



MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR SUSTENTÁVEL: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE PROCESSAMENTO DE CARNES

Bruno Marconi de Carvalho brunocarvalho@estudante.ufscar.br UFSCar

Antonio Carlos Farrapo Junior acfarrapo@ufscar.br UFSCar

Marina Hernandes de Paula e Silva mhpsilva@estudante.ufscar.br UFSCar

Thiago Teixeira Matheus thiagotm@estudante.ufscar.br UFSCar

Diogo Aparecido Lopes Silva diogoapls@ufscar.br UFSCar

Resumo

O conceito de produção definido no século passado, aliado ao consumo exacerbado de recursos, faz com que a sociedade comece a optar pela escolha de empresas e produtos mais sustentáveis, criando assim uma demanda pela inclusão da sustentabilidade como fonte de criação de valor e de um diferencial competitivo dentro das empresas. O Mapeamento do Fluxo de Valor (da sigla em Inglês VSM) é uma ferramenta da Produção Enxuta, mas que sua aplicação clássica não foi desenvolvida para amparar diretamente a sustentabilidade. Sendo assim, o Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável (SUS-VSM) foi recentemente desenvolvido e tem sido aplicado em diversos setores da economia. Neste artigo, o SUS-VSM foi aplicado em uma empresa de processamento de carnes situada na cidade de Leme, São Paulo, visando quantificar a sustentabilidade no fluxo de valor sob a perspectiva tradicional do VSM, porém com a integração e interpretação também de métricas sociais e ambientais. Os resultados propõem uma redução nos níveis de estoque em cerca de 56%, uma redução na emissão de quilogramas de CO₂ em 35% e também melhores condições de trabalho aos funcionários, demonstrando que é possível tornar um processo produtivo mais enxuto e ao mesmo tempo mais sustentável.

Palavras chaves

SUS-VSM. Produção Enxuta. *Lean & Green*. Manufatura verde. Processamento de carnes

1. Introdução

O setor alimentício representa cerca de 9,6% do PIB brasileiro, ou seja aproximadamente 700 bilhões entre exportações e vendas para consumo interno (ABIA, 2020). É responsável por 1,6 milhão de empregos diretos, sendo 23% na indústria de transformação no país. Contudo, aproximadamente um terço dos alimentos produzidos são desperdiçados ao longo dos processos produtivos na forma de resíduos, o que acarreta em impactos negativos ao meio ambiente (GUSTAVSSON E CEDERBERG, 2011).

Gustavsson e Cederberg (2011) citam que há uma busca constante pela redução de custos de produção no setor alimentício, ainda que aproximadamente um terço dos alimentos são atualmente desperdiçados ao longo dos processos produtivos na forma de resíduos, o que pode ser visto como oportunidade para implementação de programas para melhoria desses processos. Nesse contexto, o *Lean Manufacturing* foi um sistema criado com o objetivo de reduzir desperdícios em toda cadeia produtiva. Conforme Martins e Laugen (2013), *Lean Manufacturing* é um conjunto de ferramentas para identificar e eliminar as perdas, melhorar a qualidade e reduzir os custos e tempos de produção.

Dentre as ferramentas *Lean*, o Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping - VSM*) permite um melhor conhecimento sobre como funciona o fluxo da cadeia produtiva, bem como seus desperdícios, auxiliando na identificação de pontos críticos ao longo do processo e permitindo que seja possível localizar oportunidades de melhoria, o que pode gerar ganhos de produtividade e, por consequência, melhorar a lucratividade da organização (CREMON, 2018).

Além de ganhos de produtividade e melhoria na lucratividade, empresas que se preocupam com seu impacto ambiental estão sendo bem vistas pelos consumidores, sendo assim, a sustentabilidade pode ser vista como uma vantagem competitiva no mercado (EPA, 2007). Existem metodologias que buscam alinhar o desenvolvimento com a sustentabilidade, por meio da utilização de medidas e práticas para a redução da emissão de poluentes e no uso mais eficiente dos recursos, as metodologias *Lean & Green*. (SILVA *et al.*, 2016).

De acordo com Sartal *et al.* (2018), o *Lean* nem sempre traz as melhorias necessárias, pois não possui foco no desempenho ambiental da manufatura. Já o *Green Manufacturing*, se olhado individualmente, talvez não traga as maiores melhorias sob a óptica econômica, o que demonstra a necessidade de pesquisas com as duas perspectivas de forma integrada.

Dentro do *Lean & Green* existem algumas ferramentas com o viés da sustentabilidade. Sendo assim, alguns autores apresentam, por exemplo, variações do VSM original com o objetivo de alcançar melhorias nos processos produtivos para os pilares econômico, social e ambiental. Jarebrant *et al.* (2015) apresentaram o Ergo-VSM, que considera aspectos relativos à carga física do trabalho no processo produtivo e que busca identificar riscos do desenvolvimento de distúrbios decorrente do trabalho.

