



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E
SISTEMAS

Gabriel Preuss Luz

Análise do fluxo de valor considerando incerteza: de uma revisão sistemática a um estudo
de caso

Florianópolis
2020

Gabriel Preuss Luz

Análise do fluxo de valor considerando incerteza: de uma revisão sistemática a um estudo de caso

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção
Orientador: Prof. Guilherme Luz Tortorella, Dr.

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Luz, Gabriel Preuss Luz

Análise do fluxo de valor considerando incerteza: de
uma revisão sistemática a um estudo de caso / Gabriel
Preuss Luz Luz ; orientador, Guilherme Luz Tortorella
Tortorella, 2020.

87 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção. 2. Análise de Fluxo do Valor.
3. Fontes de Incerteza. 4. Métodos Estocásticos. I.
Tortorella, Guilherme Luz Tortorella. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção. III. Título.

Gabriel Preuss Luz

Análise do fluxo de valor considerando incerteza: de uma revisão sistemática a um estudo de caso

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Guilherme Luz Tortorella, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Rodrigo Goyannes Gusmão Caiado, Dr.
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Prof. Guilherme Luz Tortorella, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2020.

Dedico este trabalho a todos que fizeram parte desta empreitada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.
Agradeço ao meu pai César Rogério da Luz por servir de guia e exemplo ao longo dessa jornada.
Agradeço a minha irmã Vanessa Preuss Luz pelo apoio e momentos de descontração.
À minha avó Benta Fernandes da Luz pela dedicação, carinho e alegria que só ela sabe proporcionar.
Em especial ao Professor Guilherme Luz Tortorella pela sua dedicação, apoio e paciência na execução desse trabalho.
Agradeço às colegas do Laboratório de Produtividade e Melhoria Contínua (LPMC – UFSC) pela parceria ao longo desses anos.
Agradeço também ao CNPq, pela bolsa fomento, que possibilitou o desenvolvimento dessa dissertação.
Deixo aqui meus cumprimentos para os profissionais do Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina - Hospital Universitário Polydoro Ernani de São Thiago - que colaboraram de alguma forma com a realização desta pesquisa.

“Não importa o quanto o vento sopra,
a montanha jamais se curva diante dele”.

Autor desconhecido.

RESUMO

Análises de fluxo de valor permitem que sejam identificadas fontes de desperdício, colaborando para que ações de melhoria sejam adotadas nos pontos onde há maiores benefícios e oportunidades para as organizações. Muito embora tais análises sejam úteis em tal contexto, acabam não levando em conta o aspecto dinâmico (variabilidade) dos processos organizacionais. O caráter não determinístico dos processos favorece a adoção de métodos estocásticos para capturar a real variabilidade inerente às atividades do fluxo de valor. Além disso, ao aplicar tais métodos pode-se tratar o caráter probabilístico de um processo sob análise, possibilitando avaliar o impacto que as principais fontes de incerteza empregam aos fluxos de valor e contribuindo para o entendimento de como a variabilidade dos processos impactam na sua eficiência e eficácia. Assim, este trabalho tem por objetivo geral propor um método de avaliação do fluxo de valor levando em consideração as características estocásticas de seus elementos. Para atingir o objetivo geral são definidos os seguintes objetivos específicos: identificar, a partir de uma revisão de literatura, as principais fontes de incerteza presentes nos fluxos de valor, bem como os métodos estocásticos utilizados no tratamento do comportamento não determinístico de tais fluxos; elencar as fontes de incerteza de uma análise de fluxo de valor; e analisar o impacto do ranqueamento de fontes de incerteza e da utilização de métodos estocásticos através da condução de um estudo de caso. Para atingir estes objetivos empregam-se diferentes métodos de pesquisa, de modo a complementar a análise e permitir indicações mais robustas, tais como a revisão sistemática de literatura, entrevistas semiestruturadas e a Simulação de Monte Carlo. Como resultados obtidos destacam-se a obtenção de um ranqueamento das fontes de incerteza mais críticas que impactam os fluxos de valor. Além disso, através da condução do estudo de caso contribui-se para consolidar a adoção de métodos estocásticos no tratamento da variabilidade intrínseca aos fluxos de valor.

Palavras Chave: Análise de Fluxo do Valor; Fontes de Incerteza; Métodos Estocásticos.

ABSTRACT

Value stream analysis allows the identification of sources of waste, collaborating to improvement actions that bring greater benefits and opportunities for organizations. Although such analyzes are useful in such a context, they do not take into account the dynamic aspect (variability) of organizational processes. The non-deterministic character of the processes favors the adoption of stochastic methods to capture the real variability inherent to the activities of the value stream. In addition, applying these methods we can treat the probabilistic nature of a process under analysis, making it possible to evaluate the impact that the main uncertainty sources employ to the value stream and contributing to the understanding of how the variability of the processes impact on its efficiency and effectiveness. Thus, the main objective of this work is to propose a method to evaluate the value stream taking into account the stochastic characteristics of its elements. In order to achieve the general objective, the following specific objectives are defined: identification, from a literature review, of the main sources of uncertainty present in the value stream, as well as the stochastic methods used to treat the non-deterministic behavior of such streams; identification of the main uncertainty sources of a value stream analysis; and analysis of the impact of the ranking of uncertainty sources and the use of stochastic methods by conducting a case study. To achieve these objectives, different research methods are used to complement the analysis and allow more robust indications such as systematic literature review, semi-structured interviews and Monte Carlo Simulation. As results, we highlight the achievement of a ranking of the most critical uncertainty sources that affect the value stream. In addition, the case study contributes to consolidate the adoption of stochastic methods in the treatment of the variability arising from the value stream.

Keywords: Value Stream Analysis; Uncertainty Sources; Stochastic Methods.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução ao longo do tempo das publicações do PB	30
Figura 2 - Métodos de pesquisa adotados pelas publicações do PB.....	31
Figura 3 - Etapas do método proposto.....	58
Figura 4 - Esquematização do MAUT elaborado.....	60
Figura 5 - Mapa de fluxo de valor para o estado atual analisado	65
Figura 6 - Resultado da simulação para o <i>lead time</i> total (<i>lt</i>).....	71
Figura 7 - Resultado da função de probabilidade acumulada para o <i>lead time</i> total (<i>lt</i>).....	71
Figura 8 - Mapa de fluxo de valor para o estado futuro	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Divisão da estrutura do trabalho.....	19
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Levantamento do Portifólio Bibliográfico	28
Tabela 2 – Número de publicações dos autores e número de publicações por Journal	29
Tabela 3 - Fontes de incerteza identificadas no PB.....	34
Tabela 4 - Métodos estocásticos identificados no PB	34
Tabela 5 - Análise do PB segundo as lentes teóricas	40
Tabela 6 - Métodos estocásticos na análise de fluxo de valor – vantagens e desvantagens.....	54
Tabela 7 – Perfil demográfico dos colaboradores.....	63
Tabela 8 - Método MAUT.....	67
Tabela 9 - Parâmetros das distribuições de probabilidade das fontes de incerteza	69
Tabela 10 - Análise da variação dos estoques	70

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	15
1.2. JUSTIFICATIVA DO TEMA	16
1.3. OBJETIVOS	17
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	18
1.5. CARACTERIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	19
1.6. DELIMITAÇÕES DO TRABALHO	20
REFERÊNCIAS	21
2. FONTES DE INCERTEZA E MÉTODOS ESTOCÁSTICOS EM ANÁLISES DE FLUXO DO VALOR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA	24
2.1. INTRODUÇÃO.....	24
2.2. FONTES DE INCERTEZA	26
2.3. MÉTODO DE PESQUISA.....	27
2.3.1 Definição do PB e consolidação dos eixos de pesquisa	27
2.3.2 Análise bibliométrica.....	28
2.3.2.1 Variáveis básicas	28
2.3.2.2 Variáveis avançadas	31
2.3.3 Lentes teóricas	35
2.4. DIRECIONAMENTOS DE PESQUISA	40
2.5. CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	43
APÊNDICE – PB FINAL.....	48
3. ANÁLISE DO FLUXO DE VALOR SOB UMA PERSPECTIVA ESTOCÁSTICA: UM ESTUDO DE CASO EM SERVIÇOS DE SAÚDE	51
3.1. INTRODUÇÃO.....	51
3.2. REVISÃO DE LITERATURA	53
3.2.1 Análise de fluxo de valor.....	53
3.2.2 Simulação de Monte Carlo.....	55
3.2.3 Método da teoria da utilidade multiatributo.....	56
3.3. METODOLOGIA.....	57
3.4. RESULTADOS.....	62
3.4.1 Ranqueamento das principais fontes de incerteza.....	66
3.4.2 Simulação de Monte Carlo.....	68

3.4.3 Mapeamento do estado futuro	71
3.5. CONCLUSÃO.....	74
REFERÊNCIAS.....	75
APÊNDICES.....	81
APÊNDICE A.....	81
APÊNDICE B.....	83
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
4.1. CONTRIBUIÇÕES PRÁTICAS	86
4.2. CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS.....	86
4.3. OPORTUNIDADES PARA FUTURAS PESQUISAS.....	87

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O Sistema Toyota de Produção (STP) tem sua origem no Japão por volta da década de 50, sendo caracterizado pela busca contínua da redução de desperdícios e maximização do valor através do envolvimento das pessoas (OHNO, 1997). Para Campos (1996) e Ghinato (2002), os desperdícios são os recursos consumidos na execução de um produto ou serviço além do necessário, podendo ser de materiais, tempo, energia, matéria-prima, entre outros. Apenas em meados da década de 80 o conceito de Manufatura Enxuta (ME) foi introduzido por um grupo de pesquisadores do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), que estudaram os métodos utilizados pela manufatura japonesa e o Sistema Toyota de Produção (WOMACK; JONES, 1996; SEYEDHOSSEINI *et al.*, 2015).

Dentre as práticas existentes no âmbito da ME, a análise do fluxo de valor é um método pelo qual princípios enxutos são aplicados com o intuito de examinar os processos de um negócio (McMANUS *et al.*, 2002), mapeando-se fluxos a fim de reduzir desperdícios de uma forma sistêmica (DUGGAN, 2012). Para Solding *et al.* (2009), o mapeamento do fluxo do valor permite identificar as correlações entre o fluxo de materiais e informações e compreender os impactos que um implica no outro. Além disso, conforme Seyedhosseini *et al.* (2015) tal análise não atua apenas na gestão de um processo, como também otimiza o sistema produtivo, criando uma visão holística do todo.

No que tange o monitoramento dos mapas de fluxo de valor confeccionados visando uma situação futura almejada, Sigari *et al.* (2013) salientam que é necessário esperar alguns meses para avaliar os impactos das mudanças realizadas no processo. Ressalta-se ainda a necessidade de lidar com incertezas entre os componentes de um sistema sob análise (SWALLMEH *et al.*, 2014). Conforme Duggan (2012), no mundo real os sistemas produtivos são interconectados de tal maneira que é bastante difícil observar os fluxos quando os produtos variam demasiadamente e acarretam variações nos *lead times* e nos tempos de ciclo. Para Weston *et al.* (2009), os mapeamentos de fluxo de valor não levam em consideração que muitos fatores relacionados aos processos produtivos possuem uma dependência temporal. Desse modo, as formas atuais dos mapas de fluxo de valor não permitem que as estratégias futuras de uma organização sejam projetadas adequadamente, uma vez que não observam o caráter dinâmico e as variabilidades intrínsecas a um sistema de manufatura.

Segundo Zammori *et al.* (2011) o caráter não determinístico dos processos de manufatura favorece a adoção de métodos estocásticos para capturar a real variabilidade de desempenho. Além disso, ao aplicar tais métodos em um contexto industrial pode-se observar o caráter

probabilístico de um processo de produção. Assim, é possível avaliar a variação do processo e identificar desperdícios ocultos que impactam na eficiência e eficácia do sistema.

Com base nesse contexto, o presente trabalho de pesquisa trata da proposição de um método de avaliação do fluxo de valor levando em consideração as características estocásticas de seus elementos. Dessa forma, procura-se responder às seguintes questões de pesquisa: (i) “quais as principais fontes de incerteza de um fluxo de valor e os principais métodos para sua análise?”; (ii) “como elencar as fontes de incerteza de uma análise de fluxo de valor?”; e (iii) “qual o impacto (efeito) da inserção da variabilidade das fontes de incerteza na análise de fluxo de valor?”.

1.2. JUSTIFICATIVA DO TEMA

Uma boa documentação do fluxo de valor permite entender o processo e apontar a direção de aperfeiçoamento. Algumas melhorias podem demorar para serem visualizadas, outras ocorrem rapidamente (McMANUS *et al.*, 2002). Para Salgado *et al.* (2009), o mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta que pode operacionalizar a análise dos desperdícios de um conjunto de processos, contribuindo na identificação de atividades que agregam, ou não, valor para o cliente. Rother e Shook (2003) destacam que uma das vantagens da utilização dessa técnica é a de que tal mapeamento reúne variadas práticas da manufatura enxuta, utilizando para isso uma linguagem comum, evitando o uso de ferramentas isoladas na busca pela melhoria do potencial de entrega de valor. Assim, cabe se destacar que estudos voltados à incorporação da variabilidade das fontes de incerteza na análise do fluxo de valor têm relevância tanto acadêmica quanto prática.

Primeiramente, em termos teóricos, embora Rother e Shook (1999) tenham definido o mapeamento do fluxo de valor como uma ferramenta que utiliza “papel e caneta” para auxiliar o entendimento dos fluxos de materiais e informações ao longo do fluxo, ao longo do tempo estudos vêm enfatizando o caráter complexo e dinâmico da análise de fluxo de valor. Braglia *et al.* (2006), por exemplo, trazem uma abordagem não-trivial do mapeamento de fluxo de valor para sistemas complexos, levando em conta aspectos tais como a não-linearidade dos processos produtivos, estruturas complexas de produtos e questões relacionadas à alta variedade de produção. Além disso, mais recentemente Jauhari *et al.* (2017) destacaram a importância da aplicação do mapeamento de valor conjuntamente a utilização de abordagens de simulação. Isso tendo em vista que o comportamento dinâmico do mercado consumidor acarreta mudanças muito abruptas nos processos produtivos e, conseqüentemente, gera a necessidade de projetar diferentes cenários para os fluxos de valor dentro das organizações. Assim é possível testar diferentes cenários, nos quais pode-se variar parâmetros, como: tempos de setup, tempos de

processamento e demanda solicitada (VILLARREAL *et al.*, 2016; AZIZ *et al.*, 2017). O dinamismo dos processos também é percebido por Swalmeh *et al.* (2014) na análise de fluxo de valor aplicada ao setor de emergência médica de um hospital. Nesse tipo de ambiente organizacional deve-se levar em consideração questões como a variabilidade e complexidade para um mapeamento de valor adequado. Além disso, os autores mencionados salientam o caráter incerto dos fluxos de valor nas organizações, e percebem a necessidade de levar em conta o aspecto estocástico dos processos, permitindo uma visão mais realista das variabilidades existentes e, desse modo, identificar meios de suavizar fontes de incerteza.

No que se refere à implicação prática da análise do fluxo de valor, Lugert *et al.* (2018) evidenciam em seu trabalho que ao longo do fluxo de valor podem ser observadas diversas fontes de incerteza tais como, tempos de processamento, tempos de setup, entre outros. Tais incertezas adicionam variabilidade aos processos produtivos e acarretam problemas à gestão da produção como um todo. Outro aspecto a ser ressaltado é o aumento de inventário, o qual impacta no *lead time* e no custo de processamento, disfarçando os principais problemas relacionados às fontes de incerteza do fluxo (MATT, 2014; BADRI *et al.*, 2016; BADRI *et al.*, 2017).

Tendo em vista o exposto, pode-se avaliar o impacto da utilização de métodos estocásticos nas análises de fluxo de valor. Ao longo das últimas décadas variadas pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de melhor adaptar mapas de fluxo de valor às características dinâmicas das operações. As abordagens evidenciadas permitem identificar oportunidades de pesquisa a serem exploradas, as quais estão relacionadas à aplicação de métodos estocásticos nessa análise levando em consideração as diversas entradas e saídas de um sistema de produção.

1.3. OBJETIVOS

O principal objetivo desta pesquisa consiste em propor um método de avaliação do fluxo de valor levando em consideração as características estocásticas de seus elementos.

Como objetivos específicos pode-se destacar:

- a) Identificar através de levantamento bibliográfico as principais fontes de incerteza na análise de fluxo de valor e os principais métodos estocásticos para sua análise;
- b) Elencar e ranquear as fontes de incerteza mais críticas na análise de fluxo de valor; e
- c) Avaliar o impacto da variabilidade sobre a análise do fluxo de valor com base em um estudo de caso.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente dissertação é estruturada em formato de compêndio de artigos. O primeiro Capítulo, denominado Introdução, é composto pela contextualização, justificativa do tema, objetivos, estrutura do trabalho, caracterização dos procedimentos metodológicos e delimitações de pesquisa. Posteriormente, nos Capítulos 2 e 3, são apresentadas as Fases I e II da pesquisa as quais culminaram na redação dos artigos centrais que atendem aos objetivos específicos dessa dissertação, conforme mostra o Quadro 1.

A Fase I realiza um levantamento da literatura relacionado às principais fontes de incerteza presentes em análises de fluxo de valor e os principais métodos estocásticos aplicáveis para sua análise. Os resultados obtidos desta Fase culminaram na redação do Artigo 1. Esse Artigo realiza uma revisão sistemática de literatura com o objetivo de consolidar o estado da arte no que tange o tópico de interesse da pesquisa. Assim, pode-se identificar e organizar os principais conceitos encontrados em estudos relevantes sobre a área de interesse do pesquisador. Já a Fase II propõe um método para elencar e ranquear as variabilidades das fontes de incerteza mais críticas na análise de fluxo de valor, e avalia o impacto da variabilidade no fluxo de valor estudado a partir de sua aplicação em um estudo de caso. Para tal, utilizam-se métodos e técnicas complementares de pesquisa, tais como entrevistas semiestruturadas, método hierárquico, simulação de Monte Carlo e estudo de caso. Os resultados obtidos nessa Fase geram o Artigo 2 a ser apresentado no Capítulo 3 dessa dissertação.

O quarto e último Capítulo é dedicado às discussões e conclusões da dissertação como um todo, focando no objetivo geral e específicos. Além disso, sugestões para trabalhos futuros e continuidade dessa pesquisa são identificados.

Quadro 1 - Divisão da estrutura do trabalho

	OBJETIVOS	QUESTÃO DE PESQUISA	REVISÃO TEÓRICA	MÉTODO DE PESQUISA
FASE I	a) Identificar através de levantamento bibliográfico as principais fontes de incerteza na análise de fluxo de valor e os principais métodos estocásticos para sua análise.	<i>Quais as principais fontes de incerteza de um fluxo de valor e os principais métodos estocásticos para sua análise?</i>	(i) Fontes de incerteza na análise de fluxo de valor; e (ii) Métodos estocásticos aplicáveis a análise de fluxo de valor.	Revisão Sistemática da Literatura
FASE II	b) Elencar e ranquear as fontes de incerteza mais críticas na análise de fluxo de valor; e c) Avaliar o impacto da variabilidade sobre a análise do fluxo de valor com base em um estudo de caso.	<i>Como elencar as fontes de incerteza para a análise do fluxo de valor?</i> e <i>Qual o impacto da inserção da variabilidade das fontes de incerteza na análise de fluxo de valor?</i>	(i) Mapeamento do fluxo do valor; (ii) Método de análise estocástica.	Entrevistas semiestruturadas Método de apoio à decisão multicritério Simulação de Monte Carlo Estudo de Caso

1.5. CARACTERIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nessa seção apresenta-se a classificação da pesquisa proposta por este trabalho, levando em conta os métodos e técnicas a serem adotados para que os objetivos geral e específicos sejam alcançados. Por questão de organização, optou-se por separar esse trabalho em duas grandes Fases, as quais culminaram na elaboração de dois principais artigos científicos que irão compor a dissertação. Como já mencionado na seção anterior, este trabalho será confeccionado segundo as diretrizes propostas para a redação de dissertação na forma de um compêndio de artigos. Este trabalho de pesquisa pode ser classificado segundo alguns critérios (SILVA; MENEZES, 2005), sendo eles: (i) natureza da pesquisa, (ii) objetivos, (iii) procedimentos técnicos; e (iv) forma de abordagem do problema.

Primeiramente, no que tange a Fase I, sua natureza classifica-se como pesquisa básica, uma vez que busca gerar conhecimentos novos sobre o tema abordado. Quanto ao ponto de vista dos objetivos dessa Fase da pesquisa, salienta-se seu caráter exploratório e direcionado à geração de conhecimento sobre as principais fontes de incerteza de um fluxo de valor, bem como identificação das oportunidades de pesquisa referentes à adoção de métodos estocásticos na análise de fluxos de valor. Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, essa Fase é classificada como uma pesquisa bibliográfica, visando, uma vez mais, identificar lacunas de conhecimento no que diz respeito às fontes de incerteza e métodos estocásticos adotados em análises de fluxo de valor (GIL, 1991). Finalmente, quanto à forma de abordagem do problema,

classifica-se como qualitativa, uma vez que lida com dados provenientes de uma revisão sistemática da literatura para interpretar padrões de enfoque para o tema de pesquisa.

Já a Fase II da pesquisa possui natureza aplicada, pois busca a solução de um problema específico abordado através da condução de um estudo de caso em uma organização de interesse (SILVA; MENEZES, 2005). Com relação aos objetivos, essa Fase da pesquisa é classificada como explicativa, já que procura identificar os fatores que contribuem para a ocorrência de determinados fenômenos aprofundando o conhecimento sobre a realidade (GIL, 2002). Quanto aos procedimentos técnicos, desenvolve-se um estudo de caso envolvendo o uso da simulação de Monte Carlo para o avaliar o impacto da inserção de incertezas em um fluxo de valor a ser estudado. Também são utilizados métodos hierárquicos de apoio à decisão, bem como a condução de entrevistas semiestruturadas. Por fim, quanto à forma de abordagem do problema salienta-se que essa Fase tem uma abordagem tanto quantitativa quanto qualitativa.

Em termos de abordagem geral, a pesquisa como um todo é classificada como combinada, pois lida com interpretação, análise de dados oriundos da literatura e entrevistas (característicos de pesquisa qualitativa), e a simulação (método tipicamente usado para conduzir uma pesquisa quantitativa). Assim, o uso dessas abordagens de forma combinada possibilita que a vantagem de uma abordagem suavize a desvantagem da outra, incrementando a contribuição do estudo (MIGUEL, 2012).

1.6. DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho medidas foram adotadas no sentido de assegurar o caráter científico da pesquisa desenvolvida. Contudo, algumas delimitações devem ser salientadas com relação aos métodos adotados para a realização do trabalho de pesquisa.

Em primeiro lugar cabe ser mencionado que a revisão bibliográfica não cobrirá a totalidade de técnicas e métodos a serem aplicados na análise das fontes de incerteza de um fluxo de valor. Todavia, buscar-se-á construir uma revisão sistemática de literatura baseada em literatura especializada e que favoreça o desenvolvimento da pesquisa desejada. Além disso, esse estudo não cobre a análise de possíveis efeitos que uma fonte de incerteza influi em uma outra. Assim sendo, a pesquisa se fixa no tratamento de fontes de incerteza de uma maneira isolada. Uma vez que o método empregado nesse caso não possibilita uma análise mais robusta.

Outro ponto de ressalva trata-se do estudo de caso a ser desenvolvido. Tendo em vista, as delimitações e particularidades da organização em análise, os resultados e conclusões alcançados não devem ser diretamente generalizados. A empresa em estudo apresenta características específicas de seu contexto de atuação, portanto, deve-se ter cautela na interpretação dos modelos apresentados por esta dissertação. As pesquisas internas realizadas

dentro da organização podem estar restritas a questões de sigilo e de resguardo de informações importantes, que podem prejudicar alguma análise mais detalhada. Além disso, o caráter estratégico do estudo de caso conduzido requer uma maior atenção ao ser replicado em outras organizações. Isso porque alguns dados podem não ser trazidos à tona pelos gestores e funcionários consultados.

REFERÊNCIAS

ABDULMALEK, F.; RAJGOPAL, J. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: a process sector case study, **International Journal of Production Economics**, v. 107, n. 1, p. 223–236, 2007.

AZIZ, Z.; QASIM, R. M.; WAJDI, S. Improving productivity of road surfacing operations using value stream mapping and discrete event simulation. **Construction Innovation**, v. 17, n. 3, p. 294-323, 2017.

BADRI, H.; GHOMI, S. F.; HEJAZI, T. H. A two-stage stochastic programming model for value-based supply chain network design. **Scientia Iranica Transaction E: Industrial Engineering**, v. 23, n. 1, p. 348-360, 2016.

BADRI, H.; GHOMI, S. F.; HEJAZI, T. H. A two-stage stochastic programming approach for value-based closed-loop supply chain network design. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 105, p.1-17, 2017.

BRAGLIA, M.; CARMIGNANI, G.; ZAMMORI, F. A new value stream mapping approach for complex production systems. **International Journal of Production Research**, v. 44, n. 18/19, p. 3929-3952, 2006.

CAMPOS, L. M. de S. Um estudo para definição e identificação dos custos. **Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina**, Florianópolis, 1996.

DUGGAN, K. J. Creating mixed model value streams: practical lean techniques for building to demand, **Productivity Press**, 2012.

GHINATO, P. Lições Práticas para a Implementação da Produção Enxuta. **Editores da Universidade de Caxias do Sul (EDUCS)**, Caxias do Sul, 2002.

