) D(LOG(MANUTENCAO)) D(LOG(INSTALACAO))
Exogenous variables: C
Date: 02/22/16 Time: 21:57
Sample: 2006M01 2015M08
Included observations: 107

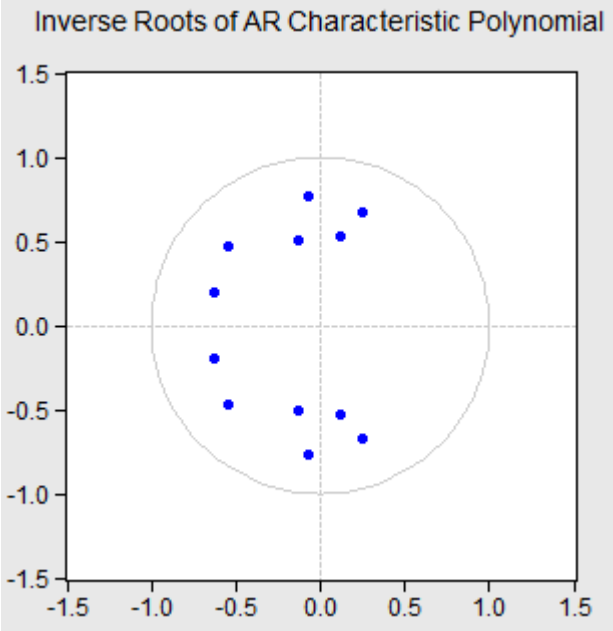
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-174.8664	NA	0.005577	3.324605	3.399544	3.354984
1	-138.5731	69.87306	0.003349	2.814450	3.114206	2.935967
2	-109.1864	54.92838	0.002289	2.433390	2.957964*	2.646046
3	-93.59612	28.26646*	0.002026	2.310208	3.059599	2.614001*
4	-83.97450	16.90528	0.002006*	2.298589*	3.272797	2.693520
5	-77.41863	11.15110	0.002107	2.344274	3.543300	2.830343
6	-70.94079	10.65515	0.002219	2.391417	3.815260	2.968624
7	-68.02073	4.639340	0.002502	2.505060	4.153721	3.173406
8	-63.38797	7.100689	0.002738	2.586691	4.460169	3.346174

* indicates lag order selected by the criterion
LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)
FPE: Final prediction error
AIC: Akaike information criterion
SC: Schwarz information criterion
HQ: Hannan-Quinn information criterion

Fonte: Autor

A Figura 38 mostra que os inversos das raízes dos polinômios, calculados pelo software Eviews 6.0, estão dentro do círculo unitário.

Figura 38 - Inversos das raízes dos polinômios



Fonte: Autor

O modelo foi estimado, considerando a fórmula:

D(LOG(PRODUTOS))=
- 0.568589490849*D(LOG(PRODUTOS(-1)))
- 0.550254077268*D(LOG(PRODUTOS(-2)))
- 0.321509893332*D(LOG(PRODUTOS(-3)))
- 0.127962840293*D(LOG(PRODUTOS(-4)))
+ 0.174842146407*D(LOG(MANUTENCAO(-1)))
+ 0.295699458622*D(LOG(MANUTENCAO(-2)))
- 0.0567175099666*D(LOG(MANUTENCAO(-3)))
+ 0.150657876801*D(LOG(MANUTENCAO(-4)))
- 0.0165068297847*D(LOG(INSTALACAO(-1)))
+ 0.0206776029272*D(LOG(INSTALACAO(-2)))
- 0.115386057383*D(LOG(INSTALACAO(-3)))
- 0.0394216661437*D(LOG(INSTALACAO(-4))) + 0.0182725171972 (62)

A estimativa obteve um erro quadrático médio de 68.706. Os valores da estimativa podem ser observados no Apêndice D.

Os dados calculados permitem avaliações que auxiliam a responder a terceira pergunta de pesquisa: considerar a série de faturamento de serviços no modelo de previsão de faturamento de novos produtos melhora a acurácia deste modelo?

O modelo de previsão da demanda do faturamento de produtos obteve melhor resultado quando o método utilizado passou a considerar as séries de faturamento de serviços. A melhora foi na ordem de 8,5% em relação ao modelo ARIMA, onde apenas os termos autorregressivos e médias móveis da série de faturamento de produtos foram considerados.

4.4 O USO DE UM MODELO HÍBRIDO PARA AVALIAR A RELAÇÃO ENTRE O FATURAMENTO DE SERVIÇOS E O FATURAMENTO DE NOVOS PRODUTOS

Segundo Wanke e Julianelli (2011), as séries temporais são basicamente compostas por 5 elementos: nível, tendência, ciclo, sazonalidade e aleatoriedade, conforme descrito no item 3.1. Os componentes relativos ao nível e a tendência apresentam comportamento linear, enquanto que o ciclo, a sazonalidade e a aleatoriedade se mostram não-lineares.

De acordo com Wang *et al*. (2013), as técnicas mais tradicionais para análise de séries temporais, como por exemplo o ARIMA, podem apresentar menor precisão para dimensionar a parte não-linear que compõe a sequência de dados. Nesta perspectiva, os autores propõem a utilização de um modelo híbrido, que combine as técnicas tradicionais às redes neurais artificiais, para a análise de séries temporais.

O modelo híbrido considera a composição da série em duas partes (ZHANG, 2003; WANG, 2013; BABU; REDDY, 2014):

a) Linear: analisada por meio de técnicas tradicionais de séries temporais;
b) Não-linear: analisada por meio de redes neurais artificiais.

Conforme definido em 3.3, a série temporal y_t é dada por (55): $y_t = L_t + N_t$

Onde:

a) L_t = componente linear
b) N_t = componente não-linear

Por conseguinte:

$$Nt = yt - Lt \quad (63)$$

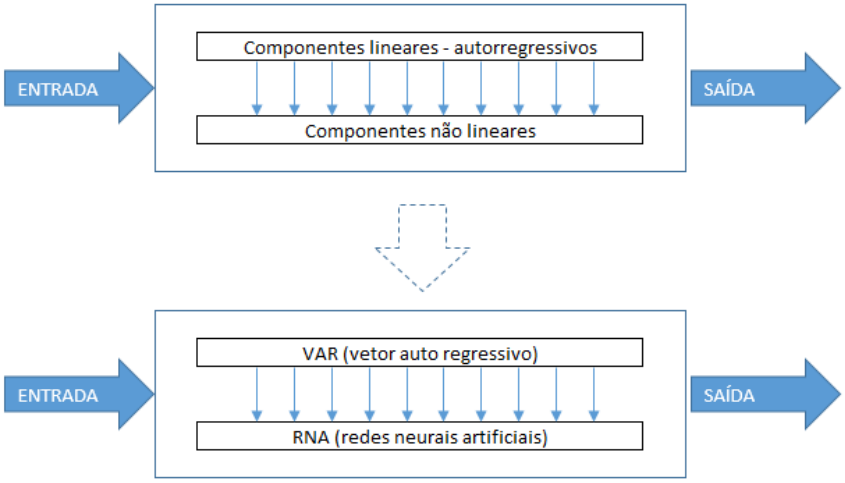
O item 4.3 sugere que o resultado obtido por meio do Vetor Autorregressivo apresentou melhor acurácia em relação ao ARIMA, assim sendo, o modelo híbrido deste trabalho foi formado por:

a) VAR (vetor autorregressivo) para componente linear (L_t)

b) RNA (redes neurais artificiais) para componente não-linear (N_t)

A Figura 39 ilustra como o modelo híbrido foi desenhado para esta pesquisa.

Figura 39 - Modelo Híbrido: VAR e RNA



Fonte: Autor, baseado em Wang *et al.*, 2013

No primeiro passo, foi encontrada a parte linear da série de dados (L_t), para isto, se aplicou o modelo calculado em 4.3 (62):

D(LOG(PRODUTOS))=
- 0.568589490849*D(LOG(PRODUTOS(-1)))
- 0.550254077268*D(LOG(PRODUTOS(-2)))
- 0.321509893332*D(LOG(PRODUTOS(-3)))
- 0.127962840293*D(LOG(PRODUTOS(-4)))
+ 0.174842146407*D(LOG(MANUTENCAO(-1)))
+ 0.295699458622*D(LOG(MANUTENCAO(-2)))
- 0.0567175099666*D(LOG(MANUTENCAO(-3)))
+ 0.150657876801*D(LOG(MANUTENCAO(-4)))
- 0.0165068297847*D(LOG(INSTALACAO(-1)))
+ 0.0206776029272*D(LOG(INSTALACAO(-2)))
- 0.115386057383*D(LOG(INSTALACAO(-3)))
- 0.0394216661437*D(LOG(INSTALACAO(-4))) + 0.0182725171972

Em seguida, subtraindo y_t de L_t, foi possível obter a parte não-linear da série (N_t), para ser estudada por meio de redes neurais artificiais.

