

UNIVERSIDADE PAULISTA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

COMBINANDO O MODELO 5 SENSU COM O CANVAS
PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO
SETOR TÊXTIL: UM ESTUDO DE CASO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para a obtenção do título de Doutora em Engenharia de Produção.

CRISTHIANE ELIZA DOS SANTOS

SÃO PAULO
2022

UNIVERSIDADE PAULISTA
PROGRAMA DE DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

COMBINANDO O MODELO 5 SENSU COM O CANVAS
PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO
SETOR TÊXTIL: UM ESTUDO DE CASO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para a obtenção do título de Doutora em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof.^a Dra. Cecília M. Villas Bôas de Almeida.

Área de Concentração: Sustentabilidade em Sistemas de Produção.

Linha de Pesquisa: Avanços em Produção mais Limpa e Ecologia Industrial.

Projeto de Pesquisa: Avaliação e aplicação de Indicadores para desenvolvimento sustentável.

CRISTHIANE ELIZA DOS SANTOS

SÃO PAULO

2022

Santos, Cristhiane Eliza dos.

Combinando o modelo do 5 Senu com o Canvas para avaliação da sustentabilidade do setor têxtil brasileiro / Cristhiane Eliza dos Santos. – 2022.

254 f. : il. color.

Tese de Doutorado Apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, São Paulo, 2022.

Área de concentração: Sustentabilidade em Sistemas de Produção.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cecilia M. Villas Bôas de Almeida.

1. Sustentabilidade. 2. Indicadores. 3. Modelo 5SEnSU.
4. Canvas. I. Almeida, Cecilia M. Villas Bôas de (orientadora).
II. Título.

CRISTHIANE ELIZA DOS SANTOS

**COMBINANDO O MODELO 5 SENSU COM O CANVAS
PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO
SETOR TÊXTIL: UM ESTUDO DE CASO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para a obtenção do título de Doutora em Engenharia de Produção.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

_____/_____/_____
Prof. Dr. Biagio Fernando Giannetti
Universidade Paulista – UNIP

_____/_____/_____
Prof^a. Dra. Cecília M. Villas Bôas de Almeida.
Universidade Paulista – UNIP

_____/_____/_____
Prof. Dr. Feni Agostinho
Universidade Paulista – UNIP

_____/_____/_____
Prof^a. Dra. Miriam Brochard
Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos

_____/_____/_____
Prof. Dr. Walter Sátyro
Universidade Nove de Julho – UNINOVE

DEDICATÓRIA

Dedico essa Tese ao meu filho, Pedro Henrique dos Santos, companheiro incansável de todas as horas.

Dedico também a todos que acreditam em recomeços.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a todo panteão sagrado a ele relacionado por me trazerem até aqui.

Agradeço ao meu pai Geraldo da Silva (*in memoriam*) e minha mãe Conceição Aparecida de Lucenti da Silva, sem eles, eu não estaria aqui. Agradeço meus irmãos, em especial minha irmã Rosi Juncker por mais uma vez fazer eu me lembrar de quem eu sou, cunhados, sobrinhos e sobrinhos netos.

Agradeço meu filho, minha fonte de força, energia, inspiração e motivação, Pedro Henrique dos Santos pela paciência, incentivo e presença em todos os momentos.

Agradeço minha orientadora, Profa. Dra. Cecília M. Villas Bôas de Almeida pela disponibilidade, paciência e sobretudo, por acreditar em mim quando eu mesma não acreditava. Que meu agradecimento lhe seja um tributo de reconhecimento e uma homenagem. Muito obrigada. Gratidão.

Faço questão de agradecer aos professores Biagio Giannetti e Feni Agostinho. Com seus estímulos, fui do ódio ao amor e gratidão. Vou levá-los como exemplo e inspiração para o resto da minha vida.

Agradeço aos amigos do Laproma pelo companheirismo e valorosas contribuições. Vou cometer injustiças, mas não posso deixar de citar; Marquinhos, Marcio, Rute, Estevão, Tamara, Arno, Serafim, Pedrão, o companheiro irmão Luiz Terra e os queridos Luiz e Fábio. Amigos, muito obrigada, vocês são a família que eu escolhi ter.

Chris, Christian Kellner Haak, muito obrigada pelas revisões, pelo incansável incentivo e estímulo, pela disponibilidade, por se fazer presente e por acreditar em mim. Gratidão!

Agradeço com muita gratidão aos professores e colegas da Fatec Zona Leste: Celso Jacubavicius e Ivan Vieira Gama com a valorosa contribuição nas análises estatísticas.

Meu agradecimento a diretoria a empresa do estudo de caso Dini Têxtil, em especial ao senhor Naor Henrique dos Santos Filho que contribuiu com informações e análises compartilhando sua experiência. Da mesma forma, agradeço a gentileza, disponibilidade e experiências compartilhadas do Eng. Sylvio de Napole, responsável

técnico da ABIT. Faço questão de agradecer a gentileza e competência na revisão ortográfica da Ivy. Grande abraço, minha amiga!

Não posso deixar de mencionar meus alunos do ano de 2022, incentivando e torcendo pela realização desse trabalho.

*“A verdadeira viagem de descobrimento
não consiste em procurar novas
paisagens, mas em ter novos olhos”.*

(Marcel Proust)

RESUMO

A sustentabilidade é um tema contemporâneo que vem alimentando o debate a respeito do comportamento da sociedade e dos seus hábitos de consumo. Esses hábitos influenciam os processos produtivos, que procuram mobilizar recursos para promover o equilíbrio entre sociedade, meio ambiente e economia. Essa mudança de contexto posiciona as organizações no rumo de ressignificação da sua proposta de valor e novo contorno para o modelo de negócios. Esse novo contorno, que ilustra a transição do modelo de negócios tradicional para o modelo de negócios mais sustentável, procura gerar impacto socioambiental positivo. Para atender às necessidades de transição do modelo de negócio tradicional para um modelo de negócios mais sustentável, propõe-se a combinação de uma métrica ambiental multicritério e quantitativa, com uma ferramenta de delineamento do modelo de negócio orientando a transição do modelo tradicional, para um modelo de negócios mais sustentável. A métrica ambiental multicritério e quantitativa é o modelo 5 SEnSU, *five sectors Sustainability model*, modelo de sustentabilidade dos cinco setores que, em seu constructo, propõe a adoção de indicadores e definição de metas para cada um desses indicadores, ponderados pela Filosofia de Programação por Metas. A ferramenta de delineamento do modelo de negócio é o Canvas, que define o modelo de negócio da organização a partir da definição do público-alvo, da proposta de valor, da infraestrutura, e das fontes de receitas e despesas. Espera-se que a combinação dos modelos contribua na transição do modelo de negócios tradicional para um modelo de negócios mais sustentável. O modelo foi aplicado em uma empresa do segmento têxtil automotivo permitindo criar um painel quantitativo do comportamento da sustentabilidade desse setor. Foi possível identificar os limites do sistema, ou seja, até onde o segmento têxtil automotivo pode ir sem comprometer seu desempenho. Foi observado que o segmento apresenta uma tendência de piora nos indicadores ambientais. Já os indicadores econômicos mantem a tendência de queda. Mas, é nos indicadores sociais que há a maior lacuna com queda na oferta de empregos e qualificação, perda do poder de compra do salário e aumento no absenteísmo. Esses resultados podem nortear o re delineamento do modelo de negócios do setor e posterior planejamento estratégico.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Indicadores, Modelo 5 SEnSU, Canvas.

ABSTRACT

Sustainability is a contemporary topic that has fueled the debate about society's behavior and consumption habits. These habits influence production processes, which seek to mobilize resources to promote balance between society, the environment and the economy. This change in context positions the organizations on the path of re-signification of their value proposition and a new contour for the business model. This new outline, which illustrates the transition from the traditional business model to a more sustainable model, seeks to generate a positive socio-environmental impact. To meet the needs of transition from the traditional business model to a more sustainable business model, it is proposed to combine a multi-criteria and quantitative environmental metric, with a business model design tool guiding the transition from the traditional model to a more sustainable business model. The multi-criteria and quantitative environmental metric is the 5 SEnSU, Five Sectors of Sustainability model which, in its construct, proposes the adoption of indicators and the definition of goals for each of these indicators, weighted by the Programming Philosophy by Goals. The business model design tool is Canvas, which defines the organization's business model from the definition of the target audience, the value proposition, the infrastructure, and the sources of income and expenses. It is expected that the combination of models will contribute to the transition from the traditional business model to a more sustainable business model. The model was applied in a company in the automotive textile segment, allowing the creation of a quantitative panel of the sustainability behavior of this sector. It was possible to identify the limits of the system, that is, how far the automotive textile segment can go without compromising its performance. It was observed that the segment presents a tendency of worsening in the environmental indicators. Economic indicators, on the other hand, maintain a downward trend. However, it is in the social indicators that there is the greatest gap with a drop in the supply of jobs and qualifications, loss of salary purchasing power and increase in absenteeism. These results can guide the redesign of the sector's business model and subsequent strategic planning.

Keywords: Sustainability, Indicators, 5 SEnSU Model, Canvas.

UTILIDADE DA TESE

O acesso à informação de boa qualidade fez com que a sociedade ampliasse seu horizonte de análise passando a considerar, além da economia, a sociedade e o meio ambiente, conforme sugere o tripé da sustentabilidade. Diante disso, a sociedade passa a enxergar valor nas organizações que, em suas ações e iniciativas, gerem impacto socioambiental positivo. Ao mesmo tempo que as organizações identificam essa mudança de comportamento da sociedade, elas também procuram mobilizar recursos para redefinir sua proposta de valor, adequando seu modelo de negócios para atender às novas expectativas e necessidades do mercado. A identificação da necessidade de mudança na proposta de negócios perde a força diante da cultura de priorização do lucro. Esse descompasso entre necessidade e cultura traz consigo uma oportunidade de contribuição acadêmica.

Para suprir essa lacuna, esse estudo apresenta a combinação de uma métrica ambiental quantitativa e multicritério, modelo 5 SEnSU com um modelo de análise de negócio da empresa, bem como seu posicionamento no mercado, o Canvas. A combinação desses dois modelos tem como objetivo auxiliar na transição da proposta de negócios tradicional para uma proposta de negócios mais sustentável, que promova o equilíbrio entre sociedade, meio ambiente e economia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Imagem 1 – Modelo mental da proposta	42
Imagem 2 – Modelo Cinco Setores de Sustentabilidade (5 SEnSU).....	88
Imagem 3 – Simbologia proposta por Odum (1996) utilizada no diagrama de energia	89
Imagem 4 – Compatibilização dos indicadores com os ODS	109
Imagem 5 – Procedimento de cálculo do modelo 5 SEnSU	111
Imagem 6 – Business Model Canvas	117
Imagem 7 – Business Model Canvas – Detalhamento.....	118
Imagem 8 – Modelo de três camadas para o BMC, Business Model Canvas	120
Imagem 9 – Canvas sustentável	121
Imagem 10 – Tripé da sustentabilidade	122
Imagem 11 – Visão geral do método do estudo	123
Imagem 12 – Diagrama de energia	124
Imagem 13 – Processo produtivo do tecido sintético de aplicação automotiva.....	125
Imagem 14 – Contribuição de cada elemento do inventário para o cálculo da energia	128
Imagem 15 – Variação do indicador de energia na série histórica	129
Imagem 16 – Variação do indicador de energia elétrica na série histórica	131
Imagem 17 – Variação do indicador de emissões de CO ₂ na série histórica	132
Imagem 18 – Variação do indicador de resíduos sólidos na série histórica	133
Imagem 19 – Comportamento do indicador de contribuição financeira do setor têxtil automotivo na série histórica.....	134
Imagem 20 – Comportamento do indicador de consumo de tecido na série histórica	135
Imagem 21 – Variação do indicador de força de trabalho na série histórica	136
Imagem 22 – Variação do indicador de capacitação na série histórica.....	138
Imagem 23 – Variação do indicador de salário na série histórica	140
Imagem 24 – Combinação do indicador de salário com o IGP-M na série histórica	141
Imagem 25 – Variação do indicador de absenteísmo na série histórica	142
Imagem 26 – Situação do absenteísmo sem a introdução da fábrica de capas	144
Imagem 27 – Comportamento do ISSS em cada um dos setores do modelo 5 SEnSU	147

Imagem 28 – Comportamento do ISSS geral.....	151
Imagem 29 – ISSS x volume produzido	152
Imagem 30 – Quadro de avaliação da sustentabilidade – Kanban da sustentabilidade	153
Imagem 31 – Curva da distribuição – 4 desvios padrão.....	157
Imagem 32 – Distribuição normal modelada dos resultados da simulação por extremos	159
Imagem 33 – Canvas do segmento têxtil automotivo.....	161
Imagem 34 – Sobreposição dos indicadores do modelo 5 SEnSU ao Canvas, criando uma camada métrica do Canvas.....	163
Imagem 35 – Sobreposição dos ISSS dos setores ao Canvas	166
Imagem 36 – Camada econômica do Canvas em três camadas	170
Imagem 37 – Camada ambiental do Canvas em três camadas.....	170
Imagem 38 – Camada social do Canvas em três camadas	171
Imagem 39 – Camada Sustentável do segmento têxtil automotivo.....	172
Imagem 40 – Canvas Métrico Corporativo	181
Imagem 41 – Integração do Canvas Métrico Corporativo com o planejamento estratégico integrando a estrutura organizacional horizontal e verticalmente	182
Imagem 42 – Curva da distribuição – 4 desvios padrão.....	244

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Revisão bibliográfica sobre a Indústria Têxtil	53
Tabela 2 – Revisão bibliográfica sobre a Indústria Automotiva e o segmento têxtil automotivo.....	58
Tabela 3 – Planilha de revisão bibliográfica sobre Indicadores.....	63
Tabela 4 – Planilha de revisão bibliográfica sobre o Modelo 5 SEnSU.....	71
Tabela 5 – Planilha de revisão bibliográfica sobre distribuição normal modelada e CEP	73
Tabela 6 – Planilha de revisão bibliográfica sobre Canvas	82
Tabela 7 – Planilha de revisão bibliográfica sobre Modelos de negócios sustentáveis	84
Tabela 8 – Inventário da contabilidade ambiental em emergia	94
Tabela 9 – Planilha de cálculo da emergia em série histórica.....	95
Tabela 10 – Quadro resumo de indicadores e base de dados	106
Tabela 11 – Quadro resumo da justificativa da escolha dos indicadores.....	107
Tabela 12 – Indicadores e metas utilizados no Modelo 5 SEnSU na avaliação da sustentabilidade do setor têxtil automotivo.....	110
Tabela 13 – Inventário do sistema para obtenção da emergia.....	127
Tabela 14 – Quadro resumo dos indicadores.....	145
Tabela 15 – Resultado da aplicação do critério da simulação por extremos.....	155
Tabela 16 – Correlação de Pearson.....	156
Tabela 17 – Parâmetros para distribuição norma modelada.....	156
Tabela 18 – Levantamento de material do Galpão Têxtil – Fase de introdução.....	192
Tabela 19 – Levantamento de material do Galpão Fiação – Fase de introdução ...	193
Tabela 20 – Levantamento de material do Galpão Expedição – Fase de introdução	195
Tabela 21 – Quantidades de calorías por tipo de atividade.....	198
Tabela 22 – Poder calorífico por tipo de material	199
Tabela 23 – Levantamento de materiais químicos – Fase de operação	200
Tabela 24 – Quantidades de espuma utilizadas no processo de produção	200
Tabela 25 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2001 ...	205
Tabela 26 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2002 ...	206
Tabela 27 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2003 ...	206

Tabela 28 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2004 ...	207
Tabela 29 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2005 ...	207
Tabela 30 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2006 ...	208
Tabela 31 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2007 ...	208
Tabela 32 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2008 ...	209
Tabela 33 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2009 ...	209
Tabela 34 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2010 ...	210
Tabela 35 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2011 ...	210
Tabela 36 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2012 ...	211
Tabela 37 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2014 ...	212
Tabela 38 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2015 ...	212
Tabela 39 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2016 ...	213
Tabela 40 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2017 ...	213
Tabela 41 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2018 ...	214
Tabela 42 – Evolução do consumo energético – setor têxtil (mil tep)	215
Tabela 43 – Resultado das emissões – setor têxtil (GgCO ₂ e)	217
Tabela 44 – Volume de resíduos sólidos	219
Tabela 45 – Contribuição financeira do setor, PIB do setor têxtil automotivo	221
Tabela 46 – Oferta de empregos no segmento têxtil automotivo	225
Tabela 47 – Dados de recursos humanos da empresa do estudo de caso.....	227
Tabela 48 – Variação anual de empregos e salários no setor têxtil automotivo.....	229
Tabela 49 – Dados de recursos humanos da empresa do estudo de caso.....	231
Tabela 50 – Programação por metas	233
Tabela 51 – ISSS pós simulação por extremos.....	235
Tabela 52 – Kanban da sustentabilidade	237
Tabela 53 – Indicador sintético de sustentabilidade – ISSS – pós simulação por extremos.....	239
Tabela 54 – Correlação de Pearson.....	241
Tabela 55 – Parâmetros da distribuição normal modelada – pós simulação por extremos.....	244
Tabela 56 – Parâmetros da distribuição normal modelada	245
Tabela 57 – FPM (função de probabilidade de massa).....	246
Tabela 58 – Consumo anual industrial de fibras e filamentos – 1970 a 2018	253
Tabela 59 – Consumo de anual de poliéster	254

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

5 SEnSU	<i>Five Sector Sustainability</i> (Cinco setores da sustentabilidade)
ABIT	Associação brasileira da indústria têxtil
ABRAFAS	Associação brasileira dos fabricantes de fibras artificiais e sintéticas
ACV	Análise do ciclo de vida
ADA	Indicadores de avaliação de desempenho ambiental
ANFAVEA	Associação nacional dos fabricantes de veículos Automotores
APL	Arranjo produtivo total
B2B	<i>Business to business</i> (Comércio eletrônico entre empresas)
BMC	<i>Business model Canvas</i>
CB	Corporações de benefícios
CEP	Controle estatístico de processos
CIESP	Centro das Indústrias do Estado de São Paulo
CMC	Canvas métrico corporativo
CNI	Confederação nacional da indústria
CP	Índice de estabilidade do processo
CPK	Índice de capacidade do processo
CPP	<i>Cleaner production premises</i> (Premissas de produção mais limpa)
CSD	<i>Commission on Sustainable Development</i> (Comissão de Desenvolvimento Sustentável)
EDI	<i>Electronic data interchange</i> (Transmissão eletrônica de dados)
ESG	<i>Environmental, social and governance</i> (Meio ambiente, sociedade e governança)

FCA	<i>Fiat Chrysler Automobiles</i>
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FPM	Função probabilidade de massa
FSSD	<i>Framework sustainable strategic development</i> (Quadro de desenvolvimento estratégico sustentável)
GEE	Gases do efeito estufa
GP	<i>Goal programming</i> (Programação por metas)
GRI	<i>Global Reporting Initiative</i> (Iniciativa de Relatórios Globais)
IATF	<i>International Automotive Task Force</i> (Força-Tarefa Automotiva Internacional)
IBGE	Instituto brasileiro de geografia e estatística
ICA	Indicadores de condição ambiental
IDG	Indicador de desempenho de gestão
IDO	Indicador de desempenho operacional
IEMI	Inteligência de mercado
IGP-M	Índice geral de preços de mercado
ISG	<i>Index of Sustainability Goal</i> (Índice de Meta de Sustentabilidade do indicador)
ISO	<i>International Standard Organization</i>
ISO TS	<i>International Organization for Standardization – Technical Specification</i> (Especificação técnica da ISO 9000 – Norma ISO para aplicação específica na indústria automotiva e fornecedores. Essa aplicação foi substituída pela IATF 16.949 em 2015)
ISSS	Indicador sintético de sustentabilidade do sistema