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. **São Paulo: Atlas**, 1991.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. **São Paulo: Atlas**, 2002.

JAUHARI, W. A.; SAGA, R. S. A stochastic periodic review inventory model for vendor–buyer system with setup cost reduction and service–level constraint. **Production & Manufacturing Research**, v. 5, n. 1, p. 371-389, 2017.

LUGERT, A.; BATZ, A.; WINKLER, H. Empirical assessment of the future adequacy of value stream mapping in manufacturing industries. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 29, n. 5, p. 886-906, 2018.

- MATT, D. T. Adaptation of the value stream mapping approach to the design of lean engineer-to-order production systems. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 25, n. 3, p. 334-350, 2014.
- MCMANUS, H.; MILLARD, R. Value stream analysis and mapping for product development, **MIT and International Council for aeronautical Sciences**, 2002.
- MIGUEL, P. A. C. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. 2.ed. **Rio de Janeiro: Elsevier**, 2012.
- OHNO, T. Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. **Porto Alegre: Editora Bookman**, 1997.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a enxergar. 1.ed. **Lean Institute Brasil**, São Paulo, 1999.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. **Lean Institute Brasil**, São Paulo, 2003.
- SALGADO, E. G.; MELLO, C. H. P.; SILVA, C. E. S.; OLIVEIRA, E. da S.; ALMEIDA, D. A. Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. **Gestão & Produção**, v. 16, n. 3, p. 344-356, 2009.
- SEYEDHOSSEINI, S. M.; EBRAHIMI-TALEGHANI, A. A stochastic analysis approach on the cost-time profile for selecting the best future state map. **The South African Journal of Industrial Engineering**, v. 26, n. 1, p. 267-291, 2015.
- SIGARI, S.; CLARK, R. Applying lean thinking to improve the production process of a traditional medium-size British manufacturing company. **International Journal of Information and Operations Management Education**, v. 5, p. 154-169, 2013.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4.ed. **UFSC: Florianópolis**, 2005.
- SOLDING, P.; GULLANDER, P. Concepts for simulation based value stream mapping. **Winter Simulation Conference**. p. 2231-2237, 2009.
- STANDRIDGE, C., MARVEL, J. Why Lean Needs Simulation, **Winter Simulation Conference**, p. 1907-1913, 2006.
- SWALLMEH, E.; TOBAIL, A; ABO-HAMAD, W.; GRAY, J.; ARISHA, A. Integrating simulation modelling and value stream mapping for leaner capacity planning of an emergency department, **Sixth International Conference on Advances in System Simulation**, 2014.
- VILLARREAL, B.; GARZA-REYES, J. A.; KUMAR, V. A lean thinking and simulation-based approach for the improvement of routing operations. **Industrial Management & Data Systems**, v. 116, n. 5, p. 903-925, 2016.
- WESTON, R. H.; AGYAPONG-KODUA, K.; AJAEFOBI, J. Modelling dynamic value streams in support of process design and evaluation. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, Taylor & Francis, v. 22, n. 05, p. 411-427, 2009.

WOMACK, J.; JONES, D. T. Lean thinking: banish waste and create wealth for your corporation. **Simon and Schuster**, New York, 1996.

ZAMMORI, F. A.; BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M. Stochastic overall equipment effectiveness. **International Journal of Production Research**, Taylor & Francis, p.1, 2011.

2. FONTES DE INCERTEZA E MÉTODOS ESTOCÁSTICOS EM ANÁLISES DE FLUXO DO VALOR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Uma versão em inglês deste artigo foi publicada no Journal Production Planning and Control e uma versão em português preliminar foi apresentada no XV CNEG - Congresso Nacional de Excelência em Gestão & VI INOVARSE - Responsabilidade Social Aplicada & IX Congresso de Sistemas Lean

Resumo: A condução de análises de fluxo de valor mostra-se uma abordagem muito útil na identificação de desperdícios, contribuindo com a melhoria sistêmica dos processos sob análise. Todavia, as análises de fluxo de valor tradicionais pecam por não levarem em conta as variabilidades inerentes aos fluxos. Desse modo, a consideração das características de incerteza presentes nos fluxos analisados torna-se uma questão primordial, que pode ser abordada através da adoção de métodos estocásticos para o tratamento das fontes de incerteza presentes nas análises. Assim, este trabalho tem por objetivo realizar uma revisão sistemática de literatura a fim de identificar lacunas e oportunidades de pesquisa referentes aos métodos estocásticos adotados no tratamento de fontes de incerteza presentes nos fluxos de valor. Desta maneira, esta revisão de literatura busca identificar as principais fontes de incerteza identificadas nas análises de fluxo de valor, bem como identificar os principais métodos estocásticos utilizados no tratamento de tais fontes. A análise da literatura indica que os métodos estocásticos identificados não abordam de forma integrada as principais fontes de incerteza presentes nos fluxos de valor. Além disso, percebe-se que não há uma preocupação por parte dos autores em considerar o efeito que uma fonte de incerteza acarreta nas outras. Do mesmo modo, ressalta-se a ausência de trabalhos que busquem realizar um ranqueamento das fontes de incerteza mais críticas às análises de fluxo de valor.

Palavras-chave: Análise de Fluxo do Valor; Fontes de Incerteza; Métodos Estocásticos.

2.1. INTRODUÇÃO

A Manufatura Enxuta (ME) provê uma abordagem estratégica e operacional para aumentar o nível de agregação de valor de acordo com a percepção dos clientes envolvidos, reduzindo assim os desperdícios inerentes aos processos (WOMACK; JONES, 1996; HINES *et al.*, 2004). No que tange a utilização de práticas para análise dos fluxos de valor de uma empresa, percebe-se que favorecem a interpretação do processo por parte dos gestores, auxiliando na busca pela entrega de valor ao cliente (SEYEDHOSSEINI *et al.*, 2015). Tal análise de fluxo procura reduzir desperdícios, permitindo um fluxo mais eficiente no sentido de garantir uma resposta rápida às necessidades dos clientes através do sistema de produção (McMANUS *et al.*, 2002). Ainda nesse contexto, Duggan (2012) afirma que o mapeamento de fluxo de valor é um método estruturado que permite analisar o fluxo de valor e garantir que as ações de melhoria a serem adotadas sejam aplicadas nos pontos onde há maiores benefícios e oportunidades para a organização como um todo.

Muito embora os mapeamentos de fluxo de valor sejam úteis na identificação de desperdícios, estes acabam não levando em conta o aspecto dinâmico dos sistemas produtivos. Desse modo, conforme Solding *et al.* (2009), podem ser elencadas algumas desvantagens do

uso das práticas de mapeamento de fluxo de valor tradicionais; são elas: (i) analisa-se apenas o fluxo de um produto ou uma família de produtos; (ii) tem-se somente uma fotografia do chão de fábrica em um momento específico; (iii) o mapeamento, sob a forma determinística, representa uma simplificação grosseira da situação real; e (iv) é difícil realizar experimentações com as melhorias propostas através do mapa do estado futuro. Em consonância, Standridge e Marvel (2006) evidenciam que ao longo do fluxo de valor existem várias fontes de incertezas tais como inventário, tempos de setup e de processamento, entre outros, os quais inserem variabilidades nos processos produtivos contribuindo para falhas de gestão.

Nesse sentido, alguns trabalhos já foram desenvolvidos com intuito de verificar o efeito da variabilidade na análise do fluxo de valor, tais como Braglia *et al.* (2006), Abdulmalek e Rajgopal (2007), Weston *et al.* (2009), Swalmeh *et al.* (2014) e Seyedhosseini *et al.* (2015). Contudo, ainda há a escassez de trabalhos que abordem de um modo mais amplo as variabilidades relacionadas às fontes de incerteza de um fluxo de valor, independentemente do contexto no qual esteja inserido. Assim, tendo em vista o exposto, pode-se levantar a seguinte questão de pesquisa: “quais as principais fontes de incerteza de um fluxo de valor e os principais métodos estocásticos para sua análise?”. Para responder esta questão, este artigo realiza uma revisão sistemática de literatura abrangendo as principais fontes de incerteza e os métodos estocásticos aplicáveis na análise de fluxo de valor. Revisões sistemáticas de literatura são um método eficiente para se reforçar o problema de pesquisa proposto e justificar o diferencial da proposta a partir da reorganização do conhecimento existente na literatura e da identificação de lacunas sobre o tema (PARÉ *et al.*, 2015).

Desse modo, esta pesquisa tem característica exploratória uma vez que apresenta como objetivo a geração de conhecimento de acordo com as delimitações adotadas nas buscas nas bases de dados para, então, evidenciar oportunidades e direcionamentos de pesquisa. Este artigo está organizado da forma descrita a seguir. A seção 2.2 provê uma breve descrição das principais fontes de incerteza no âmbito da análise de fluxo de valor. Na seção 2.3 apresenta-se o método de pesquisa proposto, a construção do Portfólio Bibliográfico (PB) do tema sob investigação, a análise bibliométrica e lentes teóricas a serem avaliadas. Para a construção de tal portfólio foram definidos eixos de pesquisa de interesse, os quais auxiliam ao pesquisador na seleção de artigos cientificamente relevantes para seu tema de interesse. A seção 2.4 apresenta direcionamentos de pesquisa enquanto que a seção 2.5 finaliza o artigo apresentando a conclusão.

2.2. FONTES DE INCERTEZA

No que concerne às incertezas presentes ao longo do fluxo de valor, constata-se que estas possuem naturezas bastante diversificadas e exigem um elevado nível de integração entre os processos presentes no fluxo (WU *et al.*, 2006; WONG *et al.*, 2011). Desse modo, Simangunson *et al.* (2011) propõem a classificação de tais incertezas em três grupos: (i) incertezas internas à organização; (ii) incertezas na cadeia de suprimentos; e (iii) incertezas externas à organização. O primeiro grupo diz respeito às incertezas referentes ao processo produtivo em si, além de questões relacionadas às características comportamentais de cada organização. Operações de manutenção, setup e ajuste de equipamentos, por exemplo, são compreendidos nesse grupo de incertezas, bem como demandas decorrentes do ambiente de trabalho imposto aos funcionários. Aumento no absenteísmo, redução de produtividade de operadores decorrente de condições desfavoráveis para execução de tarefas são exemplos de consequências de tais incertezas.

Incertezas ligadas à cadeia de suprimentos dizem respeito a tempos de entrega de insumos, qualidade dos fornecedores e a demanda exigida pelos consumidores. A demanda dos consumidores finais pode variar de acordo com fatores sazonais e mudanças em sua preferência. De acordo com Wong *et al.* (2011), aspectos relacionados à incerteza da qualidade ofertada pelo fornecedor estão diretamente relacionadas com o nível de integração. Quanto maior for a integração, colaboração e troca de informações, menor o nível de incerteza no que se refere aos fornecedores (SIMANGUNSON *et al.*, 2011). Já Van der Vorst e Beulens (2002) listam algumas estratégias que podem ser usadas em cadeias de suprimentos, tais como a realocação de instalações, o que estabelece uma infraestrutura de troca de informações entre os agentes e, conseqüentemente, aumenta a integração entre as partes. Além disso, Graves e Tomlin (2003) indicam que as empresas com processos flexíveis podem responder às variações de demanda mais eficientemente.

Finalmente, o terceiro grupo lista as incertezas que estão além do controle da cadeia de suprimentos, tais como regulamentação econômica, políticas governamentais, questões macroeconômicas e desastres. Miller (1992) salienta que alguns aspectos macroeconômicos podem afetar diretamente o desempenho operacional da empresa, tais como variações de taxas de câmbio e taxa de juros. Por sua vez, Rao e Goldsby (2009) afirmam que as compras de fornecedores no exterior (importações), devem levar em conta o contexto sócio-político do país de origem para evitar problemas de abastecimento posteriores. Também é importante destacar os aspectos culturais que afetam o comportamento dos agentes da cadeia de suprimentos (VAN DER VORST; BEULENS, 2002). Algumas estratégias para lidar com estas incertezas são apresentadas por Simangunson *et al.* (2011), tais como seguros de compra, gestão de riscos financeiros, e a colaboração entre empresas do mesmo setor da indústria.

2.3. MÉTODO DE PESQUISA

A proposição do método de pesquisa a ser adotado na confecção deste artigo seguirá as seguintes etapas: (i) definição do PB e consolidação dos eixos de pesquisa; (ii) análise bibliométrica; e (iii) análise e discussão das lentes teóricas. Tais etapas são detalhadas nas subseções seguintes.

2.3.1 Definição do PB e consolidação dos eixos de pesquisa

Cardoso *et al.* (2015) salientam que a construção do PB consiste em três principais atividades: (i) seleção do banco de artigos bruto; (ii) teste de representatividade dos artigos do PB; e (iii) filtragem do banco de artigos. Tendo em vista que o objeto de pesquisa deste trabalho diz respeito à identificação das principais fontes de incerteza no fluxo de valor, a seleção do PB buscou trabalhos que se enquadrassem dentro do contexto analisado, para que dessa forma fosse possível entender as principais constatações evidenciadas pelos autores considerados. Nesse sentido, definiram-se as seguintes bases de dados utilizadas para a prospecção de artigos: *Web of Science*, *Science Direct*, *Emerald Journals*, *Scopus* e EBSCO. A escolha de tais bases baseou-se em trabalhos relevantes sobre o tema abordado dentre os quais cabe ressaltar Pereira e Tortorella (2018). A busca foi realizada no período de Maio a Julho do ano de 2018.

Primeiramente, foram definidos três eixos de pesquisa: análise de fluxo de valor, incertezas presentes no fluxo de valor e métodos estocásticos aplicados em tal análise. Deste modo, palavras-chave foram combinadas para recuperar as publicações nos títulos, resumos e/ou palavras-chave. A validação das palavras-chave usadas na pesquisa inicial desta atividade foi realizada através da utilização do “teste de aderência das palavras-chave”. Tal teste pôde ser executado mediante a seleção, de forma aleatória, de cinco artigos dentre os 2.276 identificados na pesquisa inicial com suas palavras-chave sendo comparadas com aquelas usadas na definição dos eixos de pesquisa (ENSSLIN *et al.*, 2013). Nesse sentido, com a comparação, permitiu-se observar que as palavras-chave utilizadas nas buscas faziam parte do conjunto de palavras-chave dos artigos, denotando um alinhamento com o tema da pesquisa, não havendo necessidade de incorporar palavras-chave adicionais e finalizando a composição do PB bruto (ver Tabela 1).

No desenvolvimento do processo de filtragem, analisaram-se as publicações quanto aos seguintes critérios: (i) artigos duplicados; (ii) títulos dos artigos alinhados ao tema de pesquisa; (iii) resumos alinhados ao tema de pesquisa; e (iv) texto integral dos artigos alinhados com o tema de pesquisa. Salienta-se que não houve uma delimitação relacionada ao ano de publicação de tais artigos. A utilização do software EndNote X7® permitiu realizar a filtragem de modo a

selecionar e organizar os artigos considerados de maneira eficiente. Ao final do processo chegou-se a um total de 53 artigos, os quais compõem o PB final (ver Apêndice).

Tabela 1 - Levantamento do Portfólio Bibliográfico

Base de dados	Palavras-chave				Resultado inicial	Critérios de análises das publicações				
						(i)	(ii)	(iii)	(iv)	
<i>Web of Science</i>	"value stream analysis" OU "value stream mapping"	E	"uncertainty"	E	"stochastic approach" OU "stochastic method" OU "stochastic perspective" OU "stochastic"	823	2.185	119	105	53
<i>Science Direct</i>						40				
<i>Emerald</i>						783				
<i>Scopus</i>						118				
<i>EBSCO</i>						512				
Total										

2.3.2 Análise bibliométrica

A análise bibliométrica é uma técnica que torna possível estabelecer previsões e tendências da produção científica em diferentes campos de pesquisa (TRANFIELD *et al.*, 2003; MACHADO, 2007). Além disso, contribui para a análise dos artigos mais relevantes no âmbito do tema pesquisado (CROSSAN; APAYDIN, 2010; LAZZAROTTI *et al.*, 2011). Com o intuito de realizar uma análise quantitativa das produções científicas presentes no PB, a utilização de tal técnica buscou analisar as publicações de forma a mensurar a geração de conhecimento pelos autores em periódicos de destaque no tema investigado. Tal análise foi dividida em três etapas. Primeiramente, buscou-se analisar os periódicos e os autores mais proeminentes do PB, dando atenção ao ano em que os artigos foram publicados. Em seguida, passou-se a analisar as questões relacionadas a metodologia de pesquisa empregada pelos artigos que compõem o PB. Dessa maneira, tais análises contribuem para a identificação de lacunas de conhecimento associadas do tema de pesquisa. Por fim, faz-se a análise das variáveis avançadas contidas no PB; são elas: (i) fontes de incerteza identificadas nas análises de fluxo de valor e (ii) métodos estocásticos aplicados nas análises de fluxo de valor.

2.3.2.1 Variáveis básicas

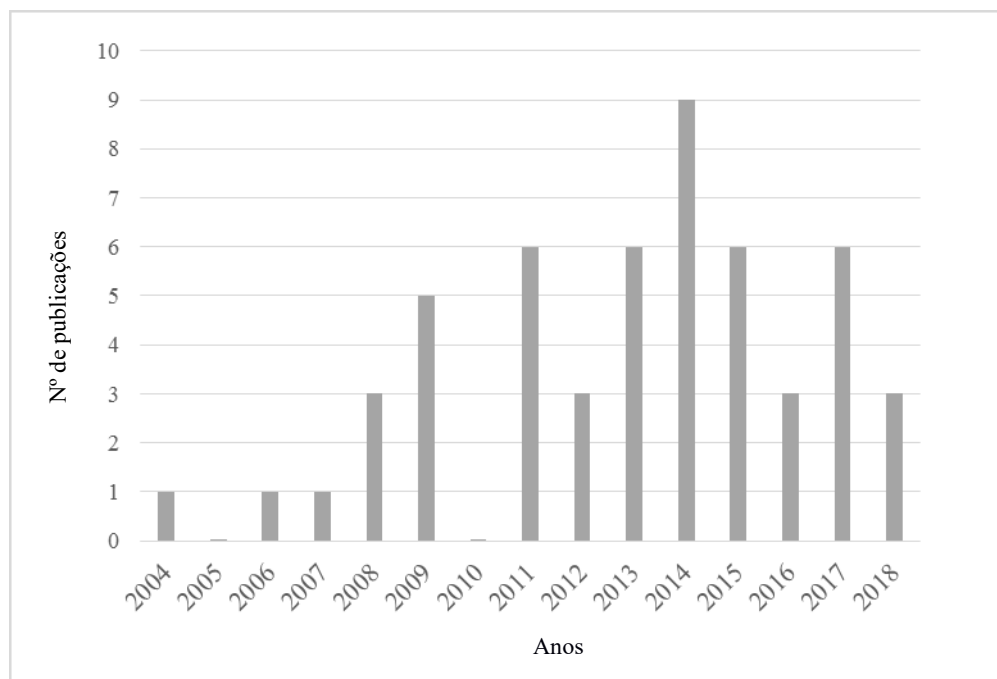
Com base nos 53 artigos que compõem o PB, foram identificados 174 autores, e destes apenas 2 autores apresentam pelo menos 3 artigos que fazem parte do PB. A Tabela 2 mostra os autores que apresentaram maior afeição com o tema em questão, tanto como no papel de

autor principal quanto de coautor dos artigos. Cabe ressaltar que os dois autores com maior número de publicações dentro do PB são *Marcello Braglia* e *Francesco Zammori*. Quanto aos periódicos, a Tabela 2 mostra a distribuição de publicações por periódicos contidos no PB, destacando-se o *International Journal of Production Research*, com 4 publicações. Após a análise dos periódicos verificou-se o ano de publicação dos artigos que compõem o PB, conforme Figura 1. Tais dados demonstram que ao longo do tempo houve um aumento do interesse pelo tema, uma vez que o número de publicações tem se tornado expressivo ao longo dos últimos anos. Pode-se observar que no ano de 2014 ocorreu o maior número de publicações sobre o assunto, demonstrando um maior interesse acadêmico pelo entendimento das incertezas e aspectos estocásticos relacionados à análise de fluxo de valor. Nos anos de 2005 e 2010 não foram encontradas publicações nas bases de dados consultadas. Por fim, cabe destacar que as publicações do PB são majoritariamente de origem Europeia, havendo ainda alguns artigos provenientes de países Asiáticos. Assim, salienta-se a inexistência de pesquisas consistentes direcionadas à realidade de países da América do Sul, tal como o Brasil.

Tabela 2 – Número de publicações dos autores e número de publicações por *Journal*

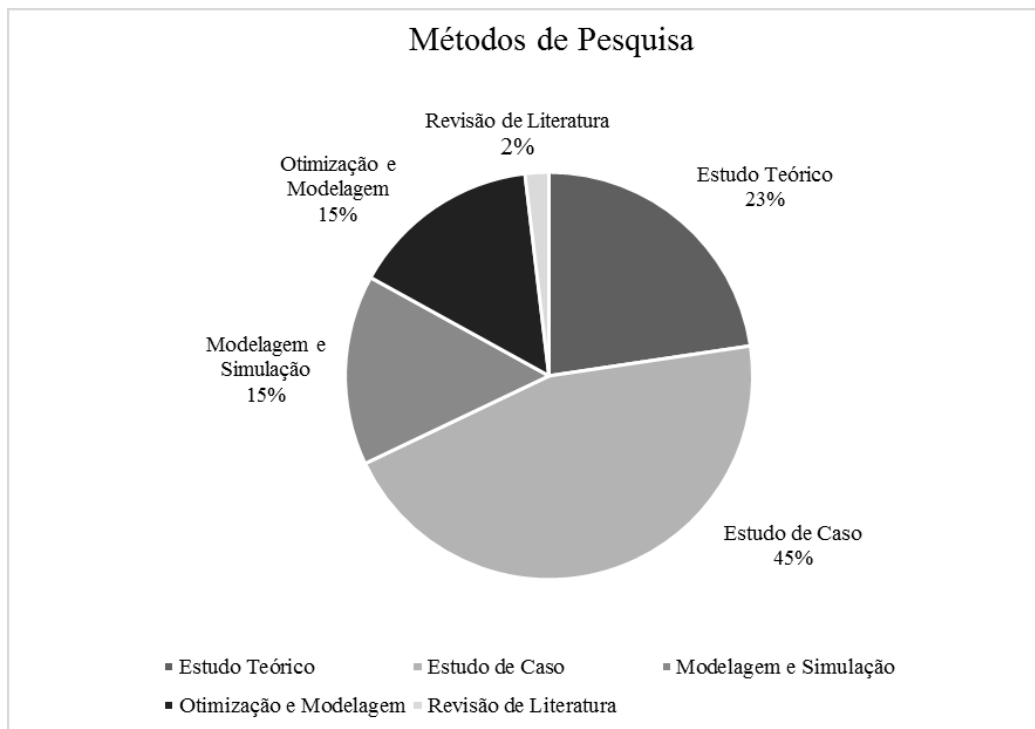
Autores	Total de publicações
BRAGLIA, M./ ZAMMORI, F./	3
FROSOLINI, M./ BADRI, H./GHOMI, S. F./HEJAZI, T. H/ SEYEDHOSSEINI, S. M./EBRAHIMI-TALEGHANI/WANG, T. K./YANG, T./CHAN, F. T. S/	2
Outros 163 autores	1
<i>Journals</i>	Total de publicações
<i>International Journal of Production Research</i>	4
<i>Business Process Management Journal/Industrial Management & Data Systems/The International Journal of Advanced Manufacturing Technology/Journal of Manufacturing Technology Management</i>	3
<i>European Journal of Operational Research/International Journal of Computer Integrated Manufacturing/International Journal of Lean Six Sigma/International Journal of Production Economics/Mathematical Problems in Engineering/Omega</i>	2
Outros 27	1

Figura 1 - Evolução ao longo do tempo das publicações do PB



Partindo para a segunda etapa da análise bibliométrica, pôde-se observar os métodos de pesquisa adotados pelos artigos que compõem o PB. A Figura 2 mostra que existe predominância do uso dos estudos de caso na análise de cenários específicos tratados pelas pesquisas. Tais estudos de caso são aplicados em diferentes áreas de atuação, desde indústrias até ambientes hospitalares. Além disso, cabe ressaltar a parcela significativa de trabalhos que tratam do tema através de estudos teóricos - quase um quarto dos artigos - para reforçar conceitos dentro de uma perspectiva de busca de evidências teóricas sobre o comportamento das análises de fluxo de valor. Esses estudos teóricos são desenvolvidos por uma parcela considerável das publicações consideradas. No total 12 deles adotam esse tipo de metodologia para destacar pontos relevantes relacionados à análise de fluxo de valor, promovendo a discussão de novos tipos de abordagem e auxiliando na validação de conceitos teóricos. Vale observar também que a utilização de métodos de modelagem e simulação, bem como de otimização e modelagem têm participação importante na composição do PB. De modo geral, esses trabalhos adotam pacotes de simulação ou utilizam técnicas de pesquisa operacional aplicada no tratamento de fontes de incerteza dentro de cadeias produtivas. Salienta-se que apenas um dos artigos utiliza o método de revisão de literatura para a identificação de lacunas de pesquisa concernentes à aplicação de análises de fluxo de valor. A seção a seguir apresenta a análise de conteúdo dos artigos que compõem o PB com foco na identificação de fontes de incerteza presentes em análises de fluxo de valor e também dos métodos estocásticos aplicados em tais análises.