A próxima etapa foi a definição do tipo de rede neural. Silva, Spatti e Flauzino (2010) sugerem que o modelo mais adequado para o estudo de séries temporais possa ser o *Percepcton* de Múltiplas Camadas, com processo de treinamento supervisionado, do tipo *backpropagation* (ou algoritmo de retropropagação do erro). Este conceito parece estar alinhado com a pesquisa de Wang *et al*. (2013).

O número de neurônios artificiais, presentes na primeira camada do modelo, corresponde ao número de observações temporais que foram utilizadas para descobrir o padrão de uma série. De acordo com Wang *et al*. (2013), a maneira mais comum de se determinar o número de neurônios em cada camada é realizar experimentos e comparar o erro quadrático médio dos resultados obtidos. Sendo assim, segundo os autores, o delineamento experimental determina o número de neurônios de entrada e também da camada oculta. Para Zhang (2003), a quantidade de neurônios artificiais pode afetar a aprendizagem da rede.

O número total de parâmetros (p) em uma rede neural artificial é:

$$p = m(n + 2) + 1. \quad (64)$$

Onde:

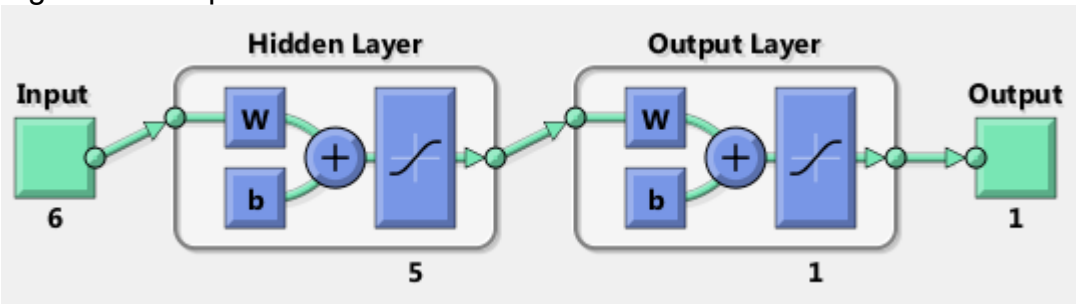
a) m é o número de entradas

b) n é o número de neurônios artificias ocultos

Assim como o experimento realizado por Wang *et al*. (2013), este trabalho considerou uma quantidade máxima de entrada de 6 termos defasados no tempo, o número de neurônios artificias da camada oculta variou de 1 a 6. No total foram realizados 36 diferentes modelos para o conjunto de dados.

A Figura 40 ilustra a arquitetura da rede neural artificial, parametrizada no software Matlab versão 2014, com função de ativação tangente hiperbólica (*tansig*) e algoritmo de treinamento *Gradient Descent Backpropagation* (*traingd*), que apresentou o menor erro quadrático médio. A rede considera 6 entradas e 5 neurônios na camada oculta.

Figura 40 - Arquitetura RNA elaborada no software Matlab 2014



Fonte: Autor

O resultado final apresenta um erro quadrático médio de 38.210. O resultado da série analisada por meio do modelo híbrido, pode ser observado no Apêndice E.

Os dados calculados permitem avaliações que auxiliam a responder a quarta pergunta de pesquisa, definida no item 1.2: o uso de um modelo híbrido (Series Temporais combinado a Redes Neurais) é mais adequado para avaliar a relação entre o faturamento de serviços e o faturamento de novos produtos?

O resultado do erro quadrático médio, calculado por meio da série estimada com modelo híbrido (VAR e RNA), apresentou uma melhoria de 44,4% em relação ao modelo VAR, analisado no item 4.3. Desse modo, o modelo híbrido parece ter melhor acurácia em relação aos modelos VAR e ARIMA.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão da literatura indica que o interesse acadêmico sobre o processo de servitização vem aumentando nos últimos anos. A pesquisa realizada mostra que este interesse está alinhado com o aumento da importância do setor de serviços na composição do PIB dos países (CÁCERES; GUZMÁN, 2014; BANCO MUNIDAL 2015). A bibliografia, de modo geral, justifica a importância da servitização pelo fato da combinação de sistemas de bens e serviços proporcionarem barreiras aos concorrentes que competem exclusivamente por preços, gerando vantagem competitiva (BAINES, 2009; NEELY, 2009; KINNUNEM; TURUNEN, 2012; GEBAUER, 2008). Além disso, segundo os autores, há consenso quanto aos benefícios que uma empresa consegue obter por meio da servitização: benefício financeiro, necessidade estratégica e oportunidade de *Marketing*.

No Brasil o tema parece ter sido pouco explorado até o momento. Nas bases pesquisadas, não foram encontrados artigos que proporcionassem novas descobertas sobre o comportamento das empresas brasileiras em relação à servitização.

A escolha da estratégia de servitização implica em uma mudança da cultura organizacional em relação a serviços, que deixam de ser uma atividade residual (vista como necessária apenas para apoiar a venda de novos bens) e passam a ter destaque no processo da criação de valor. Os autores citados no texto sugerem que o êxito da mudança cultural de uma organização demanda uma clara definição de sua visão estratégica, combinada à liderança organizacional.

Serviços possuem características específicas: não são tangíveis, são heterogêneos, necessitam de flexibilidade e possuem alto grau de customização; tais características podem entrar em choque com as capacidades de manufatura e criar trade-offs que dificultam sua implantação, principalmente quando a fabricação dos bens tangíveis está baseada na eficiência e na padronização.

O surgimento do paradoxo de serviço pode estar relacionado com: o estágio de maturidade da servitização, a falha no processo de mudança da cultura organizacional, ou o subdesenvolvimento de alguma capacidade de operação. Além disso a servitização traz o desafio da definição de escopo e da abrangência de serviços, que aparentemente estão relacionadas com o tipo de produto, o tamanho do lote de produção e o nível de customização do bem manufaturado.

Ainda existem poucos artigos que analisam de forma empírica os benefícios financeiros que podem ser proporcionados pela servitização. A produção científica que relaciona o incremento da venda de serviços ao impacto financeiro foi delineada, sobretudo, por meio de revisão de literatura (KOHTAMÄKI; HELO, 2015; HOLMBOM; BERGQUIST; VANHATALO, 2014) e estudos de casos (BAINES; LIGHTFOOT, 2014; GÁSPÁR; SZÁSZ, 2014). Os trabalhos quantitativos existentes são provenientes de empresas já servitizadas, sem a análise prévia do resultado financeiro anterior à mudança de estratégia da companhia. Além disso, Gebauer *et al*. (2012) indicaram oportunidade para o desenvolvimento de conhecimento sobre este fenômeno em empresas localizadas em países que possuem economias em desenvolvimento.

Este trabalho contribui para o preenchimento de uma lacuna no conhecimento, visto que foi realizada uma pesquisa quantitativa, com o objetivo de avaliar o impacto financeiro da servitização em uma empresa multinacional, que atua no mercado brasileiro. Esta pesquisa ainda analisou a influência existente entre o faturamento de novos produtos e o faturamento de serviços, bem como a consequência desta influência na previsão de faturamento de novos produtos.

A empresa, cujos dados foram analisados, detinha características propícias para a combinação de bens e serviços: produtos com alto valor agregado, inovadores e alto nível de customização, conforme exposto por Gebauer, Fleish e Friedli (2005), Baines *et al*. (2009) e Lay *et al*. (2010).

A primeira pergunta de pesquisa avaliou se o incremento da venda de serviços proporciona um aumento de faturamento para uma empresa de manufatura. Com base nos dados obtidos desde janeiro de 2006 e considerando que a servitização iniciou em janeiro de 2011, o resultado da pesquisa indica que a venda de serviços pode favorecer o aumento do faturamento total para esta empresa de manufatura. A servitização parece ter proporcionado uma nova fonte de receita à empresa, confirmando a sugestão de Oliva e Kallemberg (2003) e Brax (2005).

Conforme descrito no item 3.4 a implantação da servitização deu início à oferta de três tipos de serviço: instalação de novos produtos, manutenção corretiva e manutenção preventiva. Estes serviços podem ser classificados como “orientados ao uso”, segundo Tukker (2004). Neste sentido, este trabalho reforça a proposição de Parida *et al*. (2004), que aventa a servitização “orientada ao uso” como uma mudança estratégica que pode proporcionar bom retorno financeiro.

O resultado também sugere a influência da oferta de mais de um tipo de serviço. De acordo com Lay *et al*. (2010), o volume de negócios pode ser influenciado pela gama de serviços ofertados. Próximas pesquisas podem avaliar o impacto que esta característica da servitização pode trazer ao benefício financeiro obtido.