SSI	<i>Sector Sustainability Indicator</i> (Indicador Sintético de Sustentabilidade, ISS)
LTI	<i>Large textile industries</i> (Grandes indústrias têxteis)
MFC	<i>Material flow control</i> (Controle de fluxo de material)
NBR	Norma brasileira
ODS	Objetivos de desenvolvimento sustentável
ONG	Organização não governamental
ONU	Organização da Nações Unidas
PDCA	<i>Plan, do, correct, act</i> (Planejar, aplicar, corrigir e implementar – ciclo de melhoria contínua)
PET	Polietileno tereftalato (resina termoplástica)
PIB	Produto interno bruto
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PSA	Grupo Peugeot Citroën
RSE	Responsabilidade social empresarial
SAC	<i>Sustainable Apparel Coalition</i> (Coalizão do Vestuário Sustentável)
SCG	Sistemas de controle e gestão
SCS	Sistema de controle de sustentabilidade
SEJ	<i>Solar energy in Joule</i> (Energia solar medida em Joule)
SINDITÊXTIL	Sindicato da indústria têxtil
SM	<i>Sustainable manufacturing</i> (Manufatura sustentável)
SPC	<i>Statistic Process Control</i> (Controle Estatístico de Processo)
SSIS	<i>Sustainability Synthetic Indicator of Systems</i>

SUAPRO	<i>Sustainability assessment procedure for operation and production processes</i> (Procedimento de avaliação de sustentabilidade para processos de operação e produção)
SUV	<i>Sport Utility Vehicle</i> (veículo utilitário esportivo)
TEXAUTO	Têxtil automotivo
TLBMC	<i>Triple Layer Business Model Canvas</i> (Canvas em três camadas)
TPS	<i>Toyota Production System</i> (Sistema Toyota de Produção)
UEV	<i>Unit energy value</i> (Unidade de valor da energia)
WWTC	<i>Wastewater treatment companies</i> (Companhias de tratamento de águas residuais)

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	41
1.1.	Caracterização do problema.....	43
1.2.	Objetivos	46
1.1.1	Objetivos específicos.....	46
1.3.	Justificativa	47
1.4.	Estrutura do trabalho	49
2.	REVISÃO DA LITERATURA	51
2.1	Indústria têxtil - Setor têxtil	51
2.2.	Indústria automotiva - Setor Automotivo	55
2.3.	Segmento Têxtil Automotivo	57
2.4.	Indicadores	59
2.5.	5 SEnSU.....	64
2.6.	Canvas.....	74
2.7.	Modelos de negócios sustentáveis.....	83
3.	MÉTODO	87
3.1	O modelo 5 SEnSU	87
3.1.1	A definição dos indicadores setoriais.....	93
3.1.2	A definição das metas	109
3.1.3	Programação por metas	111
3.1.4	Indicador sintético de sustentabilidade do sistema ISSS.....	112
3.2	Simulação por extremos	114
3.2.1	Regra da simulação por extremos	114
3.3	Canvas, “Business Model Canvas”	117
3.4	Combinação do modelo do 5 SEnSU com o Canvas.....	121
3.5	Descrição do sistema de estudo	123
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	127
4.1	Resultados dos indicadores.....	127
4.1.1	Resultados dos indicadores do primeiro setor, S1: Meio Ambiente como fornecedor de recursos.....	127
4.1.2	Resultados dos indicadores do segundo setor, S2: Meio Ambiente como receptor de recursos.....	131
4.1.3	Resultados dos indicadores do primeiro setor, S3: Unidade de produção .	133

4.1.4	Resultados dos indicadores do quarto setor, S4: Sociedade como fornecedora de recursos	135
4.1.5	Resultados dos indicadores do quinto setor, S5: Sociedade como receptora de benefícios e consequências do Setor 3, unidade de produção.	139
4.2	Indicador Sintético de Sustentabilidade do Sistema, ISSS	147
4.2.1	O ISSS do setor 1	147
4.2.2	O ISSS do setor 2.....	148
4.2.3	O ISSS do setor 3.....	148
4.2.4	O ISSS do setor 4.....	149
4.2.5	O ISSS do setor 5.....	149
4.3	Simulação por extremos	155
4.3.1	Correlação de Pearson.....	155
4.3.2	Distribuição normal modelada	156
4.4	Canvas.....	160
4.5	Sobreposição dos indicadores ao Canvas.....	162
4.6	Sobreposição ISSS ao Canvas	165
4.7	Variações do Canvas.....	169
4.8	Canvas Métrico	173
4.9	Análise geral do setor	174
5.	CONCLUSÃO.....	179
5.1	Propostas para trabalhos futuros	180
5.1.1	Quadripé da sustentabilidade	180
	REFERÊNCIAS.....	183
	APÊNDICES	189
	APÊNDICE A – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA CONTABILIDADE AMBIENTAL EM EMERGIA (INVENTÁRIO)	191
	APÊNDICE B – CÁLCULO DA EMERGIA EM SÉRIE HISTÓRICA A PARTIR DA VARIAÇÃO DO CONSUMO ANUAL DE POLIÉSTER.....	203
	APÊNDICE C – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR DE ENERGIA ELÉTRICA.....	215
	APÊNDICE D – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR DE EMISSÕES	217

APÊNDICE E – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR RESÍDUOS SÓLIDOS	219
APÊNDICE F – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR CONTRIBUIÇÃO FINANCEIRA DO SETOR (PIB TÊXTIL AUTOMOTIVO)	221
APÊNDICE G – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR CONSUMO DE TECIDO	223
APÊNDICE H – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR FORÇA DE TRABALHO (EMPREGO).....	225
APÊNDICE I – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR CAPACITAÇÃO	227
APÊNDICE J – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR SALÁRIO	229
APÊNDICE K – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR ABSENTEÍSMO	231
APÊNDICE L – PLANILHA “GOAL PROGRAMMING”	233
APÊNDICE M – KANBAN DA SUSTENTABILIDADE	235
APÊNDICE N – PAINEL DE DADOS (CORRELAÇÃO DE PEARSON).....	239
APÊNDICE O – DISTRIBUIÇÃO NORMAL MODELADA	243
APÊNDICE P – CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS – CEP	249
ANEXOS	251
ANEXO A – CONSUMO ANUAL DE POLIÉSTER.....	253

1. INTRODUÇÃO

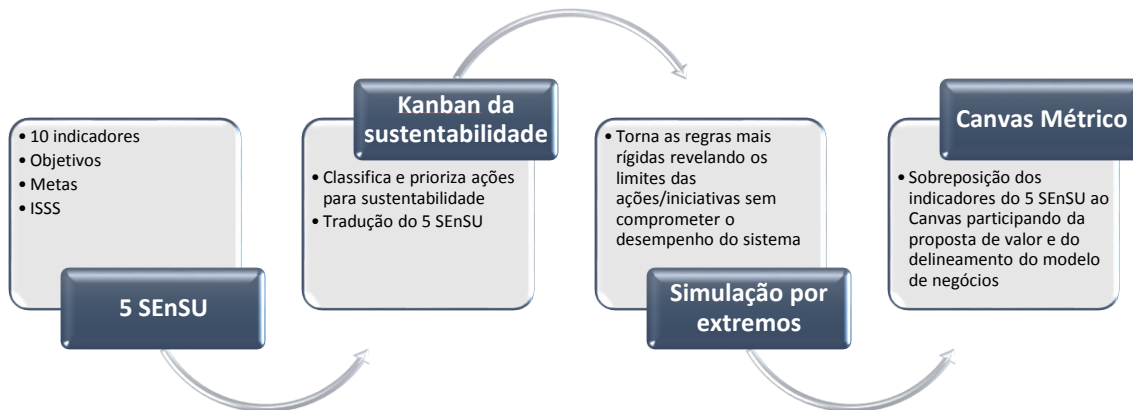
O termo sustentabilidade, em sua abordagem contemporânea, tem reunido diversas definições. Sob o olhar da sociologia, questões que limitam ou comprometem a vida e o estilo de vida das pessoas conduzem a reflexões sobre relacionamentos e relações sociais, bem como sobre sua preservação. Sob o ponto de vista da biologia, a sustentabilidade traz consigo, a responsabilidade de preservar recursos a fim de impedir seu esgotamento.

A definição de sustentabilidade foi popularizada no final da década de 1980 com o Relatório de Brundtland, no qual considerava-se que o desenvolvimento deveria ser planejado de maneira que atendesse às necessidades atuais, e de maneira que não compromettesse nem esgotasse os recursos para as necessidades das gerações. A sustentabilidade deve ter o propósito de equilibrar sociedade, meio ambiente e economia (Moreno Garcia *et al.*, 2021) por meio da inclusão social, resiliência ambiental e desempenho econômico (ROSSI *et al.*, 2020).

O afastamento social imposto pela pandemia de Covid 19 potencializou a questão dos relacionamentos, em especial quanto às formas a partir das quais a sociedade, o meio ambiente e a economia se relacionam, e quais os ônus e os bônus existentes nessas trocas. A sociedade passou a atribuir maior valor às questões de sustentabilidade, inclusive na fabricação sustentável (STOYCHEVA *et al.*, 2018), no desenvolvimento sustentável (SALVADO *et al.*, 2015) e em relação aos meios utilizados para medir e quantificar essa sustentabilidade (GIANNETTI *et al.*, 2019). Nesse contexto, sobressai a conscientização da necessidade de mudança nos objetivos e metas organizacionais, embora a dificuldade de assimilação cultural passe a ser o maior desafio (STOYCHEVA *et al.*, 2018) na adoção efetiva da sustentabilidade na indústria de transformação.

Para fechar essa lacuna, é proposta a combinação de uma métrica ambiental, quantitativa e multicritério, 5 SEnSU (GIANNETTI *et al.*, 2019) ao Canvas de Osterwalder e Pigneur (2011), que auxilia na definição do modelo de negócios da empresa conforme modelo mental.

Imagem 1 – Modelo mental da proposta



Fonte: Autor, 2022.

O sistema no qual a proposta é aplicada é o segmento têxtil automotivo de fibra sintética com aplicação automotiva, um segmento híbrido das indústrias têxtil e automotiva.

Atualmente, a Indústria têxtil conta com uma participação significativa no desenvolvimento econômico mundial quando considerados o número de empregos gerados e as receitas de exportação, além de ser presente em mais de 150 países que fornecem produtos têxteis em todo mundo. Dada a intensa atividade que a caracteriza, essa indústria está associada a uma herança de degradação ambiental como resultado do desenvolvimento industrial (CHOURASIYA *et al.*, 2022). Nesse sentido, Cesar da Silva *et al.* (2021) afirmam que 80% das empresas têxteis são de pequeno porte, com até 50 colaboradores, e de médio porte, com até 250 colaboradores; esse perfil pode se traduzir em provável dificuldade financeira para investir em iniciativas voltadas a gerar impacto socioambiental positivo.

Desde a Revolução Industrial, o setor têxtil gerou efeitos ambientais negativos ao longo de todo o ciclo produtivo (extração de matéria-prima, fabricação, varejo, consumo e descarte), tornando-se uma das indústrias mais poluentes do mundo (LEE, 2017). O grande volume de produtos químicos e água utilizados no processo produtivo da indústria têxtil traz grande preocupação com a poluição da água e da atmosfera, em virtude da toxicidade desses químicos ao longo do ciclo de vida de um produto têxtil; tal fenômeno faz com que esse segmento de mercado seja responsável por 20% da poluição do planeta (PATTI *et al.*, 2021). Gai *et al.* (2022) relatam que a indústria têxtil é a segunda maior consumidora de água do mundo, já que utiliza 200 litros de

água para produzir 1 kg de tecido. Li *et al.* (2021) mostram que 41,67% de todo o resíduo têxtil são formados por lodo, sendo que 35% desse lodo são reciclados. Dessa maneira, a questão dos resíduos sólidos têxteis também assume protagonismo na gestão ambiental das indústrias têxteis.

O processo inerente à cadeia têxtil, no mundo, polui o ambiente com a dispensa de líquidos, geração de resíduos sólidos e emissões de gases nocivos, sendo responsável por 3% de todas as emissões de gases do efeito estufa (GEE) (LI *et al.*, 2020). Diante disso, é possível afirmar que a Indústria têxtil é uma das indústrias mais poluentes do mundo. Considerando essas circunstâncias, são apresentadas considerações sobre como e se a indústria têxtil está contribuindo para atingir os objetivos de crescimento econômico propostos pelas Nações Unidas em seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (CAI; CHOI, 2020). Com isso, diversas práticas em vários segmentos foram desenvolvidas na tentativa de minimizar os efeitos negativos da produção e do consumo excessivo no meio ambiente em consideração às dimensões social, ambiental e econômica. Um desses segmentos é o setor automotivo, que está buscando um produto ecologicamente sustentável sob diferentes perspectivas e dentro dos aspectos ambientais, sociais e econômicos de acordo com Olhan *et al.* (2021).

1.1. Caracterização do problema

Conforme citado anteriormente, o segmento de mercado para esse estudo é o têxtil automotivo. Esse segmento conta com características tanto da indústria têxtil como com características da indústria automotiva, uma vez que tem, como único cliente, as indústrias montadoras de veículos.

A indústria automotiva hoje, no mundo, enfrenta desafios no sentido de implementar práticas de produção sustentáveis diante da necessidade do equilíbrio social, ambiental e econômico, embora raramente possa contar com métricas quantitativas para mensurar o intrincado mecanismo de compensações entre desempenho e sustentabilidade. O aumento dos custos de combustíveis, sobretudo o fóssil, e de recursos em geral, além da pressão da sociedade pelo consumo mais responsável, colocaram a indústria automotiva na rota da busca pelo aumento da eficiência, trazendo à cena a prioridade na redução do impacto ambiental gerado por suas operações (STOYCHEVA *et al.*, 2018).

O segmento têxtil automotivo, segundo Olhan *et al.* (2021) e Brunella *et al.* (2020), em concordância com a indústria automotiva, seu único cliente, segue a tendência de introdução de iniciativas sustentáveis procurando desenvolver materiais mais leves, de forma a diminuir o consumo de combustível e, com isso, reduzir as emissões de CO₂. Esses materiais são, dentre outros, compósitos de fibras naturais e tecido sintético de fibra oca. No segmento têxtil automotivo, Sezer Hicyilmaz *et al.* (2019) afirmam que os têxteis técnicos, tecidos usados em veículos, são de alto valor agregado em virtude da sua alta tecnologia, contribuindo para a economia de escala dos países que possuem esse tipo de indústria em seu território.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil (ABIT, 2018), o setor têxtil contribui com 4,9% do PIB. Desses 4,9%, o segmento têxtil automotivo, representou 30,5% dessa participação e gerou, de 2001 a 2018, em média, mais de um milhão e meio de empregos.

O setor investe por meio das entidades de classe tais como: ABIT, Sindicato da indústria têxtil, SINDITÊXTIL e Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, ANFAVEA e órgãos governamentais, como Confederação Nacional da Indústria (CNI) em iniciativas voltadas à implementação de boas práticas de fabricação no modelo de Produção Mais Limpa.

O modelo de avaliação, que contribui na construção e/ou consolidação da sustentabilidade no segmento têxtil automotivo é o modelo do 5 SEnSU que avalia a contribuição dos 5 setores. Esse modelo, desenvolvido por Giannetti *et al.* (2019), contempla a dimensão ambiental em dois momentos. Em um primeiro momento, como doador de recursos naturais para unidade produtiva, o setor 1. Em um segundo momento, ainda na dimensão ambiental, o setor 2 é definido como o meio ambiente atuando como receptor de resíduos da unidade produtiva. O setor 3 é definido como a unidade produtiva e representa a dimensão econômica do modelo. O setor 4 contempla a sociedade como provedora de recursos para a unidade produtiva. Já o setor 5, ainda na dimensão social, apresenta indicadores que ilustram a intensidade das trocas entre a sociedade como receptora dos benefícios gerados pelo setor 3. Esse modelo estuda essa intensidade das trocas entre os setores para a avaliação da sustentabilidade, conforme apresentado da seção 3.1.

No intuito de auxiliar os tomadores de decisão na transição do modelo de negócios tradicional com foco restrito na economia para um modelo de negócios mais sustentável, que proponha o balanço entre as dimensões social, ambiental e

econômica, formulou-se a seguinte pergunta de pesquisa: “Como incorporar uma métrica ambiental, multicritério e quantitativa, à estratégia das organizações, permitindo a transição de modelos tradicionais para modelos de negócios mais sustentáveis?”

Para responder a pergunta de pesquisa é proposta a combinação uma métrica de sustentabilidade quantitativa, modelo 5 SEnSU (GIANNETTI *et al.*, 2019) com uma metodologia de delineamento de modelo de negócios dada por Business Model Canvas (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011). O propósito é trazer uma contribuição teórica com a combinação dos modelos e, como contribuição prática, o estudo de caso. O Canvas proposto apresenta a combinação do Canvas tradicional com uma métrica ambiental multicritério, que promove o equilíbrio entre as dimensões social, ambiental e econômica, quantitativa e simultaneamente, nesse estudo chamado de Canvas Métrico. A elaboração do Canvas Métrico precede ao mesmo tempo que orienta o Planejamento Estratégico da empresa.

O presente estudo tem como objetivo introduzir uma contribuição teórico-metodológica que permita às organizações incorporar uma métrica ambiental, sistêmica, quantitativa e multicritério no desenho ou redesenho de sua proposta de valor, seguida pelo delineamento do modelo de negócios, tendo como finalidade a definição do planejamento estratégico da organização orientado para a sustentabilidade, e procurando oferecer impacto socioambiental positivo. Nesse contexto, a dimensão econômica, com toda sua relevância, não é prioridade diante do fato de ter sido unicamente valorizada desde a Revolução Industrial. Essa contribuição é apresentada por meio do Canvas Métrico, combinação do modelo 5 SEnSU com o Canvas. Joyce e Paquin (2016) propõem a ampliação de escopo do Canvas em três camadas, de maneira que sejam levadas em consideração, com a mesma importância e destaque, as dimensões social, ambiental e econômica. Cardeal *et al.* (2020) propõe o achatamento das três camadas do Canvas, conforme apresentado por Joyce e Paquin (2016).

O modelo do 5 SEnSU, isoladamente, é efetivo na lógica de avaliação a que se propõe, mas não avança na proposta de valor da empresa, tampouco indica as lacunas no modelo de negócios sob o ponto de vista da sustentabilidade que vão anteceder a estratégia corporativa. Já o Canvas tradicional, isoladamente, não se mostra efetivo em aplicações que demandam avaliação quantitativa, e não oferece a integração entre as dimensões social, ambiental e econômica. Para fechar essa

lacuna, é proposto então o Canvas Métrico. O Canvas Métrico é uma combinação que procura refletir como a organização incorpora suas premissas de sustentabilidade, de acordo com a métrica ambiental em seu planejamento estratégico. A proposta do Canvas Métrico pode ser adotada por empresas de qualquer setor, entretanto, no caso desse estudo, como contribuição prática, o estudo de caso aborda o segmento têxtil de fibra sintética com aplicação automotiva.

O Canvas Métrico agrupa conceitos e ferramentas consolidadas na engenharia de produção, consolidando todos os modelos de negócios sustentáveis. A literatura apresenta propostas de negócios sustentáveis, porém esses modelos não são associados a nenhuma métrica. Diante disso, propõe-se o fechamento dessa lacuna com o Canvas Métrico que, por si só, não define um modelo de negócios, mas surge como ferramenta de apoio ao modelo de negócio, aplicável a qualquer modelo de negócios em qualquer segmento de mercado. A proposta também envolve tornar os modelos de negócios sustentáveis menos intuitivos e empíricos, aumentando a ênfase em dados físicos e biofísicos, e associando o 5 SEnSU ao Canvas.

1.2. Objetivos

1.1.1 Objetivos específicos

- a) fazer o inventário de todos dos recursos envolvidos no segmento têxtil automotivo;
- b) aplicar o modelo do 5 SEnSU para avaliar a sustentabilidade do setor;
- c) elaborar uma série histórica que compreenda o período entre os anos de 2001 e 2018, para avaliação da sustentabilidade do setor têxtil automotivo;
- d) propor o Canvas Métrico;
- e) aplicar o Canvas Métrico;
- f) baseado no Canvas Métrico, desenhar ou redesenhar a proposta de valor da empresa, que deve preceder o processo de planejamento estratégico organizacional, norteando ações e/ou estratégias socioambientalmente assertivas, alinhadas com a maneira pela qual a empresa cria, entrega e captura valor.

1.3. Justificativa

As empresas brasileiras sofrem pressões de órgãos reguladores, clientes, ONGs, investidores internacionais e mídia no sentido de assumir a responsabilidade pelos impactos sociais e ambientais causado por suas operações. Esse estudo contempla a necessidade de ampliar o horizonte de pesquisas na camada social, entendendo que as camadas econômicas são culturalmente contempladas e a camada ambiental vem ampliando sua participação em pesquisas e modelos métricos (ABREU et al., 2012).