Pereira *et al.* (2018) trazem o método EVSM (*Energy Value Stream Mapping*) que permite uma visualização do mapeamento de valor, a eliminação de desperdícios de energia e auxilia na obtenção de eficiência energética da linha produtiva, sendo uma alternativa interessante para a economia de energia sem a necessidade de tantos investimentos tecnológicos.

Ainda há autores que utilizam o VSM com a Avaliação do Ciclo de Vida (*Life Cycle Assessment - LCA*) como Vinodh *et al.* (2015), cujo trabalho, além das considerações sobre o descarte do produto estudado, diferencia-se exatamente pela avaliação de categorias de impacto ambiental, onde o desperdício ambiental foi quantificado em quatro categorias: pegada de carbono, eutrofização da água, acidificação do ar e energia total consumida. Com o objetivo de

agregar valores de sustentabilidade ao processo produtivo, Faulkner e Badurdeen (2014) desenvolveram o SUS-VSM (*Sustainable Value Stream Mapping*) elevando a função do VSM para uma ferramenta de gestão que agrega rentabilidade, qualidade, meio ambiente e justiça social. Assim como o VSM, o SUS-VSM é uma ferramenta que auxilia na identificação de oportunidades de melhoria. Tais oportunidades, além de buscarem aumento na produtividade e lucratividade, buscam melhorar o desempenho ambiental e social do processo mapeado. Para tanto, é necessário agregar ao mapeamento métricas de sustentabilidade (ambiental e social) como por exemplo: consumo de água, energia, matéria-prima e ergonomia do processo (FAULKNER E BADURDEEN, 2014).

Face ao exposto, este trabalho consiste na aplicação da ferramenta SUS-VSM no fluxo de valor de uma empresa de processamento de carnes, comparando as métricas das situações atuais e futuras. Na sequência, serão expostos os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa, bem como, as métricas sociais e ambientais envolvidas na aplicação da ferramenta, seguidos dos resultados e discussões e, por fim, será apresentada a conclusão do estudo.

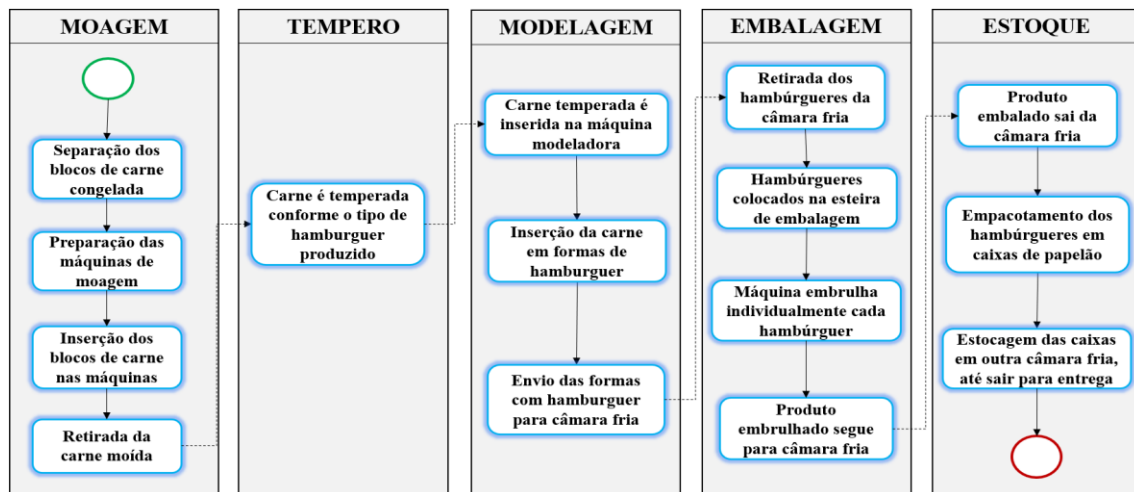
2. Metodologia

De acordo com Gil (2002), o presente estudo trata-se de uma pesquisa quantitativa de caráter exploratório e consiste em um estudo aplicado em uma empresa de processamento de carne. Os dados foram coletados por meio de entrevistas semiestruturadas, observações diretas, documentos e de dados disponibilizados pela empresa à qual o estudo se aplica. Na perspectiva do procedimento técnico aqui se desenvolveu uma pesquisa-ação, uma vez que a partir da análise e coleta dos dados os autores propõe e avaliam os impactos de possíveis melhorias ao processo produtivo estudado (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Este estudo está dividido em duas principais etapas, sendo a primeira uma revisão da literatura para melhor compreensão dos principais tópicos abordados, que foram: *Lean Manufacturing*, *Green Manufacturing*, VSM e SUS-VSM. A partir daí, foi escolhido e proposto um modelo SUS-VSM melhor aplicável ao estudo de caso desta pesquisa. A segunda parte do estudo consistiu na aplicação do SUS-VSM para o estado atual e na geração de um possível cenário futuro, no contexto da organização em estudo.