A empresa analisada não recebeu grande investimento, como por exemplo a compra de um software específico para a gestão de serviços, ou ferramentas de alta tecnologia; todavia, o resultado da servitização revela ser positivo, isto posto, ao basear-se nas descobertas de Kastalli e Looy (2013) e Gáspár e Szász (2014), há indício da empresa analisada estar no primeiro estágio do benefício da servitização.

Neste sentido, vale ressaltar que apesar da servitização ter impacto positivo no faturamento da empresa durante o período observado, não significa que o “paradoxo de serviço” não poderá ocorrer. Kastalli e Looy (2013) descrevem que durante a segunda fase do benefício da servitização, a empresa passa a fazer um esforço deliberado no intuito de desenvolver o negócio (acompanhado de alto investimento), entretanto o resultado pode não acompanhar a expectativa planejada e proporcionar o surgimento do paradoxo de serviço.

A segunda pergunta de pesquisa avaliou a relação entre venda de serviços e a venda de novos produtos. O resultado obtido indica a existência de uma influência positiva da venda de produtos sobre a venda de serviços. Isto pode ser motivado pelo aumento das vendas de instalações e pelo crescimento do parque instalado, aumentando a oportunidade eminente da venda de serviços.

A influência positiva parece estar alinhada com a oportunidade de *Marketing*, definida na literatura como um dos benefícios da servitização.

Entretanto, o inverso não pode ser comprovado. Este resultado contradiz Kastalli e Looy (2013), que identificaram influência positiva mútua entre o faturamento de serviços e o faturamento de produtos. A diferença entre os estudos pode ser explicada por vários motivos, por exemplo: as características das empresas pesquisadas, as características dos países onde estas empresas estão instaladas e o estágio de maturidade da servitização que se encontra cada companhia.

As características das empresas pesquisadas incluem as capacidades de operações, o tipo de servitização e as características do negócio da companhia. Conforme descrito no item 3.4, os produtos eletromecânicos que equipam as edificações podem ser comercializados para o construtor, ou seja, os bens manufaturados não são, obrigatoriamente, vendidos de forma direta para o usuário do

sistema, entretanto, após a montagem, o produto se torna um ativo do condomínio, que passa a zelar pelo bem instalado, neste sentido, a venda de serviços pode representar uma nova atividade comercial, em outro nicho de mercado, com novos clientes.

A venda de instalações de novos produtos aumenta a presença da empresa no cliente e, consequentemente, pode proporcionar maior contato entre as partes, ampliando a chance de oferecer mais produtos ou serviços no momento mais adequado, além de reforçar a marca da empresa e aumentar a comodidade do cliente, que por sua vez, pode dispensar a busca por outras marcas em eventuais compras de novos serviços.

As próximas pesquisas poderiam aprofundar o conhecimento sobre a influência mútua entre o faturamento de serviços e o de novos produtos, seria conveniente se estes estudos considerassem as questões geográficas, o tipo de servitização e as características do negócio das empresas pesquisadas. Além disso, seria importante que o estudo considerasse a maturidade da servitização, bem como o tempo de desenvolvimento deste tipo de negócio, pois segundo Kastalli e Looy (2013) a servitização pode proporcionar a venda de mais produtos, provenientes de peças de reposição e modernização de sistemas, ou seja, negócios proporcionados pela maturidade da prestação de serviço e contato contínuo com os clientes potenciais, estas características podem não ser latentes no primeiro estágio do benefício da servitização.

A terceira pergunta de pesquisa avaliou que há indícios de melhora da acurácia do modelo de previsão de faturamento de novos produtos quando a série de faturamento de serviço é considerada. Este resultado traz uma perspectiva interessante, uma vez que a previsão de faturamento de produtos pode ser uma importante ferramenta para tomada de decisões, como por exemplo: o planejamento da demanda e o dimensionamento da produção.

Os métodos ARIMA e VAR são amplamente utilizados para previsão de séries temporais (WERNER; RIBEIRO, 2003; ZHANG, 2003; MORETTIN; TOLOI, 2006; MORETTIN, 2011), entretanto recentes pesquisas indicam que nenhum deles pode ser usado indiscriminadamente em todas as situações de previsão (ZHANG, 2003; WANG *et al*., 2013). A quarta pergunta de pesquisa parece confirmar as descobertas de Zhang (2003) e Wang *et al*. (2013), neste sentido o modelo híbrido, que combina

métodos tradicionais de previsão de séries temporais com redes neurais artificiais parecem ter melhor resultado.

Os trabalhos pesquisados que avaliaram a qualidade de modelos de previsão com método híbrido, combinaram o método ARIMA (*auto regressive integrated moving average*) com RNA (redes neurais artificias). Este trabalho contribuiu no sentido de combinar o método VAR (vetor auto regressivo) com RNA. Foi considerado o método VAR para estimativa da parte linear do modelo, pois este método já havia se mostrado mais eficaz, em relação ao modelo ARIMA. A parte não linear do modelo foi estimada por redes neurais artificias.

Este estudo pode servir de parâmetro para novas pesquisas, entretanto, possui limitações que devem ser consideradas:

a) A pesquisa comparou a série temporal do faturamento da empresa antes e depois do processo de servitização, sem analisar o estágio de maturidade do processo de mudança estratégica;
b) Foram analisados os dados de uma única empresa.

Futuras pesquisas poderiam considerar o estágio de maturidade da servitização além da análise de rentabilidade de cada linha de negócio da empresa.

Cabe destacar que existem poucos trabalhos sobre servitização com foco nas empresas localizadas em economias em desenvolvimento. As pesquisas seguintes podem relacionar os resultados do benefício financeiro com questões culturais e com a volatilidade econômica da região.

As empresas parecem estar em constante adaptação às mudanças culturais, econômicas e políticas; neste sentido, além de procurar por alternativas de gestão mais eficientes, buscam inovações em seus produtos e serviços, para assegurar competitividade, ou crescimento, ou subsistência. A literatura descreve tais inovações como: radical, melhoria, incremental, *ad hoc*, recombinação e formalização. A servitização se apresenta como uma inovação estratégica, alinhada com as definições de inovação, que realiza um “mix” de bens e serviços conectados, afim de proporcionar retorno financeiro, entretanto, parece haver consenso que esta inovação passa por um processo de desenvolvimento que pode proporcionar o surgimento de um “paradoxo de serviço”, e por este motivo, trata-se de um caminho que deve ser conhecido e analisado, para que o retorno esperado seja alcançado.

REFERÊNCIAS

AHAMED, Z.; KAMOSHIDA, A.; INOHARA, T. Organizational Factors to the Effectiveness of Implementing Servitization Strategy. **Journal of Service Science and Management**, v. 6, n. 2, p. 177-185, 2013.

ANDERSON, E. W.; FORNELL, C.; RUST, R. T. Customer satisfaction, productivity, and profitability: Differences between goods and services. **Marketing science**, v. 16, n. 2, p. 129-145, 1997.

ANDERSON, L. Transformative service research: An agenda for the future. **Journal of Business Research**, v. 66, n. 8, p. 1203-1210, 2013.

ARAUJO, L.; SPRING, M. Services, products, and the institutional structure of production. **Industrial Marketing Management**, v. 35, n. 7, p. 797-805, 2006.

BABU, C. N.; REDDY, B. E. A moving-average filter based hybrid ARIMA–ANN model for forecasting time series data. **Applied Soft Computing**, v. 23, p. 27-38, 2014.

BAINES, T. S.; LIGHTFOOT, H. W. Servitization of the manufacturing firm: Exploring the operations practices and technologies that deliver advanced services. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 34, n. 1, p. 2-35, 2013.

BAINES, T. S. *et al*. The servitization of manufacturing: A review of literature and reflection on future challenges. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 20, n. 5, p. 547-567, 2009.

BAINES, T. *et al*. Servitization of manufacture: Exploring the deployment and skills of people critical to the delivery of advanced services. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 24, n. 4, p. 637-646, 2013.

BAINES, T. S. et al. State-of-the-art in product-service systems. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture**, v. 221, n. 10, p. 1543-1552, 2007.

BANCO MUNDIAL. **GDP (current US$)**. Disponível em: http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD/countries/1W?display=graph. Acesso em 01/11/2015.

_____. **Services, etc., value added (% of GDP)**. Disponível em: http://data.worldbank.org/indicator/NV.SRV.TETC.ZS. Acesso em 01/11/2015.

BAVEJA, S. S.; GILBERT, J.; LEDINGHAM, D. From products to services: why it's not so simple. **Harvard Management Update**, v. 9, n. 4, p. 3-5, 2004.