A conscientização do efeito sustentabilidade está diretamente relacionado com a forma pela qual as organizações abordam questões como: satisfação do cliente, lucros sociais, ecológicos e financeiros. A manufatura sustentável traz como tema relevante a formulação e a implementação de procedimentos para investigar sistemas sustentáveis por parte de instituições públicas e universidades, não havendo um sistema confiável de medidas para empresas de manufatura. Na avaliação dos seus desempenhos, são considerados, apenas, o aspecto financeiro e a dimensão econômica do tripé da sustentabilidade, sem incluir os itens ambiental e social na análise. Diante da crescente preocupação com a sustentabilidade, há a necessidade de estudos que considerem, equilibradamente, aspectos sociais, ambientais e econômicos (CHOURASIYA et al., 2022).

Esse estudo, usa como cenário de aplicação prática o segmento têxtil automotivo, que é um híbrido dos setores têxtil e automotivo. A indústria têxtil continua expandindo suas operações pelo mundo, tornando premente a necessidade de gestão estratégica da demanda com foco nos requisitos do cliente e questões ambientais. Em virtude da crescente conscientização da sociedade sobre os impactos ambientais e o uso massivo de produtos químicos lesivos usados pela indústria têxtil, é fortemente sugerido o desenvolvimento e a adoção de ferramentas práticas, de forma a avaliar esses efeitos nocivos e, ao mesmo tempo, reduzir a exposição da sociedade e do ambiente ao uso de produtos químicos poluentes (CHOURASIYA et al., 2022). O setor têxtil contribui com 4,9% do PIB. Desses 4,9%, o têxtil automotivo representa 30,5% e tem gerado, de 2001 a 2018, em média, mais de um milhão e meio de empregos.

O modelo 5 SENSU, de acordo com item 2.5, no seu constructo, conta com 10 indicadores: 4 ambientais, 2 econômicos e 4 sociais, além da flexibilidade da definição de metas e objetivos para a obtenção do indicador sintético de sustentabilidade do

sistema, ISSS. A aplicação do modelo do modelo 5 SEnSU, em série temporal, traz a contribuição de verificação da tendência de sustentabilidade para o setor têxtil automotivo.

O Kanban a sustentabilidade é um elemento visual que traduz os resultados do modelo 5 SENSU, sugerindo a priorização de ações ambientais e/ou econômicas e/ou sociais. É um elemento de integração entre a engenharia de produção clássica com a engenharia de produção contemporânea.

A simulação por extremos foi usada como elemento intensificador na utilização do modelo 5 SENSU a fim observar o comportamento o sistema, segmento têxtil automotivo, e identificar seus limites. Ou seja: até onde o sistema pode ir sem comprometer seu desempenho. Ou ainda: quanto de carga ambiental, econômica e social o sistema suporta sem perder desempenho. A simulação por extremos torna as regras de estudo impostas pelo modelo 5 SENSU mais rígidas ampliando o escopo de estudo do modelo, podendo ser usado em qualquer tipo de sistema.

O Canvas de Osterwalder e Pigneur (2011), traz o objetivo de esclarecer o conceito do modelo, além de ampliar seu escopo de atuação, conforme propõe Joyce e Paquin (2016); Cardeal *et al.* (2020); Gomes *et al.* (2022); França *et al.* (2017); Garcia-Muiña *et al.* (2020), permitindo assim a combinação do modelo 5 SEnSU com Canvas em uma abordagem sustentável.

O Canvas Métrico foi desenvolvido a partir de uma lacuna apontada na literatura, presente nos itens 2.5 (5 SENSU) e 2.6 (Canvas) interpretada como oportunidade de contribuição científica e prática. Essa lacuna se refere a subjetividade do Canvas, que não conta com elementos quantitativos. Por outro lado, a complexidade de operacionalização do modelo 5 SENSU pode ser um impedimento da popularização do modelo. A contribuição científica está apoiada na união dos dois modelos sobrepondo ao Canvas os resultados do modelo 5 SENSU com o indicador sintético de sustentabilidade do sistema, ISSS. O Canvas Métrico pode ser um elemento de transição do modelo de negócios tradicional para um modelo de negócios mais sustentável com a interface amigável do Canvas tradicional associada a uma métrica ambiental quantitativa e multicritério, que é o modelo do 5 SENSU. O Canvas Métrico, além de ampliar o horizonte de análise do Canvas e do modelo do 5 SENSU isoladamente, traz novas oportunidades de análises com ações mais assertivas e racionalização de recursos. A combinação dos dois modelos permite criar cenários e estabelecer prioridades de ação com respaldo científico metodológico e prático com o

estudo de caso. A abordagem prática discute os pontos fortes e fracos do setor bem como a discussão das limitações do modelo traz consigo, a contribuição científica.

1.4. Estrutura do trabalho

Com o objetivo de orientar a leitura desse estudo, além da seção de introdução que expõe a relevância dele, seguem-se as seguintes seções:

- Seção de revisão bibliográfica: estudos que subsidiam a sustentação teórica do trabalho;
- Seção de metodologia: apresentação do método utilizado no desenvolvimento desse estudo;
- Seção de discussão e resultados: apresentação dos resultados obtidos a partir da aplicação do método utilizado, bem como a discussão desses resultados;
- Seção de considerações finais e proposta de trabalhos futuros: essa seção procura estimular a reflexão sobre o tema e seus desdobramentos, as limitações do estudo e propostas de trabalhos futuros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Indústria têxtil - Setor têxtil

A partir da Revolução Industrial, a indústria têxtil se consolidou e se expandiu para todo do mundo, oferecendo milhares de empregos à sociedade e colaborando com as economias dos países em que possui operações. Atualmente, está presente em mais de 150 países, gerando empregos e contribuindo com as receitas provenientes de suas exportações (CHOURASIYA *et al.*, 2022), em especial em países em desenvolvimento (LUO *et al.*, 2021). Essa grande operação que é a manufatura de têxteis no mundo deve ter sua demanda triplicada até 2050 (LI *et al.*, 2021).

A indústria têxtil é caracterizada pela mão de obra intensiva no processo de fabricação, pela longa cadeia de valor e pelo alto grau de poluição ambiental. Sob o aspecto econômico e social, esse segmento de mercado prioriza países em desenvolvimento, como Camboja, Vietnã, Bangladesh etc. em virtude da permissibilidade de direitos trabalhistas e baixa remuneração, quando comparados a países desenvolvidos (CAI; CHOI, 2020). Há o viés da responsabilidade social nas organizações, que mantém suas operações em países em desenvolvimento assumindo uma postura praticamente exploratória em virtude da baixa remuneração e precariedade dessas regiões quando comparadas com países desenvolvidos. Sob o aspecto ambiental, a referida indústria apresenta perigosa poluição ao meio ambiente, em face à grande quantidade de recursos necessários para a manufatura de produtos têxteis: água, energia e químicos, gerando águas residuais tóxicas que, se não devidamente tratadas, contaminam efluentes, trazendo riscos à saúde da sociedade. As emissões são inerentes ao processo produtivo: quanto maior o volume de produção, maiores as emissões (ABREU *et al.*, 2012).

A manufatura de produtos têxteis, em função do grande número de recursos utilizados, pode trazer então sérios problemas ambientais. O contexto dessa indústria é descentralizado, sendo que a produção acontece, predominantemente, em pequenas e médias empresas e em países em desenvolvimento. Essa característica de descentralização das operações pode oferecer limitações na implementação de iniciativas voltadas à sustentabilidade (LUO *et al.*, 2021).

A adoção das premissas de produção mais limpa pode trazer vantagem competitiva social, ambiental e econômica, além do aumento da eficiência para as grandes indústrias têxteis em função da maior disponibilidade de recursos financeiros. Essas premissas podem estimular a reinvenção de produtos e processos com melhor utilização de recursos como água, energia elétrica, redução de emissões a partir da revisão de processos e matérias-primas, além da redução de resíduos sólidos e incentivo à reciclagem melhorando o desempenho ambiental (SILVA *et al.*, 2021; PATTI *et al.*, 2021; LI *et al.*, 2021).

Em virtude da produção e consumo de produtos de têxteis, a indústria têxtil é responsável por 10% das emissões de carbono, ostentando a condição de uma das indústrias mais poluentes do mundo, em termos de descarte de líquidos, emissões e geração de resíduos sólidos (GAI *et al.*, 2022). Vinte por cento de toda a poluição da Terra têm a indústria têxtil como responsável em virtude do grande volume de produtos químicos utilizados nos processos produtivos. A água e os gases nocivos liberados para o ambiente colocam o impacto ambiental desse segmento industrial em destaque.

A quantidade de químicos utilizados nos processos produtivos é elevada para qualquer tipo de fibra, naturais ou artificiais. As fibras naturais são divididas em: plantas e vegetais, animais e minerais. As fibras artificiais, derivadas do petróleo, são as sintéticas ou regeneradas. Todo tecido, independentemente do tipo de fibra, usa em seu processo produtivo óleo e lubrificantes. As fibras naturais utilizam químicos como pesticidas, inseticidas e fertilizantes. As fibras artificiais usam monômeros e catalisadores, que geram uma série de subprodutos.

Diante dos efeitos nocivos causados pela geração de resíduos oriundos do processo produtivo, a reciclagem é uma prática que pode minimizar e contribuir para equilibrar os efeitos do descarte de altos volumes de resíduos sólidos. Esse grande volume gerado pós-produção é classificado de acordo com o tipo de fabricação: resíduo da fiação, da cardação, da tecelagem etc.

Os resíduos sólidos da Indústria têxtil podem ser divididos em dois grupos: a) pré-consumo, compreendido por peças que não chegaram a ser vendidas, além de resíduos de produção; e b) pós-consumo, constituído por fios, retalhos de tecido e aparas de peças têxteis (PATTI *et al.*, 2021).

O consumo por têxteis no mundo deve triplicar até 2050 (LI *et al.*, 2021) e, para atender essa demanda, o volume de produção e os resíduos sólidos devem triplicar

também. Em pesquisa realizada em 396 Indústrias Têxteis na China, identificou-se que elas geraram 335 toneladas de resíduos em 2015. Desse montante, 41,67% foram de lodo, seguido por 28,57% de resíduos alimentares (sobras de alimentação humana), 13,67% de têxteis, 4,57% de descarte doméstico, 4,30% de papelão e papel e 3,15% de resíduos químicos. Essas características atribuem a Indústria Têxtil a responsabilidade por 3% de todas as emissões de gases do efeito estufa (GEE) (LI *et al.*, 2021).

As referências bibliográficas que fundamentam a indústria têxtil são apresentadas na Tabela 1: revisão bibliográfica sobre a indústria têxtil.

Tabela 1 – Revisão bibliográfica sobre a Indústria Têxtil

BASE BIBLIOGRÁFICA – INDÚSTRIA TÊXTIL			
Título da obra	Autor e ano	Objetivo da obra	Contribuição ao trabalho
A comparative understanding of corporate social responsibility of textile firms in Brazil and China	Mônica Cavalcanti Sá de Abreu*, Felipe de Castro, Francisco de Assis Soares, José Carlos Lázaro da Silva Filho (2012)	“Como as diferenças no ambiente institucional do Brasil e da China impactam nas práticas de RSE adotadas pelas empresas têxteis”	Isomorfismo coercitivo (responsabilidade social corporativa). Dados do setor
Revolução Industrial: considerações sobre o pioneirismo industrial inglês	Elaine Carvalho de Lima, Calisto Rocha de Oliveira Neto (2017)	As motivações que levaram a Inglaterra a se tornar hegemônica na constituição do capitalismo industrial	A importância da indústria têxtil na Revolução Industrial. Origem da indústria têxtil
A United Nations’ Sustainable Development Goals perspective for sustainable textile and apparel supply chain management	Ya-Jun Cai, Tsan-Ming Choi (2020)	Como a indústria têxtil de confecções pode cumprir os ODS e se tornar mais sustentável	Indicadores e ODS
Eco-Sustainability of the Textile Production: Waste Recovery and Current Recycling in the Composites World	Antonella Patti, Gianluca Cicala and Domenico Acierno (2020)	Soluções alternativas para limitar a produção de resíduos sólidos têxteis a serem descartados	Indicadores e poluição da indústria têxtil

BASE BIBLIOGRÁFICA – INDÚSTRIA TÊXTIL (cont.)

Título da obra	Autor e ano	Objetivo da obra	Contribuição ao trabalho
Environmental sustainability of textiles and apparel: A review of evaluation methods	Yan Luo, Kun Song, Xuemei Ding, Xiongying Wu (2021)	Métodos que podem ser usados para a medição da sustentabilidade ambiental (ACV, pegada ambiental, ecoeficiência e índice de Higg)	Indústria têxtil e métricas ambientais
Evaluation of economic, environmental and operational performance of the adoption of cleaner production: Survey in large textile industries	Paulo Cesar da Silva, Geraldo Cardoso de Oliveira Neto*, Jose Manuel Ferreira Correia, Henricco Nieves Pujol Tucci (2021)	Avaliar se a adoção do CPP tem um efeito positivo no desempenho econômico, ambiental e operacional	Indústria têxtil e Indicadores
Textile supply chain waste management in China	Xin Li , Laili Wang , Xuemei Ding (2021)	Investigação da gestão de resíduos da cadeia de suprimentos têxteis na China	Resíduos sólidos
Investigating the eco-efficiency of China's textile industry based on a firm-level analysis	Yuxin Gai, Yuanbo Qiao, Huijing Deng, Yutao Wang (2022)	Impacto ambiental nos processos de produção no setor têxtil de algodão, de fibras químicas e têxtil não algodão e o setores de estamparia e tinturaria	Industria Têxtil e correlação de Pearson
Developing a framework to analyze the effect of sustainable manufacturing adoption in Indian textile industries	Rupesh Chourasiya, Shrikant Pandey, Rakesh Kumar Malviya (2022)	Desenvolver uma estrutura para entender o efeito da adoção do SM na indústria têxtil indiana (manufatura sustentável)	Distribuição normal modelada. Análise da manufatura sustentável na Índia

Fonte: Autor, 2022.

A revisão bibliográfica realizada sobre a indústria têxtil permite identificar esse setor como sendo tradicional no sentido de ter participado da construção do conceito de indústria no mundo. É uma indústria pulverizada em que 80 % das suas operações ocorrem em empresas de pequeno e médio porte (LUO *et al.*, 2021). A cadeia têxtil possui operações globais e é presente em diversos de países, prioritariamente países em desenvolvimento. A indústria têxtil produz produtos para confecções, cama, mesa e banho, mas também com têxteis técnicos ou tecnológicos. O produto que ilustra esse estudo são os têxteis tecnológicos, com aplicação automotiva. Há iniciativas no

setor no sentido de desenvolver têxteis tecnológicos mais leves para reduzir o consumo de combustível e minimizar as emissões.

2.2. Indústria automotiva - Setor Automotivo

O setor que ilustra esse estudo é o segmento têxtil automotivo. Todavia, para apresentar o aprofundamento nesse canal e identificar seu comportamento, é necessário conhecer a indústria têxtil, conforme apresentado, e a indústria automobilística. Em virtude de o setor automotivo ser o único cliente do segmento têxtil automotivo, ele contém características inerentes à indústria têxtil e à indústria automobilística, além das suas próprias particularidades.

A sociedade passa por um momento de conscientização sobre a degradação ambiental e os impactos causados pelos processos produtivos, passando a cobrar ações menos agressivas ao meio ambiente e à sociedade em suas operações (PATTI *et al.*, 2021). A indústria automotiva passa por dificuldades na implementação de premissas de manufatura sustentável que promovam o equilíbrio entre as dimensões social, ambiental e econômica. Essa dificuldade reside, ao mesmo tempo, na mudança de cultura e na oferta de modelos quantitativos que possam avaliar a sustentabilidade dos sistemas produtivos e suas operações (SILVA *et al.*, 2021; CHOURASIYA *et al.*, 2022).

O desenvolvimento de novos materiais pode ser uma alternativa assertiva para atingir os objetivos de sustentabilidade na indústria automotiva (SEZER HICYILMAZ *et al.*, 2019). O desenvolvimento desses materiais está fortemente relacionado à diminuição do peso dos mesmos, de acordo com o que sugere a manufatura sustentável (STOYCHEVA *et al.*, 2018). Para capas de assentos, há iniciativas de desenvolvimento de têxteis tecnológicos de compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais (OLHAN *et al.*, 2021) e tecidos com fibra de seção oca para assentos de bancos, objetivando contribuir com a redução de peso do veículos e, com isso, diminuir o consumo de combustível reduzindo as emissões (BRUNELLA *et al.*, 2020).

Apesar de todos os esforços mobilizados pela indústria automotiva no sentido de aumentar a eficiência e reduzir o impacto ambiental, há dificuldade na identificação e na aplicação de métricas quantitativas que sejam capazes de mensurar a complexidade das dimensões social, ambiental e econômica (STOYCHEVA *et al.*, 2018).

Segundo o portal da ANFAVEA, o Brasil recebeu seu primeiro veículo automotor em 1898, um Peugeot. Até 1919, os automóveis que existiam no Brasil eram todos importados, não existindo atividade industrial na montagem de veículos no país. Nesse ano, a FORD abriu sua filial brasileira em São Paulo e começou a montar o Modelo T no bairro do Bom Retiro. Em 1925 foi a vez da General Motors se instalar no Brasil. No ano seguinte, em 1926, a *International Haverster* do Brasil iniciou suas operações sendo a primeira montadora de veículos comerciais e caminhões no país. Dois elementos formaram bases para a criação da indústria automotiva no Brasil: a criação da Companhia Siderúrgica Nacional em 1941, e a criação da Petrobras em 1953. Para incentivar a indústria nacional, o governo proibiu a importação de carros completos em 1953. A reabertura das importações só ocorreu em 1990.

Em 1992 foi criado o primeiro acordo setorial automotivo. Em 1993, o segundo e, o terceiro, em 1995.

Em 2018, entrou em vigência a Lei 13.755/18, que definiu um programa federal orientado a toda cadeia automotiva, fabricantes de veículos e o setor de autopeças, identificado como Rota 2030. Esse programa tem como objetivo incentivar pesquisa e desenvolvimento, estimulando novas tecnologias e inovação tais como: automação da manufatura, uso de biocombustíveis, valorização da matriz energética brasileira, capacitação de mão de obra e manutenção do emprego no setor de mobilidade e logística.

A revisão bibliográfica realizada sobre a indústria automotiva permite identificar esse setor como sendo tradicional, no sentido de ter participado da construção do conceito de indústria no mundo, assim como o da indústria têxtil. É um segmento de mercado que, assim como a indústria têxtil, possui operações globais, ofertando muitos empregos e contribuindo com a economia dos países.

A indústria automotiva é mais recente que a indústria têxtil. Mesmo sendo mais nova, incorporou a inovação e a tecnologia com mais consistência que a indústria têxtil. O setor automotivo também mobiliza recursos para reposicionar suas operações na rota da sustentabilidade.

De acordo com a literatura, a iniciativa mais consistente em toda a cadeia de suprimentos é o desenvolvimento de materiais mais leves a fim de reduzir o peso do veículo, diminuindo o consumo de combustível e, conseqüentemente, as emissões.

Em oposição à relevância da indústria automotiva, de acordo com a literatura, há dificuldade na identificação e aplicação de métricas multicritérios que atendam à

necessidade de equilíbrio entre as dimensões social, ambiental e econômica. Essa afirmação abre outra janela de oportunidade de contribuição com esse relevante segmento de mercado.

2.3. Segmento Têxtil Automotivo

Não há documentos oficiais sobre a formação e a evolução do segmento têxtil automotivo brasileiro e, como este é bem mais recente que as indústrias têxtil e automotiva, há somente relatos de pessoas que trabalharam nesse setor e contribuíram para sua formação.