Figura 2 – Métodos de pesquisa adotados pelas publicações do PB



2.3.2.2 Variáveis avançadas

Para a variável ‘fontes de incerteza identificadas nas análises de fluxo de valor’, a análise do conteúdo dos artigos (ver Tabela 3) ressalta f_1 (demanda) como a principal origem de variabilidade em um sistema produtivo, sendo que mais de 70 % dos artigos do PB a citam explicitamente. Além disso, f_1 pode ser associada a situações de sazonalidade (YOU; GROSSMANN, 2008), e ter sua análise dificultada pela ausência de dados históricos, acarretando em potenciais erros de previsão (JAUHARI *et al.*, 2017). Tal dificuldade é ainda mais evidente ao tentar-se prever a demanda por produtos novos, cujos perfis de demanda são desconhecidos.

Em termos operacionais, a variabilidade da demanda geralmente incorre em excessos de estoque, os quais aumentam os custos, ou em perdas de entrega, prejudicando o nível de serviço e receita do negócio (AIT-ALLA *et al.*, 2014; LUGERT *et al.*, 2018;). Nesse sentido, incertezas decorrentes da variação de demanda acabam prejudicando a programação dos processos produtivos, incorrendo na propagação de incertezas ao longo do fluxo de valor e dificultando o devido sequenciamento de ordens de produção (SEYEDHOSSEINI *et al.*, 2015). Portanto, é crucial que sejam minimizados os riscos provenientes das incertezas nas previsões de demanda, evitando incoerências nos planos de produção.

Com relação às fontes de incerteza identificadas em menor número de trabalhos tem-se: f_{10} (manutenção de máquina), f_{11} (desastres naturais), f_{12} (infraestrutura) e f_{13} (políticas governamentais). Para f_{10} , sabe-se que atividades produtivas necessitam de manutenção

periódica de suas máquinas e equipamentos, sob pena de reduzir o desempenho do processo como um todo, acarretando em esperas desnecessárias ao longo do fluxo (AZIZ *et al.*, 2017). Desastres naturais prejudicam o pleno funcionamento de atividades industriais, uma vez que provocam danos materiais que podem acabar interrompendo o fluxo de recursos até as instalações fabris (DELERIS *et al.*, 2004). Da mesma forma, problemas com a infraestrutura organizacional (f_{12}) podem reduzir a confiabilidade de processos produtivos, prejudicando o perfeito atendimento das necessidades dos consumidores (INDERFURTH *et al.*, 2015). Além disso, no que diz respeito às políticas governamentais (f_{13}), às quais uma organização está sujeita, cabe ressaltar que estas podem afetar o desempenho das cadeias produtivas através da imposição de regulações restritivas (DELERIS *et al.*, 2004). Tais fontes de incerteza impactam indiretamente na entrega de valor ao consumidor. Entretanto, não podem ser negligenciadas, uma vez que geram riscos de interrupção temporária ou permanente das atividades produtivas de uma organização.

No que se refere a variável avançada denominada de ‘métodos estocásticos aplicados nas análises de fluxo de valor’, a Tabela 4 mostra a consolidação dos principais métodos propostos pelos autores que compõem o PB. Dentre os treze métodos encontrados, destacam-se m_1 (simulação estocástica) seguido de m_2 (abordagem *fuzzy*), os quais apresentam uma frequência maior de ocorrência.

No que diz respeito à m_1 , a principal vantagem de sua aplicação está na redução do risco de erro ao prever comportamentos estocásticos em parâmetros industriais, tal como o *lead time* de fornecimento, bem como o aumento na confiabilidade de previsão de níveis de inventário ao longo do fluxo produtivo (KIM *et al.*, 2014). Além disso, m_1 proporciona uma apurada abordagem no tratamento de variáveis que apresentem distribuições de probabilidade diversas (SHARARAH *et al.*, 2011). Ferramentas da manufatura enxuta, tal como o mapeamento de fluxo de valor, são suficientes para analisar processos simples e lineares com padrões de demanda consistentes (XIA; SUN, 2013). Entretanto, tais abordagens determinísticas são incapazes de analisar processos que incorporam perfis de demanda dinâmicos, e que combinam a complexidade do produto ou o uso compartilhado de recursos (GURUMURTHY; KODALI, 2011). Em tais cenários, dependências do aspecto temporal são importantes, de modo que um modelo de simulação pode descrever e visualizar com precisão a dinâmica do processo, seu desempenho e os recursos necessários (WANG *et al.*, 2014). Dessa forma, tal enfoque fornece fatos concretos para a tomada de decisões em ambientes nos quais a falta de capacidade para prever analiticamente os efeitos no desempenho futuro de um sistema, gera a necessidade de experimentá-lo e avaliá-lo, levando em conta aspectos probabilísticos (AZIZ *et al.*, 2017).

A utilização de m_2 (abordagem *fuzzy* - teoria difusa) é usualmente aplicada para o tratamento de variabilidades inerentes aos processos produtivos na confecção de mapas de estados futuros. Braglia *et al.* (2009), por exemplo, abordam a utilização desse método para inserir a variabilidade em mapas de fluxo de valor. Os autores adotam tal análise para avaliar os intervalos de tempo que um item gasta em cada etapa de um processo produtivo sob uma perspectiva probabilística. A principal vantagem da adoção da abordagem *fuzzy* diz respeito à possibilidade de propagar o efeito de incertezas ao longo do modelo considerado, permitindo que parâmetros que apresentem certo grau de imprecisão sejam representados por uma função de probabilidade (ABDO; FLAUS, 2016).

Alguns métodos adotados com menor frequência pelos autores e que podem ser destacados são os seguintes: m_9 (dinâmica de sistemas), m_{10} (modelo de planejamento estocástico multi-período) e m_{11} (programação não linear inteira mista multi-período). De maneira sucinta, tais métodos proporcionam uma forma adequada para tratar incertezas inerentes aos processos produtivos, permitindo que sejam explicitamente consideradas nos modelos construídos (YOU; GROSSMANN, 2008). Além disso, tais modelos são capazes de captar a natureza estocástica das operações, colaborando com a avaliação do impacto da inserção de tais incertezas aos fluxos analisados (DEIF, 2012).

2.3.3 Lentes teóricas

Na análise e discussão das lentes teóricas, faz-se a análise da literatura do PB sob diferentes perspectivas. Busca-se evidenciar oportunidades de desenvolvimento do conhecimento a partir do contexto de pesquisa analisado (CHAVES *et al.*, 2013). Diante disso, salienta-se que a avaliação crítica a partir das lentes selecionadas contribui para a identificação de lacunas de pesquisa que podem ser melhor investigadas em outros trabalhos sobre o tema (VALMORBIDA *et al.*, 2014). A análise pelas lentes teóricas permite um melhor entendimento da teoria vigente, trazendo à tona aspectos ainda não explicitamente evidenciados na literatura (HARMANCIOGLU *et al.*, 2009). Nesse sentido, duas lentes teóricas foram escolhidas para a análise do PB: (i) níveis de fluxos de valor e (ii) tipos de fluxo de valor.

Níveis de fluxos de valor

A análise de fluxos de valor pode ser desempenhada a partir de três perspectivas de mapeamento: (i) mega, (ii) macro e (iii) micro. No nível mega, envolvem-se processos e atividades que vão além das fronteiras da organização, expandindo a análise para os agentes da cadeia de suprimentos em questão. O mapeamento de fluxo de valor neste nível é também conhecido como *Extended Value Stream Mapping* ou Mapeamento de Fluxo de Valor Estendido (WOMACK; JONES, 2002; DUGGAN, 2012). Quando a análise do fluxo de valor concentra-se dentro dos limites da empresa (fluxo porta-a-porta), diz-se ser esta uma análise de nível macro. Análises no nível macro permitem o entendimento dos principais fluxos de materiais e informações que ocorrem entre os departamentos e unidades produtivas de uma empresa, sendo que uma das ferramentas de apoio mais utilizadas para tal é o Mapeamento de Fluxo de Valor (ROTHER; SHOOK, 1998; SINGH; SHARMA, 2009). Por fim, análises do fluxo de valor no nível micro geralmente compreendem processos e atividades específicas de um setor ou área produtiva, possibilitando a compreensão de detalhes tais como tempos de ciclo, sequenciamento de atividades, etc. Dentre as ferramentas mais utilizadas para tal mapeamento, tem-se análise de balanceamento de linha e método de tempos pré-determinados (MTM – *Methods-Time Measurement*) (WANG *et al.*, 2014). Assim, a Tabela 5 mostra que apenas 9 artigos do PB enfocam suas análises em um nível mega, 20 trabalhos são relacionados ao nível macro e 4 estão voltados ao nível micro.

Para o nível mega, 2 dos 9 trabalhos empregam em suas análises a programação estocástica em dois estágios, o que mostra uma ligeira propensão à utilização deste método para análises mais complexas dos fluxos de valor, tal como as cadeias de suprimentos (BEHROUZI; WONG, 2013). De um modo geral, cabe ser destacado que a análise de fluxo de valor neste nível carece de dados e informações que são geralmente mais difíceis de serem coletadas, uma vez que

envolvem diversos agentes (empresas) do fluxo analisado. Assim, uma análise do fluxo de valor nesse nível implica no conhecimento de variáveis sujeitas a comportamentos não determinísticos tais como: tempos de transporte, demanda solicitada pelos consumidores finais, tempos de espera para embarque e despacho de mercadorias, etc.

Reforçando o exposto, está o trabalho conduzido por Badri *et al.* (2017) que engloba a programação estocástica em dois estágios em uma cadeia de suprimentos *multi-commodities* envolvendo três níveis da cadeia. Tal abordagem conferiu maiores desafios aos pesquisadores, uma vez que a complexidade de uma cadeia de suprimentos globalizada acarreta em maior tratamento dos efeitos propagados entre as principais fontes de incerteza consideradas. Analogamente, Lugert *et al.* (2018) salientam que a globalização da cadeia de suprimentos, mudanças demográficas na sociedade, a volatilidade dos mercados, juntamente com as demandas flutuantes de clientes e a constante customização dos produtos sugerem a utilização de tal método no tratamento de variáveis com comportamento estocástico neste nível de fluxo. Dessa forma, a adoção da programação estocástica em dois estágios apresenta bastante utilidade quando a distribuição de probabilidade das fontes de incertezas é bem conhecida ou pode ser razoavelmente estimada (SAHLING; KAYSER, 2016).

No que tange a perspectiva macro, percebe-se que 20 artigos contemplam tal nível. Além disso, nota-se que 9 desses trabalhos fazem uso da simulação estocástica para, por exemplo, balancear capacidades de processamento de acordo com a demanda imposta pelos clientes (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007), bem como prover reduções significativas de inventário (GURUMURTHY; KODALI, 2011). Tal método se mostra útil na análise das variabilidades das taxas de produção e dimensionamento de cargas de trabalho (WANG *et al.*, 2014). Isso se deve ao fato de ser possível testar diferentes cenários, nos quais pode-se variar parâmetros, como: tempos de setup, tempos de processamento e demanda solicitada (VILLARREAL *et al.*, 2016; AZIZ *et al.*, 2017). De modo geral, percebe-se que os artigos para esse nível são desenvolvidos majoritariamente em contextos manufatureiros, nos quais o efeito da incerteza produz impactos negativos ao desempenho das atividades de fabricação (BRAGLIA *et al.*, 2009). Evidentemente, maior enfoque é oferecido nesse ambiente, uma vez que é onde a maioria dos métodos estocásticos foram originalmente concebidos (TAJ, 2008).

No que diz respeito às análises conduzidas através da perspectiva micro, tem-se somente 4 artigos no PB que tratam desse nível. Neste nível de análise englobam-se estudos referentes à redução de incertezas dentro de células ou linhas de produção (DEIF, 2012) ou setores e departamentos específicos (XIE; PENG, 2012), no caso de empresas de manufatura ou serviços, respectivamente. O método estocástico utilizado com maior frequência é a simulação estocástica, pois permite a realização de experimentos sem alterar a estrutura do sistema em

análise e a verificação de como a variabilidade das fontes de incerteza afeta seu desempenho (WANG *et al.*, 2015).

No que se refere aos métodos estocásticos adotados em cada artigo para o tratamento de incertezas presentes nos fluxos, percebe-se pela análise da literatura que ao se aumentar o nível de abrangência do mapeamento tem-se maiores dificuldades para realizar a modelagem dos fluxos de maneira estocástica. Isso porque na maioria dos casos torna-se bastante difícil lidar com a associação de variáveis representadas por distribuições de probabilidade, o que acaba resultando em um aumento da complexidade matemática e computacional (SEYEDHOSSEINI; EBRAHIMI-TALEGHANI, 2015). Desse modo, o desenvolvimento e aplicação de métodos de análise estocástica mais robustos é mais propenso a ocorrer em fluxos de valor de nível mega e macro. Contudo, a variabilidade implícita a fluxos de valor no nível micro não pode ser negligenciada, fazendo com que haja a necessidade de métodos de análise estocástica de mais simples aplicação. Tal fato corrobora com as indicações de Deif (2012), as quais enfatizam a importância da adequada avaliação do fluxo de valor neste nível para suportar decisões mais assertivas para o negócio.

Tipos de fluxo de valor

A consolidação apresentada na Tabela 5 destaca os principais tipos de fluxo analisados pelos artigos que compõem o PB; são eles: (i) fluxos de informações, (ii) fluxo de materiais (ROTHER; SHOOK, 1998), (iii) fluxo de processos, (iv) fluxo de pacientes e (v) fluxo de equipamentos. Fluxos de informações dizem respeito ao caminho que documentos, dados, e-mails, entre outros, precisam fazer para que os processos dentro de uma organização possam ser desenvolvidos (VAMSI; SHARMA, 2014). Da mesma forma, os fluxos de materiais estão relacionados ao trajeto que um insumo percorre desde o momento em que é recebido pelo solicitante até o momento em que o produto final, constituído por tal insumo, é entregue ao consumidor final (SINGH; SHARMA, 2009). O fluxo de processos representa sequências e atividades que compõem um processo sob análise (BRAGLIA *et al.*, 2009). Já o fluxo de pacientes diz respeito ao caminho percorrido por pacientes no contexto dos ambientes de saúde (XIE; PENG, 2012). Por fim, o fluxo de equipamentos relaciona-se com o circuito que um equipamento precisa seguir em determinada condição de operação (AZIZ *et al.*, 2017).

Cabe ser ressaltado que a maioria dos trabalhos analisados estão relacionados ao contexto manufatureiro e, além disso, percebe-se que muitas vezes não há uma especificação do tipo de fluxo estudado. O método estocástico predominantemente aplicado para a análise dos tipos de fluxo identificados é o da simulação estocástica. Tal preferência se dá, principalmente, pela facilidade de modelar os fluxos analisados, na maioria dos casos, através de softwares com

pacotes de simulação já preparados para considerar a aleatoriedade de processos (WANG *et al.*, 2014). Além disso, métodos estocásticos mais robustos demandam avançados conhecimentos matemáticos e de programação computacional (BADRI *et al.*, 2016).

No que diz respeito às análises de fluxo de informação, cabe salientar que 30 trabalhos conduzem análises nesse tipo de fluxo. Possíveis atrasos na transferência de documentos, formulários, e-mails e dados em geral acarretam em potenciais retardamentos no prosseguimento de operações e processos (VAMSI; SHARMA, 2014). Isso mostra o alinhamento existente entre o fluxo de informações, que percorre os diversos departamentos dentro de uma organização, e o fluxo físico de materiais. A informação é uma peça central, dessa forma é necessário que seja propagada ao longo do fluxo de maneira veloz e apropriada. Tal necessidade é cada vez mais importante, tendo em vista o caráter dinâmico dos mercados consumidores (MOHANRAJ *et al.*, 2015). Isso é particularmente indispensável no caso de variações abruptas de demanda, causadas, por exemplo, pelo indesejado efeito chicote (*Bullwhip effect*). Tal efeito pode ser modelado a partir da programação não linear inteira mista multi-período, a qual permite levar em conta, além da característica de incerteza na demanda, a questão do risco associado ao suprimento de insumos (YOU; GROSSMANN, 2008).

No que tange o fluxo de materiais, apurou-se que um total de 23 artigos tratam este tipo de fluxo. Dentro das organizações, esperas por materiais acabam aumentando de forma considerável o nível de incerteza dentro da cadeia produtiva (BASU; DAN, 2014). Isso porque atrasam o processamento de pedidos e geram possíveis sobrecargas em estações de trabalho. Tais atrasos geram o desalinhamento da capacidade produtiva em relação ao *takt time* (ritmo de produção demandado pelo cliente) (SINGH; SHARMA, 2009). Intimamente ligado ao fluxo de informações, a variabilidade no fluxo de materiais é objeto de estudo da maioria dos artigos considerados na Tabela 5. De modo geral, a visualização de problemas decorrentes de ineficiências nesse fluxo fica mais evidente aos gestores, uma vez que o acúmulo de estoques de materiais ou a falta deles são perfeitamente verificáveis em ambientes produtivos. Além disso, a propagação da variabilidade entre fluxos de informações e materiais pode ser percebida, por exemplo, no momento da elaboração de planos mestres de produção sujeitos a aleatoriedade provinda de previsões de demanda (JONSSON; IVERT, 2015). Tais previsões, sendo oriundas do fluxo informações entre empresa e cliente, quando apresentam distorções acentuadas, proliferam dados imprecisos, culminando em prejuízos ao planejamento de compras de materiais.

Da mesma forma, inconsistências transacionais e de comunicação acarretam em prejuízos ao adequado fluxo de processos. De modo geral, a apropriada análise dos fluxos de processos permite que sejam observados problemas relacionados ao caminho seguido pela informação.

(BRAGLIA *et al.*, 2009; JAUHARI; SAGA, 2017). Tais problemas podem ser mitigados através da análise conjunta do fluxo de processos e de informações, uma vez que é uma boa prática representar nos fluxos de processos os pontos de geração de documentos, relatórios, entre outros (SHARARAH *et al.*, 2011). Do mesmo modo, a análise do fluxo de processos permite observar os pontos de tomada de decisão e o modo como se relacionam com os fluxos de materiais, permitindo a identificação de possíveis fontes de variabilidade. Outra questão a ser levantada diz respeito a própria concepção dos *layouts* organizacionais. No caso da necessidade de entrega física de ordens de produção, formulários ou especificações de manufatura, a distância percorrida pelo operador/funcionário responsável acarreta em variabilidades no tempo de transferência de documentações. Isso é particularmente percebido, por (MICHAEL *et al.*, 2013), no caso da entrega de requisições físicas entre departamentos. Além disso, preenchimentos equivocados podem acarretar em retrabalho e em fluxo reverso de documentos. Desse modo, percebe-se a necessidade de realizar a análise combinada dos fluxos de processos, informação, e de materiais para prover ganhos de produtividade através da redução de variabilidades nesses fluxos (XIA; SUN, 2013).

Uma outra classificação observada, diz respeito ao fluxo de pacientes em ambientes de saúde. Três artigos do PB foram desenvolvidos em tal contexto. Para Xie e Peng (2012) a utilização de simulação estocástica se mostra benéfica na busca pela redução dos tempos de espera dos pacientes o que é fundamental para aumentar a capacidade competitiva de organizações de saúde no mercado. Isso é reforçado por Wang *et al.* (2014) e Wang *et al.* (2015), os quais discutem em seus trabalhos os efeitos prejudiciais da elevada taxa de variação nos tempos de atendimento de pacientes, empregando, uma vez mais, a simulação estocástica para considerar comportamentos estocásticos na taxa de chegada de pacientes. A diminuição de tempos de espera através da consideração das características aleatórias nos tempos de ciclo de atendimento, depende também da análise conjunta do fluxo de informações no âmbito das organizações hospitalares. Isso porque muitas vezes os atrasos nos envios de prontuários e requisições entre os departamentos que compõem um hospital acarretam em maiores tempos de espera para a realização de procedimentos médicos (MICHAEL *et al.*, 2013). Mesmo sendo importante para o perfeito atendimento dos pacientes, a consideração das características estocásticas inerentes ao tempo de transferência de informações e seu efeito sob o fluxo de pacientes ainda é pouco explorada pela literatura até o momento.

Tendo em vista a existência de três trabalhos realizados em ambientes hospitalares (*e.g.* XIE; PENG, 2012; WANG *et al.*, 2014; WANG *et al.*, 2015), e apenas um ligado à prestação de serviços de construção/infraestrutura de estradas (*e.g.* AZIZ *et al.*, 2017) percebe-se que o tratamento do fluxo de pacientes, bem como do fluxo de equipamentos, através de uma

perspectiva estocástica é ainda pouco explorado pelos autores. Isso se deve ao fato dos autores procurarem, primeiramente, aplicar suas análises através da adoção de métodos estocásticos em ambientes industriais, uma vez que se trata de um contexto já bastante explorado na condução de estudos que englobem os mapeamentos de fluxo de valor. Desse modo, parece estar clara a necessidade de desenvolvimento de um número maior de trabalhos dessa natureza em ambientes ligados à saúde, bem como ligados à construção civil. Novas pesquisas poderiam focar no uso de análises de fluxo de valor para avaliar comportamentos estocásticos no fluxo de pacientes e de equipamentos através de métodos estocásticos diferentes da simulação estocástica, já que somente esse método aparece aplicado nesses contextos. Assim, a aplicação de métodos estocásticos mais robustos, já consolidados no contexto industrial, mostra-se uma boa oportunidade de pesquisa.

Tabela 5 – Análise do PB segundo as lentes teóricas

Nível no fluxo de valor	Tipo de fluxo de valor	Métodos estocásticos	Artigo
Mega	Informação/Materiais/Processos	m_3 – Programação estocástica em dois estágios	7, 8
		m_1 – Simulação Estocástica/ m_2 – Abordagem <i>Fuzzy</i>	10
		m_6 – Programação linear inteira mista estocástica	42
		m_{11} – Programação não linear inteira mista multi-período	51
	Informação/Processos	m_4 – Simulação de Monte Carlo	19
		m_1 – Simulação Estocástica	24, 36
m_5 – Modelos de Otimização		34	
Macro	Informação/Materiais/Processos	m_4 – Simulação de Monte Carlo	1
		m_1 – Simulação Estocástica	2, 21, 23, 28, 41, 43, 47
		m_2 – Abordagem <i>Fuzzy</i> / m_8 – Aplicação do Teorema do Limite Central	11
		m_3 – Programação estocástica em dois estágios	14, 38
		m_5 – Modelos de Otimização/ m_6 – Programação linear inteira mista estocástica	25
		m_7 – Programação dinâmica estocástica	26, 29
	Processos	m_2 – Abordagem <i>Fuzzy</i>	33, 49
		m_{10} – Modelo de planejamento estocástico multi-período	5
	Informação/Materiais/Equipamentos/Processos	m_1 – Simulação Estocástica	6
		m_2 – Abordagem <i>Fuzzy</i>	44
Informação/Pacientes/Processos	m_1 – Simulação Estocástica	46	
Micro	Informação/Pacientes/Processos	m_1 – Simulação Estocástica	3, 48
	Informação/Materiais/Processos	m_9 – Dinâmica de Sistemas	18
	Processos	m_8 – Aplicação do Teorema do Limite Central	52

2.4. DIRECIONAMENTOS DE PESQUISA

A partir da análise da literatura realizada, são sugeridos dois principais direcionamentos de pesquisa relacionados à análise estocástica do fluxo de valor: (i) identificação da criticidade das fontes de incerteza e (ii) verificação da propagação da variabilidade ao longo do fluxo de valor.

Identificação da criticidade das fontes de incerteza

Estudos futuros poderiam fazer uso de métodos hierárquicos para elencar as fontes de incerteza que oferecem maior impacto na propagação de variabilidades ao longo dos fluxos de

valor. Isso porque os gestores precisam ter maiores recursos no momento da tomada de decisão. Sobretudo, no que diz respeito à alocação de recursos na mitigação dos efeitos nocivos que a variabilidade inflige no fluxo de valor. Pode-se conseguir isso através do ranqueamento das fontes de incerteza mais críticas para a organização sob análise.

Nesse sentido, pode-se propor o uso de ferramentas de suporte à decisão, tal como o AHP (*Analytic Hierarchy Process* ou Processo Hierárquico Analítico) (SAATY, 1980) e o MCDA-C (Método de Apoio à Decisão Construtivista) (ENSSLIN *et al.*, 2010). Tais métodos possibilitam o ranqueamento de determinadas alternativas perante múltiplos critérios de análise previamente estabelecidos. Ao utilizar métodos hierárquicos para o ranqueamento das fontes de incerteza mais críticas para o contexto em análise os gestores podem priorizar esforços, bem como recursos materiais ou humanos para mitigar o efeito que tal fonte de incerteza ocasiona ao fluxo analisado. Além disso, ao ranquear as fontes pode-se criar níveis de criticidade das mesmas que, posteriormente, são utilizados para construção de uma cultura organizacional que preze pela eliminação gradual dos principais fatores geradores de variabilidade nos fluxos.

Soma-se a isso o benefício de estabelecer um parâmetro comparativo para a criticidade das fontes de incerteza, possibilitando medir sua evolução ao longo do período em que as melhorias estão sendo realizadas. Paralelamente, a criação de tais parâmetros também permite estabelecer comparações entre a criticidade das fontes de incerteza de diferentes fluxos de valor. Esta análise viabiliza a realização de *benchmarks*, provendo argumentos para entender as razões pelas quais os níveis de desempenho operacional dos fluxos de valor podem ser diferenciados.