BENEDETTINI, O.; NEELY, A. **Why do servitized firms fail?** In: Proceedings of the 17th Annual International Euroma Conference. Porto. 2010.

BEUREN, F. H.; FERREIRA, M. G. G.; MIGUEL, P. A. C. Product-service systems: a literature review on integrated products and services. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 222-231, 2013.

BOWEN, D. E.; SIEHL, C.; SCHNEIDER, B. A framework for analyzing customer service orientations in manufacturing. **Academy of Management Review**, v. 14, n. 1, p. 75-95, 1989.

BOX, G.; JENKINS, G. **Time Series Analysis, Forecasting and Control**. San Francisco, 1970.

BRAGA, A. P.; CARVALHO, A. P. L.; LUDERMIR, T. B. **Redes neurais artificiais:** teoria e aplicações. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014

BRAX, S. A manufacturer becoming service provider-challenges and a paradox. Managing Service Quality: **An International Journal**, v. 15, n. 2, p. 142-155, 2005.

BROWN, B.; SICHTMANN, C.; MUSANTE, M. A model of product-to-service brand extension success factors in B2B buying contexts. **Journal of Business & Industrial Marketing**, v. 26, n. 3, p. 202-210, 2011.

BUENO, R. L. S. **Econometria de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

BUSTINZA, O. F.; PARRY, G. C.; VENDRELL-HERRERO, F. Supply and demand chain management: The effect of adding services to product offerings. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 18, n. 6, p. 618-629, 2013.

CÁCERES, R.; GUZMÁN, J. Seeking an innovation structure common to both manufacturing and services. **Service Business**, v. 9, n. 3, p. 361-379, 2014.

CARDOSO, M. R. A. Análise de séries temporais em epidemiologia: uma introdução sobre os aspectos metodológicos. **Rev. Bras. Epidemiol**, v. 4, n. 3, 2001.

COHEN, M. A.; AGRAWAL, N.; AGRAWAL, V. Winning in the aftermarket. **Harvard business review**, v. 84, n. 5, p. 129, 2006.

COLEN, P. J.; LAMBRECHT, M. R. Product service systems: exploring operational practices. **The Service Industries Journal**, v. 33, n. 5, p. 501-515, 2013.

COLICCHIA, C.; STROZZI, F. Supply chain risk management: a new methodology for a systematic literature review. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 17, n. 4, p. 403-418, 2012.

COOPER, D.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. Bookman, 2003.

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa:** método qualitativo, quantitativo e misto; tradução Luciana de Oliveira da Rocha. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007

SILVA, I. N.; SPATTI, D.H.; FLAUZINO, R. A. **Redes neurais artificiais para engenharia e ciências aplicadas**. São Paulo: Artliber, 2010.

DALFOVO, M. S.; LANA, R. A.; SILVEIRA, A. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, v. 2, n. 3, p. 1-13, 2008.

DE KEYSER, A.; LARIVIERE, B. How technical and functional service quality drive consumer happiness: Moderating influences of channel usage. **Journal of Service Management**, v. 25, n. 1, p. 30-48, 2014.

DE VARGAS, E. R. *et al*. A pesquisa sobre inovação em serviços no Brasil: Estágio atual, desafios e perspectivas. **Revista de Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas**, v. 2, n. 1, 2013.

EHLERS, R. S. **Análise de séries temporais**. Laboratório de Estatística e Geoinformação. Universidade Federal do Paraná, 2007.

FERREIRA, N. S. A. **As pesquisas denominadas "estado da arte"**. Educação & sociedade, v. 23, 2002.

GADREY, J. The characterization of goods and services: an alternative approach. **Review of income and wealth**, v. 46, n. 3, p. 369-387, 2000.

GALLOUJ, F.; SAVONA, M. Innovation in services: a review of the debate and a research agenda. **Journal of evolutionary economics**, v. 19, n. 2, p. 149-172, 2009.

GALLOUJ, F.; WEINSTEIN, O. Innovation in services. **Research policy**, v. 26, n. 4, p. 537-556, 1997.

GÁSPÁR, A.; SZÁSZ, L. The impact of servitization on the manufacturer's business model and financial performance-a case study of a Romanian pharmaceutical company. **Managerial Challenges of the Contemporary Society**. **Proceedings**, v. 7, n. 1, p. 108, 2014.

GEBAUER, H. An attention-based view on service orientation in the business strategy of manufacturing companies. **Journal of Managerial Psychology**, v. 24, n. 1, p. 79-98, 2009.

_____. Identifying service strategies in product manufacturing companies by exploring environment–strategy configurations. **Industrial Marketing Management**, v. 37, n. 3, p. 278-291, 2008.

GEBAUER, H.; FLEISCH, E.; FRIEDLI, T. Overcoming the service paradox in manufacturing companies. **European Management Journal**, v. 23, n. 1, p. 14-26, 2005.

GEBAUER, H.; FRIEDLI, E.; FLEISCH, T. Success factors for achieving high service revenues in manufacturing companies. **Benchmarking: An International Journal**, v. 13, n. 3, p. 374-386, 2006.

GEBAUER, H. *et al*. Service-driven manufacturing: provision, evolution and financial impact of services in industrial firms. **Journal of Service Management**, v. 23, n. 1, p. 120-136, 2012.

GEUM, Y. *et al*. The customisation framework for roadmapping product-service integration. **Service Business**, v. 5, n. 3, p. 213-236, 2011.

GRONROOS, C.; RAVALD, A. Service as business logic: implications for value creation and marketing. **Journal of Service Management**, v. 22, n. 1, p. 5-22, 2011.

GUAJARDO, J. A. *et al*. Impact of performance-based contracting on product reliability: an empirical analysis. **Management Science**, v. 58, n. 5, p. 961-979, 2012.

HO, S. L.; XIE, M. The use of ARIMA models for reliability forecasting and analysis. **Computers & industrial engineering**, v. 35, n. 1, p. 213-216, 1998.

HOLMBOM, M.; BERGQUIST, B.; VANHATALO, E. Performance-based logistics–an illusive panacea or a concept for the future? **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 25, n. 7, p. 958-979, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Índice Nacional de Preços ao Consumidor – INPC.** Disponível em: http://www.portalbrasil.net/inpc.htm. Acesso em 01/11/2015.

JOHNSTON, R. The determinants of service quality: satisfiers and dissatisfiers. **International Journal of Service industry management**, v. 6, n. 5, p. 53-71, 1995.

KASTALLI, I. V.; LOOY, B. V. Servitization: Disentangling the impact of service business model innovation on manufacturing firm performance. **Journal of Operations Management**, v. 31, n. 4, p. 169-180, 2013.

KASTALLI, I. V.; LOOY, B. V.; NEELY, A. Steering manufacturing firms towards service business model innovation. **California Management Review**, v. 56, n. 1, p. 100-123, 2013.

KINNUNEN, R.; TURUNEN, T. Identifying Servitization Capabilities of Manufacturers: A Conceptual Model. **Journal of Applied Management and Entrepreneurship**, v. 17, n. 3, p. 55, 2012.

KOHTAMÄKI, M.; HELO, P. Industrial services–the solution provider's stairway to heaven or highway to hell? **Benchmarking: An International Journal**, v. 22, n. 2, p. 170-185, 2015.

KOHTAMÄKI, M.; PARTANEN, J.; MÖLLER, K. Making a profit with R&D services – The critical role of relational capital. **Industrial marketing management**, v. 42, n. 1, p. 71-81, 2013.

KOVACS, M. *et al*. Pesquisa em turismo: Uma avaliação das metodologias empregadas nos artigos publicados nos anais no triênio do seminário anual da

Associação Brasileira de Pesquisa e Pós-Graduação em Turismo-ANPTUR. **Turismo-Visão e Ação**, v. 14, n. 1, p. 019-034, 2012.

LAY, G. *et al*. The relevance of service in European manufacturing industries. **Journal of Service Management**, v. 21, n. 5, p. 715-726, 2010.

LI, J. H. *et al*. An empirical study of servitization paradox in China. **The Journal of High Technology Management Research**, v. 26, n. 1, p. 66-76, 2015.

LOVELOCK, C.; GUMMESSON, E. Whither services marketing? In search of a new paradigm and fresh perspectives. **Journal of service research**, v. 7, n. 1, p. 20-41, 2004.

LOVELOCK, C.; WRIGHT, L. **Serviços:** marketing e gestão. Saraiva, 2007.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting:** methods and applications. 3. ed. New York, 1998.

MARKESET, T.; KUMAR, U. Product support strategy: conventional versus functional products. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 11, n. 1, p. 53-67, 2005.

MARTINEZ, V. *et al*. Challenges in transforming manufacturing organisations into product-service providers. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 21, n. 4, p. 449-469, 2010.