De acordo com especialistas do setor, em pesquisa de campo, foi na década de 1970 que as indústrias automotiva e têxtil fundiram suas biografias com o surgimento do segmento têxtil automotivo. Nessa época, o revestimento interno dos veículos fabricados no Brasil era feito basicamente em vinil, também conhecido como couro sintético ou couro ecológico. Nesse momento, estava em desenvolvimento o projeto da Rural Willys, veículo sofisticado destinado ao público mais abastado. Na Europa e nos Estados Unidos, a tendência era a de utilização de tecidos no revestimento interno dos veículos, sugerindo modernidade e sofisticação. Foi nesse contexto que, aproveitando o lançamento da Rural Willys, SUV da época, surgiu a ideia de utilizar tecido no revestimento interno dos veículos brasileiros, segundo as tendências internacionais. O principal fornecedor de vinil se uniu a um fabricante de tecidos, sendo criada a primeira empresa têxtil automotiva do país, a Coplatex, situada no município de Poá, na região metropolitana de São Paulo. Da década de 1970 a 1990, a Coplatex foi a única empresa nacional que produzia tecido automotivo no país.

A década de 1990 trouxe a globalização e a abertura do mercado brasileiro, momento em que as empresas procuram se modernizar para tornarem-se competitivas em relação aos novos concorrentes estrangeiros (CANO, 2012). Surgiram no país, então, várias empresas do segmento têxtil automotivo, no regime de *joint venture*, além das montadoras de veículos, que estabeleceram seus fornecedores globais.

Conforme citado anteriormente, o segmento têxtil automotivo acompanha o comportamento da indústria automotiva que, segundo a guia “Linha do Tempo” do portal da (ANFAVEA, 2022). A partir da década de 1980, inicia-se o movimento de fusões e aquisições entre grandes conglomerados do setor. Em 2021, surge a

STELLANTIS, resultado da fusão da Fiat Chrysler Automobiles (FCA), grupo que envolve montadoras italianas, americanas e inglesas, com o grupo Peugeot Citroën (PSA), de montadoras francesas. Ao todo, a gigante STELLANTIS reúne vinte empresas.

O segmento têxtil automotivo brasileiro, atualmente, é composto por três empresas multinacionais e uma nacional.

Ratificando afirmações anteriores, o segmento têxtil automotivo traz consigo características da indústria têxtil e da indústria automobilística. Diante disso, esse segmento acompanha as exigências e tendências de ambas as indústrias em questões sociais ambientais e econômicas, sofrendo pressões pela manufatura sustentável (STOYCHEVA *et al.*, 2018). A adoção de premissas de produção mais limpa, conforme sugerem Silva *et al.* (2021), mobiliza recursos no desenvolvimento de têxteis tecnológicos que atendam seus clientes (BRUNELLA *et al.*, 2020; OLHAN *et al.*, 2021; SEZER HICYILMAZ *et al.*, 2019; PATTI *et al.*, 2021). Nesse cenário, as mesmas janelas de oportunidade se abrem nas indústrias têxtil e automobilística, com novas ferramentas e modelos para melhorar a sustentabilidade em virtude de esse ser um híbrido das duas indústrias.

As referências bibliográficas que identificam as fontes por meio das quais investigaram-se a indústria automotiva e o segmento têxtil automotivo são apresentadas na Tabela 2: Revisão bibliográfica sobre a indústria automotiva e o segmento têxtil automotivo.

Tabela 2 – Revisão bibliográfica sobre a Indústria Automotiva e o segmento têxtil automotivo

BASE BIBLIOGRÁFICA – INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA E SEGMENTO TÊXTEL AUTOMOTIVO

Título da obra	Autor e ano	Objetivo da obra	Contribuição ao trabalho
A desindustrialização no Brasil	Wilson Cano (2012)	Apresenta e discute a desindustrialização brasileira e os impasses macroeconômicos	Comportamento da indústria brasileira atual
Multi-criteria decision analysis framework for sustainable manufacturing in automotive industry	Stella Stoycheva, Dayton Marchese, Cameron Paul, Sara Padoan, Abdul-salam Juhmani, Igor Linkov (2018)	O artigo apresenta uma estrutura quantitativa para fabricação sustentável e ilustramos sua aplicação para a indústria automotiva. Mostra como alternativas de materiais na fabricação podem ser selecionadas quantitativamente com base em objetivos de Sustentabilidade	Uso de decisão multicritério na indústria automotiva. Apresenta como as análises de sensibilidade são usadas para avaliar a robustez da seleção alternativa resultante

**BASE BIBLIOGRÁFICA – INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA E SEGMENTO TÊXTIL
AUTOMOTIVO (cont.)**

Título da obra	Autor e ano	Objetivo da obra	Contribuição ao trabalho
Polyimide-coated fabrics with multifunctional properties: Flame retardant, UV protective, and water proof	Ayşe Sezer Hıçyılmaz , Yasin Altın , Ayşe Bedeloğlu (2019)	Têxteis técnicos são produtos têxteis funcionais que são usados em aplicações especiais. Tecido automotivo é um têxtil técnico	O tecido automotivo é um têxtil funcional (têxtil técnico). Diante de exigência de mercado, há a necessidade de os têxteis técnicos irem além da funcionalidade
Hollow Section Fibers. Characterization for Seats Covers. Fabric Application.	Valentina Brunella, Giulia Albini, Vito Guido Lambertini, Bartolomeo Placenza (2020)	O objetivo da aplicação de fibras de seção oca é uma contribuição têxtil para a redução de peso de todo o veículo. CO ₂ as consequências das emissões e a conscientização das empresas para as questões ambientais estão impulsionando os estudos na direção da redução de peso dos veículos	O PET e outros plásticos afetam a quantidade de resíduos para descarte, mas podem ser reciclados, como uma forma econômica de reduzir os resíduos plásticos para aplicação automotiva. Reciclagem de tecidos PET
Review: Textile-based natural fibre-reinforced polymeric composites in automotive lightweighting	Sandeep Olhan, Vikas Khatkar, and B. K. Behera (2021)	Compósitos reforçados com fibras têxteis para a indústria automotiva voltados para diminuição do peso do veículo com o objetivo de reduzir as emissões	Contempla 2 dos indicadores utilizados no Modelo do 5 SEnSU: Emissões e resíduos sólidos (S2)

Fonte: Autor, 2022.

2.4. Indicadores

O processo de tomada de decisão em direção à sustentabilidade geralmente é baseado em indicadores quantitativos (GIANNETTI *et al.*, 2019). A fim de trazer luz a essa discussão, com vieses tanto acadêmicos como práticos, compõem a revisão bibliográfica dessa seção os artigos acadêmicos recentes, bem como a publicação da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo / Centro da Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP/CIESP), identificada como entidade representativa da indústria brasileira composta por sindicatos patronais e industriais de diversos setores.

Não é mais possível dissociar a ideia de desenvolvimento com o conceito de sustentabilidade. Dessa forma, o desenvolvimento sustentável se revela como base para organizações e nações que atuam na construção de impacto socioambiental positivo. Em virtude da relevância que a sustentabilidade ganhou no mundo (SALVADO *et al.*, 2015) acompanhar seus indicadores passou a ser essencial no processo decisório das organizações.

No início dos anos 2000, quando o conceito de economia sustentável começava a se disseminar, em especial quanto às dimensões social e econômica, a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP, 2004), lançou a cartilha de “Indicadores de desempenho ambiental para indústria”. Essa cartilha surgiu com o objetivo de colaborar com a micro e a pequena empresa no tocante a questões relativas ao impacto ambiental que os processos tradicionais provocavam ao meio ambiente. Essa publicação sugeriu a adaptação dos processos industriais, bem como a cultura empresarial e expertise empresarial da indústria aos novos desafios de consonância ambiental e desenvolvimento sustentável, bem como formas de medi-lo a avaliá-lo por meio de indicadores. A citada publicação da FIESP (2004), orientou a indústria de qualquer porte a implementar indicadores de sustentabilidade com base na NBR ISO 14031:2004. Indicadores são expressões quantitativas ou qualitativas que oferecem informações sobre variáveis definidas e suas interrelações com a finalidade de quantificar ou qualificar as mais diversas situações nas áreas de interesse humano, assumindo a posição de referência na interpretação dos seus traços mais sensíveis (FIESP, 2004).

Há ainda, a necessidade de criação de uma estrutura de avaliação e apoio à indústria, de forma a controlar seus processos, podendo ser uma referência de acompanhamento das melhorias obtidas e a eficácia de suas iniciativas (SAIDANI *et al.*, 2019).

Para suprir essa necessidade, um indicador simples ou individual pode ser adotado para um evento que está sendo observado e aferido a partir de um indicador composto como meio de medição, desempenho e *benchmarking*. Um indicador composto é um instrumento de medição usado para registrar conceitos multidimensionais com o objetivo de mostrar aos interessados o comportamento dos elementos do indicador durante um intervalo de tempo (ALBO *et al.*, 2016).

Diante disso, há necessidade de instauração de métricas de sustentabilidade para empresas de qualquer porte com a finalidade de criação de um *feedback* sistêmico. A criação de indicadores multidimensionais deve contemplar as dimensões social, ambiental e econômica para avaliar modelos de negócios. Em seu estudo, Rossi *et al.* (2020) definem uma série de indicadores da economia circular, sobrepostos ao Canvas tradicional, procurando associar os indicadores ao modelo de negócios da empresa. Todavia, os indicadores da economia circular, isoladamente,

mesmo quando sobrepostos ao Canvas tradicional, não são suficientes para avaliar o sistema.

As organizações que antes estabeleciam seus limites apenas na perspectiva econômica, estão diversificando o escopo de suas análises e ampliando suas fronteiras, no sentido de incorporar as dimensões social e ambiental ao seu horizonte de análise. Tal estratégia pretende aprimorar e prever o rendimento e os rumos da produção e, conseqüentemente, possibilitar a revisão do modelo de negócios, definição das estratégias e tomada de decisão (SALVADO *et al.*, 2015).

O desempenho ambiental em uma indústria não pode ser calculado integralmente diante da relação heterogênea entre indústria e meio ambiente. Portanto, para a definição dos indicadores de desempenho ambiental ou, indicadores de sustentabilidade na indústria, deve ser adotada alguma ponderação que leve em consideração essa relação de equilíbrio dinâmico e interferência, considerando a dinâmica industrial, o valor da produção, a intensividade da mão de obra, o valor agregado e outros elementos que levem em consideração a produtividade e a competitividade (FIESP, 2004). A adoção de indicadores ambientais melhora a relação entre o meio ambiente e a indústria com seus sistemas de produção e, adotando premissas de produção mais limpa, é possível otimizar a utilização de recursos envolvidos no processo produtivo, trazendo benefícios para a empresa, para a produção e para o produto (SILVA *et al.*, 2021).

O estabelecimento de indicadores de sustentabilidade é um tema amplamente discutido na literatura, talvez aquém da necessidade, mas permite discussões e desenvolvimento de métodos, modelos e exemplos com estudos de caso. Porém, em não havendo modelos individuais ou combinados que norteiem a definição dos indicadores de sustentabilidade, a adoção de premissas internacionais como diretrizes para avaliação do desempenho ambiental, através da adoção de indicadores da Norma ISO 14.031:2015, apresentando abrangência em gestão, desempenho ambiental e orientações de avaliação, pode ser uma iniciativa virtuosa no sentido da definição dos indicadores ambientais (SALVADO *et al.*, 2015; FIESP, 2004).

Em meados da década de 1990, foi publicada a primeira versão da norma, da família ISO, dedicada ao Sistema de Gestão Ambiental, conhecida como ISO 14.000. Essa norma procura integralizar as premissas de sustentabilidade em procedimentos de medição e controle, de acordo com os critérios de desempenho de cada organização. A ISO 14.031:2015 se dedica à definição de diretrizes para avaliação do

desempenho ambiental, definindo indicadores. A norma apresenta dois grupos de indicadores: indicadores de avaliação de desempenho ambiental (ADA) e indicadores de condição ambiental (ICA). O ADA é composto por dois outros subindicadores: o indicador de desempenho operacional (IDO) e o indicador de desempenho de gestão (IDG). O IDO oferece informações sobre a natureza do processo produtivo da empresa e como ela interage com o meio ambiente, refletindo o resultado do seu desempenho ambiental, como consumo de água, energia e matéria-prima. O IDO está relacionado com as entradas para o sistema produtivo, como a fábrica é abastecida, como a empresa reage a emergências e como define seus processos de manutenção em geral, suas saídas como resultado do processo produtivo envolvendo produtos e subprodutos, além de reciclagem, resíduos e emissões. Por fim, como é realizada a distribuição dessas saídas provenientes do processo produtivo. O IDG se refere a informações sobre as iniciativas da alta administração que resultam, positivamente, no desempenho ambiental como redução do uso ou substituição de materiais e insumos, aprimorando a gestão de resíduos sólidos com os mesmos níveis de produção, cumprimento dos requisitos legais, treinamento e reciclagem das equipes e quantidade e qualidade de investimento em programas ambientais. O ICA se refere a qualidade do meio ambiente, em geral na região de atuação da empresa, de acordo com premissas ambientais e legislação vigente.

Em virtude do aumento da consciência da sociedade sobre sustentabilidade, fabricantes passaram a ter ações e atitudes cobradas no sentido de contemplar a sociedade e o meio ambiente. Em resposta à sociedade e, em face da escassez de recursos naturais, a indústria procura rever suas operações. Há iniciativas de implantação de premissas de produção mais limpa nessas indústrias e, nesse contexto, a definição e a implementação de indicadores da sustentabilidade, simples e compostos, essenciais para medição do desempenho ambiental das empresas. A indústria têxtil, em função da utilização de recursos em seu processo produtivo, a toxicidade dos produtos químicos usados ao longo de sua cadeia e a intensividade da mão de obra nos seus processos, procura adotar iniciativas sustentáveis para atender uma necessidade mercadológica. A indústria automobilística também adota indicadores de sustentabilidade para avaliar seu desempenho ambiental, colocando prioridade na revisão de seus processos e no uso de materiais mais leves para diminuir o consumo de combustíveis e, com ele, a consequente diminuição das emissões. Além das sugestões na adoção de indicadores da sustentabilidade por

parte da literatura acadêmica e cartilhas setoriais, há ainda uma norma internacional que define as diretrizes para a avaliação do desempenho ambiental através da adoção de indicadores, a ISO 14.031:2015.

As referências bibliográficas que fundamentam o tópico “Indicadores” são apresentadas na Tabela 3: planilha de revisão bibliográfica sobre Indicadores.

Tabela 3 – Planilha de revisão bibliográfica sobre Indicadores

BASE BIBLIOGRÁFICA – INDICADORES			
Título da obra	Autor e ano	Objetivo da obra	Contribuição ao trabalho
Cartilha de indicadores de desempenho ambiental na indústria	Fiesp / Ciesp (2015)	Cartilha para organizações de qualquer porte adotarem indicadores de desempenho ambiental como elemento de gestão	Definição de desempenho ambiental sob o ponto de vista da indústria. Sugestão de indicadores de sustentabilidade. Aderência com a ISO 14.031
ISO 14.031:2004	NBR ABNT (2004)	Diretrizes para avaliação e desempenho ambiental	Estabelece premissas para seleção de indicadores para desempenho ambiental
Proposal of a Sustainability Index for the Automotive Industry	Miguel F. Salvado, Susana G. Azevedo, João C. O. Matias and Luís M. Ferreira (2015)	Índice de sustentabilidade que fornece às empresas informações sobre seu nível de sustentabilidade social e ambiental, mostrando o seu desempenho	Indicadores aplicáveis a indústria automotiva. Monitoramento da sustentabilidade. ISO 14.031
Off the Radar: Comparative Evaluation of Radial Visualization Solutions for Composite Indicators	Yael Albo, Joel Lanir, Peter Bak, Member e Sheizaf Rafaeli (2016)	Apresentação gráfica de indicadores compostos	Indicadores simples e indicadores compostos
A taxonomy of circular economy indicators	Michael Saidani, Bernard Yannou, Yann Leroy, François Cluzel, Alissa Kendall (2019)	Fornece uma taxonomia de indicadores de circularidade orientada pela primeira necessidade, que é experimentada em vários casos de uso	Fornece informações para escolha dos indicadores do Modelo 5 SEnSU
Circular economy indicators for organizations considering sustainability and business models: Plastic, textile and electro electronic cases	Efigenia Rossi, Ana Carolina Bertassini, Camila dos Santos Ferreira, Weber Antonio Neves do Amaral, Aldo Roberto Ometto (2020)	O artigo tem o objetivo de desenvolver um conjunto de indicadores que ligam princípios da Economia Circular ao modelo de negócio e os pilares da sustentabilidade	Apresenta a sobreposição dos indicadores no Canvas

Fonte: Autor, 2022.

2.5. 5 SEnSU

Há décadas fala-se de sustentabilidade. Entretanto, a necessidade de incorporação das premissas de sustentabilidade no modelo de negócios das organizações é recente, bem como a necessidade de medir, quantitativamente, a efetividade das ações tomadas por parte das empresas para leitura de resultados para fins de retroalimentação sistêmica ao planejamento dessas iniciativas.

Abordagens unidimensionais, com foco apenas nos impactos ambientais, podem não ser suficientes para retratar o comportamento ambiental das organizações, apontando para a necessidade de desenvolvimento de pesquisas que sejam capazes de incorporar elementos das três dimensões do tripé da sustentabilidade. Assim, deve-se investigar a criação de um padrão de medição, com abordagem multidimensional e sistema de avaliação híbrido, contendo tomada de decisão multicritério, e equilibrado entre sociedade, meio ambiente e economia, tais como: salários, empregos, saúde e segurança do trabalhador, plano de carreira, evolução da sociedade etc. (LUO *et al.*, 2021; TERRA DA SILVA *et al.*, 2022). A dissociação de questões sociais do quadro de desenvolvimento sustentável, em virtude de um único método de modelagem analítica, com análises matemáticas, é insuficiente por não permitir, em uma visão mais abrangente, identificar grandes problemas próximos e evidentes por conta de o foco estar direcionado para questões menos relevantes. Diante disso, recomenda-se que haja maior desenvolvimento em pesquisas que abordem diversos modelos e ferramentas, pesquisas multimetodológicas (CAI; CHOI, 2020) para fechar essa lacuna.

A indústria têxtil carece de estudos que sejam representativos, em seu cenário, relacionando os três aspectos: operacional (social), ambiental e operacional (econômico) (SILVA *et al.*, 2021), indicando a necessidade de aplicação de escopo de análise com mais indicadores de entrada e saída e considerando variáveis de recursos como energia elétrica e calor a fim de aumentar o significado prático do estudo (GAI *et al.*, 2022).

Na indústria automotiva, os tomadores de decisão reconhecem a relevância de implementação da manufatura sustentável como política de produção, porém, depõem sobre a dificuldade de implementação dessas práticas que preconizam o equilíbrio social, ambiental e econômico, com decisão multicritério. Reiteram que as estruturas de sustentabilidade disponíveis, em sua maioria, são de natureza qualitativa e

limitadas a discussões de materiais e processos sustentáveis, sendo raramente identificadas estruturas que ofereçam soluções para análise equilibrada, alinhada com os objetivos corporativos. As estruturas qualitativas abordam apenas questões relacionadas ao lucro e à dimensão econômica do tripé da sustentabilidade. Investimentos no desenvolvimento de novos materiais mais sustentáveis têm sido um foco de análise, além da mobilização de recursos para gerar valor sustentável ao mercado e aos clientes (STOYCHEVA *et al.*, 2018).

A contribuição que a indústria têxtil tem dado para a indústria automotiva é no sentido de desenvolver têxteis técnicos à base de compósitos e fibras naturais, oferecendo um tecido mais leve, contribuindo para a diminuição de peso do veículo e, conseqüentemente, para a redução no consumo de combustíveis e das emissões. Mesmo com várias cadeias de suprimentos que incluem em seus processos materiais ecológicos, a indústria automotiva é a mais influente, tendo muitos fabricantes de automóveis adequado seus processos produtivos, em larga escala, com materiais ecológicos e que contribuem com os objetivos de sustentabilidade, estabelecendo, assim, uma tendência para todo o setor (OLHAN *et al.*, 2021).

A revisão bibliográfica realizada, nessa seção, teve o objetivo de criar um ambiente de contextualização, envolvendo os segmentos de indústria envolvidos nesse estudo: têxtil, automobilística e têxtil automotiva, permitindo expor a lacuna que existe na perspectiva da métrica ambiental. Há modelos, métodos, ferramentas que, em geral, contemplam uma ou outra dimensão do tripé da sustentabilidade e, em sua maioria, são estruturas qualitativas. Para preencher essa lacuna e, ao mesmo tempo, justificar o uso da métrica adotada nesse estudo, é utilizado o modelo conceitual da sustentabilidade, que é o Modelo 5 SEnSU.