A pesquisa se aplica a uma empresa de processamento de hambúrgueres de carne, localizada no município de Leme, no Estado de São Paulo. Seu sistema produtivo pode ser classificado como *make-to-stock*, de acordo com Porter et al. (1999). A Figura 1 apresenta o fluxograma de processos para a produção dos hambúrgueres.

As Seções 2.1 e 2.2 tem por objetivo introduzir as métricas ambientais e sociais avaliadas durante a aplicação do SUS-VSM, além de ilustrar as principais equações e parâmetros utilizados no desenvolvimento do trabalho. Por meio dessas métricas, se fez possível avaliar a performance do sistema estudado quanto à sua sustentabilidade, abrangendo os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Figura 1 – Fluxograma de produção de hambúrgueres

Fonte: Elaboração própria

2.1. Métricas ambientais do SUS-VSM

A primeira métrica ambiental analisada foi da pegada de carbono que, de acordo com Wiedmann e Minx (2007), trata-se de um indicador que avalia os impactos da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, resultantes de atividades operacionais das empresas e organizações, sendo expresso em g ou kg CO₂ emitido. Este, identifica as atividades e processos que mais poluem, possibilitando que as organizações tomem decisões com a finalidade de reduzir a sua pegada de carbono e assim, aumentando a sua eficiência energética.

O índice foi calculado baseado no método proposto por Jeswiet e Kara (2008), como mostra a Equação (1). Na Equação (2), foi adotado o valor de assinatura de emissão de carbono (CES) como 1,58 kg CO₂/GJ para o cálculo da pegada de carbono (CF) pois, de acordo com Leme et al. (2018), ao se realizar o cálculo do CES é necessário conhecer as porcentagens de energias primárias que compõem a eletricidade fornecida para as máquinas e equipamentos.

$$CF(\text{kgCO}_2) = EC(\text{GJ}) * CES \left(\frac{\text{kgCO}_2}{\text{GJ}} \right) \quad (1)$$

$$CES = \eta_p * [(\Delta\text{CO}_2\text{h} * x\%H) + (\Delta\text{CO}_2\text{b} * x\%B) + (\Delta\text{CO}_2\text{p} * x\%P) + (\Delta\text{CO}_2\text{g} * x\%G) + (\Delta\text{CO}_2\text{c} * x\%C) + (\Delta\text{CO}_2\text{n} * x\%N) + (\Delta\text{CO}_2\text{w} * x\%W) + (\Delta\text{CO}_2\text{o} * x\%O)] \quad (2)$$

Essas fontes de energia podem ser hidrelétricas (H), biomassa (B), derivados de petróleo (P), gás natural (G), carvão mineral (C), usinas nucleares (N), usinas eólicas (W) e outros (O). Além disso, é necessário conhecer os respectivos valores de entalpia de formação para o CO₂ (dióxido de carbono) proveniente de cada uma das fontes de energia, representado por quilogramas de carbono emitido por um giga joule (GJ) de calor liberado. Também foi considerado o rendimento termodinâmico (η_p), que conforme recomendado por Jeswiet e Kara (2008), deveria ser 0,34 (34%) aproximadamente.

Os dados para o cálculo de ΔCO_2 e a divisão da matriz de energia elétrica no estado de São Paulo estão apresentados nas Tabelas 1 e 2, retiradas de Leme et al. (2018).

Tabela 1 – Matriz de energia elétrica no estado de São Paulo

Tipo de energia	(%)
Hidroelétrica	65,8
Gás Natural	9,8
Petróleo	2,1
Carvão Mineral	2,9
Nuclear	2,7
Biomassa	8,5
Eólica	5,8
Outros	2,4

Fonte: Leme et al. (2018)

Tabela 2 – Quantidade de carbono emitido por GJ de calor liberado

Tipo de energia	(Kg/GJ)
Hidroelétrica	1,4
Gás Natural	15,3
Petróleo	20,2
Carvão Mineral	25,8
Nuclear	4,4
Biomassa	5
Eólica	3,3
Outros	12,8

Fonte: Leme et al. (2018)

Outra métrica ambiental utilizada foi a medição da matéria-prima desperdiçada nas diferentes etapas do processo produtivo mapeado a partir do SUS-VSM.

2.2. Métricas sociais do SUS-VSM

Já para a métrica social, é necessário analisar os riscos elétricos, riscos de exposição a produtos químicos, riscos sobre ambientes pressurizados e riscos relacionados a sistemas com componentes com alta velocidade, além do cálculo do índice de carga física (PLI), que consiste

em um questionário desenvolvido por Hollmann et al. (1999), em que 19 itens demonstram situações do ambiente de trabalho que são quantificadas para a formação do índice.