MATHIEU, V. Service strategies within the manufacturing sector: benefits, costs and partnership. **International Journal of Service Industry Management**, v. 12, n. 5, p. 451-475, 2001.

MENTZER, J. T.; KAHN, K. B. A framework of logistics research. **Journal of Business Logistics**, v. 16, n. 1, p. 231, 1995.

MIGUEL, P. A. C. *et al*. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MORETTIN, P. A. **Econometria financeira – um curso em séries temporais financeiras**. 2ª edição. São Paulo: Blucher, 2011

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. **Análise de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2006.

NEELY, A. Exploring the financial consequences of the servitization of manufacturing. **Operations Management Research**, v. 1, n. 2, p. 103-118, 2009.

NEELY, A.; BENEDETTINI, O.; VISNJIC, I. The servitization of manufacturing: Further evidence. In: **18th European operations management association conference, Cambridge**. 2011.

NEU, W. A.; BROWN, S. W. Forming successful business-to-business services in goods-dominant firms. **Journal of Service Research**, v. 8, n. 1, p. 3-17, 2005.

OLIVA, R.; KALLENBERG, R. Managing the transition from products to services. **International Journal of Service Industry Management**, v. 14, n. 2, p. 160-172, 2003.

PARIDA, V. *et al*. Mastering the transition to product-service provision: Insights into business models, learning activities, and capabilities. **Research-Technology Management**, v. 57, n. 3, p. 44-52, 2014.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção:** operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007.

REN, G.; GREGORY, M. Servitization in manufacturing companies. In: **16th Frontiers in Service Conference, San Francisco, CA**, 2007.

ROSSI, J. W.; DAS NEVES, C. **Econometria e séries temporais com aplicações a dados da economia brasileira**. Rio de Janeiro: LTC, 2014

SAMPSON, S. E.; FROEHLE, C. M. **Foundations and implications of a proposed unified services theory**. Production and Operations Management, v. 15, 2006.

SCHMENNER, R. W. Manufacturing, service, and their integration: some history and theory. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 5, p. 431-443, 2009.

SKINNER, W. Manufacturing – missing link in corporate strategy. **Harvard Business Review**. *May-June*, 1969.

SLACK, N. Operations strategy: will it ever realize its potential? **Gestão & Produção**, v. 12, n. 3, p. 323-332, 2005.

SPRING, M.; ARAUJO, L. Service, services and products: rethinking operations strategy. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 5, p. 444-467, 2009.

TUKKER, A. Eight types of product–service system: eight ways to sustainability? Experiences from SusProNet. **Business Strategy and The Environment**, v. 13, n. 4, p. 246-260, 2004.

VANDERMERWE, S.; RADA, J. Servitization of business: adding value by adding services. **European Management Journal**, v. 6, n. 4, p. 314-324, 1988.

VOSS, C. A. Alternative paradigms for manufacturing strategy. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25, n. 12, p. 1211-1222, 2005.

WANG, L. *et al*. An ARIMA-ANN Hybrid Model for Time Series Forecasting. **Systems Research and Behavioral Science**, v. 30, n. 3, p. 244-259, 2013.

WALLS, L. A.; BENDELL, A. Time series methods in reliability. **Reliability Engineering**, v. 18, n. 4, p. 239-265, 1987.

WANKE, P.; JULIANELLI, L. **Previsão de Vendas:** processos organizacionais & métodos quantitativos e qualitativos. 2. ed. São Paulo, 2011.

WEEKS, R. The culture and skills challenges associated with servitization: a South African perspective. **Journal of Contemporary Management**, v. 7, p. 110-128, 2010.

WERNER, L.; RIBEIRO, J. L. D. Previsão de demanda: uma aplicação dos modelos Box-Jenkins na área de assistência técnica de computadores pessoais. **Revista Gestão & Produção**, v. 10, n. 1, p. 47-67, 2003.

WINDAHL, C. *et al*. Manufacturing firms and integrated solutions: characteristics and implications. **European Journal of Innovation Management**, v. 7, n. 3, p. 218-228, 2004.

ZEITHAML, V. A.; PARASURAMAN, A.; BERRY, L.L. Problems and strategies in services marketing. **The Journal of Marketing**, v. 49, p. 33-46, 1985.

ZHANG, G. Peter. Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. **Neurocomputing**, v. 50, p. 159-175, 2003.

APÊNDICE A – Artigos sobre servitização, relacionados com desempenho financeiro

Tabela 14 – Artigos sobre servitização, relacionados com desempenho financeiro

Titulo do Artigo	Autor(es)	Ano de Publicacao
Why do servitized firms fail? A risk-based explanation	BENEDETTINI, Ornella; SWINK, Morgan; NEELY, Andy	2015
Service Research Priorities in a Rapidly Changing Context	OSTROM, Amy L. et al	2015
Who Owns The Asset And The Data In APM And Servitization?	Miklovic, Dan	2015
Industrial services - the solution provider's stairway to heaven or highway to hell?	KOHTAMÄKI, Marko; HELO, Petri	2015
An empirical study of servitization paradox in China	LI, Jing Hua et al	2015
Resource configurations for services success in manufacturing companies	RADDATS, Chris; BURTON, Jamie; ASHMAN, Rachel	2015
Mastering the transition to product-service provision: Insights into business models, Learning activities, and capabilities	PARIDA, Vinit et al.	2014
Performance-based logistics - an illusive panacea or a concept for the future?	HOLMBOM, Martin; BERGQUIST, Bjarne; VANHATALO, Erik	2014
Servitization as a Driver for Organizational Change	VENDRELL-HERRERO, Ferran et al.	2014
Firm Profitability During the Servitization Process in the Music Industry	MYRTHIANOS, Vasileios et al.	2014
Servitization of the manufacturing firm: Exploring the operations practices and technologies that deliver advanced services	BAINES, Tim; W. LIGHTFOOT, Howard.	2014
The Impact Of Servitization On The Manufacturer's Business Model And Financial Performance - A Case Study Of A Romanian Pharmaceutical Company	GÁSPÁR, A.; SZÁSZ, L.	2014
Towards solution based thinking: Characteristics of servitization at Hungarian manufacturing companies	DEMETER, Krisztina; SZÁSZ, Levente.	2013
Steering manufacturing firms towards service business model innovation	VISNJIC, Ivanka; VAN LOOY, Bart; NEELY, Andy.	2013
ICT as a catalyst for service business orientation	KOWALKOWSKI, Christian; KINDSTRÖM, Daniel; GEBAUER, Heiko.	2013
Servitization: Disentangling the impact of service business model innovation on manufacturing firm performance	KASTALLI, Ivanka Visnjic; VAN LOOY, Bart.	2013
Service enhancement, performance and product focus: A moderating model	LI, Haitao; LI, Huashan; TIAN, Yezhuang.	2013
A quantitative investigation of the role of information and communication technologies in the implementation of a product-service system	BELVEDERE, Valeria; GRANDO, Alberto; BIELLI, Paola	2013
Making a profit with R&D services - The critical role of relational capital	KOHTAMÄKI, Marko; PARTANEN, Jukka; MÖLLER, Kristian.	2013
Servitization of manufacture. Exploring the deployment and skills of people critical to the delivery of advanced services	BAINES, Tim et al.	2013
Services bring a smile	Else, Holly.	2012
Configuration of product extension services in servitisation using an ontology-based approach	SHEN, Jin; WANG, Liya; SUN, Yiwen.	2012
Servitisation strategies and sourcing decisions for product services: an exploratory study	SACCANI, Nicola.	2012
Servitization in oil and gas sector: outcomes of a case study research	BANDINELLI, Romeo; GAMBERI, Valentina.	2012
Evaluating existing approaches to product-service system design. A comparison with industrial practice	CLAYTON, Richard J.; BACKHOUSE, Chris J.; DANI, Samir.	2012
Research on Service Capacity Coordination Strategy in Product Servitization Supply Chain	YAO, Shujun; CHEN, Juhong	2011
State of the art literature review on performance measurement	NUDURUPATI, Sai S. et al.	2011
Analytical target cascading-enabled optimal configuration platform for production service systems	QU, Ting et al.	2011
Challenges in transforming manufacturing organisations into product-service providers	MARTINEZ, Veronica et al.	2010
The PSO triangle: designing product, service and organisation to create value	PAWAR, Kulwant S.; BELTAGUI, Ahmad; RIEDEL, Johann CKH.	2009
The servitization of manufacturing. A review of literature and reflection on future challenges	BAINES, T. S. et al.	2009
Exploring the financial consequences of the servitization of manufacturing	NEELY, Andy.	2008
Supply chain management for servitised products: A multi-industry case study	JOHNSON, Mark; MENA, Carlos.	2008