A avaliação da sustentabilidade é um passo importante na definição das decisões rumo ao desenvolvimento atual, e o Modelo 5 SEnSU pode ajudar, preenchendo esse hiato com o cálculo do indicador sintético de sustentabilidade dos sistemas (ISSS) em inglês: *Sustainability Synthetic Indicator of Systems* (SSIS) (AGOSTINHO *et al.*, 2019), promovendo o equilíbrio entre as dimensões selecionadas e os indicadores para medição de desempenho (MORENO GARCÍA *et al.*, 2021; TERRA DOS SANTOS *et al.*, 2022).

Giannetti *et al.* (2019) declaram que o modelo do *FIVE Sector Sustainability* (5SEnSU) para a sustentabilidade, revela as relações com a sociedade, o meio

ambiente e a economia, por meio da programação por metas, como método multicritério.

O modelo de avaliação da sustentabilidade é uma ferramenta efetiva, uma vez que se baseia em critérios claros para a definição de indicadores, reconhecendo, simultaneamente, as duplas funções da dimensão social e ambiental: como doadores de recursos à unidade de produção e como receptor dos resultados e das consequências da operação da unidade de produção.

Conforme apresentado no 3.1, o modelo 5 SEnSU propõe cinco setores de análise, sendo dois deles refletindo as relações de troca com o meio ambiente: o setor 1, como fornecedor de recursos à unidade de produção e o setor 2, recebendo os resíduos da unidade de produção. O setor 3 é a unidade de produção. Já os setores 4 e 5 representam a sociedade, com o setor 4 fornecendo recursos para a unidade de produção (setor 3) e o setor 5 recebendo os benefícios ou consequências do setor 3.

O modelo sugere a adoção de, no mínimo, um indicador para cada setor, não havendo limite para o número de indicadores; todavia, de acordo com a revisão bibliográfica, a maioria dos estudos analisados adotam dois indicadores para cada setor. Com os indicadores definidos, uma segunda etapa do modelo é submeter os indicadores a uma ferramenta baseada na filosofia de Programação por Metas, que fornece um resultado que compatibiliza as metas estabelecidas para todos os indicadores utilizados no modelo 5 SEnSU. O resultado é o Indicador Sintético de Sustentabilidade do Sistema, que vai apresentar o quanto cada indicador está distante da meta estabelecida (TERRA DOS SANTOS *et al.*, 2022). Quanto maior o ISSS, pior é a sustentabilidade do sistema. Quanto mais elevado o ISSS, maior a distância da meta, pior a sustentabilidade do sistema.

O modelo do 5 SEnSU, é composto, então, por cinco setores que atendem, teórica e metodologicamente, as três dimensões do desenvolvimento sustentável, social, e ambiental e, em dois setores que permitem uma análise independente entre eles, porém, causalmente relacionados.

O modelo é uma abstração metodológica conceitual, assumindo o papel de instrumentos flexíveis de avaliação da sustentabilidade, e tendo como resultado o indicador sintético de sustentabilidade (ISSS) para definição do desempenho de um sistema, apoiando o processo de tomada de decisão.

No caso de aplicação do modelo 5 SEnSU para avaliação da sustentabilidade da cadeia de produção de arroz no Brasil e em Cuba, seguindo os passos de aplicação

do modelo conceitual, foi possível concluir que o Brasil é mais sustentável que Cuba na produção de arroz em virtude de possuir maior disponibilidade de recursos com menor carga ambiental relativa, melhor desempenho econômico e produtivo, pior nível de emprego e piores políticas salariais, e maior satisfação pela demanda social por arroz. Em contrapartida, Cuba apresentou deficiência em recursos ambientais, maior carga ambiental relativa, baixo desempenho econômico e produtivo; melhores empregos e políticas salariais e demanda social insatisfatória por arroz.

No estudo para avaliar a sustentabilidade da cadeia de produção de arroz no Brasil e em Cuba, foram adotados como indicadores de sustentabilidade para o setor 1, meio ambiente como fornecedor de recursos: água para a irrigação e terra para cultivo. O setor 2, meio ambiente como receptor de resíduos, foi representado pelos indicadores: emissão de metano e água drenada. Indicadores que contemplaram a unidade de produção, setor 3 foram: razão de custo e produtividade da terra. No setor 4, sendo a representação da sociedade como provedor de recursos para a unidade de produção, foram adotados como indicadores de sustentabilidade: número de funcionários e horas trabalhadas pelos trabalhadores. O quinto e último setor, sendo a representação da sociedade como receptora dos benefícios ou consequências da unidade de produção, foi avaliado de acordo com os seguintes indicadores: porcentagem de consumo per capita e salários nominais.

O modelo 5 SEnSU oferece um quadro de análise para obter o equilíbrio entre os setores sob o ponto de vista da sustentabilidade a partir de uma perspectiva de análise com base no cumprimento das metas (MORENO GARCÍA *et al.*, 2021).

Em estudo sobre companhias de tratamento de água, o modelo 5 SEnSU foi usado para avaliar a sustentabilidade de vinte grandes empresas de tratamento de água no Brasil, procurando contribuir com os tomadores de decisão na gestão dos recursos hídricos no país, quantificando os níveis de sustentabilidade de forma a permitir os procedimentos de classificação e definir boas práticas para melhoria do setor.

Todos os sistemas de produção, naturais ou elaborados pelo homem, fazem parte de um sistema maior que é complexo e integrado. A quantificação da sustentabilidade como resultado da aplicação do modelo 5 SEnSU permite identificar tanto setores como indicadores, em uma abordagem multidimensional, que apresentem divergência com as premissas da produção mais limpa, orientando ações que melhorem o desempenho ambiental das companhias de tratamento de água, bem

como a identificação das empresas que estejam mais alinhadas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, ODS da Organização das Nações Unidas (ONU, 2015).

O estudo adotou como indicadores do setor 1 (meio ambiente como provedor de recursos): perda de água por vazamentos e volume de água extraído por população atendida. O setor 2 (meio ambiente como receptor de resíduos) foi contemplado com os seguintes indicadores: as emissões geradas a partir do uso de energia elétrica durante o tratamento de esgotos e gases liberados pela fermentação natural do esgoto (GEE). Indicador de lucro líquido e valor agregado bruto são específicos do setor 3 (unidade de produção). Uso de mão de obra e salário total por valor agregado bruto são os índices que traduzem o setor 4 (sociedade como provedora de recursos). O setor 5 (sociedade como receptora de benefícios ou consequências) foi representado pelos indicadores de consumo de água per capita e esgoto tratado.

Nesse estudo, cada uma das vinte companhias de tratamento de água tiveram um indicador de sustentabilidade, ISSS, calculado individualmente, de acordo com seus dados, para cada um dos indicadores adotados. Foram classificados em alta, média e baixa sustentabilidade, para cada um dos cinco setores, indicando em qual deles uma determinada empresa tem melhor ou pior desempenho. Essa classificação permitiu a sintetização dos resultados em um painel de sustentabilidade, com a avaliação do desempenho de todas as empresas em cada um dos cinco setores do modelo 5 SEnSU. Essa avaliação se dá de acordo com os critérios estabelecidos nas faixas de alta, média e baixa sustentabilidade, e por meio da representação através das cores verde, amarelo e vermelho, respectivamente, lembrando um Kanban da sustentabilidade, no sentido de priorizar ações.

O Kanban é um método oriundo do Sistema Toyota de Produção (TPS) desenvolvido para controlar os níveis de estoque e o fornecimento de componentes e matéria-prima e pode ser definido como um método de controle de fluxo de material (MFC) estabelecendo a quantidade adequada em função do ritmo da produção. O Kanban utiliza cartões coloridos para gerenciar o fluxo de entrega de material (LAGE JUNIOR; GODINHO FILHO, 2010).

Os resultados permitem orientar os tomadores de decisão com maior assertividade, esclarecendo sobre qual setor e quais indicadores devem investir recursos para melhorar os níveis de sustentabilidade e desempenho ambiental do sistema (GIANNETTI *et al.*, 2022).

O modelo 5 SEnSU é um modelo de avaliação da sustentabilidade de um sistema robusto e multicritério que abre um vasto campo de possibilidades para análises e permite, ainda, combinação com outros modelos. Propondo uma extrapolação de análises, esse estudo sugere a modelagem do ISSS em curva de distribuição normal (CHOURASIYA *et al.*, 2022).

Viali (2006) descreve o comportamento de vários fenômenos aleatórios representados pela distribuição normal ou curva de Gauss. A distribuição normal oferece base na composição de intervalos de confiança e na construção dos testes de hipóteses, ilustrando a ideia de que as médias das amostras de qualquer distribuição tendem a ilustrar um comportamento normal à medida que o tamanho da amostra aumenta. A utilização de métodos estatísticos como suporte científico e assertivo melhora a qualidade da pesquisa em qualquer área do conhecimento, atribuindo-lhe maior rigor e objetividade. A utilização da distribuição normal, ou a curva de distribuição de probabilidades para a modelagem de fenômenos naturais, representa adequadamente o comportamento de processos simultâneos (SOUSA, 2019). Foi utilizado nesse estudo um indicador composto, que é o indicador sintético de sustentabilidade do sistema, ISSS, resultado de um total de dez indicadores, em série histórica, compreendida entre os anos de 2001 e 2018, em que a distribuição normal pode oferecer uma contribuição positiva às análises do modelo 5 SEnSU.

Dada a proposta de extrapolação de análises com uso da distribuição normal modelada, no intento de ampliar o escopo das análises, é considerado positivo usar a interpretação do comportamento da distribuição normal, análogo ao gráfico de controle do Controle Estatístico de Processos, CEP, conhecida ferramenta da qualidade no universo da Engenharia de Produção (SLACK *et al.*, 2018). A aplicação simultânea de gráficos de controle é um recurso eficiente de detecção de falhas no processamento de entradas e saídas para o monitoramento do conjunto, em virtude das inevitáveis variações de processo nas indústrias de manufatura. Essas variações são classificadas em causas comuns e causas especiais (SIDDIQUI *et al.*, 2015). O CEP tem como objetivo identificar falhas e evitar parâmetros rígidos demais de processo, evitando, com isso, sua variabilidade, além de fazer uso de técnicas estatísticas para medir e analisar a variação do processo. Esse estudo apresenta os índices Cp e Cpk como medidas de estabilidade e capacidade, respectivamente. Cp é a medida da estabilidade do processo, variando no ponto médio da curva da distribuição normal e definindo o comportamento desse processo, além de avaliar a

capacidade de o mesmo ser reproduzido sem variações, ou com menos variações possíveis. O Cpk mede a capacidade do processo, considerando a variação do desvio padrão, e avalia o quanto a característica mensurável do produto em análise está fora das especificações, avaliando se o processo está acontecendo dentro dos parâmetros e especificações estabelecidos. Ambos os índices são usados, procurando garantir que os produtos, quando prontos, apresentem constância de características e especificações conforme previstas (DUDEK-BURLIKOWSKA, 2005).

Nas indústrias têxtil e automotiva, inclusive no segmento têxtil automotivo, há consenso no sentido ser necessário um modelo métrico de avaliação da sustentabilidade, multicritério, a fim de promover a criação de um painel de análise que revele, a partir dos indicadores adotados e definição de suas metas, o comportamento da dimensão social, ambiental e econômica dentro de um sistema. Existem modelos que permitem algumas análises, mas não de forma quantitativa e metodológica, tampouco com a filosofia de programação por metas para otimização de resultados, como propõe o modelo 5 SEnSU. Ao mesmo tempo que o modelo 5 SEnSU oferece flexibilidade na escolha dos indicadores, a definição dos objetivos e metas e, como resultado da programação por metas, o indicador sintético de sustentabilidade do sistema, ISSS (que revela o quanto o indicador está longe da meta estabelecida), o modelo apresenta também uma metodologia sistêmica e robusta, que permite levar as discussões sobre sustentabilidade a um patamar mais assertivo, com otimização de recursos e tempo.

As referências bibliográficas que fundamentaram o modelo 5 SEnSU são apresentadas na Planilha de revisão bibliográfica sobre esse assunto. A fim de apresentar alguma distinção entre os assuntos, a revisão bibliográfica sobre distribuição modelada e controle estatístico de processos encontram-se na Tabela 5: Planilha de revisão bibliográfica sobre distribuição normal modelada e CEP, precedida da Tabela 4: Planilha de revisão bibliográfica sobre o Modelo 5 SEnSU.

Tabela 4 – Planilha de revisão bibliográfica sobre o Modelo 5 SEnSU

BASE BIBLIOGRÁFICA – MODELO 5 SEnSU			
Título da obra	Autor e ano	Objetivo da obra	Contribuição ao trabalho
A comparative understanding of corporate social responsibility of textile firms in Brazil and China	Mônica Cavalcanti Sá de Abreu*, Felipe de Castro, Francisco de Assis Soares, José Carlos Lázaro da Silva Filho (2012)	“Como as diferenças no ambiente institucional do Brasil e da China impactam nas práticas de RSE adotadas pelas empresas têxteis”	Isomorfismo coercitivo. Como as empresas têxteis no Brasil e China incorporam a responsabilidade social corporativa em seu modelo de negócio (camada social do Canvas)
Multi-criteria decision analysis framework for sustainable manufacturing in automotive industry	Stella Stoycheva, Dayton Marchese, Cameron Paul, Sara Padoan, Abdul-salam Juhmani, Igor Linkov (2018)	O artigo apresenta uma estrutura quantitativa para fabricação sustentável e ilustramos sua aplicação para a indústria automotiva através do desenvolvimento de novos materiais	Uso de decisão multicritério na indústria automotiva. Apresenta como as análises de sensibilidade são usadas para avaliar a robustez da seleção alternativa resultante
Administração da Produção	Nigel Slack, Alistair Brandon-Jones, Robert Johnston (2018)	Definição e aplicação do controle estatístico de processo, CEP	CEP, gráfico de controle, Cp e Cpk
Five sector sustainability model: A proposal for assessing sustainability of production systems	Biagio F. Giannettia, Fábio Sevegnani, Cecília M.V.B. Almeida, Feni Agostinho, Roberto R. Moreno García, Gengyuan Liuc (2019)	Propõe uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade baseada no modelo FIVE Sector Sustainability (5SEnSU) que é capaz de mostrar as relações entre os seres humanos e o ambiente natural, e o uso da programação de metas como método multicritério	Descreve o uso do Modelo do 5 SEnSU para avaliação da sustentabilidade de um sistema, como deve ser aplicado e como pode ser analisado
Sustainability assessment procedure for operations and production processes (SUAPRO)	Feni Agostinho, Thames Richard Silva, Cecília M.V.B. Almeida, Gengyuan Liu, Biagio F. Giannetti (2019)	Este trabalho propõe uma nova estrutura, denominada Procedimento de Avaliação de Sustentabilidade para Operações e Processos Produtivos (SUAPRO) - PDCA + 5 SEnSU	Estrutura do trabalho. Diagrama de energia. Abordagem multicritério para análise da sustentabilidade. Fórmulas para o modelo 5 SEnSU. A energia foi escolhida porque inclui os custos ocultos (Agostinho e Siche, 2014)
A United Nations’ Sustainable Development Goals perspective for sustainable textile and apparel supply chain management	Ya-Jun Cai, Tsan-Ming Choi (2020)	Como a indústria têxtil de confecções pode cumprir os ODS e se tornar mais sustentável	Promover a comparação com segmento têxtil automotivo brasileiro e verificar o enquadramento dos indicadores do modelo 5 SEnSU com os ODS

BASE BIBLIOGRÁFICA – MODELO 5 SEnSU (cont.)

Título da obra	Autor e ano	Objetivo da obra	Contribuição ao trabalho
Evaluation of economic, environmental and operational performance of the adoption of cleaner production: Survey in large textile industries	Paulo Cesar da Silva, Geraldo Cardoso de Oliveira Neto*, Jose Manuel Ferreira Correia, Henrricco Nieves Pujol Tucci (2021)	Avaliar se a adoção do CPP (premissas de produção mais limpa) pelas grandes indústrias têxteis (LTI) tem um efeito positivo no desempenho econômico, ambiental e operacional. Desempenho ambiental	Oferece boa revisão bibliográfica. O artigo fornece indicadores que permitem comparação com os indicadores adotados no Modelo 5 SEnSU. Discorre sobre grandes indústrias têxteis
Assessing the sustainability of rice production in Brazil and Cuba	Roberto R. Moreno García, Biagio F. Giannetti, Feni Agostinho, Cecilia M.V.B. Almeida, Fábio Sevegnani, Katia M. Parra Pérez, Luís Velasquez (2021)	Avaliação da sustentabilidade da cadeia produtiva agrícola do arroz no Brasil e em Cuba, utilizando um modelo conceitual que considera cinco setores da sustentabilidade (5 SEnSU) apoiados na filosofia de Programação de Metas como ferramentas de análise multicritério	5 SEnSU como modelo conceitual e holístico. Ferramenta que possibilita o equilíbrio entre os setores. Apresentação teórico metodológica dos indicadores. Programação por metas
Environmental sustainability of textiles and apparel: A review of evaluation methods	Yan Luo, Kun Song, Xuemei Ding, Xiongying Wu (2021)	Revisão dos métodos que podem ser potencialmente usados para a medição da sustentabilidade ambiental. Esses métodos incluem a avaliação do ciclo de vida, pegada ambiental, ecoeficiência e índice de Higg	Indústria têxtil e métricas ambientais
Enhancing the Assessment of Cleaner Production Practices for Sustainable Development: The Five-Sector Sustainability Model Applied to Water and Wastewater Treatment Companies	Biagio Fernando Giannetti, Fábio Sevegnani, Roberto R. M. García, Feni Agostinho, Cecília M. V. B. Almeida, Luca Coscieme, Genguyan Liu and Ginevra Virginia Lombardi (2022)	Aplicação do modelo FIVE Sector Sustainability (5 SEnSU) para avaliar vinte grandes empresas de tratamento de água e esgoto (WWTC) no Brasil, quantificar os níveis de sustentabilidade que permitiram os procedimentos de classificação e estabelecer benchmarks para melhorias	Aplicação do modelo 5 SEnSU. Aderência com ODS. Rotulagem dos níveis de sustentabilidade (desempenho a partir do SSIS) para cada WWTC em cada um dos 5 setores identificando pontos fortes e pontos fracos para cada WWTC indicando priorização de ações por parte da gestão
Investigating the eco-efficiency of China's textile industry based on a firm-level analysis	Yuxin Gai, Yuanbo Qiao, Huijing Deng, Yutao Wang (2022)	Impacto ambiental nos processos de produção no setor têxtil de algodão, de fibras químicas e têxtil não algodão e o setores de estampa e tinturaria. Ecoeficiência	O artigo traz dados do comportamento da indústria têxtil mundial (sob o ponto de vista da sustentabilidade). Referência de informações para o Canvas. Os autores usaram indicadores que permite a ampliação da discussão no trabalho. Correlação de Pearson

BASE BIBLIOGRÁFICA – MODELO 5 SEnSU (cont.)