Verificação da propagação da variabilidade ao longo do fluxo de valor

Salienta-se a necessidade de integrar fontes de incerteza no sentido de observar como ocorre a propagação das variabilidades inerentes aos processos produtivos. Existe uma lacuna de pesquisa no que diz respeito ao efeito que a combinação de incertezas provoca aos fluxos de valor, sobretudo em fluxos de valor de nível mega os quais tendem a ser complexos. Espera-se que níveis de complexidade mais elevados de fluxo de valor estejam mais propensos a sofrerem problemas de propagação da variabilidade, uma vez que características como extensão e linearidade do fluxo tendem a ser mais críticos. Tal fato também foi sugerido por Seyedhosseini e Ebrahimi-Taleghani (2015).

Nesse sentido, a combinação de métodos estocásticos, tais como modelos de otimização (ALEM *et al.*, 2015) ou simulação de Monte Carlo (DELERIS *et al.*, 2004), com análises de sensibilidade (DEIF, 2012) pode ser uma alternativa para verificar os efeitos da propagação da variabilidade ao longo do fluxo de valor. Nesse sentido, possibilita-se a verificação de diferentes cenários, alterando fatores chave como níveis de variabilidade ou distribuição de

probabilidade de determinadas fontes de incerteza (AAMER, 2017). Isso é particularmente importante na busca por um maior entendimento de fontes de incerteza que são usualmente pouco endereçadas na literatura, tal como a interferência de fatores humanos para o desempenho do fluxo de valor (XIE; PENG, 2012).

2.5. CONCLUSÃO

Este artigo teve como objetivo identificar as principais fontes de incerteza e os métodos estocásticos aplicados em análises de fluxo de valor. Para tal, foi realizada uma revisão sistemática da literatura existente, analisando-se os trabalhos de acordo com seu conteúdo e contribuições. A análise conduzida permitiu verificar a evolução das pesquisas nesse tema, tendo em vista que as primeiras investigações datam do ano de 2004, apresentando um crescimento de publicações considerável no período de 2014 a 2018. Tal fato reforça o incremento da relevância e atualidade do tema pesquisado. Mais especificamente, no que diz respeito à análise de conteúdo, buscou-se averiguar de que maneira os autores vêm abordando a questão da inserção da variabilidade nas análises de fluxo de valor. Cabe destacar que tal análise foi feita sob a perspectiva de níveis e tipos de fluxos de valor.

No que tange às limitações do estudo realizado, pode-se considerar que houve uma restrição de consulta às seguintes bases de dados: *Web of Science*, *Science Direct*, *Emerald*, *Scopus* e *EBSCO*. Assim, as indicações desta pesquisa foram limitadas aos trabalhos indexados nestas bases e trabalhos futuros que ampliem do número de bases de dados consultados podem identificar oportunidades e lacunas diferentes daquelas aqui apresentadas. Uma revisão sistemática de literatura mais detalhada poderia se valer de outras bases internacionais para a consolidação do PB, tais como a *Scielo* e o *Directory of Open Access Journals (DOAJ)*. Além disso, poderia ser efetuada a inserção de palavras-chave que focassem em outras nomenclaturas internacionalmente conhecidas para os métodos estocásticos inicialmente buscados. Uma combinação avançada de outras palavras-chave poderia trazer outros métodos que não ocorreram nessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

(*incluídas no PB)

- *AAMER, A. M. Distribution Center capacity analysis in stochastic environment: An application of value stream analysis and Monte Carlo simulation. **IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)**, p. 1396-1400, 2017.
- ABDO, H.; FLAUS, J. M. Uncertainty quantification in dynamic system risk assessment: a new approach with randomness and fuzzy theory. **International Journal of Production Research**, v. 54, n. 19, p. 5862-5885, 2016.
- *ABDULMALEK, F.; RAJGOPAL, J. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: a process sector case study, **International Journal of Production Economics**, v. 107, n. 1, p. 223-236, 2007.
- AIT-ALLA, A.; TEUCKE, M.; LÜTJEN, M.; BEHESHTI-KASHI, S.; KARIMI, H. R. Robust production planning in fashion apparel industry under demand uncertainty via conditional value at risk. **Mathematical Problems in Engineering**, 2014.
- ALEM, D.; MORABITO, R. Production planning under uncertainty: stochastic programming versus robust optimization. **Gestão & Produção**, v. 22, n. 3, p. 539-551, 2015.
- *AZIZ, Z.; QASIM, R. M.; WAJDI, S. Improving productivity of road surfacing operations using value stream mapping and discrete event simulation. **Construction Innovation**, v. 17, n. 3, p. 294-323, 2017.
- *BADRI, H.; GHOMI, S. F.; HEJAZI, T. H. A two-stage stochastic programming model for value-based supply chain network design. **Scientia Iranica Transaction E: Industrial Engineering**, v. 23, n. 1, p. 348-360, 2016.
- *BADRI, H.; GHOMI, S. F.; HEJAZI, T. H. A two-stage stochastic programming approach for value-based closed-loop supply chain network design. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 105, p.1-17, 2017.
- *BASU, P.; DAN, P. K. Capacity augmentation with VSM methodology for lean manufacturing. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 3, p. 279-292, 2014.
- *BEHROUZI, F.; WONG, K. Y. An integrated stochastic-fuzzy modeling approach for supply chain leanness evaluation. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 68, n. 5-8, p. 1677-1696, 2013.
- *BRAGLIA, M.; CARMIGNANI, G.; ZAMMORI, F. A new value stream mapping approach for complex production systems. **International Journal of Production Research**, v. 44, n. 18/19, p. 3929-3952, 2006.
- *BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M.; ZAMMORI, F. Uncertainty in value stream mapping analysis. **International Journal of Logistics: Research and Applications**, v.12, n. 6, p. 435-453, 2009.

CARDOSO, T. L.; ENSSLIN, S.; ENSSLIN, L.; RIPOLL-FELIU, V.; DUTRA, A. Reflexões para avanço na área de Avaliação e Gestão do Desempenho das Universidades: uma análise da literatura científica. **Seminários em Administração (XVIII SEMEAD) São Paulo-SP**, 2015.

CHAVES, L. C.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.; VALMORBIDA, S. M. I.; ROSA, F. S. Sistemas de apoio à decisão: mapeamento e análise de conteúdo. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, v. 12, n. 1, p. 6-22, 2013.

CROSSAN, M.; APAYDIN, M. A multi-dimensional framework of organizational innovation: a systematic review of the literature. **Journal of Management Studies**, v. 47, n. 6, p. 1154-1191, 2010.

*DEIF, A. M. Dynamic analysis of a lean cell under uncertainty. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 4, p. 1127-1139, 2012.

*DELERIS, L. A.; ELKINS, D.; PATÉ-CORNELL, M. E. Analyzing losses from hazard exposure: a conservative probabilistic estimate using supply chain risk simulation. **In Proceedings of the 36th conference on Winter simulation**, Winter Simulation Conference, p. 1384-1391, 2004.

DUGGAN, K. J. Creating mixed model value streams: practical lean techniques for building to demand, **Productivity Press**, 2012.

ENSSLIN, L.; GIFFHORN, E.; ENSSLIN, S. R.; PETRI, S. M.; VIANNA, W. B. Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão - construtivista. **Pesquisa Operacional**, v. 30, n. 1, p. 125-152, 2010.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S., R.; PINTO, H., de M. Processo de investigação e análise bibliométrica: avaliação da qualidade dos serviços bancários. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 17, n. 3, p. 325-349, 2013.

GRAVES, S.; TOMLIN, B. Process flexibility in supply chains. **Management Science**, v. 49, n. 7, p. 907-919, 2003.

*GURUMURTHY, A.; KODALI, R. Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation: a case study. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 22, n. 4, p. 444-473, 2011.

HARMANCIOGLU, N.; DROGE, C.; CALANTONE, R. J. (2009). Theoretical lenses and domain definitions in innovation research. **European Journal of Marketing**, v. 43, n. (1/2), p. 229-263, 2009.

HINES, P., HOLWEG, M.; RICH, N. Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. **International Journal of Operation & Production Management**, v. 24, n. 10, p. 994 - 1011, 2004.

INDERFURTH, K.; KIESMÜLLER, G. P. Exact and heuristic linear-inflation policies for an inventory model with random yield and arbitrary lead times. **European Journal of Operational Research**, v. 245, n. 1, p. 109-120, 2015.

JAUHARI, W. A.; MAYANGSARI, S.; KURDHI, N. A.; WONG, K. Y. A fuzzy periodic review integrated inventory model involving stochastic demand, imperfect production process and inspection errors. **Cogent Engineering**, v. 4, n. 1, p. 1308653, 2017.

*JAUHARI, W. A.; SAGA, R. S. A stochastic periodic review inventory model for vendor–buyer system with setup cost reduction and service–level constraint. **Production & Manufacturing Research**, v. 5, n. 1, p. 371-389, 2017.

JONSSON, P.; IVERT, L. K. Improving performance with sophisticated master production scheduling. **International Journal of Production Economics**, v. 168, p. 118-130, 2015.

KIM, T.; GLOCK, C.H.; KWON, Y. A closed-loop supply chain for deteriorating products under stochastic container return times. **Omega**, v. 43, p. 30-40, 2014.

LAZZAROTTI, F.; DALFOVO, M. S.; HOFFMANN, V. E. A bibliometric study of innovation based on Schumpeter. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 6, n. 4, p. 121-135, 2011.

*LUGERT, A.; BATZ, A.; WINKLER, H. Empirical assessment of the future adequacy of value stream mapping in manufacturing industries. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 29, n. 5, p. 886-906, 2018.

MACHADO, R. N. Análise cientométrica dos estudos bibliométricos publicados em periódicos da área de biblioteconomia e ciência da informação (1990-2005). **Perspectiva em Ciência da Informação**, v. 12, n. 3, p. 2-20, 2007.

MCMANUS, H.; MILLARD, R. Value stream analysis and mapping for product development, **MIT and International Council for aeronautical Sciences**, 2002.

*MICHAEL, C. W.; NAIK, K.; MCVICKER, M. Value stream mapping of the pap test processing procedure. **American Journal of Clinical Pathology**, v. 139, n. 5, p. 574-583, 2013.

MILLER, K. A framework for integrated risk management in international business. **Journal of International Business Studies**, v. 23, n. 2, p. 311-331, 1992.

*MOHANRAJ, R.; SAKTHIVEL, M.; VINODH, S K.; VIMAL, E. K. A framework for VSM integrated with Fuzzy QFD. **The TQM Journal**, v. 27, n. 5, p. 616-632, 2015.

PARÉ, G.; TRUDEL, M.; JAANA, M; KITSIOU, S. Synthesizing information systems knowledge: A typology of literature reviews. **Information & Management**, v. 52, n. 2, p. 183-199, 2015.

PEREIRA, L. G.; TORTORELLA, G. L. A Literature Review on Lean Manufacturing in Small Manufacturing Companies. In: **Progress in Lean Manufacturing**. Springer, Cham, p. 69-89, 2018.

RAO, S.; GOLDSBY, T. J. Supply chain risks: a review and typology. **The International Journal of Logistics Management**, v. 20, n. 1, p. 97-123, 2009.

ROTHER, M.; SHOOK, J. Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda. **The Lean Enterprise Institute, Brookline**, Massachusetts, 1998.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

*SAHLING, F.; KAYSER, A. Strategic supply network planning with vendor selection under consideration of risk and demand uncertainty. **Omega**, v. 59, p. 201-214, 2016.

*SEYEDHOSSEINI, S. M.; EBRAHIMI-TALEGHANI, A. A stochastic analysis approach on the cost-time profile for selecting the best future state map. **The South African Journal of Industrial Engineering**, v. 26, n. 1, p. 267-291, 2015.

*SHARARAH, M. A.; EL-KILANY, K. S.; EL-SAYED, A. E. Value stream map simulator using extendsim. **In Proceedings of the World Congress on Engineering**, v. 1, 2011.

SIMANGUNSON, E.; HENDRY, L.C.; STEVENSON, M. Supply chain uncertainty: a review and theoretical foundation for future research. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 16, p. 4493-4523, 2011.

*SINGH, B.; SHARMA, S. K. Value stream mapping as a versatile tool for lean implementation: an Indian case study of a manufacturing firm. **Measuring Business Excellence**, v. 13, n. 3, p. 58-68, 2009.

SOLDING, P.; GULLANDER, P. Concepts for simulation based value stream mapping. **Winter Simulation Conference**. p. 2231-2237, 2009.

STANDRIDGE, C., MARVEL, J. Why Lean Needs Simulation, **Winter Simulation Conference**, p. 1907-1913, 2006.

SWALLMEH, E.; TOBAIL, A; ABO-HAMAD, W.; GRAY, J.; ARISHA, A. Integrating simulation modelling and value stream mapping for leaner capacity planning of an emergency department, **Sixth International Conference on Advances in System Simulation**, 2014.

TAJ, S. Lean manufacturing performance in China: assessment of 65 manufacturing plants. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 19, n. 2, p. 217-234, 2008.

TRANFIELD, D. R.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British Journal of Management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

VALMORBIDA, S. M. I.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; RIPOLL-FELIU, V. M. Avaliação de Desempenho para auxílio na gestão de universidades públicas: análise da literatura para identificação de oportunidades de pesquisas. **Contabilidade, Gestão e Governança**, v. 17, n. 3, p. 4-28, 2014.

*VAMSI, K. J. N.; SHARMA, A. Lean manufacturing implementation using value stream mapping as a tool: a case study from auto components industry. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 1, p. 89-116, 2014.

VAN DER VORST, J.; BEULENS, A. Identifying sources of uncertainty to generate supply chain redesign strategies. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 32, n. 6, p. 409-430, 2002.

*VILLARREAL, B.; GARZA-REYES, J. A.; KUMAR, V. A lean thinking and simulation-based approach for the improvement of routing operations. **Industrial Management & Data Systems**, v. 116, n. 5, p. 903-925, 2016.

*WANG, T. K.; CHAN, F. T. S.; YANG, T. The integration of group technology and simulation optimization to solve the flow shop with highly variable cycle time process: a surgery-scheduling case study. **Mathematical Problems in Engineering**, 2014.

*WANG, T. K.; YANG, T.; YANG, C.-Y.; CHAN, F. T. S. Lean principles and simulation optimization for emergency department layout design. **Industrial Management & Data Systems**, v. 115, n. 4, p. 678-699, 2015.

*WESTON, R. H.; AGYAPONG-KODUA, K.; AJAEFOBI, J. Modelling dynamic value streams in support of process design and evaluation. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, Taylor & Francis, v. 22, n. 05, p. 411-427, 2009.

WOMACK, J.; JONES, D. T. Lean thinking: banish waste and create wealth for your corporation. **Simon and Schuster**, New York, 1996.

WOMACK, J.; JONES, D. Seeing the whole: mapping the extended values stream. **Brookline**, Massachusetts, 2002.

WONG, C.; BOON-ITT, S.; WONG, C. The contingency effects of environmental uncertainty on the relationship between supply chain integration and operational performance. **Journal of Operations Management**, v. 29, n. 6, p. 604-615, 2011.

WU, T.; BLACKHURST, J.; CHIDAMBARAM, V. A model for inbound supply risk analysis. **Computers in Industry**, v. 57, n. 4, p. 350-365, 2006.

*XIA, W.; SUN, J. Simulation guided value stream mapping and lean improvement: a case study of a tubular machining facility. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 6, n. 2, p. 456-476, 2013.

*XIE, Y.; PENG, Q. Integration of value stream mapping and agent-based modeling for OR improvement. **Business Process Management Journal**, v. 18, n. 4, p. 585-599, 2012.

*YOU, F.; GROSSMANN, I. E. Design of responsive supply chains under demand uncertainty. **Computers & Chemical Engineering**, v. 32, n. 12, p. 3090-3111, 2008.

APÊNDICE – PB FINAL

Cód.	Referências
1	AAMER, A. M. Distribution Center capacity analysis in stochastic environment: An application of value stream analysis and Monte Carlo simulation. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) , p. 1396-1400, 2017.
2	VILLARREAL, B.; GARZA-REYES, J. A.; KUMAR, V. A lean thinking and simulation-based approach for the improvement of routing operations. Industrial Management & Data Systems , v. 116, n. 5, p. 903-925, 2016.
3	WANG, T. K.; YANG, T.; YANG, C.-Y.; CHAN, F. T. S. Lean principles and simulation optimization for emergency department layout design. Industrial Management & Data Systems , v. 115, n. 4, p. 678-699, 2015.
4	KHURUM, M.; PETERSEN, K.; GORSCHER, T. Extending value stream mapping through waste definition beyond customer perspective. Journal of Software: Evolution and Process , v. 26, n. 12, p. 1074-1105, 2014.
5	AL-OTHMAN, W. B.; LABABIDI, H. M.; ALATIQUI, I. M.; AL-SHAYJI, K. Supply chain optimization of petroleum organization under uncertainty in market demands and prices. European Journal of Operational Research , v. 189, n. 3, p. 822-840, 2008.
6	AZIZ, Z.; QASIM, R. M.; WAJDI, S. Improving productivity of road surfacing operations using value stream mapping and discrete event simulation. Construction Innovation , v. 17, n. 3, p. 294-323, 2017.
7	BADRI, H.; GHOMI, S. F.; HEJAZI, T. H. A two-stage stochastic programming model for value-based supply chain network design. Scientia Iranica Transaction E: Industrial Engineering , v. 23, n. 1, p. 348-360, 2016.
8	BADRI, H.; GHOMI, S. F.; HEJAZI, T. H. A two-stage stochastic programming approach for value-based closed-loop supply chain network design. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review , v. 105, p.1-17, 2017.
9	MATT, D. T. Adaptation of the value stream mapping approach to the design of lean engineer-to-order production systems. Journal of Manufacturing Technology Management , v. 25, n. 3, p. 334-350, 2014.
10	BEHROUZI, F.; WONG, K. Y. An integrated stochastic-fuzzy modeling approach for supply chain leanness evaluation. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology , v. 68, n. 5-8, p. 1677-1696, 2013.
11	BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M.; ZAMMORI, F. Uncertainty in value stream mapping analysis. International Journal of Logistics: Research and Applications , v.12, n. 6, p. 435-453, 2009.
12	SINGH, B.; SHARMA, S. K. Value stream mapping as a versatile tool for lean implementation: an Indian case study of a manufacturing firm. Measuring Business Excellence , v. 13, n. 3, p. 58-68, 2009.
13	MICHAEL, C. W.; NAIK, K.; MCVICKER, M. Value stream mapping of the pap test processing procedure. American Journal of Clinical Pathology , v. 139, n. 5, p. 574-583, 2013.
14	CHEN, Y. Y.; FAN, H. Y. An application of stochastic programming in solving capacity allocation and migration planning problem under uncertainty. Mathematical Problems in Engineering , 2015.
15	CHEN, Z.; CHEN, C.; BIDANDA, B. Optimal inventory replenishment, production, and promotion effect with risks of production disruption and stochastic demand. Journal of Industrial and Production Engineering , v. 34, n. 2, p.79-89, 2017.
16	DAL FORNO, A.J.; PEREIRA, F. A.; FORCELLINI, F. A.; KIPPER, L. M. Value Stream Mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology , v. 72, n. 5/8, p. 779-790, 2014.
17	VAMSI, K. J. N.; SHARMA, A. Lean manufacturing implementation using value stream mapping as a tool: a case study from auto components industry. International Journal of Lean Six Sigma , v. 5, n. 1, p. 89-116, 2014.
18	DEIF, A. M. Dynamic analysis of a lean cell under uncertainty. International Journal of Production Research , v. 50, n. 4, p. 1127-1139, 2012.
19	DELERIS, L. A.; ELKINS, D.; PATÉ-CORNELL, M. E. Analyzing losses from hazard exposure: a conservative probabilistic estimate using supply chain risk simulation. In Proceedings of the 36th conference on Winter simulation , Winter Simulation Conference, p. 1384-1391, 2004.
20	DURANIK, T.; STOPPER, M.; RUZBARSKY, J. Applying value stream mapping to identify hidden reserves and avoid bottlenecks. In Annals of DAAAM for 2011 & Proceedings of the 22nd International , DAAAM Symposium on Intelligent Manufacturing & Automation: Power of Knowledge and Creativity, p. 969-970, 2011.

21	GURUMURTHY, A.; KODALI, R. Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation: a case study. Journal of Manufacturing Technology Management , v. 22, n. 4, p. 444-473, 2011.
22	ABDELHADI, A.; SHAKOOR, M. Studying the efficiency of inpatient and outpatient pharmacies using lean manufacturing. Leadership in Health Services , v. 27, n. 3, p. 255–267, 2014.
23	ABDULMALEK, F.; RAJGOPAL, J. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: a process sector case study, International Journal of Production Economics , v. 107, n. 1, p. 223–236, 2007.
24	KARAMAN, A.; ALTIOK, T. Approximate analysis and optimization of batch ordering policies in capacitated supply chains. European Journal of Operational Research , v. 193, n.1, p. 222-237, 2009.
25	KAYA, O.; BAGCI, F.; TURKAY, M. Planning of capacity, production and inventory decisions in a generic reverse supply chain under uncertain demand and returns. International Journal of Production Research , v. 52, n. 1, p. 270-282, 2014.
26	KENNE, J. P.; DEJAX, P.; GHARBI, A. Production planning of a hybrid manufacturing-remanufacturing system under uncertainty within a closed-loop supply chain. International Journal of Production Economics , v. 135, n.1, p. 81-93, 2012.
27	BRAGLIA, M.; CARMIGNANI, G.; ZAMMORI, F. A new value stream mapping approach for complex production systems. International Journal of Production Research , v. 44, n. 18/19, p. 3929-3952, 2006.
28	LU, J., YANG, T.; WANG, C. A lean pull system design analyzed by value stream mapping and multiple criteria decision-making method under demand uncertainty. International Journal of Computer Integrated Manufacturing , v. 24, p. 211-228, 2011.
29	WESTON, R. H.; AGYAPONG-KODUA, K.; AJAEFOBI, J. Modelling dynamic value streams in support of process design and evaluation. International Journal of Computer Integrated Manufacturing , v. 22, n. 5, p. 411-427, 2009.
30	LIBRELATO, T. P.; LACERDA, D. P.; RODRIGUES, L. H.; VEIT, D. R. A process improvement approach based on the Value Stream Mapping and the Theory of Constraints Thinking Process. Business Process Management Journal , v. 20, n. 6, p. 922-949, 2014.
31	LUGERT, A.; BATZ, A.; WINKLER, H. Empirical assessment of the future adequacy of value stream mapping in manufacturing industries. Journal of Manufacturing Technology Management , v. 29, n. 5, p. 886-906, 2018.
32	MILLER, R.; CHALAPATI, N. Utilizing lean tools to improve value and reduce outpatient wait times in an Indian hospital. Leadership in Health Services , v. 28, n. 1, p. 57-69, 2015.
33	MOHANRAJ, R.; SAKTHIVEL, M.; VINODH, S K.; VIMAL, E. K. A framework for VSM integrated with Fuzzy QFD. The TQM Journal , v. 27, n. 5, p. 616-632, 2015.
34	MOTA, B.; GOMES, M. I.; CARVALHO, A.; BARBOSA-POVOA, A. P. Sustainable supply chains: an integrated modeling approach under uncertainty. Omega , v. 77, n. 32/57, 2018.
35	BASU, P.; DAN, P. K. Capacity augmentation with VSM methodology for lean manufacturing. International Journal of Lean Six Sigma , v. 5, n. 3, p. 279-292, 2014.
36	PUJAWAN, N.; ARIEF, M. M.; TIAHJONO, B.; KRITCHANCHAI, D. An integrated shipment planning and storage capacity decision under uncertainty: A simulation study. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management , v. 45, n. 9/10, p. 913-937, 2015.
37	RUIZ, de A. L, P.; FORTUNY, S., J.; CUATRECASAS, A., L. Lean manufacturing: costing the value stream. Industrial Management & Data Systems , v. 113, n. 5, p. 647-668, 2013.
38	SAHLING, F.; KAYSER, A. Strategic supply network planning with vendor selection under consideration of risk and demand uncertainty. Omega , v. 59, p. 201-214, 2016.
39	SCHWARZ, P.; PANNES, K. D.; NATHAN, M.; REIMER, H. J.; KLEESPIES, A.; KUHN, N.; RUPP, A.; ZÜGEL, N. P. Lean processes for optimizing OR capacity utilization: prospective analysis before and after implementation of value stream mapping (VSM). Langenbeck's archives of surgery , v. 396, n. 7, p. 1047-1053, 2011.
40	SERRANO, L. I.; OCHOA, L. C.; CASTRO, V. R., de. An evaluation of the value stream mapping tool. Business Process Management Journal , v. 14, n. 1, p. 39-52, 2008.
41	SEYEDHOSSEINI, S. M; EBRAHIMI-TALEGHANI, A. A stochastic analysis approach on the cost-time profile for selecting the best future state map. South African Journal of Industrial Engineering , v. 26, n.1, p. 267-291, 2015.
42	SHAHPARVARI, S.; CHHETRI, P.; CHAN, C.; ASEFI, H. Modular recycling supply chain under uncertainty: a robust optimisation approach. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology , v. 96, n. 1-4, p. 915-934, 2018.
43	SHARARAH, M. A.; EL-KILANY, K. S.; EL-SAYED, A. E. Value stream map simulator using extendsim. In Proceedings of the World Congress on Engineering , v. 1, 2011.