Fonte: Autor

APÊNDICE B – Dados referentes ao faturamento mensal de uma empresa

DATA	UNIDADES	PRODUTOS	INSTALACAO	MANUTENCAO	SERVICOS	TOTAL	INCC
jan/06	19	222.41	25.76	33.92	59.68	282.08	0.24%
fev/06	41	375.01	20.08	34.20	54.28	429.28	0.28%
mar/06	40	400.26	6.61	24.76	31.37	431.62	0.23%
abr/06	29	328.97	29.30	50.32	79.62	408.60	0.21%
mai/06	36	360.61	11.55	40.06	51.61	412.22	0.81%
jun/06	106	905.54	6.43	36.23	42.66	948.20	1.45%
jul/06	45	571.15	45.67	32.21	77.89	649.04	0.57%
ago/06	67	604.93	52.86	38.58	91.44	696.37	0.35%
set/06	53	508.76	22.62	43.90	66.52	575.28	0.09%
out/06	64	609.35	21.15	39.50	60.65	670.00	0.18%
nov/06	51	389.83	52.27	38.47	90.74	480.58	0.23%
dez/06	63	668.55	30.26	32.82	63.08	731.63	0.30%
jan/07	55	645.01	26.78	31.91	58.69	703.70	0.45%
fev/07	30	209.83	51.52	31.54	83.05	292.89	0.26%
mar/07	44	404.96	31.14	38.89	70.03	475.00	0.17%
abr/07	80	697.61	21.25	42.47	63.72	761.33	0.43%
mai/07	64	607.37	40.61	35.82	76.43	683.80	0.55%
jun/07	58	515.80	47.44	39.97	87.41	603.21	1.67%
jul/07	37	372.57	17.21	45.80	63.02	435.58	0.21%
ago/07	80	716.36	44.02	47.63	91.65	808.01	0.35%
set/07	58	544.58	44.59	38.14	82.73	627.31	0.39%
out/07	65	548.76	33.21	38.31	71.52	620.28	0.49%
nov/07	47	537.23	19.54	35.47	55.01	592.24	0.48%
dez/07	28	276.00	37.08	33.59	70.67	346.67	0.43%
jan/08	49	395.66	34.32	35.55	69.87	465.52	0.41%
fev/08	57	509.13	40.63	38.65	79.27	588.41	0.43%
mar/08	73	615.50	37.75	32.30	70.04	685.54	0.59%
abr/08	70	636.71	51.57	44.38	95.95	732.66	0.82%
mai/08	67	577.39	63.17	25.90	89.06	666.45	1.10%
jun/08	95	811.48	32.96	41.37	74.33	885.81	2.67%
jul/08	52	535.73	38.26	29.55	67.81	603.54	1.42%
ago/08	88	766.56	85.16	34.60	119.76	886.32	1.27%
set/08	71	682.30	93.73	46.95	140.68	822.98	0.95%
out/08	61	826.58	49.20	54.52	103.71	930.29	0.85%
nov/08	43	490.81	85.29	43.76	129.05	619.86	0.65%
dez/08	59	375.91	43.08	46.96	90.04	465.95	0.22%
jan/09	46	528.31	9.13	35.56	44.69	573.01	0.26%
fev/09	47	514.80	69.67	48.95	118.62	633.42	0.35%

Continua

APÊNDICE B – Dados referentes ao faturamento mensal de uma empresa

DATA	UNIDADES	PRODUTOS	INSTALACAO	MANUTENCAO	SERVICOS	TOTAL	INCC
mar/09	46	486.71	86.44	47.83	134.28	620.99	-0.17%
abr/09	60	615.89	92.80	44.31	137.10	752.99	-0.01%
mai/09	34	342.13	71.87	46.07	117.94	460.07	0.25%
jun/09	68	794.47	23.13	56.21	79.34	873.81	1.53%
jul/09	98	720.11	51.80	63.24	115.03	835.14	0.37%
ago/09	86	755.94	87.92	34.49	122.41	878.35	0.01%
set/09	118	994.97	46.58	43.23	89.81	1084.78	0.07%
out/09	81	656.62	63.55	46.19	109.73	766.35	0.13%
nov/09	90	746.28	26.23	94.24	120.47	866.75	0.18%
dez/09	67	633.09	110.25	31.95	142.20	775.29	0.20%
jan/10	71	651.22	79.19	30.91	110.10	761.32	0.52%
fev/10	63	520.98	75.81	62.81	138.62	659.60	0.35%
mar/10	99	950.10	55.52	98.78	154.30	1104.40	0.45%
abr/10	94	830.72	58.97	49.77	108.74	939.45	1.17%
mai/10	151	859.16	63.77	50.76	114.53	973.69	0.93%
jun/10	80	631.44	63.62	59.01	122.63	754.07	1.77%
jul/10	115	1019.46	92.15	37.50	129.65	1149.11	0.62%
ago/10	112	972.28	104.85	38.01	142.86	1115.14	0.22%
set/10	109	1058.61	46.08	56.29	102.36	1160.97	0.20%
out/10	110	912.30	155.51	42.88	198.39	1110.69	0.15%
nov/10	110	980.40	69.82	60.88	130.70	1111.10	0.36%
dez/10	128	1273.61	85.65	39.85	125.50	1399.11	0.59%
jan/11	98	795.79	163.95	52.36	216.31	1012.10	0.37%
fev/11	70	861.34	75.79	56.73	132.53	993.87	0.39%
mar/11	167	1349.95	98.99	60.00	158.99	1508.94	0.44%
abr/11	100	1007.56	108.76	83.95	192.71	1200.28	0.75%
mai/11	137	774.58	54.71	86.97	141.68	916.26	2.03%
jun/11	116	1041.66	185.82	46.65	232.47	1274.13	1.43%
jul/11	80	804.35	57.14	95.20	152.33	956.68	0.59%
ago/11	127	1094.83	99.76	119.41	219.17	1314.00	0.16%
set/11	113	1181.79	140.27	124.69	264.96	1446.75	0.14%
out/11	117	1144.65	82.22	166.73	248.95	1393.60	0.20%
nov/11	166	1592.99	78.68	163.85	242.53	1835.52	0.50%
dez/11	134	1330.42	316.43	172.48	488.91	1819.33	0.35%
jan/12	59	669.92	26.77	145.91	172.67	842.59	0.67%
fev/12	68	715.30	139.85	169.88	309.72	1025.03	0.42%
mar/12	132	1432.03	94.42	171.04	265.46	1697.49	0.37%

Continua

APÊNDICE B – Dados referentes ao faturamento mensal de uma empresa

DATA	UNIDADES	PRODUTOS	INSTALACAO	MANUTENCAO	SERVICOS	TOTAL	INCC
abr/12	144	1339.42	98.05	136.75	234.80	1574.22	0.83%
mai/12	89	853.74	80.87	185.58	266.45	1120.19	1.30%
jun/12	179	1504.45	183.38	165.13	348.51	1852.96	1.31%
jul/12	134	1413.45	47.50	122.28	169.78	1583.23	0.85%
ago/12	136	1370.54	40.80	176.57	217.36	1587.90	0.32%
set/12	65	940.93	154.90	141.89	296.79	1237.72	0.21%
out/12	127	1239.30	101.28	146.30	247.58	1486.87	0.24%
nov/12	153	1613.94	118.18	115.78	233.97	1847.90	0.23%
dez/12	55	739.63	124.51	164.59	289.10	1028.73	0.29%
jan/13	52	648.53	106.21	173.08	279.29	927.82	0.39%
fev/13	105	1339.74	128.89	204.00	332.90	1672.63	0.80%
mar/13	170	1853.91	206.31	187.99	394.31	2248.21	0.28%
abr/13	82	1028.28	82.11	221.74	303.85	1332.13	0.84%
mai/13	158	1540.74	121.58	185.15	306.73	1847.47	1.24%
jun/13	99	1196.62	203.45	178.30	381.74	1578.36	1.96%
jul/13	139	1447.03	63.64	244.00	307.63	1754.67	0.73%
ago/13	188	1964.34	103.94	249.10	353.04	2317.38	0.31%
set/13	124	1425.98	94.51	265.19	359.70	1785.68	0.43%
out/13	174	1739.28	152.92	275.34	428.26	2167.54	0.33%
nov/13	210	1960.98	48.19	267.74	315.93	2276.91	0.27%
dez/13	201	1777.48	256.23	258.12	514.34	2291.83	0.22%
jan/14	160	1327.36	127.84	267.71	395.55	1722.91	0.70%
fev/14	176	2152.83	145.96	306.29	452.25	2605.08	0.44%
mar/14	163	1729.61	98.02	303.35	401.37	2130.98	0.22%
abr/14	250	2268.26	64.00	316.90	380.90	2649.16	0.67%
mai/14	197	1689.42	705.40	342.74	1048.14	2737.55	1.37%
jun/14	85	1425.91	275.36	345.24	620.59	2046.51	1.25%
jul/14	126	1336.36	573.57	351.07	924.63	2260.99	0.80%
ago/14	109	1465.03	239.74	356.84	596.59	2061.62	0.19%
set/14	125	1759.16	70.05	345.97	416.02	2175.18	0.16%
out/14	121	1383.53	207.02	372.89	579.91	1963.44	0.20%
nov/14	78	1083.27	254.98	365.53	620.51	1703.78	0.30%
dez/14	115	1345.16	159.07	379.61	538.68	1883.84	0.25%
jan/15	49	670.50	112.77	316.54	469.33	1139.82	0.70%
fev/15	71	820.72	85.28	404.26	541.49	1362.22	0.50%
mar/15	106	1088.09	124.22	296.19	535.08	1623.17	0.36%
abr/15	98	1080.18	122.58	257.01	454.86	1535.04	0.65%
mai/15	199	1678.20	114.77	288.09	493.05	2171.25	0.45%