Título da obra	Autor e ano	Objetivo da obra	Contribuição ao trabalho
Using the 5 sector sustainability model to verify the relationship between circularity and sustainability	Luiz C. Terra dos Santos, Biagio F. Giannetti, Feni Agostinho, Cecilia M. V. B. Almeida	A relação entre circularidade e sustentabilidade por meio do modelo 5 SEnSU	Discussão sobre o modelo 5 SEnSU e indicadores da sustentabilidade

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 5 – Planilha de revisão bibliográfica sobre distribuição normal modelada e CEP

**BASE BIBLIOGRÁFICA – DISTRIBUIÇÃO NORMAL MODELADA E CEP
(controle estatístico de processo) e KANBAN**

Título da obra	Autor e ano	Objetivo da obra	Contribuição ao trabalho
Quality estimation of process with usage control charts type X-R and quality capability of process Cp, Cpk M. Dudek-Burlikowska	Marta Dudek-Burlikowska (2005)	Gráficos de controle. Medida de estabilidade (Cp) e medida de capacidade (Cpk)	Aplicação do Cp e Cpk
Aplicações das dimensões do desenvolvimento sustentável e níveis de competitividade sistêmica: O caso do arranjo produtivo de calçados de Campina Grande.	Hélio Cavalcanti Albuquerque Neto, Charles Cavalcante Marques, Romário Alves Guimarães, Flora Magna do Monte Vilar, Egidio Luiz Furlanetto (2009)	Identifica as influências dos indicadores de sustentabilidade na competitividade de Arranjos Produtivos Locais (APL's) no Estado da Paraíba, tomando como referência os indicadores de sustentabilidade e conceitos de competitividade sistêmica	Quadripé da sustentabilidade
Variations of the Kanban system: Literature review and classification	Muris Lage Júnior e Moacir Godinho Filho (2010)	Revisão da literatura sobre Kanban e estudo dos sistemas Kanban modificados	Definição e aplicação do Kanban
Integration of multivariate statistical process control and engineering process control: a novel framework	Yasir A. Siddiqui, Abdul-Wahid A. Saif Lahouari Cheded, Moustafa Elshafei & Abdur Rahim (2014)	Controle estatístico de processo como ferramenta de controle de processo na engenharia	Fundamentos do CEP
Statistical Process Control (SPC) in the food industry - A systematic review and future research agenda	Sarina Abdul Halim Lima, Jiju Antonya, Saja Albliwia (2014)	Aplicação do controle estatístico de processo na indústria alimentícia	Estudo de caso de aplicação do CEP
Contribuições para o ensino da distribuição normal ou curva de Gauss em cursos de graduação	Hélio Radke Bittencourt e Lori Viali (2015)	O ensino da distribuição normal e do teorema do limite central	Definição e comportamento da distribuição normal
O papel da distribuição normal na Estatística	Áurea Sousa (2019)	Definição e comportamento da distribuição normal	Definição e comportamento da distribuição normal

Fonte: Autor, 2022.

2.6. Canvas

Segundo Osterwalder e Pigneur (2011), o *Business Model Canvas*, BMC ou simplesmente Canvas é uma ferramenta para projetar ou reprojetar modelos de negócios detalhando o construto da lógica de criação, entrega e captura de valor por parte de uma organização. É a forma pela qual a empresa procura atender o seu cliente na sua necessidade, expectativa ou excitação. Masi (2000) afirma que a evolução da humanidade está apoiada em três elementos: organização do trabalho, tecnologia e fontes de energia. Quando um desses três elementos traz alguma inovação, a humanidade dá saltos de evolução. Esta inovação esteve presente na primeira fase da Revolução Industrial, quando houve mudança na organização do trabalho, que passou a ser confinado dentro das indústrias, e quando, no cenário tecnológico, surgiram a bomba hidráulica e o motor movido a vapor e o carvão, dali em diante as principais fontes de energia das indústrias nascentes. No momento atual, na quarta fase da Revolução Industrial, a humanidade experimenta o mesmo salto evolutivo que a vivido na primeira fase da Revolução Industrial, que é uma nova proposta nos três pilares evolutivos de Masi (2000): na organização do trabalho com trabalho remoto, que foi consolidado durante a pandemia do Covid 19; nas fontes de energia, limpas e renováveis que assumiram protagonismo no cenário da sustentabilidade; e a tecnologia 4.0, que passou a permear a vida da sociedade modificando seus hábitos de consumo. Isso posto, é possível considerar que a sociedade se relaciona com o ambiente de maneira diferente do que o fazia em um passado recente. A adaptação dos hábitos de consumo e costumes da sociedade aos estímulos contemporâneos, a informação em especial, quando os clientes passam a cobrar dos seus fornecedores de todos os tipos, novas posturas e atitudes, empurra as organizações à adequação da sua proposta de valor e à revisão em seu modelo de negócio de forma a que possa atender as novas solicitações, necessidades e expectativas da sociedade. Essa “revalorização” do mercado pode ser identificada como inovação, na qual o cliente espera maior participação se colocando como foco do negócio. É a coparticipação proposta por Osterwalder e Pigneur (2011) que, por si só, define uma inovação.

Neste momento, é possível estabelecer uma relação entre as citações supracitadas de Masi (2000) e Osterwalder e Pigneur (2011), estabelecendo uma trilha onde a coparticipação do cliente, como pessoa física junto aos seus

forneecedores, sugere dinamismo, disponibilidade, transparência e troca de ideias, permeados por alguns graus de informalidade. Entenda-se que essa informalidade pode sugerir que o trabalho possa se desvestir do conceito de dever, obrigação e pena, para ser algo mais coparticipativo e prazeroso, o que passa o incluir o ócio criativo na composição da proposta de valor e no delineamento do modelo de negócios das organizações contemporâneas.

De acordo Osterwalder e Pigneur (2011), o aprofundamento no Canvas, como vetor de transição do modelo de negócios tradicional para um modelo de negócios mais sustentável ou inovador, é um elemento essencial na composição de um novo cenário de negócios.

O Canvas é apresentado como um modelo de negócios para criar estratégias a partir de uma metodologia e linguagem simples, através de um painel com nove blocos que identificam como a empresa pode estabelecer seu fluxo de geração de valor. Esses nove blocos contemplam as quatro principais áreas de uma empresa que são: cliente, oferta, infraestrutura e viabilidade financeira. O modelo de negócios define as bases sobre as quais o planejamento estratégico da empresa deve ser elaborado, portanto, o modelo de negócios precede a estratégia. Os nove blocos do Canvas são, por ordem de preenchimento:

Bloco 1: Segmento de clientes. Refere-se a um ou vários segmentos de clientes que a organização pode atender. São diferentes grupos de pessoas ou organizações que a empresa pretende vender sua proposta de valor. Partindo da premissa de que é o cliente quem traz lucro para empresa e, com isso, alimenta o bloco 5, o de fontes de receita, direciona recursos para atendê-lo ao mesmo tempo que assume destaque no modelo. É importante destacar que, quando uma empresa atende a vários segmentos de clientes, ela deve considerar ofertas diferentes em que cada segmento pode ter necessidades específicas. Esses diversos segmentos podem ser alcançados por canais de distribuição diferentes, solicitando diferentes tipos de relacionamento com taxa de lucratividade diferente entre os segmentos, e entendendo que esses clientes de segmentos distintos podem estar dispostos a pagar por características diferentes da oferta original. Para tornar mais claro o conteúdo do bloco 1, sugere-se que sejam feitas as seguintes perguntas: *“Para quem estamos criando valor? Quem são nossos clientes mais importantes?”*

Bloco 2: Proposta de valor. Envolve conhecer os hábitos e costumes do cliente, apresentando soluções que atendam às suas necessidades, expectativas e

excitações com propostas de valor. A proposta de valor descreve o conjunto de benefícios associados a produtos e/ou serviços, que criam valor a um segmento de clientes específico. É a razão pela qual uma empresa é favorecida em detrimento a outra quando fecha a lacuna de necessidades ou expectativas do cliente, procurando atender um segmento de mercado específico. A proposta de valor pode ser inédita e inovadora ou agregar alguns benefícios ou inovações a um produto ou serviço existente. Cabe ressaltar que a proposta de valor deve criar benefícios para público específico, combinando itens que atendam especificamente a determinado segmento de mercado. Há dois tipos de valores, os valores quantitativos e os valores qualitativos. Como exemplo de valor quantitativo, citam-se o preço e a presteza do atendimento e, como exemplo de valor qualitativo, o design e a vivência do cliente. Para tornar mais claro o conteúdo do bloco 2, sugere-se que sejam feitas as seguintes perguntas: *“Que valor entregamos ao cliente? Qual problema estamos ajudando a resolver? Que necessidades estamos satisfazendo? Que conjunto de produtos e serviços estamos oferecendo para cada segmento de clientes?”*

Bloco 3: Canais. São os meios pelos quais as propostas de valor são levadas aos clientes, tais como: canais de distribuição, comunicação e vendas. Esse elemento ilustra como uma organização entrega sua proposta de valor ao cliente. É como a empresa se relaciona com o segmento de cliente no sentido de levar e entregar sua proposta de valor composta por canais de comunicação, distribuição e venda, conjuntamente. A definição mais rasa desse bloco indica esse bloco como sendo o do relacionamento com o cliente. Não está incorreto, apenas inadequado, carecendo de uma inserção: é o relacionamento com o cliente por meio da comunicação, distribuição e venda no qual esses três elementos têm forte influência na experiência geral do cliente. Dentre as funções de relevância dos Canais, destacam-se: maior esclarecimento dos hábitos e expectativas do cliente; colaborar com o cliente no entendimento e avaliação da proposta de valor; possibilitar ao cliente a aquisição de produtos e serviços por meio dos canais, além de oferecer suporte no pós-venda. Para tornar mais claro o conteúdo do bloco 3, sugere-se que sejam feitas as seguintes perguntas: *“Através de quais canais nossos segmentos de clientes querem ser contatados? Como os alcançamos agora? Como nossos canais se integram? Qual funciona melhor? Quais apresentam melhor custo-benefício? Como estão integrados à rotina dos clientes?”*

Bloco 4: Relacionamento com os clientes. É a maneira pela qual a organização se relaciona com todo o segmento de clientes. Esse bloco expõe o tipo de relação que a empresa mantém com um segmento de clientes específico diante do fato de que cada segmento de cliente possui características específicas. O tipo de relacionamento mantido com cada segmento define o tipo de relação que a empresa deseja estabelecer com o cliente podendo ser pessoal (física) e/ou automatizada (virtual). A mobilização de recursos para construir e manter o relacionamento com os clientes deve ter como objetivos conquistá-lo e retê-lo a fim de potencializar as vendas e influenciar a experiência geral de cada cliente. Para tornar mais claro o conteúdo do bloco 4, sugere-se que sejam feitas as seguintes perguntas: *“Qual o tipo de relacionamento, que cada segmento de clientes atendido espera que a empresa mantenha? Quais já mantemos? Qual o custo de cada um? Como se integram aos demais elementos do modelo de negócios?”*

Bloco 5: Fontes de receita. É como a empresa auferir seu lucro. É o resultado da venda da proposta de valor ao cliente. Esse bloco identifica como e por onde o dinheiro entra na empresa, como ele é gerado pelos segmentos de clientes que a organização atende. Sendo o cliente a maior fonte de energia do modelo de negócios, as fontes de receitas formam o conjunto de cabos condutores. Para que um modelo de negócios seja robusto, sugere-se que tenha ao menos duas fontes de receitas: transações de pagamento único e pagamento parcelado gerando um pagamento constante. Essa renda recorrente também pode vir através do relacionamento no pós-venda. Para tornar mais claro o conteúdo do bloco 5, sugere-se que sejam feitas as seguintes perguntas: *“Por quais valores nossos clientes estão dispostos a pagar? Pelo que eles pagam atualmente? Como pagam? Como preferiram pagar? O quanto cada fonte de receita contribui para o total da receita?”*

Bloco 6: Recursos principais. São todos os recursos, que fazem parte do quadro de ativos ou colaboradores com os quais a empresa pode contar para oferecer e entregar os elementos que compõem a proposta de valor ao cliente. São os recursos fundamentais que o modelo de negócios precisa para estar em operação. Esses recursos podem ser físicos (fábricas, veículos, equipamentos, sistemas, pontos de venda e rede de distribuição), financeiros (dinheiro, linhas de crédito e oferta de ações para contratação de colaboradores essenciais) e intelectuais (marcas, conhecimentos específicos, patentes e registros de patentes e informações de bancos de dados). Esses recursos fazem parte do conjunto de ativos que a empresa dispõe. Para tornar

mais claro o conteúdo do bloco 6, sugere-se que sejam feitas as seguintes perguntas: *“Quais recursos nossa proposta de valor precisa: canais de distribuição, relacionamento com clientes e fontes de receita?”*

Bloco 7: Atividades chave. São os produtos e/ou serviços principais que a empresa oferece ao seu cliente. São as iniciativas mais essenciais tomadas pela empresa para garantir que o modelo de negócios aconteça. As atividades chave são as iniciativas que a empresa deve tomar para garantir que o processo aconteça com sucesso e equilibradamente com os demais blocos do modelo. Para tornar mais claro o conteúdo do bloco 7, sugere-se que sejam feitas as seguintes perguntas: *“Quais atividades chave a proposta de valor corporativa requer: canais de distribuição, relacionamento com os clientes, fontes de receita?”*

Bloco 8: Parcerias principais. São todos os recursos utilizados que não fazem parte do quadro de ativos ou colaboradores da empresa. São recursos necessários à entrega da proposta de valor ao cliente, que são comprados ou contratados no mercado. Por exemplo, manutenção da plataforma de *e-commerce*, consultores, publicidade, operador logístico etc. Refere-se à rede de fornecedores e parceiros que fazem parte do modelo de negócios, ao mesmo tempo, e que colaboram para empresa entregar a proposta de valor ao cliente, estabelecendo parcerias para otimizar processos, minimizar riscos e aquisição de recursos. Há quatro tipos diferentes de parcerias: a) parcerias entre empresas que não sejam concorrentes; b) disputa entre concorrentes criando uma parceria estratégica; c) estabelecimento de parcerias internacionais de troca de conhecimentos (*joint ventures*) e d) fortalecimento da relação cliente/fornecedor a fim de garantir confiabilidade no fornecimento de suprimentos. Para tornar mais claro o conteúdo do bloco 8, sugere-se que sejam feitas as seguintes perguntas: *“Quem são nossos principais parceiros? Quem são nossos fornecedores principais? Que recursos principais estamos adquirindo dos parceiros? Que atividades-chaves os parceiros executam?”*

Bloco 9: Estrutura de custo. São todos os elementos pelos quais a empresa tem que pagar para entregar a proposta de valor ao cliente. É onde e com quem a empresa gasta dinheiro. Esse bloco envolve todos os custos operacionais ao processo de execução do modelo de negócio. Esses custos se apresentam com clareza após a definição dos blocos anteriores. Para tornar mais claro o conteúdo do bloco 9, sugere-se que sejam feitas as seguintes perguntas: *“Quais são os custos mais relevantes do*

modelo de negócios? Quais recursos principais são mais caros? Quais atividades chave são mais caras?

Osterwalder e Pigneur (2011) definem modelo de negócios como sendo o valor associado do produto ou serviço, que a empresa promete entregar ao cliente. E, a sustentabilidade, se apresentada e divulgada adequadamente, pode mudar a proposta de valor inicial, diferenciando o produto ou a marca da concorrência, e destacando-a como um vetor para a construção da vantagem competitiva para a organização. A ideia de inovação operacional em modelos de negócios, no contexto da manufatura para a introdução da sustentabilidade na estratégias de negócios, pode ser um caminho para a vantagem competitiva das organizações (GARCÍA-MUIÑA *et al.*, 2020).

Fazendo uma análise sobre a reflexão realizada pelos autores acima citados com respeito à sustentabilidade, entende-se que o processo de “sustentabilização” da organização pode ser uma evolução estratégica no processo de criação de valor para cliente, evolução essa que o modelo de negócios incluir. E ainda, de acordo com a literatura, a ampliação de escopo do Canvas de Osterwalder e Pigneur (2011), que considera, apenas, a dimensão econômica para um modelo, que incorpore as dimensões social e ambiental, pode ser muito útil nesse processo de transição.

Segundo Joyce e Paquin (2016), o modelo vigente do *Business Model Canvas*, *BMC* contempla, somente, a camada tradicional de negócios sem contemplar outras duas camadas do ponto de vista da sustentabilidade, que são as camadas ambiental e social. Para fechar essa lacuna, propõem o *Business Model Canvas* em três camadas, como ferramenta exploratória para inovação dos modelos de negócios dirigida à sustentabilidade. Parte-se da camada do modelo de negócios tradicional, identificado como BMC econômico proposto por Osterwalder e Pigneur (2011), que atenda as premissas da economia linear, e propõe-se a ampliação do escopo do BMC com mais duas camadas, que são: a ambiental e social. Dessa maneira, essa ferramenta como base para transição da economia linear para a circular incrementa a proposta de valor da organização para o cliente, procurando gerar impacto positivo para a sociedade e para o meio ambiente. O modelo de aplicação do Canvas em três camadas foi aplicado em estudo de caso da empresa Nestlé com relação às cápsulas de café. Na camada ambiental, relacionam os nove blocos propostos por Osterwalder e Pigneur (2011) dentro de uma abordagem ambiental, trazendo à tona a análise do ciclo de vida, os impactos e os benefícios ambientais. Na camada social, apresentam

elementos específicos da dimensão social, trazendo à luz a fase de fim de vida dos produtos, contemplando a análise do ciclo de vida, benefícios e impactos sociais, empregos e comunidades locais. Nesse modelo, é apresentada a coerência vertical e a coerência horizontal, propondo uma retroalimentação sistêmica na geração de valor do negócio ao cliente, equilibrando as camadas social, ambiental e econômica. A coerência horizontal cria um cenário onde, em cada camada (social, econômica e ambiental) procura detalhar os diferentes tipos de criação de valor, sugerindo uma visão multidimensional do modelo de negócio. Como resultado, a coerência vertical apresenta a possibilidade de explorar questões fora da organização, contemplando a governança corporativa, propondo discussões com as partes interessadas, recomendando inovação colaborativa na proposta de valor da organização com maiores benefícios socioambientais. A coerência vertical analisa o alinhamento de cada elemento da camada com seu equivalente nas outras camadas. Por exemplo, verifica se a caixinha de relacionamento com o cliente apresenta coerência entre as camadas social, econômica e ambiental, permitindo enxergar as interconexões entre os diferentes tipos de valor, e sugerindo assim ações mais assertivas de acordo com a proposta de valor multidimensional, além da constante retroalimentação e a criação de valor que o produto oferece ao cliente. A revisão da criação de valor pode potencializar o relacionamento com o cliente além de trazer a possibilidade de gerar impacto socioambiental positivo por meio de desenvolvimento de estratégias inovadoras multidimensionais.

Cardeal *et al.* (2020) apresentam que o Canvas em três camadas de Joyce e Paquin (2016) é uma evolução do modelo proposto por Osterwalder e Pigneur (2011), por replicar o modelo tradicional econômico para duas novas camadas, a social e a ambiental mas, a questão da coerência vertical e horizontal torna complexa a aplicação do Canvas em três camadas. Diante disso, propõem o Canvas Sustentável, que consiste, basicamente, no achatamento das três camadas em uma única camada, dispensando a necessidade de integração da coerência vertical e horizontal.

Para França *et al.* (2017), o sucesso de um modelo de negócios está associado à contrapartida que a empresa oferece à sociedade, assinalando o movimento de transição para sustentabilidade, trazendo para as organizações a necessidade de inovar, e desenhando ou redesenhando um modelo de negócios que atenda as solicitações desse contexto. Os modelos de negócios tradicionais vigentes consideram a sustentabilidade satisfatoriamente. Para fechar essa lacuna, propõem o

Quadro de Desenvolvimento Estratégico Sustentável (FSSD). O FSSD é a combinação do Canvas (BMC) tradicional com ferramentas, métodos e conceitos adicionais como, por exemplo, o mapeamento de rede de valor, a avaliação do ciclo de vida e o sistema produto-serviço. Os autores apresentam um estudo de caso de transição do modelo de negócios de uma empresa, que vende lâmpadas, e passa a oferecer a seus clientes “soluções de iluminação sustentáveis, para clientes profissionais, oferecendo: redução de custos, consumo de energia e impacto ambiental”. Afirmam, ainda, que essa abordagem possibilita o aumento dos negócios, admitindo as considerações de risco inerentes à escalabilidade, além de oferecer a interação entre o modelo de negócios clássico e o modelo de negócios com pensamento estratégico na sustentabilidade. Cardeal *et al.* (2020) afirmam que a avaliação de um modelo de negócios é um aspecto que deve ser abordado. Por outro lado, Brillinger *et al.* (2020) afirmam que um novo modelo de negócios oferece riscos: a) a incerteza mensurável da probabilidade que aconteça um evento indesejado; b) as incertezas diante da complexidade de processo e a necessidade de integração entre as áreas da empresa; e c) a adoção de um sistema de gerenciamento de risco do modelo de negócios que possa potencializar a geração valor e vantagem competitiva.

França *et al.* (2017) apontam que a inclusão da sustentabilidade nos modelos negócios redefine as condições gerais dos negócios do século XXI, incorporando os desafios e as oportunidades no fluxo de transição da sociedade para uma sociedade, que passa a destacar o meio ambiente com o seu próprio papel no sistema e a resposta da economia a essa nova solicitação.