No que concerne ao contexto social, foi realizada a avaliação dos riscos de cada processo do sistema produtivo, onde são atribuídas notas de 1 a 5 para a exposição dos funcionários em relação a riscos elétricos (letra E), riscos de exposição a produtos químicos (letra H), riscos sobre ambientes pressurizados (letra P) e riscos relacionados a sistemas com componentes com alta velocidade (letra S). No que tange a ergonomia, as situações de ambiente de trabalho mapeadas na Figura 1 podem ser divididas em: cinco categorias de posições de tronco, três de postura dos braços, cinco de posição das pernas e seis sobre o levantamento de peso, considerando que três são com o tronco na posição vertical e três na posição de tronco inclinado.

As situações foram classificadas pelos funcionários das empresas, que deram notas de 0 a 4, sendo a nota 0 atribuída a posturas que praticamente nunca são realizadas e a nota 4 representa as posturas que são sempre realizadas. Com os dados coletados, é possível determinar o índice de carga física de trabalho (PLI) de cada posto laboral pela Equação (3).

$$PLI = 0,974 * T2 + 1,104 * T3 + 0,068 * T4 + 0,173 * T5 + 0,157 * A2 + 0,314 * A3 + 0,405 * L3 + 0,152 * L4 + 0,152 * L5 + 0,549 * W1 + 1,098 * W2 + 1,647 * W3 + 1,777 * W4 + 2,416 * W5 + 3,056 * W6 \quad (3)$$

Onde:

T2 é a pontuação para a postura com o tronco ligeiramente inclinado, a 5° para frente;

T3 é a pontuação para a postura com o tronco fortemente inclinado, a 45° para frente;

T4 é a pontuação para a postura com o tronco torcido;

T5 é a pontuação para a postura com o tronco lateralmente torcido;

A2 é a pontuação para a postura com um braço acima da altura do ombro;

A3 é a pontuação para a postura com os dois braços acima da altura do ombro;

L3 é a pontuação para a posição agachada;

L4 é a pontuação para a posição ajoelhada com o tronco inclinado 15° para frente;

L5 é a pontuação para caminhadas;

W1 é a pontuação para levantamento ereto de peso até 10 kg;

W2 é a pontuação para levantamento ereto de peso de 10 kg a 20 kg;

W3 é a pontuação para levantamento ereto de peso acima de 20 kg;

W4 é a pontuação para levantamento inclinado de peso até 10 kg;

W5 é a pontuação para levantamento inclinado de peso de 10 kg a 20 kg;

W6 é a pontuação para levantamento ereto de peso acima de 20 kg;

3. Resultados e discussões

A partir da metodologia definida, foi possível, por meio da aplicação da ferramenta SUS-VSM, mapear o estado atual do processo e identificar oportunidades de melhoria.

3.1. SUS-VSM do estado atual

Os autores optaram pelo VSM da produção dos hambúrgueres de 56g e 90g, uma vez que os dois produtos correspondem a aproximadamente 80% do faturamento da empresa e passam pelas mesmas etapas de processamento, utilizando equipamentos comuns nos seus processos. A única diferença entre esses dois produtos acontece no processo de modelagem e na embalagem, já que cada hambúrguer é modelado/embalado conforme o seu peso.

Um resumo das operações é mostrado na Tabela 4. A demanda média somada dos hambúrgueres de 56g e 90g é de aproximadamente 70 ton por mês, sendo que o hambúrguer de 56g corresponde a 30 ton e o de 90g corresponde a 40 ton. A empresa trabalha em dois turnos de 8 horas e possui redes de supermercados regionais e lanchonetes como principais clientes.

Tabela 4 – Informações sobre os processos

Processo	Moagem	Tempero	Modelagem	Embalagem	Estocagem
Operadores	2	1	2	3	2
Tempo de ciclo (s)	12	8	20	15	10
Tempo de setup (s)	180	100	1200	600	0
Disponibilidade (%)	95	95	80	80	95
Eficiência (%)	100	99	95	95	100
Estoque médio (Kg)	1000	5000	350	1460	1800

Fonte: Elaboração própria

É importante notar que os indicadores da Tabela 4 foram determinados em relação à produção de 1kg de carne. A partir daí, foram primeiramente aplicadas as Equações 1 e 2, para o cálculo da pegada de carbono conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Cálculo da pegada de carbono por processo

Processo	Moagem	Tempero	Modelagem	Embalagem	Estocagem
Potência dos equipamentos (W)	270	180	140	240	400
Energia média consumida por processo (J)	14.580.000	9.720.000	7.560.000	12.960.000	21.600.000
Pegada de carbono por segundo (kgCO₂/s)	0,023	0,015	0,012	0,020	0,034
Pegada de carbono por processo (kgCO₂)	0,276	0,123	0,239	0,307	0,341

Fonte: Elaboração própria

Outra métrica ambiental utilizada foi a medição da matéria-prima desperdiçada nas diferentes etapas do processo produtivo. Constatou-se que perdas significativas foram observadas apenas nos processos de moagem, com cerca de 1,5% de material desperdiçado e cerca de 3,5% no processo de modelagem, conforme apresentado no VSM do estado atual (Figura 3) a partir dos balanços de massa de cada processo mapeado.