Continua

APÊNDICE B – Dados referentes ao faturamento mensal de uma empresa

DATA	UNIDADES	PRODUTOS	INSTALACAO	MANUTENCAO	SERVICOS	TOTAL	INCC
jun/15	115	1116.83	140.78	266.38	486.77	1603.60	1.87%
jul/15	72	868.32	147.11	319.67	545.55	1413.87	0.66%
ago/15	112	1211.34	73.19	327.52	565.20	1776.54	0.80%

Fonte: Autor

APÊNDICE C – Estimativa do modelo ARIMA (1,1,2) para a série de faturamento de produtos

ARIMA (1,1,2)		
Estimativa	ERRO	ERRO^2
320.65	- 79.60	6 336.90
478.85	149.87	22 461.84
324.77	- 35.84	1 284.71
455.79	- 449.75	202 273.02
442.92	- 128.23	16 444.09
478.79	- 126.14	15 910.86
486.95	- 21.81	475.49
489.65	- 119.70	14 327.97
527.07	137.24	18 834.02
460.60	- 207.95	43 241.65
582.17	- 62.83	3 948.13
507.26	297.43	88 465.53
436.88	31.92	1 018.67
503.05	- 194.56	37 853.60
510.64	- 96.73	9 356.46
531.68	15.88	252.16
516.03	143.46	20 581.86
487.54	- 228.82	52 358.20
585.87	41.28	1 704.41
502.33	- 46.43	2 155.45
585.92	48.69	2 370.52
518.25	242.25	58 682.65
479.71	84.06	7 065.76
501.26	- 7.87	61.90
500.40	- 115.09	13 246.65
540.29	- 96.42	9 296.59
540.09	- 37.30	1 391.03
555.29	- 256.19	65 633.45
615.99	80.26	6 442.14
548.32	- 218.25	47 630.99
671.45	- 10.85	117.72
584.43	- 242.15	58 636.60
724.25	233.44	54 495.53
555.03	179.12	32 085.52
618.78	90.47	8 184.12
566.10	51.29	2 631.17
600.18	113.47	12 875.58

Continua

APÊNDICE C – Estimativa do modelo ARIMA (1,1,2) para a série de faturamento de produtos

ARIMA (1,1,2)		
Estimativa	ERRO	ERRO^2
552.73	- 63.16	3 988.61
620.44	278.31	77 458.97
485.62	- 308.85	95 386.24
696.80	- 23.31	543.20
540.77	- 215.17	46 298.49
723.78	- 271.20	73 546.92
646.12	- 10.50	110.24
703.99	- 42.29	1 788.29
684.07	50.98	2 599.27
691.43	40.21	1 616.84
687.53	166.55	27 738.93
648.51	- 301.59	90 955.86
777.76	- 52.96	2 804.57
695.55	- 163.61	26 766.95
810.89	179.44	32 199.25
680.10	- 339.36	115 164.95
891.17	- 81.11	6 578.33
752.39	- 306.22	93 772.69
948.10	35.79	1 281.28
795.65	- 184.75	34 134.37
974.39	- 299.22	89 533.29
918.22	122.44	14 990.71
921.30	59.96	3 594.77
921.75	- 428.20	183 357.34
1 049.73	42.16	1 777.71
943.88	169.30	28 664.01
977.70	- 63.96	4 091.29
996.13	191.78	36 779.38
935.39	- 159.44	25 420.13
1 050.81	- 130.98	17 156.54
1 009.86	- 134.79	18 168.86
1 088.44	- 504.55	254 572.05
1 165.04	- 165.37	27 348.84
1 151.58	481.66	231 996.04
1 000.64	285.34	81 416.51
1 044.36	- 387.67	150 291.81
1 146.74	- 192.68	37 124.15

Continua

APÊNDICE C – Estimativa do modelo ARIMA (1,1,2) para a série de faturamento de produtos

ARIMA (1,1,2)		
Estimativa	ERRO	ERRO^2
1 124.02	270.29	73 054.16
1 060.96	- 443.49	196 685.19
1 259.60	- 153.85	23 671.03
1 152.81	- 217.72	47 403.04
1 304.41	363.48	132 120.32
1 094.69	- 144.60	20 909.95
1 325.74	- 288.19	83 054.76
1 238.30	498.67	248 667.28
1 125.25	476.72	227 260.94
1 067.09	- 272.64	74 334.03
1 234.58	- 619.33	383 564.74
1 260.18	231.90	53 779.68
1 166.36	- 374.39	140 165.15
1 370.69	174.07	30 301.34
1 178.18	- 268.86	72 283.64
1 423.77	- 540.57	292 221.29
1 376.17	- 49.81	2 481.26
1 425.20	- 314.08	98 648.07
1 494.45	- 466.52	217 642.27
1 574.37	- 203.11	41 253.42
1 576.70	249.34	62 168.35
1 512.91	- 639.92	409 494.46
1 768.57	38.96	1 517.73
1 571.80	- 696.46	485 062.89
1 934.11	244.69	59 874.56
1 602.75	176.84	31 273.05
1 808.97	472.62	223 367.97
1 552.57	87.54	7 662.85
1 752.82	- 6.35	40.27
1 640.31	256.78	65 938.50
1 661.48	578.22	334 333.68
1 488.11	142.95	20 435.49
1 619.28	948.79	900 196.52
1 203.46	382.73	146 485.82
1 406.23	318.15	101 217.28
1 208.76	128.58	16 533.71
1 338.76	- 339.44	115 219.26

Continua

APÊNDICE C – Estimativa do modelo ARIMA (1,1,2) para a série de faturamento de produtos

ARIMA (1,1,2)		
Estimativa	ERRO	ERRO^2
1 358.64	241.81	58 473.68
1 276.20	407.88	166 369.01
1 222.32	10.98	120.66
	MEDIA	74 968.75
	RAIZ	273.80

Fonte: Autor

APÊNDICE D – Estimativa do modelo VAR, combinando a série de faturamento de produtos com as séries de faturamento de serviços

VAR		
Estimativa	ERRO	ERRO^2
516.7516	- 388.79	151 157.98
401.8224	- 169.33	28 673.19
488.1643	- 116.76	13 633.53
630.847	122.09	14 905.48
507.1584	- 102.19	10 443.74
569.6569	179.82	32 336.64
516.3905	- 152.16	23 152.51
655.5258	10.52	110.60
470.7391	260.91	68 071.99
370.6608	- 34.30	1 176.64
532.1708	- 165.44	27 370.46
522.9668	- 84.40	7 124.07
461.9923	- 53.80	2 894.95
515.0591	142.49	20 304.57
506.7164	- 209.64	43 948.34
605.0412	60.46	3 655.19
573.3787	24.62	606.28
489.7943	- 47.44	2 250.53
537.8417	261.84	68 561.08
406.5077	10.85	117.78
519.3453	10.21	104.31
442.1987	- 173.30	30 032.99
461.1904	- 175.52	30 806.78
496.1878	- 81.20	6 593.96
571.34	- 240.14	57 669.14
602.8501	67.12	4 504.97
654.7622	- 111.80	12 499.67
642.5053	- 39.80	1 583.86
825.3549	- 1.22	1.49
734.8646	244.05	59 562.65
569.0364	193.13	37 298.97
612.4006	84.09	7 070.89
581.0834	66.28	4 392.96
478.175	- 8.54	72.90
690.9517	75.06	5 634.26
425.3367	83.21	6 924.19
409.0768	- 385.39	148 526.38

Continua

APÊNDICE D – Estimativa do modelo VAR, combinando a série de faturamento de produtos com as séries de faturamento de serviços