A revisão bibliográfica realizada sobre o assunto Canvas (BMC) permite identificar traços marcantes dentro das fronteiras estabelecidas para esse estudo. Diante do fluxo de transição do comportamento tradicional da sociedade, mantido desde a Revolução Industrial, para uma sociedade mais sustentável, surge esse movimento de transição que, além da mudança de hábitos e costumes, defende a solicitação de estabelecimento de uma rede de fornecedores que sejam capazes de construir impacto positivo, gerando valor para a sociedade e o meio ambiente. Do outro lado, as organizações, apesar de identificar a necessidade de gerar impacto socioambiental positivo, apresentam grande dificuldade em identificar e aplicar meios que orientem esse movimento de transição, incluídos a revisão da proposta de valor da empresa e o reposicionamento do seu modelo de negócios que precede a

construção da estratégia da empresa. Para suprir esse hiato, a ferramenta de delineamento de plano de negócios apresentada por Osterwalder e Pigneur (2011) ajuda, mas não supre as solicitações de um ambiente sustentável uma vez que, na sua concepção, contempla apenas a dimensão econômica, deixando de lado justamente as dimensões que são requeridas pela sociedade em seu movimento de transição, quais sejam, as dimensões social e ambiental. Procurando suprir essa lacuna, a literatura apresenta vários modelos de delineamento de modelo de negócios baseados no Canvas tradicional de Osterwalder e Pigneur (2011), passando a contemplar as dimensões social e ambiental e fazendo uso desses modelos teóricos para trazer vantagem competitiva ao negócio. Trata-se aqui de um negócio que ofereça valor ao cliente e no qual o cliente enxergue esse valor no reposicionamento da empresa dentro de uma proposta socioambientalmente correta.

As referências bibliográficas que fundamentaram o Canvas são apresentadas na Tabela 6: Planilha de revisão bibliográfica sobre Canvas

Tabela 6 – Planilha de revisão bibliográfica sobre Canvas

BASE BIBLIOGRÁFICA – CANVAS			
Título da obra	Autor e ano	Objetivo da obra	Contribuição ao trabalho
"O ócio criativo"	Domenico de Masi (2000)	Apresenta o trabalho sem a noção bíblica de pena. Indica que o trabalho deve. Expõe que o trabalho pode ser prazeroso e, a partir daí, criativo	Propõe uma releitura na visão do trabalho. Aponta que a inovação pode estar apoiada no trabalho prazeroso e criativo
"Business model generation"	Alexander Osterwalder e Yves Pigneur (2011)	Propõe o Business Model Canvas como ferramenta de delineamento ou redelineamento de um negócio	Traz os fundamentos do Canvas a partir dos seus desenvolvedores
The triple layered business model canvas: A tool to design more sustainable business models	Alexandre Joyce, Raymond L. Paquin (2016)	Propõe o TLBMC (Triple Layer Business Model Canvas) como uma ferramenta prática para integrar de forma coerente as preocupações econômicas, ambientais e sociais em uma visão holística do modelo de negócios de uma organização	O Canvas em três camadas combinado com o modelo do 5 SEnSU pode orientar a transição do modelo de negócios original para um modelo de negócios mais sustentável através de uma métrica multicritério. Apresenta a coerência vertical e horizontal entre as camadas

BASE BIBLIOGRÁFICA – CANVAS (cont.)

Título da obra	Autor e ano	Objetivo da obra	Contribuição ao trabalho
An approach to business model innovation and design for strategic sustainable development	Cesar Levy França, Goran Broman, Karl-Henrik Robert, George Basile, Louise Trygg (2017)	Como o FSSD (Quadro para o Desenvolvimento Estratégico Sustentável) pode informar a inovação e o design do modelo de negócios, combinando-o com o BMC e ferramentas, métodos e conceitos complementares	Combina dois elementos que é o Canvas e o FSSD. A nova abordagem facilita, por exemplo, a escalabilidade de negócios e a prevenção de risco
Sustainable Business Models–Canvas for Sustainability, Evaluation Method, and Their Application to Additive Manufacturing in Aircraft Maintenance	Gonçalo Cardeal, Kristina Höse, Inês Ribeiro and Uwe Götze (2020)	Apresenta um modelo de procedimento que suporta o desenho e avaliação de modelos de negócios com uma perspectiva sustentável	O Canvas sustentável traz em seu modelo o achatamento das três camadas de Joyce e Paquin e apenas uma, sobrepondo as três camadas em uma única dispensando a necessidade da análise da coerência vertical e horizontal
Business model risk and uncertainty factors: Toward building and maintaining profitable and sustainable business models	Anne-Sophie Brillinger, Christian Els, Bjoörn Schäfer, Beate Bender (2020)	Apresenta os fatores de risco de um modelo de negócios e como ele pode ser estruturado	Apresenta grupos e subgrupos de risco e incertezas para o modelo de negócio. Revisão bibliográfica
Sustainability Transition in Industry 4.0 and Smart Manufacturing with the Triple-Layered Business Model Canvas	Fernando E. García-Muiña, María Sonia Medina-Salgado, Anna Maria Ferrari e Marco Cucchi (2020)	Analisar a introdução da sustentabilidade na proposta de valor corporativa, através da evolução de um modelo de negócio tradicional para um modelo de negócio sustentável	Apresenta mais uma variação do Canvas em três camadas. Como o uso da tecnologia pode contribuir para implementação dos princípios da P+L contribuindo para reavaliação do modelo de negócio da empresa
Analysis of Sustainable Business Models: Exploratory Study in Two Brazilian Logistics Companies	Jaqueline Geisa C. Gomes, Marcelo T. Okano, Rodrigo S. Guerra, Denilson de S. Cordeiro, Henry C. L. dos Santos and Marcelo E. Fernandes (2022)	Identificar como a fusão de duas empresas brasileiras de logística com diferentes segmentos de clientes pode contribuir positivamente para a defesa da sustentabilidade, considerando aspectos sociais e ambientais	Apresenta um estudo de caso sobre a transição do modelo de negócios tradicional para o modelo de negócios sustentável. Bibliografia. Apresenta uma configuração diferente da proposta por Osterwalder trazendo como foco explícito a criação de valor, captura de valor, proposta de valor e entrega de valor ao cliente

Fonte: Autor, 2022.

2.7. Modelos de negócios sustentáveis

A literatura revela uma tendência de mudança nos hábitos de consumo da sociedade, evidenciando a necessidade de incorporação da inovação em todos os setores da economia a fim de garantir maior sustentabilidade em suas operações

(BOCKEN *et al.*, 2014). Essa estratégia passa a não ser exatamente uma opção, mas uma necessidade de adequação a uma nova regra de negócios. Há a necessidade de mudança de paradigma acerca da proposta de desenvolvimento de novos projetos com novos materiais, revisão no conceito de obsolescência de equipamentos e atualização (SÁTYRO *et al.*, 2018) da funcionalidade de produtos e serviços (KIRST *et al.*, 2021) contidos nos portfólios das empresas.

Segundo Gond *et al.* (2012), pouco se conhece sobre processos que integrem gestão e sustentabilidade à estratégia das empresas. Para fechar essa lacuna, Bocken *et al.* (2014) apresentam oito modelos sustentáveis de negócios, sob a forma de arquétipos, que podem potencializar a transição do modelo de negócios tradicional para um modelo de negócios mais sustentável.

As referências bibliográficas que fundamentaram os Modelos de negócios sustentáveis são apresentadas na Tabela 7: Planilha de revisão bibliográfica sobre Modelos de negócios sustentáveis

Tabela 7 – Planilha de revisão bibliográfica sobre Modelos de negócios sustentáveis

BASE BIBLIOGRÁFICA – MODELOS DE NEGÓCIOS SUSTENTÁVEIS			
Título da obra	Autor e ano	Objetivo da obra	Contribuição ao trabalho
Configuring management control systems: Theorizing the integration of strategy and sustainability	Jean-Pascal Gonda, Suzana Grubnic, Christian Herzigc, Jeremy Moon (2012)	Apresenta uma abordagem de configuração para teorizar os papéis e usos dos sistemas de controle de gestão (SCGs) e sistemas de controle de sustentabilidade (SCSs) na integração da sustentabilidade na estratégia organizacional	Discute a integração dos sistemas de gestão e sistemas de gestão sustentáveis à estratégia da empresa
A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes	N.M.P. Bocken, S.W. Short, P. Rana, S. Evans (2014)	Desenvolver uma linguagem comum que possa ser usada para acelerar o desenvolvimento de modelos de negócios sustentáveis em pesquisa e prática. Os arquétipos são: Maximizar a eficiência material e energética; criar valor a partir do 'desperdício'; substituir por renováveis e processos naturais; ofereça funcionalidade em vez de propriedade; adote um papel de mordomia; incentivar a suficiência; reorientar o negócio para a sociedade/ambiente; e desenvolver soluções de expansão	O artigo apresenta 8 arquétipos de modelos de negócios inovadores. Aprimora a discussão e justifica o Canvas Métrico

BASE BIBLIOGRÁFICA – MODELOS DE NEGÓCIOS SUSTENTÁVEIS (cont.)

Título da obra	Autor e ano	Objetivo da obra	Contribuição ao trabalho
Process of strategy formulation for sustainable environmental development: Basic model	Walter Cardoso Satyro, José Benedito Sacomano, Jose Celso Contador, Cecília M.V.B. Almeida, Biagio F. Giannetti (2017)	Propõe um modelo básico para formulação de estratégia para empresas que competem na busca do desenvolvimento ambiental sustentável	Conduz a construção da estratégia corporativa sob o ponto de vista da sustentabilidade
Best of the world or better for the world? A systematic literature review on benefit corporations and certified B corporations' contribution to sustainable development	Ronald Weber Kirst, Miriam Borchardt, Maurício Nunes Macedo de Carvalho, Giancarlo Medeiros Pereira (2021)	Sistematização do conhecimento científico relacionado às CBs e B Corps	Apresenta e discute modelos de negócios sustentáveis além das empresas além lucro (CBs) e empresas além lucro certificadas ou empresas do sistema B (B Corps)

3. MÉTODO

Esse capítulo apresenta a metodologia para desenvolver esse estudo, bem como o funcionamento desses métodos. Assim, apresenta-se o modelo 5 SEnSU desenvolvido por Giannetti *et al.* (2019), utilizado nessa ocasião, bem como seus componentes e funcionamento. Em seguida aborda-se a definição dos indicadores do modelo 5 SEnSU e, posteriormente, a definição das metas para os indicadores inerentes ao constructo do modelo de avaliação. Com os indicadores e metas definidos, aprofunda-se na programação por metas utilizadas no modelo 5 SEnSU e o seu objetivo: a definição do indicador sintético de sustentabilidade. Para análise de sensibilidade, foi adotado um critério de simulação por extremos, que é aprofundado e exibido nesse capítulo.

3.1 O modelo 5 SEnSU

Há uma medida da biocapacidade que sustenta o crescimento sustentável da economia e que pode se desenvolver por longos períodos, utilizando recursos naturais descontroladamente. Devem existir meios de compreender e respeitar as regras da biocapacidade a fim de promover o crescimento econômico e harmonioso com a biosfera (AGOSTINHO *et al.*, 2019).

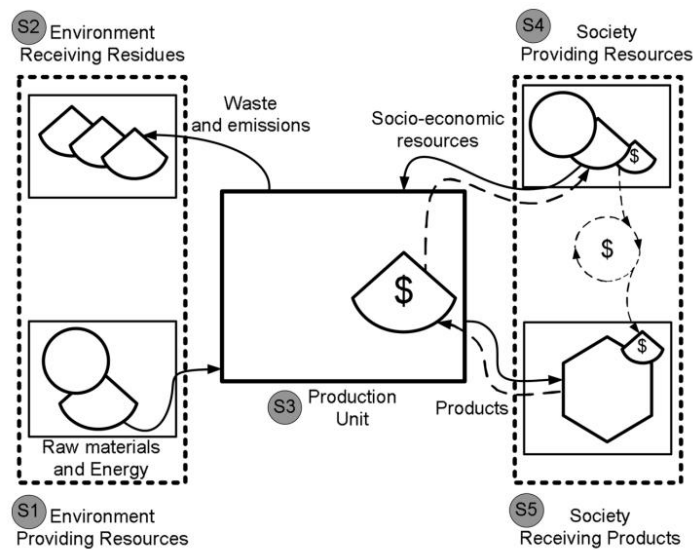
O modelo do 5 SEnSU é conceitual e holístico para avaliação da sustentabilidade (GIANNETTI *et al.*, 2019).

Foi adotado o modelo de avaliação da sustentabilidade 5 SEnSU a fim de quantificá-la no segmento têxtil automotivo, a partir de um modelo de análise multicritério e quantitativo. Além de ser um suporte na avaliação da sustentabilidade dos sistemas, pode ser um coadjuvante na gestão dos recursos da biosfera (AGOSTINHO *et al.*, 2019). Os indicadores contemplam as dimensões ambiental, social e econômica, e refletem a intensidade das interações entre essas dimensões. Cada uma dessas dimensões pode assumir o papel de fornecedor de recursos, ou o papel de receptor do resultado ou das consequências dos recursos oferecidos conforme propõe. O modelo permite a análise independente desses setores, mas casualmente relacionados (MORENO GARCIA *et al.*, 2021). A escolha pelo modelo do 5 SEnSU como ferramenta para a avaliação da sustentabilidade do segmento têxtil automotivo de fibra sintética se deu em virtude da dificuldade que os tomadores de

decisão têm para avaliação da sustentabilidade dos sistemas de produção, quando contam com um único indicador para representar todos os aspectos a ele relacionados, especialmente quando envolve eventos multicritério (GIANNETTI *et al.*, 2019).

O diagrama a seguir ilustra a proposta de funcionamento do modelo 5 SEnSU.

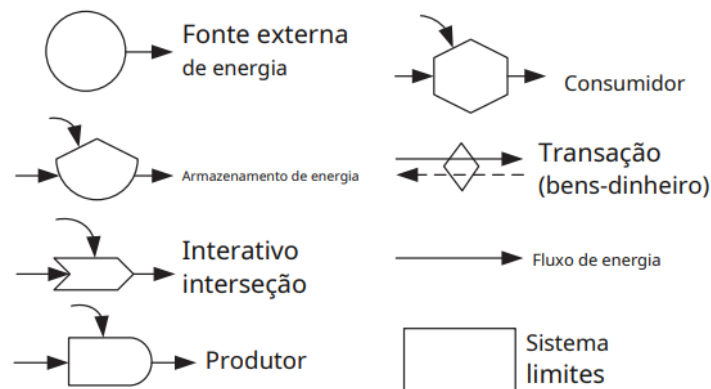
Imagem 2 – Modelo Cinco Setores de Sustentabilidade (5 SEnSU)



Fonte: Giannetti et al. (2019).

Os símbolos utilizados no diagrama são representações gráficas extraídas de Odum (1996), conforme diagrama a seguir extraído de Agostinho *et al.* (2019):

Imagem 3 – Simbologia proposta por Odum (1996) utilizada no diagrama de energia



Fonte: Agostinho et al., (2019).

De acordo com a simbologia, o setor 1 (meio ambiente como fornecedor de recursos) é ilustrado por uma fonte externa de energia, o sol, e por um estoque de matérias-primas naturais. O setor 2 (meio ambiente como receptor de resíduos da unidade de produção) é ilustrado por estoques de resíduos e emissões, ou seja, todo tipo de rejeitos resultado das operações da unidade de produção e que são descartados no meio ambiente. Cabe ressaltar que nos setores 1 e 2, de acordo com diagrama, foram identificadas apenas setas em linha contínua, ilustrando que só há fluxo de materiais. No setor 3 encontramos o símbolo que descreve o estoque de dinheiro, posicionado ao lado direito. O setor 4 é definido como a sociedade fornecendo recursos à unidade de produção e está ilustrado no diagrama por fontes de energia externa, estoques de materiais e dinheiro. O setor 5 (sociedade como receptora dos resultados e benefícios e das operações da unidade de produção) é representado por um símbolo que, de acordo com a simbologia proposta por Odum (1996), representa a presença do consumidor recebendo dinheiro e adquirindo bens e serviços. Em todo o lado direito do modelo há circulação de dinheiro, ou fluxo monetário.

Detalhando o modelo e revendo suas interações, destaca-se que as setas indicam fluxos de troca de energia e de dinheiro entre os setores. Há um vetor que indica o fluxo de trocas entre o setor 1, meio ambiente fornecendo recursos, com o setor 3, unidade de produção. De acordo com as premissas do modelo, cada setor deve ser representado por, ao menos, um indicador que caracterize a relação de troca entre os setores 1 e 3. Essa relação descreve os elementos que o meio ambiente fornece para tornar possível a operação da unidade de produção. A quantidade de

elementos e o quanto de cada elemento é utilizado define a intensidade da troca. Essa intensidade é definida, quantitativamente, pelos indicadores que representam a relação entre os setores 1 e 3, que caracterizam o setor 1. Essa mesma lógica se aplica às relações entre os demais setores.

As trocas do setor 2 são definidas pelo meio ambiente como receptor de resíduos provenientes da operação da unidade de produção, e o setor 3, que é a unidade de produção. Assim como no setor 1, as setas indicam os fluxos de troca de energia entre os setores 2 e 3, no sentido inverso do setor 1. Novamente, seguindo as premissas do modelo, esse setor, o 2, deve ser representado, quantitativamente, por, ao menos, um indicador que caracterize a relação de troca entre os setores 3 e 2, sendo que o setor 3 retorna ao meio ambiente os resíduos de suas operações.

No lado esquerdo do diagrama, que envolve os setores 1 e 2 na dimensão ambiental, só há fluxo de materiais, posto que não há remuneração para os recursos oferecidos pelo meio ambiente, tampouco pagamento pela absorção do resíduo gerado pela atividade de transformação.

O setor 3 está na posição central do diagrama que traduz o modelo, na posição de receptor e doador do meio ambiente e doador de receptor da sociedade, simultaneamente. Assim como os demais setores, o setor que representa a unidade de produção para quantificar a relação de troca do setor 3 com os demais setores deve estar associado a, pelo menos, um indicador quantitativo que traduza a intensidade das trocas desse setor. No setor 3, unidade de produção, no diagrama, encontramos, do lado esquerdo, apenas setas contínuas, indicando fluxos materiais com os setores 1 e 2 que compõe o cenário ambiental do modelo. Ao lado direito do setor 3, no diagrama, encontramos estoque de dinheiro, representando a atividade fabril que gera montantes no sistema. Assim sendo, no setor 3, de acordo com a imagem 2, encontram-se setas contínuas que indicam fluxos de materiais, e setas tracejadas, que indicam fluxo monetário entre a sociedade, identificada pelos setores 4 e 5, com a unidade de produção.

Os setores 4 e 5 demonstram a participação da sociedade no constructo apresentado, além de fluxo de materiais e fluxo monetário, representados pela linha tracejada. O setor 4 mostra a sociedade como provedores de recursos para a unidade de produção, conforme representado no diagrama a seguir.

No sentido do setor 4 para o setor 3, há também o fluxo tracejado que vai do estoque ou armazenamento de dinheiro no setor 3, até o setor 4. A linha tracejada

indica a presença de dinheiro na interação entre o setor 4 e o 3. Descrevendo a integração do setor 4, percebe-se a oferta de recursos da sociedade para a unidade de produção que, por sua vez, responde à oferta de recursos com algum tipo de remuneração ou ganho, resultado da operação da unidade de produção. A sociedade oferece recursos e recebe dinheiro por esses recursos. No caso do setor 4, para atender aos princípios do modelo 5 SEnSU, deve ter estabelecido, por parte do analista, ao menos um indicador quantitativo que caracterize o comportamento e a intensidade das trocas do setor 4 com o setor 3. Há uma seta contínua saindo do setor 4 rumo ao 3, simbolizando o fornecimento de recursos por parte da sociedade à unidade de produção. Há também uma seta tracejada saindo do setor 3 em direção ao setor 4, simbolizando a saída de dinheiro do setor 3, fruto do trabalho da sociedade na unidade de produção que retorna para sociedade permitindo a aquisição de produtos e serviços.

Analogamente ao setor 2, que recebe os resíduos da operação da unidade de produção, o setor 5 recebe os benefícios e/ou consequências da operação da unidade de produção.