44	JAUHARI, W. A.; SAGA, R. S. A stochastic periodic review inventory model for vendor–buyer system with setup cost reduction and service–level constraint. Production & Manufacturing Research , v. 5, n. 1, p. 371-389, 2017.
45	SIGARI, S.; CLARK, R. Applying lean thinking to improve the production process of a traditional medium–size British manufacturing company. International Journal of Information and Operations Management Education , v. 5, p. 154-169, 2013.
46	WANG, T. K.; CHAN, F. T. S; YANG, T. The integration of group technology and simulation optimization to solve the flow shop with highly variable cycle time process: a surgery-scheduling case study. Mathematical problems in engineering , 2014.
47	XIA, W.; SUN, J. Simulation guided value stream mapping and lean improvement: a case study of a tubular machining facility. Journal of Industrial Engineering and Management , v. 6, n. 2, p. 456-476, 2013.
48	XIE, Y.; PENG, Q. Integration of value stream mapping and agent-based modeling for OR improvement. Business Process Management Journal , v. 18, n. 4, p. 585-599, 2012.
49	SEYEDHOSSEINI, S. M.; EBRAHIMI-TALEGHANI, A., MAKUI, A.; GHOREYSHI, S. M. Fuzzy value stream mapping in multiple production streams: a case study in a parts manufacturing company. International Journal of Management Science and Engineering Management , v.8 n.1, p. 56-66, 2013.
50	YAN, X. On sourcing decisions with stochastic supplier reliability and stochastic demand. Production and Operations Management , v. 27, n. 2, p. 265-268, 2018.
51	YOU, F.; GROSSMANN, I. E. Design of responsive supply chains under demand uncertainty. Computers & Chemical Engineering , v. 32, n. 12, p. 3090-3111, 2008.
52	ZAMMORI, F.; BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M. Stochastic overall equipment effectiveness. International Journal of Production Research , v. 49, n. 21, p. 6469-6490, 2011.
53	ZHAO, Y.; CHOI, T. M.; CHENG, T. C. E.; WANG, S. Mean-risk analysis of wholesale price contracts with stochastic price-dependent demand. Annals of Operations Research , v. 257, n. 1-2, p. 491-518, 2017.

3. ANÁLISE DO FLUXO DE VALOR SOB UMA PERSPECTIVA ESTOCÁSTICA: UM ESTUDO DE CASO EM SERVIÇOS DE SAÚDE

A versão em inglês deste artigo será submetida ao International Journal of Advanced Manufacturing Technology

Resumo: A análise de fluxo de valor mostra-se uma abordagem muito útil na identificação de desperdícios, contribuindo com a melhoria sistêmica dos processos sob análise. Dentre as práticas utilizadas nas abordagens enxutas, o mapeamento do fluxo de valor (MFV) serve como meio para identificar desperdícios e direcionar a aplicação das demais práticas, sendo, vastamente adotado pela comunidade acadêmica e empresarial. O MFV permite mapear fluxos de materiais e informações de controle da produção. No entanto, o MFV possui uma abordagem determinística, o que limita o poder de modelagem e dificulta o mapeamento de modelos dinâmicos. Desse modo, a consideração das características de incerteza presentes nos fluxos analisados torna-se uma questão primordial, que pode ser abordada através da adoção de métodos estocásticos para o tratamento das fontes de incerteza presentes nas análises. Nesse sentido, este artigo tem por objetivo a proposição de um método de identificação de oportunidades de melhorias que combine o mapeamento de fluxo de valor e simulação de Monte Carlo, levando em consideração as incertezas do fluxo de valor através da análise do *lead time*. Os resultados obtidos mostram que essa nova abordagem permite identificar oportunidades de melhoria que não seriam contempladas em uma abordagem determinística do MFV, possibilitando uma satisfatória verificação da variabilidade inerente aos processos produtivos.

Palavras-chave: Sistema de Produção Enxuta; Mapeamento de Fluxo de Valor; Simulação de Monte Carlo.

3.1. INTRODUÇÃO

A análise do fluxo de valor de uma organização permite a identificação de oportunidades de melhoria (KARIM; BISWAS, 2016). Dentre as ferramentas mais utilizadas como suporte a esta análise destaca-se o mapeamento do fluxo de valor (MFV, no inglês VSM – *Value Stream Mapping*), o qual permite a identificação sistêmica de oportunidades de melhorias através da análise do relacionamento dos fluxos de informações e materiais. A importância de tal relacionamento para o desempenho das empresas é muitas vezes negligenciada, culminando em implementações de melhorias unilaterais cujos benefícios não são observados na organização como um todo (ABDELHADI; SHAKOOR, 2014).

No que diz respeito ao MFV, ressalta-se que ele fornece uma estrutura que suporta a melhoria contínua, permitindo que as ações implementadas sejam realizadas em pontos onde há maiores oportunidades de ganhos à empresa (DUGGAN, 2012). Além disso, destaca-se a versatilidade do MFV, uma vez que exemplos de sua aplicação podem ser encontrados em indústrias de processamento (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007), desenvolvimento de produto (TYAGI *et al.*, 2015), na construção civil (AZIZ *et al.*, 2017), serviços de saúde (XIE; PENG, 2012; WANG *et al.*, 2014; WANG *et al.*, 2015; TORTORELLA *et al.*, 2017), bem como em cadeias globais de distribuição de *commodities* (BADRI *et al.*, 2017). Assim, o número de evidências de sua aplicação denota a importância que esta prática possui para o

estabelecimento de uma abordagem integrada de melhoria contínua nas empresas (BELOKAR *et al.*, 2012; DOTOLI *et al.*, 2012).

Entretanto, cabem ser destacadas algumas limitações relacionadas ao uso desta ferramenta. A condução do MFV costuma basear sua análise de melhorias através da perspectiva determinística, tal fato pode ser observado nos trabalhos de Dickson *et al.* (2009), Tyagi *et al.* (2015) e Tortorella *et al.* (2017), os quais não levam em conta os aspectos probabilísticos presentes nos processos produtivos. Assim sendo, torna-se imperioso que as características estocásticas inerentes aos processos produtivos sejam consideradas (BRAGLIA *et al.*, 2009). Ao longo do fluxo de valor existem várias fontes de incerteza, tais como inventários, tempos de processamento e *setup*, entre outras, as quais adicionam variabilidade ao fluxo de valor (STANDRIDGE; MARVEL, 2006), dificultando as atividades de gerenciamento como um todo. Isso torna-se particularmente importante, por exemplo, no caso dos serviços de saúde, uma vez que as fontes de incerteza presentes nesses fluxos têm impacto direto no nível da qualidade do serviço prestado aos pacientes (XIE; PENG, 2012).

De modo geral as análises de fluxos mais estudadas pelos autores em ambientes de saúde dizem respeito à trabalhos de implementação enxuta focados na melhoria de operações logísticas, como a entrega de medicamentos, a qual apresenta complexidade limitada e pode ser administrada pela equipe de apoio (LIM *et al.*, 2017). Atividades mais complexas envolvendo atividades médicas e de enfermagem, também são exemplos da busca pela implementação enxuta através de análise de fluxo de valor (HASLE *et al.*, 2016). Em menor frequência aparecem os fluxos de serviços, tais como esterilização (KUMAR *et al.*, 2008) e do setor de hotelaria de um hospital (KUMAR; RAHMAN, 2014).

Ainda nesse sentido, percebe-se que a busca pelas melhorias de eficiência nos fluxos de valor de ambientes de saúde é primariamente tratada através do uso do MFV em sua forma tradicional (WANG *et al.*, 2015). Ou seja, sem levar em conta características de incerteza inerentes aos fluxos estudados. Desse modo, abre-se caminho para a busca por alternativas para a eliminação ou redução significativa de variabilidades inerentes a esse contexto através da adoção da análise de fluxo de valor em conjunto com métodos estocásticos adaptados a tal cenário, focando na busca pelo aumento da qualidade do serviço prestado aos pacientes (XIE; PENG, 2012).

Os argumentos apresentados permitem levantar as seguintes questões de pesquisa:

- (i) *Como elencar as fontes de incerteza de uma análise de fluxo de valor?; e*
- (ii) *Qual o impacto da inserção da variabilidade das fontes de incerteza na análise de fluxo de valor?*

Com base nesse contexto, esse artigo apresenta dois objetivos. Primeiramente, busca-se elencar e ranquear as fontes de incerteza mais críticas na análise de um fluxo de valor. Para tal ranqueamento, pretende-se adotar técnicas de decisão multicritério permitindo assim a priorização das fontes de incerteza a serem consideradas na análise de fluxo de valor. Segundo, almeja-se avaliar o impacto da variabilidade sobre a análise do fluxo de valor. Para tal, o método proposto combina simulação de Monte Carlo ao MFV cuja aplicação é verificada através de um estudo de caso em serviços de saúde, mais especificamente no fluxo de nutrição enteral de um hospital. Esta pesquisa contribui de dois principais modos. Academicamente, a proposição do método busca entender como acontece a integração de fontes de incerteza em uma análise de fluxo de valor, bem como observar como se dá a dinâmica das variabilidades inerentes aos processos analisados. Em termos práticos, o método proposto permite aos gestores um maior entendimento das reais oportunidades de melhoria do fluxo de valor, possibilitando assim um direcionamento mais assertivo para a melhoria de seu desempenho.

Além desta seção introdutória, o presente artigo apresenta, na seção 3.2, uma revisão da literatura. Na seção 3.3 descreve-se o método proposto, cujos resultados de sua aplicação estão explanados na seção 3.4. Por fim, a seção 3.5 encerra o trabalho apresentando as conclusões e oportunidades para trabalhos futuros.

3.2. REVISÃO DE LITERATURA

3.2.1 Análise de fluxo de valor

Dentre as práticas existentes no âmbito da manufatura enxuta, a análise do fluxo de valor é um método pelo qual princípios enxutos são aplicados com o intuito de examinar os processos de um negócio (MCMANUS *et al.*, 2002), reduzindo desperdícios de forma sistêmica (DUGGAN, 2012). O MFV permite identificar as relações entre o fluxo de materiais e informações e compreender os impactos entre estes (SOLDING *et al.*, 2009), favorecendo uma perspectiva mais holística da organização (SEYEDHOSSEINI *et al.*, 2015). No MFV busca-se destacar as fontes de perdas e eliminá-las, construindo mapas de estado futuro que possam ser concretizados em um curto espaço de tempo (ROTHER; SHOOK, 2003).

Tendo sido desenvolvido pela primeira vez na indústria automotiva para fábricas altamente focadas em uma linha específica de produtos, o MFV tradicional funciona bem em situações onde o fluxo de valor é unidirecional (BRAGLIA *et al.*, 2009). No entanto, para organizações com alta variedade e baixo volume esta ferramenta se torna irrealista. Tal dificuldade advém do fato de que para identificar as famílias de produtos/serviços torna-se necessário o suporte de outras ferramentas, tal como a tecnologia de grupo (BASU *et al.*, 2014). Dessa maneira, torna-se difícil estimar com precisão tempos relacionados ao processo produtivo como um todo.

Principalmente no que diz respeito, por exemplo, aos tempos de processamento, setup e ao *lead time*.

Cabe ser ressaltado que o MFV originalmente não contempla os problemas de variabilidade intrínsecos ao fluxo de valor, sendo uma limitação da ferramenta. Belokar *et al.* (2012) comentam que a variabilidade é uma das principais dificuldades para a efetividade de um processo de planejamento. De fato, a variabilidade é um importante fator que impacta aspectos como tempo de processamento, sendo de difícil medição e correção (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007). As fontes de variabilidade podem vir de todos os elementos de um fluxo de valor: equipamento, processo, produto, serviço, cliente, pessoas, fornecedores, etc. (VILLARREAL *et al.*, 2016). Assim, a utilização de métodos que consideram variabilidade pode ser uma alternativa para analisar o fluxo de valor nessas situações. A Tabela 6 consolida métodos estocásticos aplicados para a análise de fluxo de valor, apresentando vantagens e desvantagens de cada um deles. De modo geral, a adoção de métodos estocásticos possibilita avaliar a variação no desempenho do fluxo de valor e identificar outros desperdícios que não seriam evidenciados a partir do MFV tradicional (ZAMMORI *et al.*, 2011).

Tabela 6 – Métodos estocásticos na análise de fluxo de valor – vantagens e desvantagens

Método Estocástico	Vantagens	Desvantagens	Fonte de Incerteza Abordada	Autores
Simulação Estocástica	Permite o estudo individual de cada componente do sistema, diminuindo a incerteza nas decisões tomadas.	A modelagem do sistema e a análise dos dados podem consumir muito tempo e recursos.	Demanda; Tempo de Processamento/Ciclo	GURUMURTHY <i>et al.</i> 2011; PUJAWAN <i>et al.</i> 2015; VILLARREAL <i>et al.</i> 2016
Abordagem <i>Fuzzy</i>	Possibilidade de propagar o efeito de incertezas ao longo do modelo considerado.	Validação do modelo requer extensivos testes.	Demanda	BEHROUZI <i>et al.</i> 2013
Programação estocástica em dois estágios	Maior precisão do modelo confeccionado.	Necessita de conhecimento prévio das distribuições de probabilidade dos parâmetros incertos.	Demanda; Inventário	BADRI <i>et al.</i> 2016; BADRI <i>et al.</i> 2017
Simulação de Monte Carlo	Maior simplicidade no tratamento de variabilidades.	Menor acurácia conforme aumenta a complexidade do problema tratado.	Demanda; Desastres Naturais; Políticas Governamentais	DELERIS <i>et al.</i> 2004; AAMER 2017;

Método Estocástico	Vantagens	Desvantagens	Fonte de Incerteza Abordada	Autores
Modelos de Otimização	Não necessita de conhecimento prévio das distribuições de probabilidade dos parâmetros incertos.	Dependendo da complexidade o Modelo de Otimização pode ser intratável computacionalmente.	Demanda	MOTA <i>et al.</i> 2018
Programação linear inteira mista estocástica	Maior precisão do modelo confeccionado.	Necessita de conhecimento prévio das distribuições de probabilidade dos parâmetros incertos.	Demanda	SHAHPARVARI <i>et al.</i> , 2018
Programação dinâmica estocástica	Possibilidade de representar não-linearidades.	Necessita de conhecimento prévio das distribuições de probabilidade dos parâmetros incertos.	Demanda; Tempo de Processamento/Ciclo	WESTON <i>et al.</i> , 2009; KENNE <i>et al.</i> , 2012
Dinâmica de Sistemas	Permite a utilização de ciclos de retroalimentação.	Quanto maior a complexidade do sistema maior a necessidade de coleta de dados.	Demanda	DEIF, 2012
Modelo de planejamento estocástico multi-período	Possibilita a criação de diferentes cenários a partir de diferentes critérios de otimização.	Aumento da complexidade com o aumento do número de cenários considerado.	Demanda	AL-OTHMAN <i>et al.</i> , 2008
Programação não linear inteira mista multi-período	Maior robustez no tratamento de variabilidades.	Elevada complexidade para construção do modelo de programação.	Demanda	YOU <i>et al.</i> , 2008

3.2.2 Simulação de Monte Carlo

Segundo Corrar e Theophilo (2004; p. 54) o “método de Monte Carlo é uma técnica que utiliza geração de números aleatórios para atribuir valores às variáveis do sistema que se deseja investigar”. Salienta-se ainda que sua utilização é benéfica como técnica para solução de problemas que envolvem incerteza. A aplicação da simulação em problemas gerenciais requer primeiro a tradução ou modelagem em termos matemáticos do sistema físico operacional que se pretende investigar. Tal método permite simular qualquer processo cujo curso dependa de fatores aleatórios (GENTLE, 2003).

A versatilidade da Simulação de Monte Carlo fica evidenciada pelo fato de serem observadas pesquisas desenvolvidas, em áreas como hidrologia (VRUGT *et al.*, 2013), análise de riscos econômicos (ARNOLD *et al.*, 2015), bem como em estudos envolvendo a avaliação de vulnerabilidade ecológica (SONG *et al.*, 2015). No âmbito econômico pode-se buscar utilizá-la, por exemplo, para verificar como as variações no cenário econômico interferem na

aferição de lucro de uma organização. Isso porque as atividades produtivas sofrem com o risco derivado, principalmente, de variações nos preços de venda e nos custos de produção, além de oscilações nas taxas de produtividade, que podem comprometer a rentabilidade do negócio como um todo (ABDO; FLAUS, 2016). Além de aplicações voltadas aos estudos econômicos, destacam-se trabalhos conduzidos na área de ciências médicas focadas na dosagem radioterápica de pacientes (YANG *et al.*, 2015) e também para estimar a capacidade cardíaca de enfermos. (KRAMER *et al.*, 2018). Assim, a Simulação de Monte Carlo mostra sua proficiência no tratamento de condições de incerteza presentes nas mais variadas áreas do conhecimento (DE SOUZA *et al.*, 2018).

No que tange o uso da Simulação de Monte Carlo nas análises de fluxo de valor, percebe-se que alguns autores, tais como Deleris *et al.* (2004) e Aamer (2017), já utilizaram tal abordagem no tratamento de incertezas. Contudo, tais autores focam suas análises em situações de incerteza específicas ao longo dos fluxos de valor estudados, tais como análise de riscos associados a falhas na entrega de insumos, bem como para análise da capacidade de processamento de um centro de distribuição. Nesse sentido, a utilização de tal método como uma alternativa para verificar os efeitos da propagação da variabilidade ao longo do fluxo de valor mostra-se como uma nova abordagem de estudo. Isso porque possibilita-se a verificação de diferentes cenários, alterando fatores chave como níveis de variabilidade ou distribuição de probabilidade de determinadas fontes de incerteza (ARNOLD *et al.*, 2015). Isso é particularmente importante na busca por um maior entendimento de fontes de incerteza que são usualmente pouco endereçadas na literatura, tal como a interferência de fatores humanos para o desempenho do fluxo de valor (XIE; PENG, 2012).

3.2.3. Método da teoria da utilidade multiatributo

O suporte à decisão multicritério é composto por um conjunto de métodos e técnicas para ajudar e apoiar pessoas e organizações a tomar decisões sob a influência de vários critérios e está firmemente enraizado em um conceito de otimização alternativa, na qual vários critérios caracterizam a alternativa mais satisfatória (KAILIPONI, 2010). Um problema de decisão multicritério consiste em uma situação, na qual há pelo menos duas alternativas para serem escolhidas. Tal escolha é motivada pelo desejo de atender a vários objetivos. Essas alternativas geralmente são conflitantes entre si, portanto, os processos de tomada de decisão que envolvem um alto grau de complexidade não se baseiam em apenas um critério (ALSHAMRANI *et al.*, 2018). As preferências dos tomadores de decisão precisam ser bem expressas, fornecendo pesos específicos para cada um dos critérios, o que exige suposições mais fortes em cada nível.

Nesse sentido, o MAUT (Método da teoria da utilidade multiatributo) pode ser usado para medir a atratividade de alternativas em relação a múltiplos atributos (AQLAN *et al.*, 2017). Para resolver o problema de classificação, geralmente é usado um método de agregação aditivo, que é considerado um método compensatório, no qual a avaliação de alternativas leva em consideração as compensações entre padrões (ALSHAMRANI *et al.*, 2018). A vantagem do MAUT em comparação com outros métodos é que ele fornece uma avaliação mais abrangente e permite a comparação de várias alternativas (VELASQUEZ; HESTER, 2013). Além disso, o MAUT é considerado um método transparente e fácil de aplicar, porque os tomadores de decisão podem manipular seus modelos, atribuir pesos aos padrões atribuídos através de operações matemáticas simples, tornando-o um método amplamente compreendido. Finalmente, outra grande vantagem do MAUT é que ele considera incerteza (KOVAČEVIĆ *et al.*, 2019).

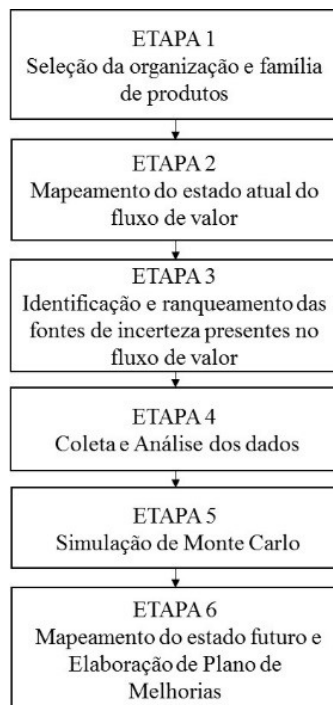
3.3. METODOLOGIA

Nesta seção apresentam-se os principais métodos e técnicas adotados para que os objetivos dessa pesquisa sejam alcançados. Por questão de organização, optou-se por separar o trabalho em seis Etapas. Tal descrição pode ser melhor observada na Figura 3 que apresenta as Etapas do método proposto em detalhes.

No que tange a Etapa 1 – Seleção da organização e família de produtos - salienta-se que o presente estudo de caso é desenvolvido em hospital público localizado no estado de Santa Catarina e tem como foco o estudo de itens específicos ligados ao setor de nutrição e dietas do hospital sob investigação. Especificando de forma mais clara, define-se uma família de produtos a ser averiguada quanto a questões relacionadas ao armazenamento e distribuição de tais produtos dentro das diversas clínicas que compõem uma organização desse tipo. Para Duggan (2012) essa Etapa pode ser realizada com o auxílio de uma matriz de produtos e processos. Assim, é possível observar quais produtos seguem os mesmos processos dentro da organização. Tal etapa é realizada analisando os produtos utilizados pelo setor de nutrição no tratamento dos pacientes. Assim sendo, o objetivo é determinar famílias de produtos que apresentem necessidades de processamento semelhantes. Agrupar os itens em famílias simplifica a atividade de mapeamento a ser realizado na Etapa 2. Uma matriz de família de produtos, na qual os processos estão nas colunas e os produtos são listados nas linhas, ajuda a identificar tais famílias de produtos. Por ser uma ferramenta visual simples, colabora com uma melhor visualização do fluxo em estudo (SEYEDHOSSEINI *et al.*, 2015). Tendo em vista a baixa complexidade do fluxo em estudo, aplica-se uma matriz visual que relaciona produtos e processos, que são agrupados de acordo com um mínimo de 80% de similaridade de processos,

como sugerido por Rother e Shook (2003). Case ser salientado que esse procedimento deve ser implementado na família produtos com maior impacto na demanda total ou receita para a organização.

Figura 3 – Etapas do método proposto



Na Etapa 2 – Mapeamento do estado atual do fluxo de valor – realiza-se um mapeamento do fluxo de valor dessa família levando em conta todos os processos e atividades necessárias desde o momento em que o produto é armazenado no almoxarifado do hospital até a ocasião na qual é consumido pelos pacientes. Ao construir o mapa para o estado atual é possível estimar o *lead time* total do processo, bem como os tempos de processamento de cada uma das operações necessárias para entregar as dietas de forma correta (ROTHER; SHOOK, 1999). Cabe ressaltar que esse mapeamento é realizado por uma equipe multidisciplinar composta por funcionários dos mais variados setores hospitalares, além dos pesquisadores envolvidos no estudo. O mapa de estado atual permite a avaliação das operações do processo em relação ao desperdício, apoiando a equipe de melhoria na tarefa de identificar quais as operações agregam valor aos produtos (DICKSON *et al.*, 2009; VINODH *et al.*, 2011). Tal identificação, seja em fluxos de material ou de informação, no mapa de estado atual é de vital importância para levantar oportunidades de melhoria de desempenho no estado futuro (SWALLMEH *et al.*, 2014). Uma forma de priorizar essas oportunidades é medir o impacto da redução de desperdício no *lead time* médio da família de produtos em análise (DUGGAN, 2012).

A Etapa 3 – Identificação e ranqueamento das fontes de incerteza presentes no fluxo de valor – é realizada através da utilização do método multicritério MAUT (Teoria da Utilidade

Multiatributo, em inglês *Multi Attribute Utility Theory*). A condução de entrevistas semiestruturadas com membros do corpo estratégico e tático da organização estudada permite criar um ranqueamento das fontes de incerteza mais críticas identificadas ao longo do fluxo de valor. Para realizar tal ranqueamento, é utilizada uma ferramenta de suporte à decisão multicritério MAUT para construção da função de utilidades individual para cada alternativa avaliada pelos entrevistados. Keeney e Raiffa (1976) introduziram o conceito de medir a utilidade de cada uma das alternativas disponíveis ao decisor através do MAUT. O foco da teoria é a modelagem das preferências do decisor através da associação de um valor a cada alternativa, produzindo uma ordem de preferência entre as alternativas que seja consistente com os julgamentos de valor do agente de decisão questionado através da entrevista. Nesse sentido, o tomador de decisões atribui pesos w_i , que variam de 0 (nenhuma importância) a 10 (alta importância) seguindo uma escala contínua, aos critérios de desempenho i do fluxo de valor. Tais critérios são baseados no trabalho de Seth e Gupta (2012), sendo eles: *lead time*, tempo de agregação de valor (TAV), número de pontos de programação, tempo de não-agregação de valor (TNAV) e número de pessoas envolvidas no fluxo. Além disso, os decisores devem atribuir uma nota v_{ik} de 1 (fraco) a 3 (forte), seguindo uma escala ordinal, relacionando o impacto que cada fonte de incerteza k impõe a cada critério de desempenho i do fluxo de valor. Assim, o score final de criticidade f_k de cada fonte de incerteza é dado pela Equação (1) (GOMES *et al.*, 2012):

$$f_k = \sum w_i v_{ik} \quad (i=1, \dots, 5) \quad (1)$$

De modo a priorizar as fontes de incerteza mais críticas, os seus respectivos valores de f_k são normalizados e dispostos em ordem decrescente. As fontes cujo valor normalizado seja maior que 1,0 são consideradas extremamente críticas (TORTORELLA; FOGLIATTO, 2013), e, portanto, têm sua variabilidade considerada nas etapas seguintes. A Figura 4 apresenta uma esquematização que auxilia o entendimento do procedimento adotado.