VAR		
Estimativa	ERRO	ERRO^2
675.722	- 44.38	1 969.94
604.5601	- 151.38	22 915.57
698.7686	- 296.21	87 737.64
677.5115	20.89	436.41
740.1737	- 6.11	37.30
905.3516	272.26	74 126.38
727.5272	76.31	5 822.79
573.9359	52.96	2 804.75
711.8573	- 238.24	56 759.58
881.3985	50.68	2 568.51
688.0722	- 171.09	29 271.04
723.3175	91.87	8 440.74
841.6494	- 177.81	31 616.61
805.9703	- 166.31	27 659.25
751.0101	- 307.60	94 618.31
1033.515	121.21	14 692.11
861.6317	- 118.77	14 106.86
1112.746	- 160.87	25 877.55
1088.663	292.88	85 776.35
825.8565	- 35.48	1 259.15
1215.526	- 134.43	18 070.35
987.9218	- 19.64	385.78
1172.226	397.65	158 124.73
1047.096	5.43	29.54
911.2423	106.90	11 426.61
1016.094	- 78.73	6 198.57
1170.977	- 10.82	116.99
1052.781	- 91.87	8 440.10
1245.686	- 347.31	120 620.76
1339.694	9.27	86.03
1275.043	605.12	366 171.42
1140.065	424.76	180 424.46
797.2974	- 634.74	402 890.55
1689.49	350.07	122 549.00
869.534	15.80	249.48
918.7939	- 585.66	342 994.24
1436.588	23.14	535.41

Continua

APÊNDICE D – Estimativa do modelo VAR, combinando a série de faturamento de produtos com as séries de faturamento de serviços

VAR		
Estimativa	ERRO	ERRO^2
1177.362	- 193.17	37 316.19
1193.088	252.16	63 585.17
1355.321	116.03	13 461.80
1324.509	- 289.43	83 768.57
1217.372	477.74	228 234.55
933.2927	284.76	81 089.80
1107.925	- 231.81	53 735.88
1170.516	- 683.39	467 025.99
1337.422	309.15	95 570.63
997.9435	- 542.80	294 630.21
1359.228	162.61	26 442.34
1313.509	- 133.53	17 828.93
1590.274	- 374.07	139 928.36
1505.232	79.25	6 281.04
1611.921	- 127.36	16 220.82
1755.83	- 205.15	42 084.88
1830.351	52.87	2 795.03
1568.056	240.70	57 934.08
1860.183	- 292.65	85 641.68
1742.539	12.93	167.16
1795.338	- 472.93	223 658.06
2011.797	322.38	103 930.15
1839.022	413.11	170 659.05
2060.641	724.29	524 590.21
1238.606	- 226.42	51 267.83
1713.431	- 45.73	2 091.32
1530.035	146.51	21 464.89
1479.206	395.94	156 767.69
1677.241	332.08	110 279.12
1359.986	689.49	475 397.84
928.353	107.63	11 584.22
1081.316	- 6.77	45.83
1113.502	33.32	1 110.49
873.0514	- 805.14	648 257.83
1189.919	73.09	5 342.15
1048.488	180.17	32 461.59
1100.788	- 110.55	12 220.64

Continua

APÊNDICE D – Estimativa do modelo VAR, combinando a série de faturamento de produtos com as séries de faturamento de serviços

VAR		
Estimativa	ERRO	ERRO^2
	MEDIA	68 706.84
	RAIZ	262.12

Fonte: Autor

APÊNDICE E – Estimativa do modelo híbrido VAR e RNA

VAR combinado a RNA			
Esperado	Estimativa	Erro	Erro^2
-152.16	63.27	215.43	46410.04
10.52	34.02	23.51	552.49
260.91	-38.60	-299.50	89702.83
-34.30	-7.49	26.81	718.83
-165.44	-122.68	42.76	1828.14
-84.40	-231.97	-147.56	21774.22
-53.80	149.22	203.03	41219.64
142.49	25.55	-116.95	13676.37
-209.64	-64.42	145.22	21088.62
60.46	-44.76	-105.21	11069.96
24.62	12.75	-11.88	141.06
-47.44	-7.68	39.76	1581.15
261.84	-108.92	-370.76	137464.91
10.85	-106.53	-117.39	13779.73
10.21	-42.61	-52.82	2789.97
-173.30	-199.10	-25.80	665.85
-175.52	-56.49	119.02	14166.78
-81.20	15.44	96.64	9339.23
-240.14	-42.10	198.04	39220.40
67.12	-14.27	-81.39	6624.51
-111.80	2.91	114.71	13157.86
-39.80	-5.51	34.29	1175.88
-1.22	-51.65	-50.43	2543.65
244.05	0.43	-243.62	59351.00
193.13	116.74	-76.39	5835.13
84.09	-188.17	-272.26	74126.54
66.28	-175.08	-241.36	58256.05
-8.54	-130.22	-121.68	14806.73
75.06	-81.75	-156.81	24589.91
83.21	-154.02	-237.24	56280.73
-385.39	-155.52	229.87	52840.81
-44.38	-24.72	19.66	386.56
-151.38	12.39	163.77	26819.56
-296.21	-270.53	25.68	659.40
20.89	-96.50	-117.39	13780.72
-6.11	-10.73	-4.62	21.33
272.26	24.41	-247.86	61432.55

Continua

APÊNDICE E – Estimativa do modelo híbrido VAR e RNA

VAR combinado a RNA			
Esperado	Estimativa	Erro	Erro^2
76.31	-56.43	-132.74	17618.77
52.96	-120.32	-173.28	30026.65
-238.24	-53.41	184.83	34163.94
50.68	-46.90	-97.58	9521.27
-171.09	86.80	257.88	66504.62
91.87	-24.65	-116.53	13578.52
-177.81	-65.01	112.80	12724.16
-166.31	-110.59	55.72	3104.32
-307.60	7.03	314.63	98989.46
121.21	69.19	-52.02	2706.34
-118.77	32.79	151.57	22972.40
-160.87	-138.65	22.21	493.48
292.88	-80.31	-373.19	139267.34
-35.48	200.48	235.96	55679.20
-134.43	-119.19	15.23	231.99
-19.64	-234.30	-214.66	46078.79
397.65	99.53	-298.12	88877.14
5.43	239.85	234.42	54950.49
106.90	-59.91	-166.80	27822.44
-78.73	-199.61	-120.88	14612.80
-10.82	45.10	55.92	3126.97
-91.87	-19.34	72.53	5260.91
-347.31	-102.88	244.42	59741.23
9.27	29.92	20.64	426.18
605.12	42.59	-562.53	316443.49
424.76	366.59	-58.18	3384.57
-634.74	-197.47	437.26	191198.14
350.07	383.25	33.18	1100.62
15.80	29.96	14.16	200.61
-585.66	-588.89	-3.23	10.44
23.14	4.87	-18.27	333.85
-193.17	-112.64	80.53	6485.06
252.16	231.16	-21.00	441.00
116.03	67.04	-48.98	2399.31
-289.43	-189.87	99.56	9911.68
477.74	512.23	34.49	1189.56
284.76	261.80	-22.96	527.29

Continua

APÊNDICE E – Estimativa do modelo híbrido VAR e RNA

VAR combinado a RNA			
Esperado	Estimativa	Erro	Erro^2
-231.81	-401.40	-169.59	28760.70
-683.39	-271.18	412.22	169923.51
309.15	332.83	23.68	560.80
-542.80	-431.38	111.42	12414.93
162.61	181.41	18.80	353.31
-133.53	-135.33	-1.81	3.27
-374.07	-365.92	8.15	66.40
79.25	496.78	417.53	174327.71
-127.36	-81.30	46.06	2121.46
-205.15	-241.15	-36.01	1296.58
52.87	-198.87	-251.73	63370.21
240.70	100.41	-140.28	19679.10
-292.65	106.66	399.31	159446.72
12.93	-102.48	-115.40	13318.08
-472.93	-23.00	449.93	202435.75
322.38	228.23	-94.15	8865.01
413.11	178.57	-234.54	55009.53
724.29	584.84	-139.44	19443.93
-226.42	-60.68	165.74	27470.51
-45.73	-93.40	-47.67	2272.72
146.51	10.90	-135.61	18388.82
395.94	115.29	-280.64	78761.34
332.08	591.96	259.88	67537.72
689.49	497.23	-192.26	36964.41
107.63	-35.13	-142.76	20380.56
-6.77	-241.22	-234.45	54965.58
33.32	-256.96	-290.28	84262.94
-805.14	-177.39	627.75	394075.21
73.09	65.89	-7.20	51.89
180.17	159.37	-20.81	432.89
-110.55	4.17	114.71	13158.84
		MÉDIA	38210.52
		RAIZ	195.48

Fonte: Autor