No que concerne ao contexto social, a Tabela 6 mostra resultados da avaliação de riscos de produção, e a Figura 2 os resultados do PLI.

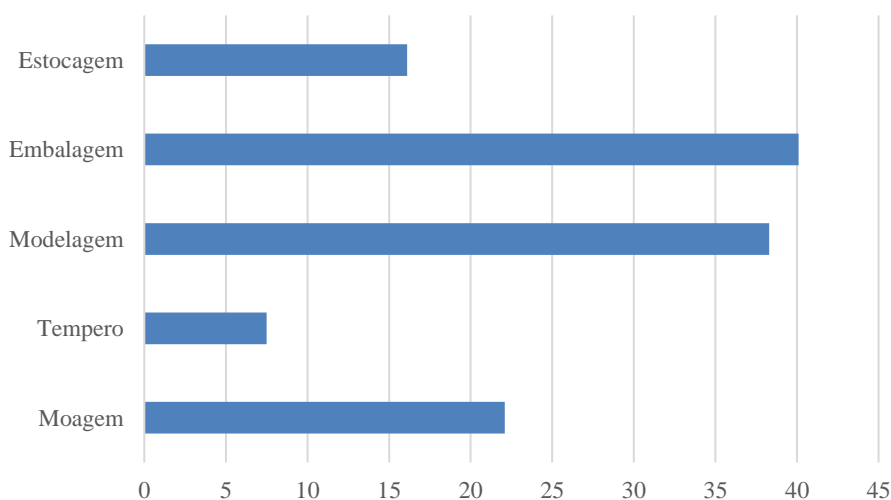
Tabela 6 – Avaliação dos riscos

Processo	Elétricos	Químicos	Por sistemas pressurizados	Por componentes em alta velocidade
Moagem	54.000	54.000	54.000	54.000
Tempero	14.580.000	9.720.000	7.560.000	12.960.000
Modelagem	0,023	0,015	0,012	0,020
Embalagem	12	8	20	15
Estocagem	0,276	0,123	0,239	0,307

Fonte: Elaboração própria

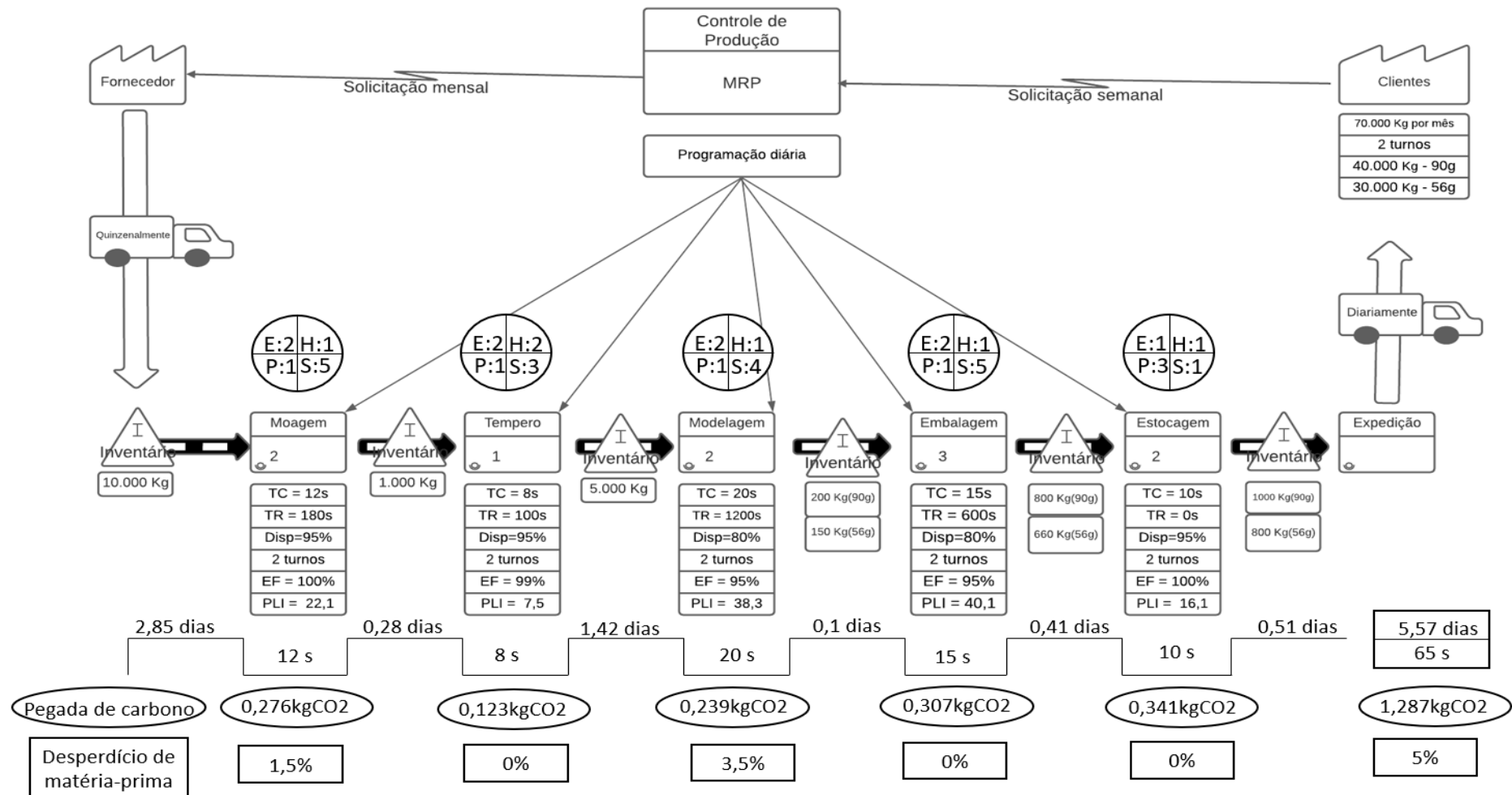
Na avaliação de riscos, no geral, o processo de tempero foi aquele que apresentou os maiores riscos. Já os resultados da aplicação do questionário para determinação do índice PLI, podem ser observados na Figura 2, sendo que os processos de embalagem e modelagem apresentaram índices maiores em relação aos outros processos.