Figura 4 – Esquematização do MAUT elaborado

		Fontes de Incerteza (k)	
Critérios (i)	Peso	Notas	Resultado (F)
		W_i	V_{ik}
Soma			$F_{ik} = \sum W_i * V_{ik}$

k	varia de 1 a 7, porque são 7 fontes de incerteza consideradas		
i	varia de 1 a 5, porque são 5 critérios		
Critérios			
A	Tempo que o produto leva para percorrer todo o fluxo (Lead Time)		
B	Tempo de Agregação de Valor		
C	Número de pontos de programação		
D	Tempo de Não Agregação de Valor		
E	Número de pessoas envolvidas no fluxo de valor		
Notas			
	3,00	Forte	
	2,00	Médio	
	1,00	Fracó	

A Etapa 4 consiste na coleta e análise dos dados, os quais são obtidos diretamente no fluxo de valor da organização de saúde em estudo. Cabe ser destacado que a coleta dos dados relativos às incertezas ocorre em um período de trinta dias, no qual são realizadas tomadas de tempo de processo e aferição de estoque juntamente com os profissionais das áreas. Para cada processo do fluxo e fonte de incerteza elencada na Etapa 3 são identificadas as respectivas distribuições de probabilidade e parâmetros que melhor descrevem os dados coletados. Para tal, os *softwares Oracle Crystal Ball®* e *Microsoft Excel 2015* são usados como ferramentas de suporte. Tais distribuições de probabilidade e seus parâmetros são utilizadas como dado de entrada na Etapa 5.

Na Etapa 5 tem-se a Simulação de Monte Carlo, a qual permite quantificar a variabilidade presente em cenários probabilísticos através do uso de simulação computacional (MIORANDO, 2010; AAMER, 2017; OLDONI, 2017). Nesta etapa, insere-se as distribuições de probabilidades no modelo a ser simulado, possibilitando a análise da variabilidade das principais fontes de incerteza sobre o *lead time*. Dados aleatórios são gerados tendo-se por base as distribuições de probabilidade de cada uma das fontes de incerteza consideradas críticas, extrapolando-se estas observações até dez mil iterações (considerando-se um intervalo de confiança de 95%) (KENTEL; ARAL, 2005). Em seguida, tem-se a análise crítica do estado

atual, a qual é feita com base não somente nas observações do mapa do estado atual, mas também das variabilidades intrínsecas ao fluxo de valor. No que tange a determinação das distribuições de probabilidade para os tempos de processamento utiliza-se o *software* especializado *Oracle Crystal Ball*®. Para conduzir a simulação consideram-se quatro pontos de estoque (representados pela letra s) ao longo do fluxo, os quais são regidos pela Equação (2) a seguir. Nessa equação as letras ca_i e cp_i representam, respectivamente, as capacidades dos processos, obtidas considerando os tempos de processamento coletados para cada processo dentro do fluxo, que acontecem anteriormente ao ponto de acúmulo de estoque (ca_i) e as capacidades dos processos que acontecem posteriormente a esse ponto (cp_i). Para efeitos de simulação considera-se um parâmetro de estoque inicial denotado por s_{0i} . No caso particular do estoque localizado mais à jusante do fluxo de valor, ou seja, próximo das unidades clínicas de consumo, salienta-se que o mesmo é regido pela Equação (3). Nessa Equação (3) a demanda diária por produtos é representada pela letra (d), enquanto que as demais variáveis seguem a mesma nomenclatura da Equação (2).

$$s_i = s_{0i} + ca_i - cp_i \quad (i=1,\dots,3) \quad (2)$$

$$s_i = s_{0i} + ca_i - d \quad (i=4) \quad (3)$$

Ainda na Etapa 5, tendo como base os valores obtidos através da simulação, pode-se calcular o *lead time* total do fluxo analisado. Através da simulação de Monte Carlo torna-se possível verificar qual a probabilidade de um certo valor de *lead time* ser atendido. Esse valor é dado por uma função de densidade acumulada. Para o cálculo do *lead time* total (lt), utiliza-se a Equação (4) apresentada a seguir. Nela são consideradas os tempos de processamento (tp) – convertidos de minutos para dias - de todos os n processos presentes no fluxo (no caso analisado, são quatro processos), bem como para todos j estoques intermediários (s) entre os processos (no caso analisado, são quatro estoques intermediários). O valor de demanda diária (d) é utilizado para converter os valores de unidades de estoque para a unidade dia (uma vez que o *lead time* é usualmente calculado em dias).

$$lt = \sum_{n=1}^4 tp_n + \sum_{j=1}^4 \frac{s_j}{d} \quad (n = 1,\dots, 4); (j = 1,\dots, 4) \quad (4)$$

A Etapa 6 – Mapeamento do estado futuro e elaboração de plano de melhorias – consiste em desenhar o mapa do estado futuro. Projetar o estado futuro permite uma definição clara de oportunidades de melhoria que levam à eliminação de desperdícios (WOMACK; JONES, 1996). Tal eliminação torna-se mais fácil quando os problemas são identificados usando uma

abordagem sistêmica baseada em equipe uma multidisciplinar ao invés de restringir o escopo a um departamento individual ou isolado (LARSON, 2013). A confecção de um mapa de estado futuro é baseada em quatro princípios: (a) aumentar flexibilidade do sistema para permitir uma rápida adaptação às mudanças na demanda; (b) eliminar desperdício; (c) minimizar estoques; e (d) aumentar a eficiência dos fluxos de informação e materiais (ROTHER; SHOOK, 1999). Por fim, com a análise dos resultados do processo elaborava-se um plano de melhorias para serem implantadas ao longo de um horizonte de planejamento anual. Tal plano contém suas metas, atividades e responsáveis claramente definidos.

3.4. RESULTADOS

O presente estudo de caso foi desenvolvido em hospital público, que conta com 222 leitos, e teve como objetivo principal a simulação estocástica do fluxo de nutrição enteral. O foco do estudo esteve voltado para itens específicos ligados ao setor de nutrição e dietas do hospital, uma vez que estes apresentam alto custo (cerca de 10 % dos custos totais do hospital analisado).

A nutrição enteral pode ser definida como:

“todo e qualquer alimento para fins especiais, com ingestão controlada de nutrientes, na forma isolada ou combinada, de composição definida ou estimada, especialmente formulada e elaborada para uso por sondas ou via oral, industrializado ou não, utilizada exclusiva ou parcialmente para substituir ou complementar a alimentação oral em pacientes desnutridos ou não, conforme suas necessidades nutricionais, em regime hospitalar, ambulatorial ou domiciliar, visando à síntese ou manutenção dos tecidos, órgãos ou sistemas.” (Ministério da Saúde, DOU Nº 30, seção 1, página 82, 2000)

Os produtos incluídos nesta família são particularmente difíceis de serem gerenciados, tendo em vista o fato de apresentarem alta perecibilidade. A mesma é composta por sondas, fórmulas infantis e suplementos, e apresenta um total de 37 itens cuja demanda média mensal é de 1.823 unidades. Cabe ser salientado que 7 produtos correspondem a aproximadamente 80% dos custos da família (aproximadamente R\$ 200.000,00/ano). Tais produtos são fornecidos para os mais variados setores do hospital, os quais foram agrupados em duas grandes categorias: pacientes internos (composta pelas unidades de internação médica, cirúrgica, pediátrica, obstétrica, tocoginecológica e unidade de terapia intensiva) e ambulatoriais (composta pela unidade de hemodiálise).

Para a realização do mapeamento do fluxo de valor dessa família, foi composta uma equipe multidisciplinar que incluía profissionais de nutrição, assistentes administrativos, enfermeiros, almoxarifes e profissionais do setor de logística hospitalar. A Tabela 7 mostra em maiores detalhes o perfil dos profissionais que colaboraram com essa pesquisa. Percebe-se que 65% dos colaboradores participantes possuíam um tempo de atuação no hospital superior a cinco anos. Além disso, os cargos são ocupados em sua maioria (92%) por funcionários do gênero feminino. Tendo em vista o setor hospitalar no qual o mapeamento foi conduzido, optou-se por

convidar cinco nutricionistas, correspondendo a 35% dos colaboradores participantes. Não foi requerida experiência prévia com a manufatura enxuta.

Tabela 7 – Perfil demográfico dos colaboradores

Cargo	Gênero	Idade	Experiência com Manufatura Enxuta	Tempo de empresa	Área funcional de atuação
Nutricionista	F	20-35 anos	Nenhuma	10 anos	UTI-NEO, Pediatria
Chefe da unidade de nutrição	F	acima 50 anos	Nenhuma	21 anos	Divisão de Nutrição e Dietética
Enfermeira Chefe	F	20-35 anos	Nenhuma	23 anos	Enfermagem de internação
Assistente em administração	F	20-35 anos	1-5 anos	5 anos	Planejamento de materiais/OPME
Nutricionista	F	20-35 anos	Nenhuma	11 anos	Divisão de Nutrição e Dietética
Auxiliar de nutrição	F	acima 50 anos	Nenhuma	3,5 anos	Divisão de Nutrição e Dietética
Enfermeira	F	35-50 anos	Nenhuma	15 anos	Pediatria
Gerente Administrativo	F	acima 50 anos	Nenhuma	38 anos	Gerência Administrativa
Enfermeira	F	35-50 anos	Nenhuma	8 anos	Planejamento de Materiais
Assistente em administração	F	20-35 anos	Nenhuma	3 anos	Administração Hospitalar
Nutricionista	F	acima 50 anos	Nenhuma	15 anos	Unidade de Nutrição Clínica
Nutricionista	F	20-35 anos	Nenhuma	2 anos	Divisão de Nutrição e Dietética
Armazenista	M	35-50 anos	Nenhuma	3 anos	Divisão de Nutrição e Dietética
Chefe divisão logística e infraestrutura	F	35-50 anos	0-1 ano	8 anos	Gerência Administrativa

As reuniões voltadas para o mapeamento do estado atual dessa família foram realizadas no período de Março a Maio de 2018 e tinham duração média de 2 horas. Durante esse período, cinco reuniões foram conduzidas para que houvesse um entendimento completo do fluxo de valor abordado. A abrangência do mapeamento considerou todos os processos e atividades necessárias desde o momento em que o produto é armazenado no almoxarifado do hospital até a ocasião na qual é consumido pelos pacientes. Dentre os resultados do mapa para o estado atual (desenhado deterministicamente), observa-se que o *lead time* total do processo, ficou em aproximadamente 30 dias (27,7 dias), como mostra a Figura 5. O tempo de processamento total variou entre 180 (cenário de operação otimista) e 305 minutos (cenário pessimista), correspondendo a 0,45% e 0,32% de tempo de agregação de valor (TVA), respectivamente.

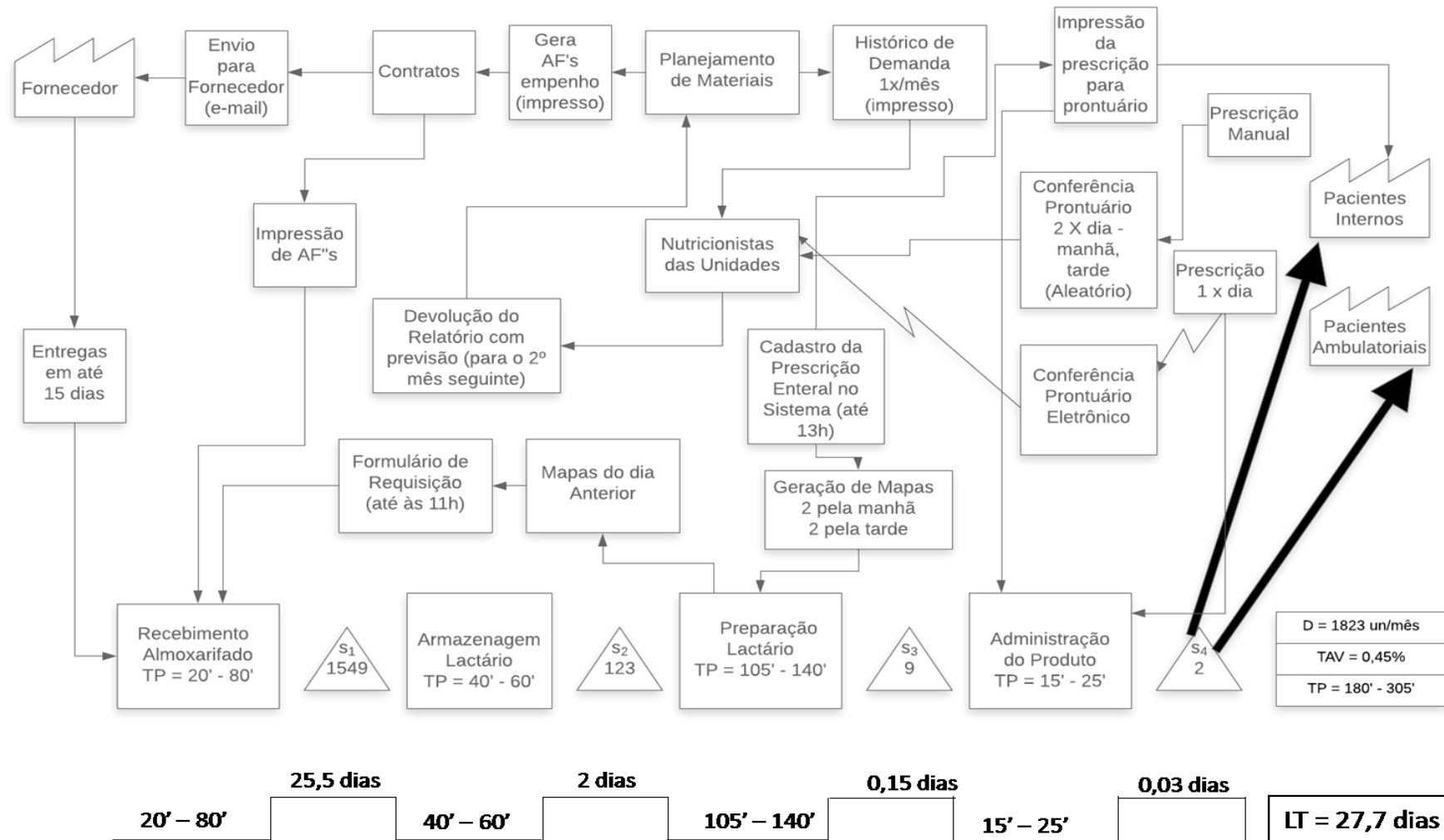
No que tange o fluxo de informações do estado atual, evidenciou-se conturbações e ausência de procedimentos padronizados para comunicação entre as partes envolvidas. Isto pode ser observado, por exemplo, a partir da existência de cinco modos diferentes de se obter as informações de demanda dos produtos: (i) prescrição médica através de formulário impresso, (ii) prescrição médica através de formulário eletrônico, (iii) prescrição das nutricionistas através de formulário impresso, (iv) prescrição das nutricionistas através de formulário eletrônico, e (v)

pedidos emergenciais de preparação via telefonemas ou e-mails. Isso acarreta em duplicidade de informações, exigindo esforços de conferência e consolidação. Além disso, cinco pontos de programação no fluxo de valor foram identificados, sendo as trocas de informações realizadas por meios aleatórios e diversos. Em consequência, há potencial falta de informações gerando perdas de eficiência e eficácia nos processos voltados ao fluxo de materiais.

No que se refere ao fluxo de materiais, constatou-se que os setores envolvidos no estudo não possuem uma política clara para a gestão de seus estoques. A necessidade de pedidos de produtos é baseada na experiência dos funcionários do setor; nem sempre sendo realizada de maneira satisfatória. Existem quatro estoques intermediários entre setores do hospital, nos quais são armazenados os produtos. Tais estoques são controlados de forma precária, não permitindo a rastreabilidade das dietas ao longo do fluxo de valor. Outras deficiências importantes são a falta de um sistema visual para informar sobre o andamento dos processos.

Algumas características do setor de preparação de dietas que inserem variabilidades ao fluxo de valor a serem destacadas estão relacionadas com a rotatividade das lactaristas terceirizadas. Tais profissionais trabalham em dois turnos de trabalho que não apresentam um correto dimensionamento do número de trabalhadoras necessárias para o correto atendimento da demanda. A rotatividade implica em novos treinamentos o que acarreta em variabilidades nos tempos de processamento de preparação de dietas, visto que funcionárias novatas não apresentam o mesmo desempenho.

Figura 5 – Mapa de fluxo de valor para o estado atual analisado



3.4.1 Ranqueamento das principais fontes de incerteza

Nesta etapa, entrevistas semiestruturadas foram conduzidas com três lideranças do comitê diretivo do hospital. Uma delas fazia parte da gerência administrativa hospitalar, outra delas era chefe do setor de nutrição e dietética e, a terceira era chefe do setor de nutrição neonatal. Tais lideranças foram escolhidas segundo suas vastas experiências com o fluxo de valor analisado. Cabe ressaltar que os níveis de experiência eram de 38 anos, 18 anos e 11 anos, respectivamente. As entrevistas foram realizadas individualmente no mês de setembro do ano de 2019 e tinham duração de vinte minutos. Durante as entrevistas as entrevistadas preencheram uma planilha de Excel na qual elas inseriam os pesos e notas referentes à aplicação do MAUT. Após o preenchimento as três planilhas foram consolidadas em uma só.

A Tabela 8 apresenta os resultados consolidados, na qual pode-se notar que, segundo a avaliação das respondentes, as fontes de incerteza mais críticas ao fluxo foram a demanda e o tempo de processamento. Observa-se também o índice de diferenciação calculado para reforçar o nível de criticidade de tais fontes de incerteza, valores maiores do que 1,0 indicam maior nível. Tal resultado será utilizado como balizamento para a realização da simulação estocástica a ser desenvolvida na próxima seção. Atenção especial será empregada à análise das distribuições de probabilidade dessas duas fontes de incerteza.

De modo geral, observou-se que as respondentes atribuíram maior peso ao critério de desempenho “*lead time total*”, que apresentou o peso máximo de 10 pontos. Além disso, nota-se que esse critério possui um nível de relacionamento alto (66,67) com as fontes de incerteza demanda e tempo de processamento. Tal fato já era previamente esperado pelos pesquisadores, uma vez que é sabido por eles que as principais fontes de incerteza do fluxo de valor de nutrição enteral são provenientes da dificuldade em prever a demanda de maneira assertiva. Ainda cabe ser salientado que a os tempos de processamento são uma fonte de incerteza importante, a qual é influenciada, por exemplo, por dificuldades relacionadas a rotatividade de funcionários, notadamente os terceirizados.

Tabela 8 – Método MAUT

Critérios	Peso	%	Demanda		Lead Time de Entrega Fornecedor		Qualidade do Produto		Tempo de Processamento		Desastres Naturais		Infraestrutura		Políticas Governamentais	
			Notas	Resultado	Notas	Resultado	Notas	Resultado	Notas	Resultado	Notas	Resultado	Notas	Resultado	Notas	Resultado
A	10,00	22,22	3,00	66,67	3,00	66,67	2,33	51,78	3,00	66,67	2,33	51,78	2,67	59,33	2,33	51,78
B	9,50	21,11	2,33	49,19	1,33	28,08	2,33	49,19	2,00	42,22	2,67	56,37	2,00	42,22	2,00	42,22
C	9,00	20,00	2,33	46,60	1,00	20,00	1,33	26,60	1,33	26,60	1,00	20,00	1,33	26,60	1,33	26,60
D	8,50	18,89	1,67	31,54	1,33	25,12	1,00	18,89	2,00	37,78	2,00	37,78	2,00	37,78	2,00	37,78
E	8,00	17,78	1,67	29,69	1,33	23,64	1,00	17,78	2,67	47,47	1,33	23,64	1,00	17,78	1,33	23,64
Soma	45,00	100,00		223,69		163,51		164,23		220,73		189,57		183,71		182,02
Índice de Diferenciação				1,51		-1,16		-1,12		1,38		-0,002		-0,26		-0,34

3.4.2 Simulação de Monte Carlo

Para efeitos de condução da Simulação de Monte Carlo foram consideradas as fontes de incertezas determinadas através do ranqueamento multicritério estabelecido segundo a opinião de três especialistas do fluxo analisado. A coleta dos dados relativos à demanda e aos tempos de processamento ocorreu em um período de trinta dias, no qual foram realizadas tomadas de tempo e análises de dados de demanda dos mapas de dietas enterais. Cabe ser salientado que foram coletados dados de tempo de processamento de todos os processos presentes no fluxo de valor abordado. Com base nesses dados, foram geradas distribuições de probabilidade para os tempos de processamento e de demanda diária dos pacientes (ver Apêndice A) as quais são apresentadas na Tabela 9. Tais tempos de processamento foram então extrapolados em 10 mil dados aleatórios gerados com base nos parâmetros de distribuição de probabilidade correspondentes (KENTEL; ARAL, 2005). De posse dos dados aleatórios pode-se calcular as capacidades de processamento (que são diretamente obtidos dividindo o tempo disponível diariamente pelo tempo gasto no processamento de cada unidade de dieta). Em seguida os valores acerca dos quatro estoques existentes entre os processos foram calculados utilizando as Equações (2) e (3). Os valores para os estoques iniciais considerados em cada ponto podem ser observados na Figura 5.

Através do cálculo do coeficiente de variação foi possível realizar uma análise crítica da variabilidade imposta ao fluxo de valor pelos diferentes processos mapeados. Os resultados para tal coeficiente mostram que o processo de Armazenagem no Lactário é o que insere maior variabilidade ao fluxo de valor, 36,36%. Contudo, essa variação não se mostra muito distante de outros processos realizados ao longo do fluxo de valor de nutrição enteral. Assim não se pode negligenciar nenhum deles em trabalhos de melhoria que visem reduzir variabilidades. É curioso notar que apesar de o processo de Preparação no Lactário ser o que apresenta maior média de tempo de processamento, não é ele o que apresenta maior variabilidade ao fluxo (coeficiente de variação de 29,46%). Assim sendo, em uma análise puramente tradicional do fluxo de valor, os gestores poderiam focar seus esforços para a redução dos tempos de processamento do mesmo, descuidando da variabilidade imposta pelo processo de Armazenagem no Lactário.

No caso particular do coeficiente de variação para a demanda diária dos pacientes observou-se um valor de 24,01%, sendo relevante na inserção de variabilidade ao fluxo. De modo geral, esse comportamento já era perfeitamente previsto pelos gestores. Tal variabilidade era esperada, pois há grande dificuldade em realizar previsões acuradas da entrada de pacientes nos setores atendidos pelo setor de nutrição e dietética do hospital estudado.

Tabela 9 – Parâmetros das distribuições de probabilidade das fontes de incerteza

Processos	Recebimento Almojarifado	Armazenagem Lactário	Preparação Lactário	Administração do Produto	Demanda Diária Pacientes
Tipo	Logística	Lognormal	Lognormal	Lognormal	Beta
Parâmetros	(horas)	(horas)	(horas)	(horas)	(unidades)
Local	0,21	0,31	0,00	0,08	-
Média	0,87	0,44	1,12	0,19	43,44
Desvio Padrão	0,28	0,16	0,33	0,05	10,43
Máximo	-	-	-	-	67,46
Mínimo	-	-	-	-	17,57
Alfa	-	-	-	-	2,61
Beta	-	-	-	-	2,42
Coefficiente de Variação	32,18%	36,36%	29,46%	26,31%	24,01%

*Nota: Células com (-) são para parâmetros não calculados pelo *software*.

No que tange a análise de variabilidade do estoque no Almojarifado (s_1) (ver Apêndice B), pode-se observar que após a simulação apresentou uma oscilação de no mínimo 287 unidades e de no máximo 1.877. Além disso, apresentou um valor de média igual a 975 unidades e de desvio padrão igual a 282 unidades. Calculando o coeficiente de variação para esse estoque chega-se ao valor de 28,92%. Tal ponto certamente não seria visto em uma análise de fluxo de valor feita de forma usual. Desse modo, ao analisar de um ponto de vista estocástico, é possível observar que o maior estoque apresenta maior variabilidade e, portanto, devem ser adotadas medidas para mitigação do seu impacto ao *lead time* total do fluxo de valor abordado.

Da mesma forma foi conduzida a simulação para o estoque entre a Armazenagem e a Preparação no Lactário (s_2). Percebeu-se que a variação desse estoque ficou entre um valor mínimo de 67 unidades e um valor máximo de 257 unidades, com média igual a 149 unidades e desvio padrão igual a 27 unidades. O coeficiente de variação ficou em 18,12% para esse estoque. Os processos de preparação das dietas são os que geram maior variabilidade para esse estoque em particular. Isso porque muitas vezes as poucas funcionárias alocadas nessa área precisam preparar um grande volume de produtos. Além disso, tal variabilidade pode acontecer por outros motivos, não só pela forma como os pedidos são realizados, mas também pelo nível de experiência das funcionárias, a quantidade a ser entregue às unidades em cada pedido e a falta de padrões de preparo. Novamente, tal ponto seria dificilmente observado em um mapeamento determinístico.

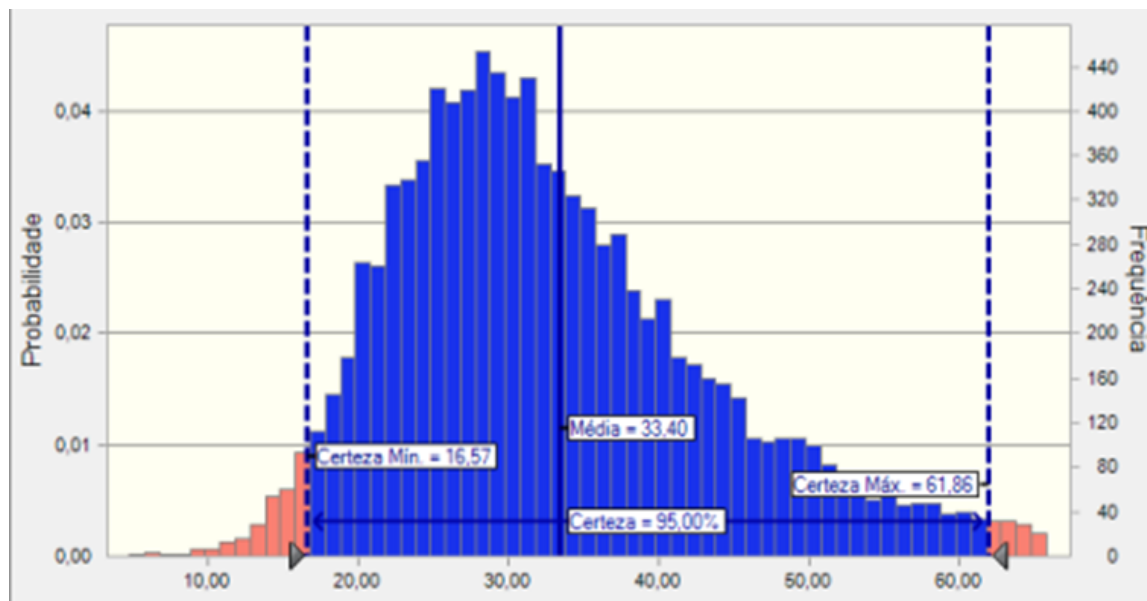
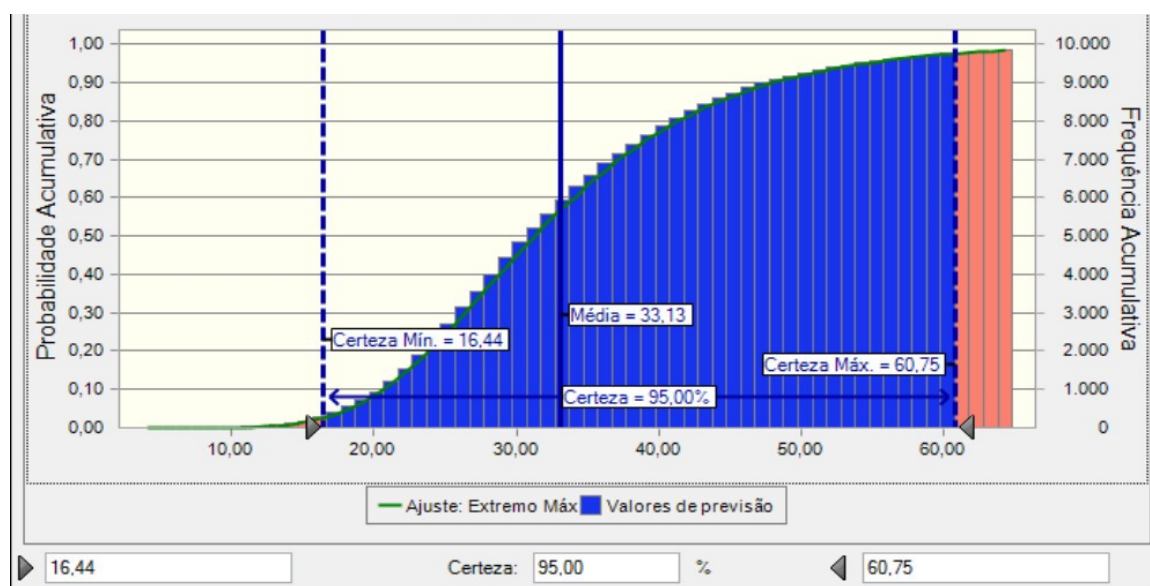
No que diz respeito ao estoque entre a Preparação no Lactário e Administração do Produto (s_3) observou-se valores de máximo e mínimo de 98 e 35 unidades, respectivamente. A média foi de 74 unidades, enquanto que o desvio padrão calculado foi de 7 unidades, culminando em

um coeficiente de variação de 9,46%. Já para o estoque nas unidades de consumo (s_4) notou-se uma oscilação máxima de 277 unidades e mínima de 81 unidades. A média e o desvio padrão foram de 169 e 4, respectivamente. A partir disso, foi possível calcular o coeficiente de variação para esse estoque, o qual ficou em 2,37%, sendo esse o estoque com menor nível de variação no fluxo de valor mapeado. De modo geral, essa baixa variação se deve ao fato de esse estoque estar localizado mais próximo das unidades de consumo das dietas, permitindo um satisfatório gerenciamento do mesmo. A Tabela 10 consolida os valores encontrados para os quatro estoques considerados.

Tabela 10 – Análise da variação dos estoques

Estoque	s_1	s_2	s_3	s_4
Valor Inicial (s_0)	1.549	123	9	2
Média	975	149	74	169
Desvio Padrão	282	27	7	4
Mínimo	287	67	35	81
Máximo	1.877	257	98	277
Coeficiente de Variação	28,92%	18,12%	9,46%	2,37%

Finalizando a análise, foram obtidos os valores para o *lead time* total do fluxo de valor, o que permitiu estabelecer sua distribuição de probabilidade, apresentada na Figura 6. Além disso, para analisar o *lead time* total do fluxo de valor estudado construiu-se o histograma apresentado na Figura 7. Nele é possível perceber que a probabilidade de atender o *lead time* de 27,7 dias (obtido através da abordagem determinística) é cerca de 47%, o que corrobora para a afirmação de que a abordagem determinística representa uma condição pouco provável do fluxo de valor (BRAGLIA *et al.*, 2009). Outro ponto de destaque é que para uma probabilidade de atendimento de 99%, o *lead time* total do processo é 114% (59,28 dias) maior que o obtido na abordagem determinística.

Figura 6 – Resultado da simulação para o *lead time* total (*lt*)Figura 7 – Resultado da função de probabilidade acumulada para o *lead time* total (*lt*)

3.4.3 Mapeamento do estado futuro

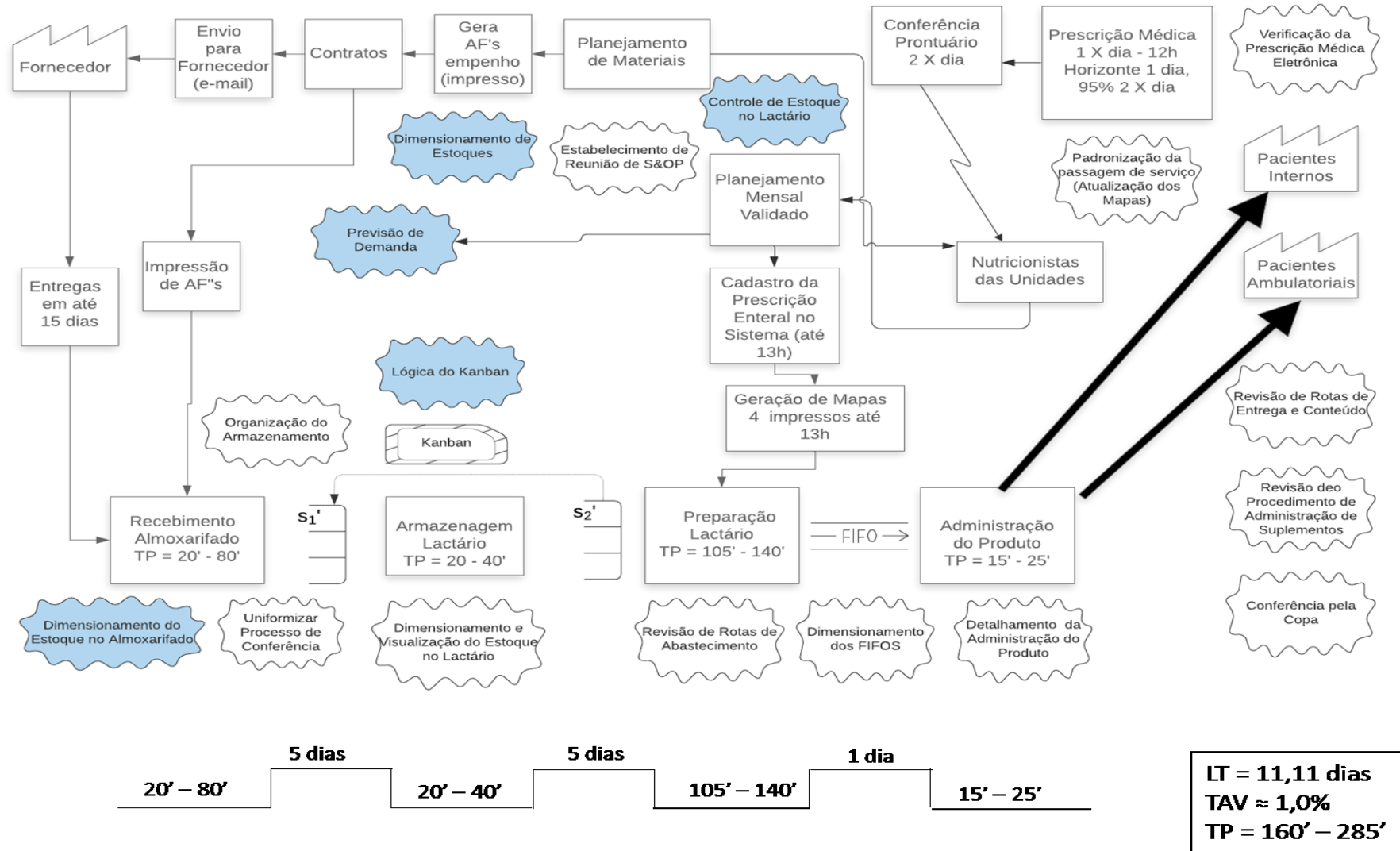
Dando prosseguimento à análise de fluxo de valor a mesma equipe envolvida na confecção do mapa de estado atual auxiliou na elaboração do mapa de estado futuro. As reuniões voltadas para tal mapeamento da família foram realizadas no mês de Novembro de 2018 e tinham duração média de 2 horas. Durante esse período, quatro reuniões foram conduzidas para que os membros pudessem sugerir melhorias no fluxo de valor dentro de uma perspectiva enxuta. Além disso, a análise estocástica, contribuiu para identificar outras oportunidades de melhoria.

Primeiramente, foram identificadas onze oportunidades de melhorias, referentes ao fluxo de materiais, tais como uniformização do processo de conferência no almoxarifado,

organização do processo de armazenamento, dimensionamento do estoque na despensa, dimensionamento e visualização do estoque no lactário, revisão de rotas de entrega de dietas, implantação de um sistema FIFO (*first in first out*) entre a despensa e as unidades de internação, detalhamento da administração de produtos, revisão dos procedimentos de administração de suplementos, implantação de um procedimento de conferência pela copa e de uma sistemática para definir pontos de pedido, revisão de rotas de entrega para pacientes ambulatoriais e implantação da lógica *kanban* entre o almoxarifado e a despensa. Tais melhorias estão representadas na Figura 8 na forma de eventos *kaizen*. Em azul estão representadas aquelas que surgiram diretamente da análise estocástica do fluxo de valor. De modo geral, essas melhorias buscam auxiliar no correto gerenciamento dos estoques com a elaboração de uma sistemática para manejo adequado dos mesmos, de modo que produtos com maior prazo de validade não sejam utilizados em detrimento daqueles com prazo menor. Além disso, com uma maior uniformização dos processos no almoxarifado pode-se otimizar o processamento das requisições de material recebidas do setor de nutrição e dietética reduzindo eventuais erros na entrega de dietas aos pacientes.

No que tange o fluxo de informações, consolidaram-se seis potenciais melhorias, tais como o estabelecimento de uma reunião de S&OP (do inglês *Sales and Operations Planning*), implantação de um sistema de previsão de demanda, dimensionamento de estoques, sistema para controle de estoque no lactário, padronização das passagens de serviço e das atualizações nos mapas de dietas, padronização das prescrições médicas eletrônicas. Com relação a tais melhorias a serem exercidas no fluxo de informação salienta-se que buscam, principalmente, a eliminação de variabilidades e ausência de procedimentos padronizados para comunicação entre as partes envolvidas. Para os membros envolvidos no mapeamento do estado atual ficou evidente a necessidade de buscar uma maior sinergia entre os funcionários responsáveis por esse fluxo. Isso porque acontece, por exemplo, a disseminação de dados de demanda dos produtos de forma equivocada entre os setores que compõem o fluxo de informação. Além disso, não há um sistema consolidado para realizar previsões de demanda de forma assertiva. Tal fato foi perfeitamente verificado através da análise estocástica do fluxo de valor, por isso seu evento *kaizen* está apresentado na cor azul na Figura 8. De modo geral, as previsões de demanda são feitas apenas através de experiências passadas dos funcionários envolvidos. Finalmente, foi elaborado um plano de ação definindo prazos e responsáveis pela implementação das melhorias definidas, tanto no fluxo de materiais quanto no de informações. Essas melhorias devem ser adotadas ao fluxo de valor ao longo do ano de 2020.

Figura 8 – Mapa de fluxo de valor para o estado futuro



3.5. CONCLUSÃO

Dada a necessidade de tratamentos médicos mais seguros, eficientes e de qualidade, os gerentes e lideranças das organizações de saúde utilizam os princípios e práticas provenientes de sistemas de produção enxuta como uma maneira de aumentar a produtividade a partir da identificação e eliminação de desperdícios. No entanto, nos serviços de saúde tal como na indústria manufatureira, é preciso adaptar as práticas enxutas às especificidades de cada serviço. Dessa forma, as organizações precisam rever como os métodos e práticas podem ser utilizados e adaptados ao contexto sob investigação.

Este artigo teve por objetivo propor um método para análise do fluxo de valor considerando a natureza estocástica de seus elementos. Tal proposição pode ser observada através da condução de um estudo de caso em uma organização de saúde, mais especificamente no setor de nutrição e dietas, o qual está iniciando seus esforços na implementação enxuta. O método proposto utiliza-se da simulação de Monte Carlo para geração dos dados utilizados na análise estocástica do fluxo de valor. Além disso, propôs-se também um ranqueamento das fontes de incerteza mais críticas, do ponto de vista dos gestores, em relação ao impacto que inserem no fluxo de valor abordado.

Duas contribuições importantes destacam-se a partir dos resultados deste trabalho. A primeira, de ordem prática, consiste na condução de um mapeamento de fluxo de valor em um setor de nutrição e dietética de um hospital público. Tal estudo de caso, aplicado nesse contexto, permite evidenciar as principais particularidades de um fluxo de valor desse tipo, contribuindo para identificar possíveis abordagens diferenciadas a serem empregadas em tais organizações. Isso porque tais ambientes de saúde ainda são pouco afeitos com a adoção de práticas enxutas, exigindo maior engajamento do pesquisador com os funcionários. No caso particular do setor de nutrição e dietética, a análise estocástica do *lead time* total do fluxo de valor analisado permite que os principais gerentes possam prever com maior assertividade o tempo que uma determinada dieta permanece no fluxo. Isso é particularmente importante em situações em que o nutricionista precisa inserir um novo tipo de produto destinado ao tratamento dos pacientes, já que ele pode prever o tempo que será necessário para que ele chegue à unidade de internação desejada. Além disso, há uma relevante contribuição prática no que diz respeito à substituição de dietas específicas (sondas, suplementos e fórmulas infantis) que precisem ser descontinuadas por solicitação médica ou das nutricionistas.

A contribuição de caráter teórico, compreende a proposição de um método de análise de fluxo de valor que busca sanar um dos principais problemas existentes dos mapeamentos de fluxo de valor tradicionais, que é o de trabalhar apenas com dados determinísticos. Tal fato acarreta em potenciais prejuízos ao perfeito entendimento do comportamento do fluxo

estudado, o qual sofre perturbações que inserem comportamentos não previstos de antemão. Assim, os gestores do fluxo podem direcionar seus esforços na identificação das fontes de incerteza que juguem trazer maior impacto no *lead time* total do fluxo de valor que estejam estudando.

Cabe destacar algumas limitações do estudo apresentado. Primeiramente, a aplicação desta metodologia ocorre em uma organização de saúde e seus resultados devem ser utilizados com cautela em outros contextos organizacionais. Além disso, apesar de apresentar um ranqueamento para as fontes de incerteza consideradas mais críticas pelos gestores, acaba sendo dependente da percepção dos funcionários envolvidos nas entrevistas conduzidas. Tal limitação pode gerar resultados incompatíveis em outros contextos, uma vez que o nível de entendimento e sensibilidade às fontes de incerteza existentes podem variar de acordo com a organização. Outra limitação está relacionada a utilização da simulação de Monte Carlo para considerar as incertezas e variabilidades do fluxo de valor. Cabe ser salientado que outros métodos poderiam ter resultados similares ou complementares e não foram abordados neste trabalho. Com relação à coleta de dados, foi utilizado um histórico de trinta dias, o que faz com que a análise esteja restrita a esses dados. Não foram avaliados anos anteriores e nem consideradas previsões futuras.

Como sugestão de pesquisas futuras, sugere-se a aplicação do método proposto em diferentes cenários. Desse modo, pode-se abranger os limites do método para outros contextos de estudo. Além disso, sugere-se a utilização de outros métodos de simulação complementares ao de Monte Carlo para trabalhar com as incertezas presentes no fluxo de valor. Outra sugestão seria a confecção de modelos mais robustos para simulação dos fluxos de valor. Poderia ser considerado, por exemplo, o impacto que uma fonte de incerteza insere em uma outra.

REFERÊNCIAS

AAMER, A. M. Distribution Center capacity analysis in stochastic environment: An application of value stream analysis and Monte Carlo simulation. **IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)**, p. 1396-1400, 2017.

ABDELHADI, A.; SHAKOOR, M. Studying the efficiency of inpatient and outpatient pharmacies using lean manufacturing. **Leadership in Health Services**, v. 27, n. 3, p. 255-267, 2014.

ABDO, H.; FLAUS, J. M. Uncertainty quantification in dynamic system risk assessment: a new approach with randomness and fuzzy theory. **International Journal of Production Research**, v. 54, n. 19, p. 5862-5885, 2016.

ABDULMALEK, F.; RAJGOPAL, J. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: a process sector case study, **International Journal of Production Economics**, v. 107, n. 1, p. 223-236, 2007.

AL-OTHMAN, W. B.; LABABIDI, H. M.; ALATIQUI, I. M.; AL-SHAYJI, K. Supply chain optimization of petroleum organization under uncertainty in market demands and prices. **European Journal of Operational Research**, v. 189, n. 3, p. 822-840, 2008.

ALSHAMRANI, O.; ALSHIBANI, A.; ALOGAILI, M. Analytic hierarchy process and multi attribute utility theory based approach for the selection of lighting systems in residential buildings: a case study. **Buildings**, v. 8, n. 6, p. 73, 2018.

AQLAN, F.; AHMED, A.; ASHOUR, O.; SHAMSAN, A.; HAMASHA, M. M. An approach for rush order acceptance decisions using simulation and multi-attribute utility theory. **European Journal of Industrial Engineering**, v. 11, n. 5, p. 613-630, 2017.

ARNOLD, U.; YILDIZ, Ö. Economic risk analysis of decentralized renewable energy infrastructures—A Monte Carlo Simulation approach. **Renewable Energy**, v. 77, p. 227-239, 2015.

AZIZ, Z.; QASIM, R. M.; WAJDI, S. Improving productivity of road surfacing operations using value stream mapping and discrete event simulation. **Construction Innovation**, v. 17, n. 3, p. 294-323, 2017.

BADRI, H.; GHOMI, S. F.; HEJAZI, T. H. A two-stage stochastic programming model for value-based supply chain network design. **Scientia Iranica Transaction E: Industrial Engineering**, v. 23, n. 1, p. 348-360, 2016.

BADRI, H.; GHOMI, S. F.; HEJAZI, T. H. A two-stage stochastic programming approach for value-based closed-loop supply chain network design. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 105, p.1-17, 2017.

BASU, P.; DAN, P. K. Capacity augmentation with VSM methodology for lean manufacturing. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 3, p. 279-292, 2014.

BEHROUZI, F.; WONG, K. Y. An integrated stochastic-fuzzy modeling approach for supply chain leanness evaluation. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 68, n. 5-8, p. 1677-1696, 2013.

BELOKAR, R. M.; KUMAR, V.; KHARB, S. An application of value stream mapping in automotive industry: a case study. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering**, v. 1, n. 2, p. 152-157, 2012.

BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M.; ZAMMORI, F. Uncertainty in value stream mapping analysis. **International Journal of Logistics: Research and Applications**, v.12, n. 6, p. 435-453, 2009.

CORRAR, L. J.; THEOPHILO, C. R. Pesquisa Operacional: para decisão em contabilidade e administração – contabiliometria. São Paulo: **Atlas**, 2004.

DEIF, A. M. Dynamic analysis of a lean cell under uncertainty. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 4, p. 1127-1139, 2012.

- DELERIS, L. A.; ELKINS, D.; PATÉ-CORNELL, M. E. Analyzing losses from hazard exposure: a conservative probabilistic estimate using supply chain risk simulation. **In Proceedings of the 36th conference on Winter simulation**, Winter Simulation Conference, p. 1384-1391, 2004.
- DE SOUZA, L. B.; TORTORELLA, G. L.; CAUCHICK-MIGUEL, P. A.; NASCIMENTO, D. Application of Value Stream Mapping and Monte Carlo Simulation in a University Hospital. **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Paris**, July 26-27, 2018.
- DICKSON, E. W.; SINGH, S.; CHEUNG, D. S.; WYATT, C. C.; NUGENT; A. S. Application of lean manufacturing techniques in the emergency department. **The Journal of emergency medicine**, v. 37, p. 177-182, 2009.
- DOTOLI, M.; FANTI, M. P.; IACOBELLIS, G.; ROTUNNO, G. A lean manufacturing strategy using value stream mapping, the unified modeling language, and discrete event simulation. **IEEE International Conference on Automation Science and Engineering**, p. 668-673, 2012.
- DUGGAN, K. J. Creating mixed model value streams: practical lean techniques for building to demand, **Productivity Press**, 2012.
- GENTLE, J. E. Random number generation and Monte Carlo methods. 2nd ed. New York: **Springer**, 2003.
- GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. Tomada de Decisão Gerencial: o Enfoque Multicritério. Rio de Janeiro: **Atlas**, 2012.
- GURUMURTHY, A.; KODALI, R. Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation: a case study. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 22, n. 4, p. 444-473, 2011.
- HASLE, P.; NIELSEN, A. P.; EDWARDS, K. Application of lean manufacturing in hospital: the need to consider maturity, complexity, and the value concept. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries**, v. 26, n. 4, p. 430-442, 2016.
- KARIM, R.; BISWAS, J. Value stream analysis of vegetable supply chain in Bangladesh: a case study. **International Journal of Managing Value and Supply Chains**, v. 7, n. 2, p. 41-61, 2016.
- KAILIPONI, P. Analyzing evacuation decisions using multi-attribute utility theory (MAUT). **Procedia Engineering**, v. 1, n. 3, p. 163-74, 2010.
- KEENEY, R.L.; RAIFFA, H. Decisions with Multiple Objectives: Preference and Value Tradeoffs. **John Wiley & Sons**, New York. 1976.
- KENNE, J. P.; DEJAX, P.; GHARBI, A. Production planning of a hybrid manufacturing-remanufacturing system under uncertainty within a closed-loop supply chain. **International Journal of Production Economics**, v. 135, n.1, p. 81-93, 2012.

- KENTEL, E.; ARAL, M. M. 2D Monte Carlo versus 2D Fuzzy Monte Carlo health risk assessment. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 19, n. 1, p. 86–96, 2005.
- KOVAČEVIĆ, M. S.; BAČIĆ, M.; STIPANOVIĆ, I.; GAVIN, K. Categorization of the condition of railway embankments using a multi-attribute utility theory. **Applied Sciences**, v. 9, n. 23, p. 5089, 2019.
- KRAMER, C. K.; YE, C.; CAMPBELL, S.; RETNAKARAN, R. Comparison of new glucose-lowering drugs on risk of heart failure in type 2 diabetes: a network meta-analysis. **JACC: Heart Failure**, v. 6, n. 10, p. 823-830, 2018.
- KUMAR, A.; OZDAMAR, L.; NING ZHANG, C. Supply chain redesign in the healthcare industry of Singapore. **Supply Chain Management: An International Journal**, v.13, n.2, p. 95-103, 2008.
- KUMAR, A.; RAHMAN, S. RFID-enabled process reengineering of closed-loop supply chains in the healthcare industry of Singapore. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 382-394, 2014.
- LARSON, J. A. Management engineering: a guide to best practices for industrial engineering in health care. **CRC Press**, 2013.
- LIM, J.; NORMAN, B. A.; RAJGOPAL, J. Process Redesign and Simplified Policies for More Effective Vaccine Inventory Management. **Engineering Management Journal**, v.29, n.1, p. 17-25, 2017.
- LIU, M. Optimal scheduling of logistical support for medical resources order and shipment in community health service centers. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 8, n. 5, p. 1362, 2015.
- MAHFOUZ, A.; CROWE, J.; ARISHA, A. Integrating current state and future state value stream mapping with discrete event simulation: a lean distribution case study. **The Third International Conference on Advances in System Simulation**, p. 161-168, 2011.
- MCMANUS, H.; MILLARD, R. Value stream analysis and mapping for product development, **MIT and International Council for aeronautical Sciences**, 2002.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Regulamento Técnico para o funcionamento dos serviços de diálise e as normas para cadastramento destes junto ao Sistema Único de Saúde, DOU Nº 30, seção 1, PORTARIA Nº 82, DE 03 DE JANEIRO DE 2000.
- MIORANDO, R. Modelo econômico-probabilístico de análise de risco em projetos de TI. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia, 2010.
- MOTA, B.; GOMES, M. I.; CARVALHO, A.; BARBOSA-POVOA, A. P. Sustainable supply chains: an integrated modeling approach under uncertainty. **Omega**, v. 77, n. 32/57, 2018.
- OLDONI, V. P. Modelo Econômico-Probabilístico para Seleção e Priorização de Projeto de Produção Enxuta. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia, 2017.