Figura 2 – Índice de carga física do Trabalho (PLI) por processos



Fonte: Elaboração própria

Figura 3 – SUS-VSM do estado atual



Fonte: Elaboração própria

3.2. SUS-VSM do estado futuro

Para a construção da proposta do SUS-VSM do estado futuro, foram verificadas sete questões-chave, conforme estruturado por Rother e Shook (2003), que são:

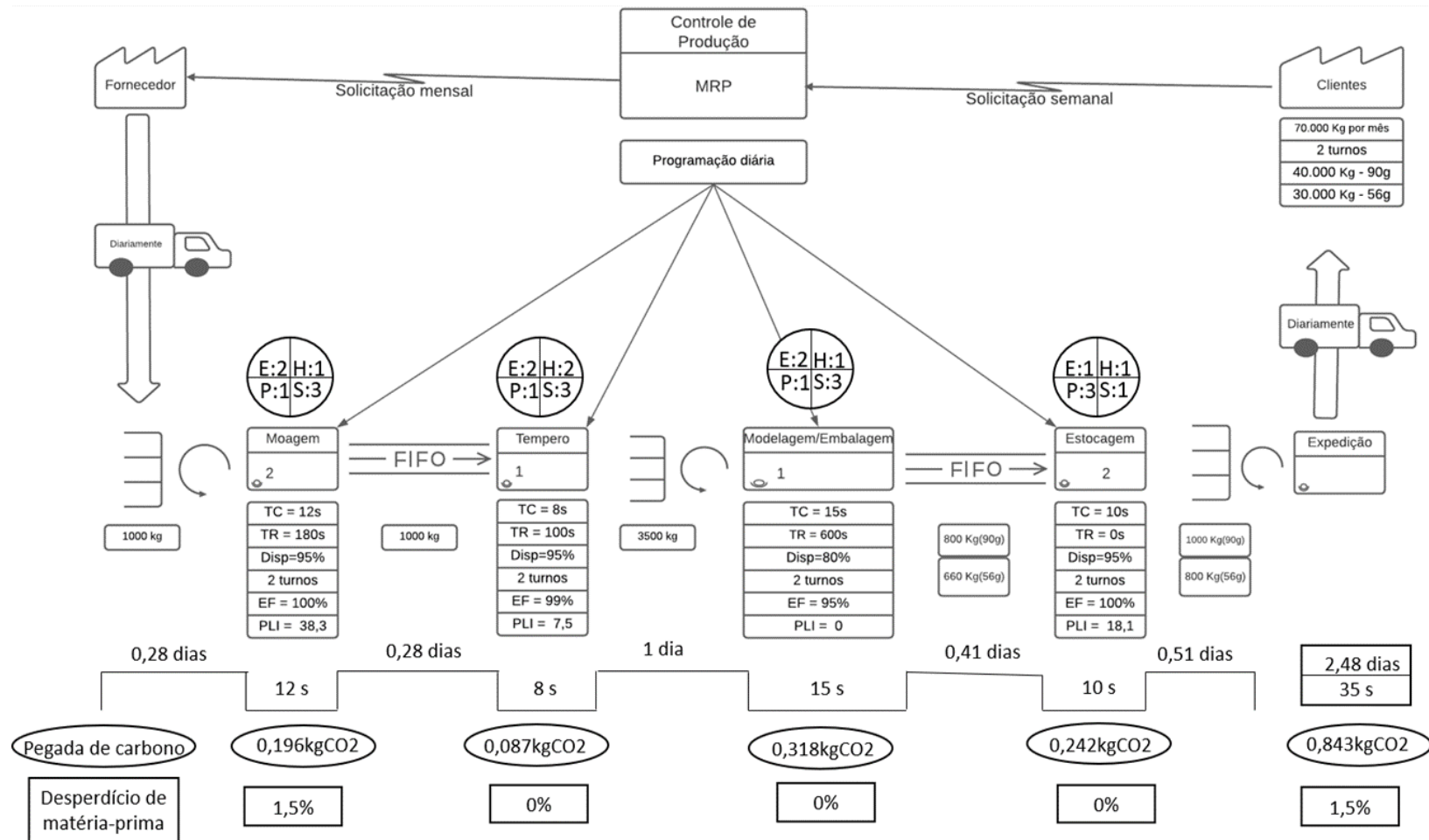
- Produção de acordo com o *takt time*;
- Desenvolvimento de fluxo contínuo onde possível;
- Utilização de supermercados para o controle de produção onde não for possível utilizar o fluxo contínuo;
- Definição do processo puxador;
- Nivelção do mix de produção;
- Nivelção do volume de produção;
- Desenvolvimento da habilidade de fazer “toda peça todo dia” nos processos anteriores ao processo puxador.

A partir do desenvolvimento do SUS-VSM do estado atual, foram identificadas possíveis melhorias no que tange aos métodos com que a empresa estudada opera atualmente. Tais melhorias são listados abaixo:

- Para a eliminação de desperdícios no processo produtivo, como o acúmulo de estoque entre os processos, pode ser desenvolvida uma célula de produção para os processos de modelagem e embalagem, além da adoção da programação FIFO (first-in-first-out) para o desenvolvimento de fluxo contínuo;
- Aplicação da ferramenta SMED (*Single Minute Exchange of Die*) para redução do alto tempo de *setup* da modelagem/embalagem estimado em cerca de 50%;
- Reutilizar a matéria-prima desperdiçada no processo de modelagem ou vender como insumo de ração animal, possibilitando a redução total da quantidade de matéria-prima desperdiçada;
- Automatização dos processos de modelagem e embalagem em decorrência do elevado valor do PLI, o que poderia reduzir o índice para zero em alguns processos;
- Instalação de grades de proteção e escorregador de matéria-prima para processo de moagem, reduzindo os riscos em componentes em alta velocidade, para um risco estimado de 3;
- Compra de câmara fria com melhor eficiência energética, reduzindo em aproximadamente 80% a emissão de CO₂ no processo de estocagem. Estimativa feita a partir do estudo de modelos de equipamentos disponíveis em catálogos de fornecedores;
- Sistema de entrega tipo *milk run*, com coletas programadas diariamente para eliminação de 80% a 90% do estoque inicial no fluxo de valor.

Com o apontamento dessas oportunidades de melhorias, foi elaborada a proposta do mapa do fluxo de valor do estado futuro, que pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – SUS-VSM do estado futuro



Fonte: Elaboração própria

3.3. Análise comparativa entre os estados atual e futuro do SUS-VSM

No SUS-VSM do estado atual, considerando a necessidade de produção diária de 3.500 kg de hambúrgueres, o leadtime do fluxo era de 5,57 dias. Para o SUS-VSM do estado futuro esse valor foi suprimido para 2,48 dias, correspondendo a uma redução de 56% no volume de estoque projeto. Ao analisar a métrica ambiental de pegada de carbono, é possível observar a redução de quilogramas de CO₂ de 1,287 para 0,843, o que representa uma redução de 35% na emissão de gás carbônico no fluxo de valor. No que tange ao desperdício de matéria-prima, que ocorre principalmente nos processos de modelagem/moagem e corresponde a aproximadamente 5% do volume total de carne processada, foi verificada uma redução de 70% no volume total de matéria prima refugada, suprimindo o volume de refugo para 1,5% do total de carne processada.

Na métrica social de análise do índice de carga física, observa-se que a somatória do PLI de todos os processos no SUS-VSM do estado atual era de 124,1. Para o estado futuro verificou-se uma redução potencial de 49% na somatória do PLI, que corresponde a um índice de carga física do trabalho de 63,9. Já para a análise dos riscos do contexto social, os riscos de componentes em alta velocidade dos processos de: moagem, montagem e embalagem, que possuíam cargas de risco de 4 e 5 que estavam no SUS-VSM do estado atual, já não aparecem no SUS-VSM do estado futuro.