- PUJAWAN, N.; ARIEF, M. M.; TIAHJONO, B.; KRITCHANCHAI, D. An integrated shipment planning and storage capacity decision under uncertainty: A simulation study. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 45, n. 9/10, p. 913-937, 2015.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a enxergar. 1.ed. **Lean Institute Brasil**, São Paulo, 1999.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. **Lean Institute Brasil**, São Paulo, 2003.
- SETH, D.; GUPTA, V. Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study. **Production Planning & Control**, n. October, p. 37-41, 2012.
- SEYEDHOSSEINI, S. M.; EBRAHIMI-TALEGHANI, A. A stochastic analysis approach on the cost-time profile for selecting the best future state map. **The South African Journal of Industrial Engineering**, v. 26, n. 1, p. 267-291, 2015.
- SHAHPARVARI, S.; CHHETRI, P.; CHAN, C.; ASEFI, H. Modular recycling supply chain under uncertainty: a robust optimisation approach. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 96, n. 1-4, p. 915-934, 2018.
- SOLDING, P.; GULLANDER, P. Concepts for simulation based value stream mapping. **Winter Simulation Conference**. p. 2231-2237, 2009.
- SONG, G., Li, Z.; YANG, Y.; SEMAKULA, H. M.; ZHANG, S. Assessment of ecological vulnerability and decision-making application for prioritizing roadside ecological restoration: A method combining geographic information system, Delphi survey and Monte Carlo simulation. **Ecological Indicators**, v. 52, p. 57-65, 2015.
- STANDRIDGE, C., MARVEL, J. Why Lean Needs Simulation, **Winter Simulation Conference**, p. 1907-1913, 2006.
- SWALLMEH, E.; TOBAIL, A.; ABO-HAMAD, W.; GRAY, J.; ARISHA, A. Integrating simulation modelling and value stream mapping for leaner capacity planning of an emergency department, **Sixth International Conference on Advances in System Simulation**, 2014.
- TYAGI, S.; CHOUDHARY, A.; CAI, X.; YANG, K. Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. **International Journal of Production Economics**, v. 160, p. 202-212, 2015.
- TORTORELLA, G. L.; FOGLIATTO, F. S. Assessment of organizational maturity for lean change. **Sistemas & Gestão**, v. 8, n. 4, p. 444-451, 2013.
- TORTORELLA, G. L.; FOGLIATTO, F. S.; ANZANELLO, M.; MARODIN, G. A.; GARCIA, M.; REIS ESTEVES, R. Making the value flow: application of value stream mapping in a Brazilian public healthcare organisation. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 28, n. 13-14, p. 1544-1558, 2017.
- VELASQUEZ, M.; HESTER, P. T. An analysis of multi-criteria decision making methods. **International Journal of Operations Research**, v. 10, n. 2, p. 56-66, 2013.

VILLARREAL, B.; GARZA-REYES, J. A.; KUMAR, V. A lean thinking and simulation-based approach for the improvement of routing operations. **Industrial Management & Data Systems**, v. 116, n. 5, p. 903-925, 2016.

VINODH, S.; ARVIND, K. R.; SOMANAATHAN, M. Tools and techniques for enabling sustainability through lean initiatives. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 13, n. 3, p. 469-479, 2011.

VRUGT, J. A.; TER BRAAK, C. J.; DIKS, C. G.; SCHOUPS, G. Hydrologic data assimilation using particle Markov chain Monte Carlo simulation: Theory, concepts and applications. **Advances in Water Resources**, v. 51, p. 457-478, 2013.

WANG, T. K.; CHAN, F. T. S; YANG, T. The integration of group technology and simulation optimization to solve the flow shop with highly variable cycle time process: a surgery-scheduling case study. **Mathematical problems in engineering**, 2014.

WANG, T. K.; YANG, T.; YANG; C.-Y.; CHAN, F. T. S. Lean principles and simulation optimization for emergency department layout design. **Industrial Management & Data Systems**, v. 115, n. 4, p. 678–699, 2015.

WESTON, R. H.; AGYAPONG-KODUA, K.; AJAEFOBI, J. Modelling dynamic value streams in support of process design and evaluation. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, Taylor & Francis, v. 22, n. 05, p. 411-427, 2009.

WOMACK, J.; JONES, D. T. Lean thinking: banish waste and create wealth for your corporation. **Simon and Schuster**, New York, 1996.

XIE, Y.; PENG, Q. Integration of value stream mapping and agent-based modeling for OR improvement. **Business Process Management Journal**, v. 18, n. 4, p. 585-599, 2012.

YANG, Y.M., GEURTS, M., SMILOWITZ, J.B., STERPIN, E. AND BEDNARZ, B.P., Monte Carlo simulations of patient dose perturbations in rotational-type radiotherapy due to a transverse magnetic field: A tomotherapy investigation. **Medical physics**, v. 42, n. 2, p.715-725, 2015.

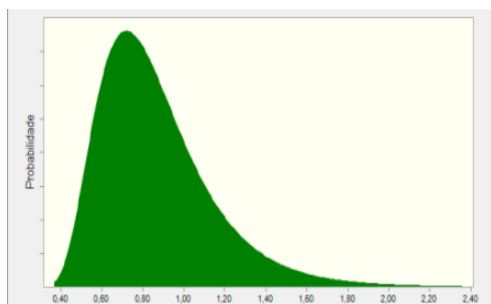
YOU, F.; GROSSMANN, I. E. Design of responsive supply chains under demand uncertainty. **Computers & Chemical Engineering**, v. 32, n. 12, p. 3090-3111, 2008.

ZAMMORI, F.; BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M. Stochastic overall equipment effectiveness. **International Journal of Production Research**, v. 49, n. 21, p. 6469-6490, 2011.

APÊNDICES

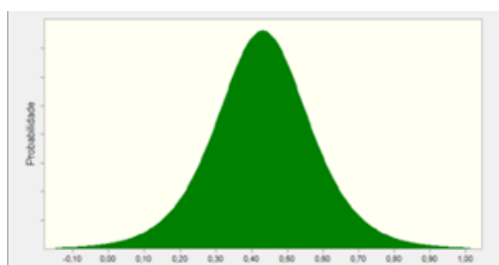
APÊNDICE A

Distribuição dos tempos de processamento Recebimento Almozarifado



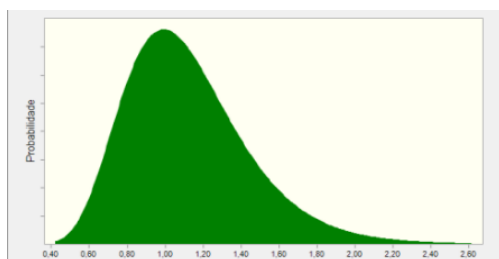
Tipo	Logística
Parâmetros	(horas)
Local	0,21
Média	0,87
Desvio Padrão	0,28

Distribuição dos tempos de processamento para Armazenagem Lactário



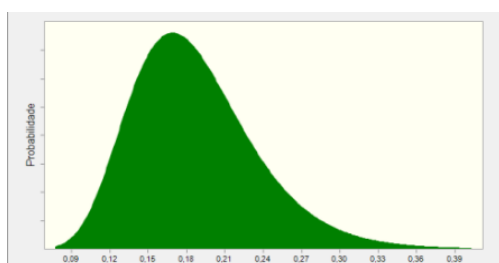
Tipo	Lognormal
Parâmetros	(horas)
Local	0,31
Média	0,44
Desvio Padrão	0,16

Distribuição dos tempos de processamento Preparação Lactário



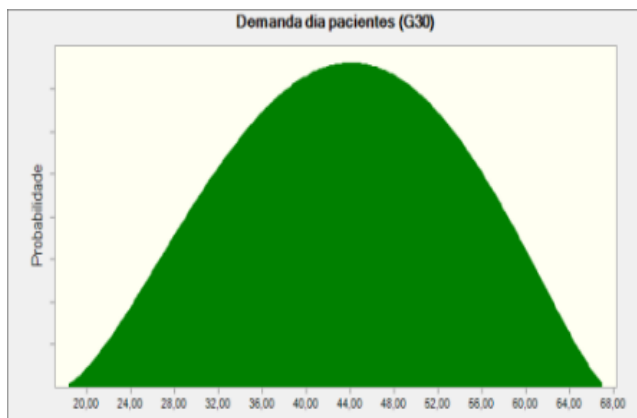
Tipo	Lognormal
Parâmetros	(horas)
Local	0,00
Média	1,12
Desvio Padrão	0,33

Distribuição dos tempos de processamento para Administração do Produto



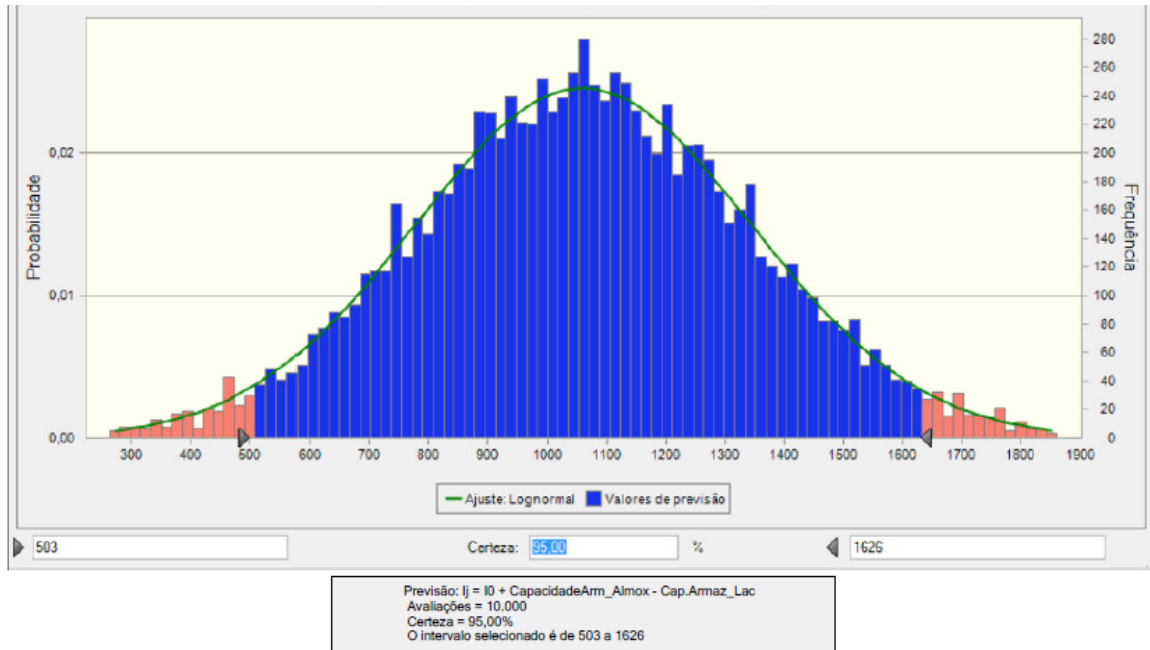
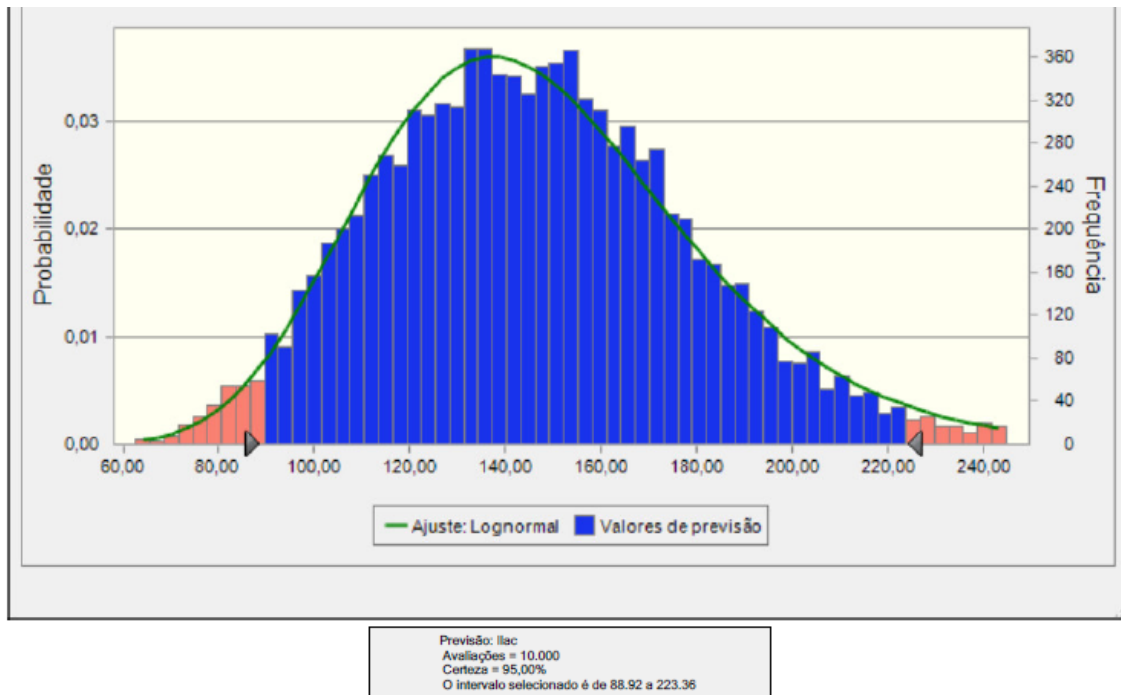
Tipo	Lognormal
Parâmetros	(horas)
Local	0,08
Média	0,19
Desvio Padrão	0,05

Distribuição da Demanda Diária dos Pacientes

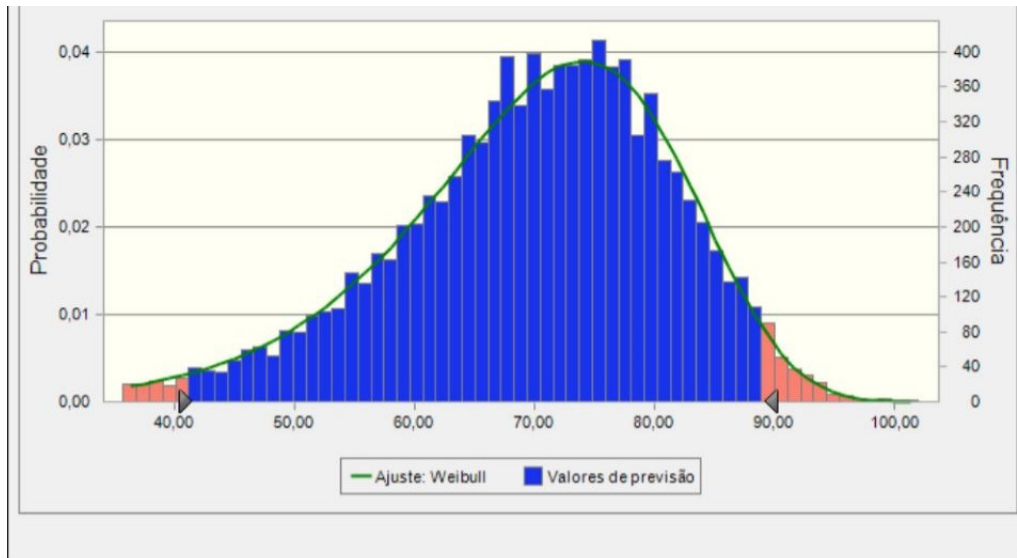


Tipo	Beta
Parâmetros	(unidades)
Média	43,44
Desvio Padrão	10,43
Máximo	67,46
Mínimo	17,57
Alfa	2,61
Beta	2,42

APÊNDICE B

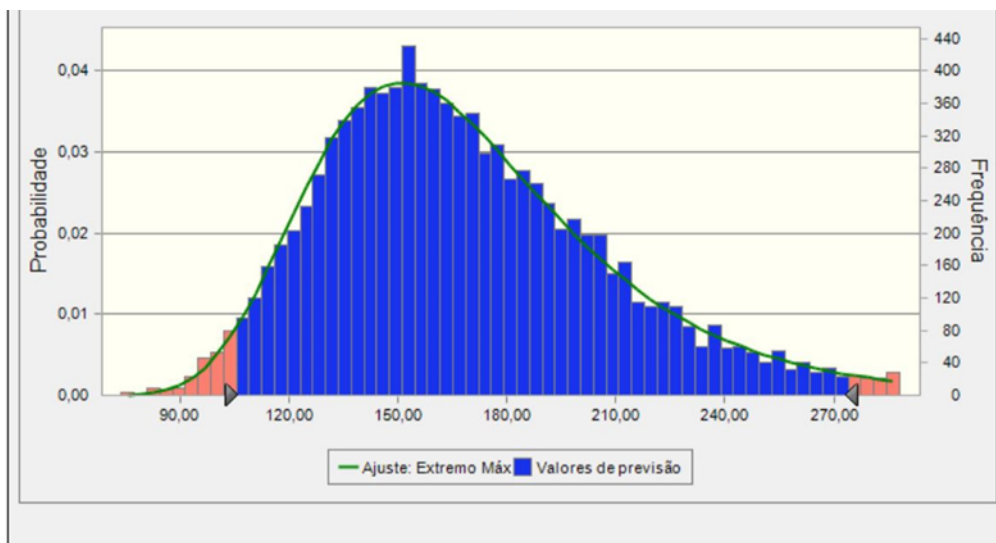
Resultado da simulação para estoque (s_1)Resultado da simulação para estoque (s_2)

Resultado da simulação para estoque (s_3)



Previsão: I1
 Avaliações = 10.000
 Certeza = 95,00%
 O intervalo selecionado é de 41.56 a 88.92

Resultado da simulação para estoque (s_4)



Previsão: I2
 Avaliações = 10.000
 Certeza = 95,00%
 O intervalo selecionado é de 106.53 a 272.23

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação da produção enxuta vem ganhando cada vez mais espaço dentro das empresas, independente do contexto no qual elas estão inseridas, demonstrando a crescente busca pela melhoria contínua dos processos e serviços. A aplicação da análise de fluxo de valor mostra-se uma abordagem bastante eficiente na identificação de desperdícios presentes nos fluxos de valor dentro das organizações. Todavia a aplicação de tal análise, considerando apenas a metodologia de mapeamento tradicional traz certas limitações. Tal fato ocorre, pois nos mapeamentos tradicionais não se leva em conta o caráter estocástico dos elementos que compõem o fluxo de valor. Dessa forma, esse trabalho de pesquisa focou seu estudo na análise de fluxo de valor considerando a natureza estocástica de seus elementos.

Esta dissertação propôs um método de análise do fluxo de valor sob uma perspectiva estocástica. O método foi construído e ilustrado ao longo de dois artigos que compreendem as Fases de (i) levantamento da literatura das principais fontes de incerteza presentes em análises de fluxo de valor e os principais métodos estocásticos aplicáveis para sua análise; (ii) proposição de um método para elencar e ranquear as fontes de incerteza mais críticas na análise de fluxo de valor; e (iii) avaliação do impacto da variabilidade no fluxo de valor estudado a partir de sua aplicação em um estudo de caso. Para tal, foram utilizados métodos e técnicas complementares de pesquisa, tais como entrevistas semiestruturadas, métodos hierárquicos, simulação de Monte Carlo e condução de estudo de caso.

O Artigo 1 realiza uma revisão sistemática de literatura com o objetivo de consolidar o estado da arte no que tange o tópico de interesse da pesquisa. Assim, pôde-se identificar e organizar os principais conceitos encontrados em estudos relevantes sobre a área de interesse do pesquisador. Nesse sentido, foi possível identificar os principais métodos estocásticos, bem como as principais fontes de incerteza presentes em análises de fluxo de valor conduzidas pelos autores considerados no portfólio bibliográfico. Além disso, foi possível realizar análises referentes a identificação dos diferentes níveis nos quais a análise de fluxo de valor foi empregada pelos autores, bem como buscou-se identificar os tipos de fluxos nos quais tais mapeamentos eram empregados. Tais análises permitiram avaliar quais métodos estocásticos são mais comumente aplicados para cada tipo de situação estudada pelos diferentes autores analisados.

O Artigo 2 buscou realizar um estudo de caso de forma bastante estruturada. Para isso, foi construído um método composto por seis etapas, as quais permitem analisar de uma forma organizada o levantamento das principais fontes de incerteza presentes no fluxo de valor estudado. Assim, foi possível executar o ranqueamento, através de entrevistas semiestruturadas com colaboradores, das fontes de incerteza consideradas mais críticas no fluxo de valor

estudado. A integração de uma ferramenta de análise multicritério e métodos qualitativos de pesquisa (entrevistas semiestruturadas) permitiu quantificar e ranquear as fontes de incertezas a serem levadas em consideração na análise estocástica do fluxo de valor. A simulação de Monte Carlo foi utilizada como recurso para analisar a variabilidade presente no fluxo, bem como foi de grande valia na determinação do *lead time* total, permitindo uma gestão mais próxima da realidade para o cenário abordado pelo estudo de caso.

4.1. CONTRIBUIÇÕES PRÁTICAS

A partir dos resultados encontrados, o presente trabalho traz diferentes contribuições práticas para análises de fluxo de valor. O primeiro artigo apresenta aspectos mais conceituais e teóricos, enquanto o Artigo 2 apresenta aspectos práticos que precisam ser enfatizados.

Em relação aos resultados do Artigo 2, esta dissertação fornece um direcionamento para a análise de fluxos de valor considerando a natureza estocástica de seus elementos. Através do método construído ao longo do artigo, novas análises de fluxo de valor podem ser construídas. Logo, pode-se considerar as particularidades inerentes a cada sistema produtivo e ao tipo de negócio no qual a organização atua. Tal resultado possibilita aos gestores tomadas de decisão que antecipem dificuldades futuras. Além disso, estes direcionamentos viabilizam a priorização de esforços gerenciais que tragam maiores benefícios à implementação enxuta no contexto da empresa em que atuem.

4.2. CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS

Os dois artigos apresentam resultados parciais que foram integrados na construção de um método de avaliação final. A proposta apresentada neste trabalho se diferencia por trazer uma ilustração de tal método em um estudo de caso conduzido em uma organização no qual o processo de implementação enxuta estava iniciando. Além disso, ao trazer da literatura a base para a aplicação do método proposto, realiza-se a integração entre a teoria e a prática, acarretando na confirmação e/ou identificação de divergências nas informações advindas do mundo científico entre o observado na organização em estudo e a opinião de especialistas.

No Artigo 1, o presente trabalho contribuiu mediante à identificação da teoria sobre a análise estocástica de fluxos de valor. O foco do estudo esteve na compreensão dos métodos estocásticos e fontes de incerteza abordadas pelos autores nos mapeamentos de fluxo de valor por eles conduzidos. Os resultados deste artigo contribuem para uma consolidação teórica quanto aos métodos estocásticos mais relevantes adotados pelos autores no tratamento da variabilidade inerente aos fluxos de valor. Além disso, tal artigo contribui na identificação da preferência dos autores por determinados métodos estocásticos, dependendo do nível e do tipo

de fluxo de valor no qual esteja desenvolvendo sua atividade de mapeamento.

O Artigo 2, por sua vez, buscou consolidar seu método através da condução de um estudo de caso. Dessa forma, contribui em termos teóricos para aumentar a compreensão sobre a implementação da análise de fluxo de valor considerando modelos de mapeamento não tradicionais, os quais são pautados em dados determinísticos do fluxo de valor e não permitem análises mais aprofundadas dos parâmetros presentes em tais estudos. Ademais, consolida a adoção da análise multicritério para ranqueamento das principais fontes de incerteza presentes nos fluxos de valor.

4.3. OPORTUNIDADES PARA FUTURAS PESQUISAS

A partir dos resultados apresentados, podem ser destacadas diferentes oportunidades para pesquisas futuras. O presente trabalho limitou-se a conduzir seu estudo de caso em um segmento específico de organização. Embora isso não invalide os resultados obtidos, sugere-se que análises semelhantes sejam conduzidas em outras empresas com diferentes características. Cabe ser salientado que são poucas as pesquisas que vem tratando da análise estocástica de fluxos de valor. Tal fato pôde ser evidenciado pela revisão de literatura conduzida no Artigo 1 desse compêndio. Desse modo, é importante que sejam analisados diferentes fluxos de valor através de métodos estocásticos diferentes do aplicado nessa pesquisa. Assim, ficam como recomendações para futuras pesquisas, a condução de análises de fluxo de valor que utilizem métodos estocásticos mais robustos. Estudos futuros que ampliem a abrangência dos elementos considerados no modelo podem viabilizar uma análise mais rica, permitindo identificar comportamentos e relacionamentos adicionais aos aqui verificados. Além disso, a utilização de uma larga base histórica de dados pode possibilitar a inclusão de análises de dados estatísticos como forma de verificar e validar as curvas obtidas nos modelos simulados.