4. Conclusão

Observou-se que é possível agregar sustentabilidade ao processo produtivo, potencializando resultados positivos para o cliente ao mesmo tempo em que se melhora as condições de trabalho dos funcionários e se tem uma produção com menor impacto ambiental.

Pelos resultados, é possível concluir que o SUS-VSM do estado futuro foi superior ao estado atual. Apesar dos cuidados metodológicos é necessário admitir que um estudo empírico desta natureza possui limitações inerentes ao contexto em que foram realizadas. Como limitações da pesquisa, destaca-se que o estado futuro foi estimado, uma vez que não havia tempo hábil para as implementações de maneira prática, portanto, os resultados são hipotéticos. Outra limitação se deve ao fato de a análise dos riscos não ter sido feita por um profissional certificado em engenharia e segurança do trabalho, considerando que não havia esse profissional na empresa até o momento.

Nesse sentido, os resultados e contribuições deste estudo estão condicionados a certas restrições, o que também pode servir como direcionamento para pesquisas futuras. Sendo assim, conclui-se que é necessário o desenvolvimento de mais pesquisas deste caráter em solo brasileiro, que agreguem os âmbitos sociais, ambientais e econômicos para verificar se as interações entre as melhorias nesses aspectos são correlatas e sinérgicas.

5. Referências

- ABIA. **Associação brasileira da indústria de alimentos**. Indústria de alimentos cresce 6,7% em 2019. 2020.
- CREMON, L. C. Análise de processo produtivo de fatiados industrializados em um frigorífico por meio do mapa de fluxo de valor. 2018. 57 f. TCC (Graduação) - **Curso de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, Medianeira, 2018.
- EPA-UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Lean Manufacturing and Environment - Toolkits**. 2007. 103 Acesso em 23 de setembro de 2020. Disponível em: <<http://www.epa.gov/lean/environment/toolkits/environment/index.htm>>.
- FAULKNER, W.; BADURDEEN, F. Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. **Journal of Cleaner Production**. 2014.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002
- GUSTAVSSON, J.; CEDERBERG, C. **Global food losses and food waste** -Extent, causes and prevention.[S.l: s.n.], 2011.
- HOLLMAN, S.; KLIMMER, F.; SCHMIDT, K.; KYLIAN, H. Validation of a questionnaire of assessing physical workload. *Scand. J. Work Environ. Health* 25 (2), p. 105e114. 1999.
- JAREBRANT, C., et al. ErgoVSM: A Tool for Integrating Value Stream Mapping and Ergonomics in Manufacturing. **Human Factors and Ergonomics In Manufacturing**. 2015.
- JESWIET, J., KARA, S., 2008. Carbon emissions and CESTTM in manufacturing. **CIRP Ann. - Manuf. Technol.** 57 (1), 17e20. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2008.03.117>
- LEME, R.D. et al. 2018. Creating value with less impact: lean, green and eco-efficiency in a metalworking industry towards a cleaner production. **J. Clean. Prod.** 196, 517-534.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003
- MARTINS, P.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. Série Fácil. São Paulo: Saraiva, 2013.
- PEREIRA, C.P., FERREIRA, J., & CAMPOS, L. Implementation of energy value stream mapping (EVSM) as an alternative tool for the management and reduction of energy in processes in the industrial sector: a literature review. **Journal of Lean Systems**, 3(2), pp.104-130, 2018
- PORTER, K. et al. Manufacturing classifications: relationships with production control systems. **Integrated manufacturing systems**, 1999.
- PORTER, K., LITTLE, D., PECK, M., ROLLINS, R. Manufacturing classifications: Relationships with production control systems. **Integrated Manufacturing Systems**, 10(4), p. 189-199. 1999. <https://doi.org/10.1108/09576069910280431>
- ROTHER, Mike; SHOOK, John. Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda. **Lean Enterprise Institute**, 2003.
- SARTAL, A.; MARTINEZ-SENRA, A. I.; CRUZ-MACHADO, V. Are all lean principles equally eco-friendly?. A panel data study. **Journal of Cleaner Production**, v. 177, p. 362-370, 2018.
- SILVA, D. A. L.; SILVA, E. J.; OMETTO, A. R. Green manufacturing: uma análise da produção científica e de tendências para o futuro. **Production.**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 642-655, Setembro. 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132016000300642&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 02 out. 2020.
- VINODH, S.; BEN RUBEN, R.; ASOKAN, P. Life cycle assessment integrated value stream mapping framework to ensure sustainable manufacturing: a case study. **Clean Technologies and Environmental Policy**, 2015.
- WIEDMANN, T.; MINX, J. A Definition of 'Carbon Footprint'. **ISAUK Research Report 07**. 2007.