Vale ressaltar que, assim como o setor 4, o setor 5 recebe os benefícios e/ou consequências do setor 3 (salário, por exemplo). Há dois fluxos permeando o setor 5, um destacado e o outro tracejado. O tracejado representa o fluxo monetário e reproduz o movimento de compra de bens e serviços por parte da sociedade com os recursos do trabalho realizado nas unidades de produção. Há uma seta contínua saindo do setor 3 em direção ao setor 5, indicando os benefícios das operações do setor 3 para o setor 5. Há também uma seta tracejada saindo do setor 5 em direção ao 3, indicando a atividade de compra de produtos e serviços feita pela sociedade. Há, no setor 5, um estoque de dinheiro. Analisando-se o diagrama, nota-se que há fluxo contínuo de dinheiro em toda a interação entre os setores 3,4 e 5.

O conceito do modelo 5 SEnSU está apoiado em seis axiomas. Os três primeiros referem-se à taxa de renovabilidade dos recursos naturais, que deve ser respeitada para garantir os padrões de desenvolvimento atual. Os três últimos axiomas são relativos à adoção das premissas propostas pelo modelo de produção mais limpa. Assim, temos os seguintes axiomas

- (i) nenhum recurso deve ser utilizado além da sua taxa de renovação;

- (ii) nenhum produto tóxico, que ofereça risco de contaminação ambiental, deve ser produzido em um volume maior que sua taxa natural de reciclagem, neutralização e absorção pelo meio ambiente;
- (iii) um recurso que não seja renovável não deve ser usado mais rápido do que a capacidade de o substituir por um recurso renovável;
- (iv) deve haver um equilíbrio do meio ambiente quando assume o papel de fornecedor de recursos e quando assume o papel de receptor de rejeitos e descartes. Esse equilíbrio pode ser alcançado na implementação das premissas do modelo de produção mais limpa;
- (v) a produção de bens deve obedecer aos limites da exploração sustentável dos recursos naturais e do consumo consciente da sociedade;
- (vi) a relação do ser humano com a economia deve ser equilibrada no sentido de provedor de mão de obra e oferta de produtos manufaturados.

Um ponto forte do modelo é que ele oferece a possibilidade de criar um painel de análise apoiado em, no mínimo, cinco indicadores, um para cada um dos cinco setores, evitando análises parciais com indicadores que contemplem apenas uma das dimensões do tripé da sustentabilidade. O modelo do 5 SEnSU apresenta, como ponto favorável, a oferta de critérios claros na definição dos indicadores, assumindo a condição de fornecedores e receptores simultaneamente (GIANNETTI *et al.*, 2019).

O ponto fraco do modelo é o desafio da construção do modelo, mas não em virtude da lógica da sua lógica, que é bem objetiva: primeiramente, há a definição de indicadores para cada um dos setores, ou como provedor ou como receptor. Em seguida, há o estabelecimento de metas para serem atingidas para cada um desses indicadores. Essas metas devem atender à expectativa do analista, devendo esta ser maior ou menor que o valor quantitativo encontrado no indicador. A meta a ser atingida, assim como indicador adotado para refletir o comportamento do setor, deve ser quantitativo. O modelo é multicritério, permitindo unidades diferentes para os indicadores de cada setor. Porém, todos os elementos que de um mesmo setor, devem ter a mesma unidade. Por fim os indicadores, com suas metas, devem ser submetidos à programação por metas, a fim de obter o Indicador Sintético de Sustentabilidade do Sistema, ISSS.

3.1.1 A definição dos indicadores setoriais

Os indicadores são capazes de sintetizar uma situação complexa por meio de uma informação simplificada. A fim de evitar distorções, o modelo do 5 SEnSU sugere que haja, ao menos, um indicador para cada. Os indicadores do modelo 5 SEnSU vão indicar a intensidade das trocas entre os setores (GIANNETTI *et al.*, 2019).

Os indicadores estão indicados pela letra K acrescida do número que identifica o setor, podendo variar entre 1 e 5, mais o número que identifica o indicador, podendo ser apenas 1 ou 2, uma vez que foram definidos dois indicadores para cada um dos cinco setores. Por exemplo: o K11 refere-se ao primeiro setor, meio ambiente como provedor de recursos e, ao mesmo tempo, identifica o primeiro indicador do primeiro setor. Os indicadores podem ser escolhidos de acordo com as habilidades e as competências do analista, sempre considerando as especificidades do caso em avaliação, respeitando o significado de cada setor, e de acordo com as premissas do modelo 5 SEnSU. A escolha dos indicadores apoia-se nos seguintes critérios: mensurabilidade, relevância, clareza na compreensão, metodologia e fonte confiável, acessibilidade dos dados e perecibilidade (manter sua relevância para gerações futuras) (AGOSTINHO *et al.*, 2019).

A escolha dos indicadores desse estudo foi feita a partir da experiência dos autores, associada à disponibilidade de informações em relatórios técnicos, publicações de entidades de classe e artigos científicos relacionados ao tema (AGOSTINHO *et al.*, 2019; MORENO GARCIA *et al.*, 2021; GIANNETTI *et al.*, 2019; GIANNETTI *et al.*, 2022).

3.1.1.1 Setor 1 – Ambiente como provedor de recursos - energia (sej/ano) – K11

“Energia é toda energia disponível, direta ou indiretamente, para fazer um produto ou prestar um serviço; é a energia incorporada ao produto ou serviço” (ODUM, 1996).

A energia representa todos os recursos, diretos e indiretos, necessários à operação do sistema, assumindo a função de instrumento para o meio ambiente fornecer recursos, e assumindo a posição de armazenador do capital natural no sistema, além de incluir os custos ocultos, em geral não considerados por outras metodologias de contabilidade ambiental (AGOSTINHO *et al.*, 2019).

Para o cálculo do primeiro indicador do primeiro setor, a emergia, foi feito o inventário de todos os elementos que foram utilizados para fazer o produto tecido automotivo.

O inventário de emergia contempla duas fases, uma de implantação, ou pré-produção, e outra de operação (ODUM, 1996). A fase de implantação é o momento em que a infraestrutura está sendo construída para abrigar o processo produtivo. A fase de implantação ou pré-produção é identificada nas linhas de 1 a 4 da Tabela 8: inventário da contabilidade ambiental em emergia. A fase de operação refere-se a todos os recursos utilizados para que o processo produtivo aconteça quotidianamente. A fase de operação é contemplada na tabela do inventário da contabilidade ambiental em emergia nas linhas de 5 a 12.

Tabela 8 – Inventário da contabilidade ambiental em emergia

Item	Especificações	Unid.	Classe	Quant.	UEV	Emergia	%
				(unidade/ano)	(sej/unidade)	(sej/ano)	(sej/sej)
Fase de implantação							
1	Aço (construção + máquinas)	g	F				
2	Alumínio (telhas)	g	F				
3	Concreto	g	F				
4	Mão de obra	J	F				
Fase de operação							
5	Mão de obra	J	F				
6	Energia elétrica	J	F				
7	Água	J	F				
8	Resina	J	F				
9	Químicos	J	F				
10	Espuma	J	F				
11	Tubete (papelão)	J	F				
12	Plástico	J	F				

Fonte: Autor, 2022.

O cálculo da emergia é dado pela multiplicação da quantidade em massa ou em energia: no caso desse estudo, em grama e em Joule com a UEV *Unit Emery Value*. A UEV é a quantidade de energia solar empregada, direta e/ou indiretamente,

na obtenção de um Joule de um determinado produto (bem ou serviço) e tem como unidade sej/J, também conhecida como transformidade (ODUM, 1996).

A partir da tabela de inventário para o cálculo da emergia, foi definido um valor da mesma, variando a quantidade de poliéster ano a ano, para a série histórica que compõe esse estudo, entre os anos de 2001 e 2018. O cálculo da emergia é dado pela multiplicação da quantidade dos elementos, em massa ou em energia. A série histórica permite a formação de um painel do comportamento da emergia no período.

Esse estudo abrange o comportamento da sustentabilidade do setor têxtil automotivo em série histórica entre os anos de 2001 e 2018. Para compor o painel de análise, em série histórica, foi feito um cálculo de emergia para cada ano do referido intervalo. Os valores obtidos são resultado da variação do consumo anual de poliéster, que é a matéria-prima principal do tecido com aplicação automotiva. Foi usada como referência a tabela da contabilidade ambiental em emergia na variação do poliéster ano a ano da série histórica.

A Tabela 9: planilha de cálculo da emergia em série histórica, ilustra o critério de cálculo da emergia para os anos de 2001 a 2018, de acordo com a variação do consumo de poliéster.

Tabela 9 – Planilha de cálculo da emergia em série histórica

8,23E+12J (consumo anual de poliéster)			
2001			
Quant.	UEV	Emergia	%
(J/ano)	(sej/unidade)	(sej/ano)	(sej/sej)
Mão de obra			
Energia elétrica			
Água			
Resina			
Químicos			
Espuma			
Tubete (papelão)			
Plástico			

Total

Fonte: Autor, 2022.

O consumo anual de poliéster foi obtido com a Associação Brasileira dos Fabricantes de Fibras Artificiais e Sintéticas (ABRAFAS, 1970). Para cada um dos anos de 2001 a 2018, variou-se o consumo conforme publica a ABRAFAS.

A partir da tabela de inventário da contabilidade ambiental em energia, foi estabelecida a proporcionalidade para todos os itens das linhas de 5 a 12 para o consumo anual de poliéster.

A identificação dos itens segue o mesmo padrão da tabela de inventário da contabilidade ambiental em energia.

Estabelecida a proporcionalidade dos elementos das linhas de 5 a 12 com o consumo anual de poliéster, obtém-se a variação da energia em série histórica encontrada no campo destacado.

As informações sobre o consumo anual de poliéster encontram-se no Anexo A. Nesse estudo, o objetivo para o indicador de energia foi a minimização, destacando a necessidade de redução do impacto ambiental causado pela indústria de transformação (LIU *et al.*, 2014; VIGLIA *et al.*, 2018). Todavia, a minimização do indicador não é consenso. Para Giannetti *et al.* (2019), o indicador de energia deve ser maximizado uma vez que representa a riqueza real do sistema em estudo.

Energia elétrica (tep/ano) – K12

O segundo indicador do primeiro setor, meio ambiente como fornecedor de recursos, K12, é energia elétrica tendo como unidade de medida (tep/ano).

O indicador de energia elétrica está presente no grupo de indicadores ambientais proposto pela Iniciativa de Relatórios Globais, *Global Reporting Initiative* (GRI), segundo Salvado *et al.* (2015). O indicador de energia elétrica revela ganhos de eficiência no processo produtivo com a adoção dos Princípios de Produção Mais Limpa, apresentando uma série de índices de desempenho, nas dimensões econômica, ambiental e operacional, que formam um painel de análise e avaliação dessa adoção das premissas de produção mais limpa, em grandes empresas têxteis (CESAR DA SILVA *et al.*, 2021); ainda, nos índices de desempenho operacional, a diminuição do consumo de energia elétrica pela produção está relacionada diretamente com o desempenho ambiental da organização.

De acordo com relatório técnico publicado em 2010 pelo Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas, Centro Clima, são

apresentadas as estimativas de emissões de gases o efeito estufa e consumo de energia para todo o setor industrial brasileiro, até o ano de 2050.

O setor têxtil é contemplado nesse relatório na página 31, onde se apresenta a evolução do consumo de energia do setor têxtil em (tep), tonelada equivalente de petróleo para os anos de 2010, 2015, 2020, 2025, 2030 2035, 2040, 2045 e 2050. A fim de contemplar a série histórica que compõe o painel de estudos entre os anos de 2001 e 2018 e, a partir das informações contidas no referido relatório técnico, os dados foram plotados em uma planilha no Excel com a opção de linha de tendência, permitindo, assim, a construção de um gráfico na forma de uma reta em que se torna possível a leitura dos dados para o intervalo requerido. Os dados contemplam todo o setor têxtil. Para efeito de cálculo anual do consumo de energia para o segmento têxtil automotivo, foi aplicada a mesma participação do PIB têxtil, conforme apresenta o sindicato do setor (SINDITÊXTIL, 2014). O segmento automotivo participa com 30,5% no PIB de todo o setor têxtil. Para efeito de cálculo do consumo de energia do segmento automotivo no setor têxtil, foi considerado 30,5% do consumo de energia de todo o setor têxtil.

A adoção da emergência e da energia elétrica como indicadores para o mesmo setor pode sugerir dupla contagem, uma vez que a energia elétrica é um dos elementos da contabilidade ambiental em emergência.

Cabe ressaltar que emergência e energia elétrica são elementos diferentes. Enquanto a emergência considera a energia disponível incorporada nos produtos e serviços referenciando um comportamento passado e estático (fase de construção da infraestrutura), a energia elétrica está diretamente ligada aos meios de produção e ilustra o comportamento presente e dinâmico (fase de operação) dos meios de produção no ambiente. Ante o exposto, a adoção dos indicadores de emergência e de energia elétrica para o primeiro setor, meio ambiente como doador de recursos, tem como objetivo compor um cenário de fluxos de energia, direta e indireta, estática (referindo-se ao passado) e dinâmica (referindo-se à produção diária), para o setor têxtil ao longo da série histórica compreendendo os anos de 2001 a 2018.

3.1.1.2 Setor 2 – Ambiente como receptor de recursos

Emissões de CO₂ (Kg CO₂/ano) – K21

O primeiro indicador do segundo setor, meio ambiente como receptor de resíduos, é o indicador de emissões de CO₂ tendo como unidade de medida kg/ano. Ele também é identificado por K21, sendo o primeiro indicador do segundo setor.

O estudo de Agostinho *et al.* (2019), apresenta o indicador de CO (monóxido de carbono), que reduz a hemoglobina no sangue, compondo o quadro de indicadores do modelo 5 SEnSU. Importante destacar que, no referido estudo, o indicador de CO está considerado como primeiro indicador do setor 5, sociedade como receptora de benefícios ou consequências da atividade de produção ou, no caso do estudo, transporte da soja. O posicionamento de um determinado indicador nos cinco setores do modelo guarda uma certa coerência, mas, dentro dessa coerência, a decisão sobre em qual setor o indicador deve ficar depende da visão conceitual do analista.

No trabalho sobre os países do Mercosul, o primeiro indicador do segundo setor é o indicador de emissões (GIANNETTI *et al.*, 2019). O mesmo indicador está presente no grupo de indicadores ambientais proposto pela Iniciativa de Relatórios Globais, *Global Reporting Initiative* (GRI), segundo Salgado *et al.* (2015).

Luo *et al.* (2021) adotam o indicador emissões no módulo ambiental para aplicação do Índice Higg. O Índice Higg é uma reunião de métricas de avaliação desenvolvida pela *Sustainable Apparel Coalition* (SAC), com aplicação específica na Indústria têxtil e calçadista. O SAC é um grupo composto por cento e cinquenta marcas de roupas, dentre elas Nike, Adidas, H&M, Gap, Puma, Levi's etc., varejistas, fabricantes, acadêmicos e ONGs com o intuito de contribuir para a proteção ambiental, desenvolvendo classificações numéricas de sustentabilidade para seus produtos e comunicando aos clientes seus resultados de desempenho ambiental.

O indicador de redução de emissões de CO₂ é considerado como um indicador de desempenho ambiental que avalia o quanto a adoção das premissas de produção mais limpa no processo produtivo pode impactar as emissões atmosféricas e as mudanças climáticas em todo planeta (CESAR DA SILVA *et al.*, 2021). Já a emissão bruta de CO₂ é adotada como indicador de medição de ecoeficiência refletindo as emissões da combustão de combustíveis fósseis (GAI *et al.*, 2022).

De acordo com relatório técnico publicado em 2010 pelo Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas, Centro Clima, são apresentadas as estimativas de emissões de gases, efeito estufa e consumo de energia para todo o setor industrial brasileiro, até o ano de 2050.

Os dados apresentados contemplam todo o setor têxtil. Para efeito de cálculo anual do consumo de energia para o segmento têxtil automotivo, foi aplicada a mesma participação do PIB têxtil. O segmento automotivo participa com 30,5% no PIB de todo o setor têxtil. Para efeito de cálculo das emissões do segmento automotivo no setor têxtil, foram consideradas 30,5% das emissões de todo o setor têxtil. A interpolação dos dados permitiu a criação de um painel de comportamento das emissões de CO₂ na série histórica entre os anos de 2001 e 2018.

Resíduos sólidos (kg/ano) – K22

O segundo indicador definido para representar o setor 2, meio ambiente como receptor de resíduos, é o indicador de resíduos sólidos, nesse estudo identificado por K22.

O indicador K22 foi adotado como segundo indicador do setor 2 no modelo 5 SEnSU, referindo-se aos resíduos sólidos municipais em estudo sobre os países do Mercosul. Esse indicador deve ser minimizado a fim de se adequar aos conceitos de economia circular e sustentabilidade (GIANNETTI *et al.*, 2019). O mesmo indicador é adotado no módulo ambiental para aplicação do Índice Higg. O Índice Higg é uma reunião de métricas de avaliação desenvolvida pela *Sustainable Apparel Coalition* (SAC), com aplicação específica na indústria têxtil e calçadista.

Há ainda uma série de índices de desempenho nas dimensões econômica, ambiental e operacional, que formam um painel de análise e avaliação da adoção das premissas de produção mais limpa em grandes empresas têxteis. Nos índices financeiros de desempenho econômico, a diminuição de resíduos gerados pela produção está relacionada com o desempenho ambiental da organização. Esse indicador também se refere a substituição de insumos que sejam prejudiciais à saúde, tais como produtos perigosos, tóxicos e nocivos (CESAR DA SILVA *et al.*, 2021).

Há seis fatores de desempenho na fabricação sustentável: satisfação do cliente, aprendizagem e crescimento, ambiental, financeiro, operacional e o institucional, referindo-se ao funcionamento do negócio. O fator ambiental é subdividido em diminuição das emissões, reciclagem de materiais, redução do consumo de materiais perigosos/nocivos e tóxicos e poluição ambiental durante a produção. Na subdivisão do fator operacional, há: competência na inovação técnica, elevando os padrões ambientais de produção, redução de águas residuais e resíduos

sólidos, investimentos em pesquisa e desenvolvimento de produtos verdes, bem como a capacidade de minimizar o desperdício e maximizar a utilidade e gestão da classificação de resíduos, ampliando possibilidades de reciclagem mais assertiva (CHOURASIYA *et al.*, 2022).

Os resíduos sólidos são um elemento de destaque no desempenho ambiental na produção de tecidos. Fibras para compósitos e fibras recicladas têm sido apresentadas para evitar o prolongamento e a degradação de aterros sanitários. A reciclagem de fibras e de resíduos do processo produtivo diminuem o descarte, além das emissões e contribuem positivamente no desempenho ambiental de toda a indústria têxtil (PATTI *et al.*, 2021), uma vez que o volume de resíduos sólidos é proveniente do processo produtivo. Diante disso, o volume de resíduos sólidos deve triplicar até 2050, de acordo com Li *et al.* (2021). Ainda, pesquisa realizada em 396 Indústrias Têxteis na China mostrou que elas geraram 335 toneladas de resíduos em 2015. Desse montante, 41,67% foram de lodo, seguido por 28,57% de resíduos alimentares (sobras de alimentação humana), 13,67% de têxteis, 4,57% de descarte doméstico, 4,30% de papelão e papel e 3,15% de resíduos químicos. Essas características atribuem à indústria têxtil a responsabilidade por 3% de todas as emissões de gases do efeito estufa (GEE).

Como indicadores da circularidade na dimensão material, a redução do uso de matérias-primas na manufatura tem como objetivo quantificar a redução delas no processo produtivo, como o uso de água, energia elétrica, emissões etc., com a finalidade de tornar o produto mais leve. O indicador de reciclabilidade deve mostrar a porcentagem de materiais reciclados na composição do produto e o potencial de reciclabilidade do mesmo após o uso. Outro índice relacionado aos resíduos sólidos nas indústrias de plástico, têxteis e eletrônicos é o indicador de reutilização, mostrando a quantidade de material reutilizado em toda cadeia de abastecimento. Esse indicador possibilita a formação de um diagnóstico acerca da redução de resíduos sólidos no processo produtivo, bem como pode quantificar a redução do descarte de resíduos (ROSSI *et al.*, 2020).

Como resultado de pesquisa em campo, tanto no segmento têxtil automotivo como em toda cadeia têxtil, considera-se que 20% de tudo que é produzido é resíduo sólido. Compõem esse montante denominado resíduo sólido: aparas de tecido, retalhos e tecidos fora de especificação, que não puderam ser retrabalhados no processo produtivo. O cálculo do indicador de resíduos sólidos foi feito considerando,

como resíduo, 20% do total de tecido automotivo produzido por ano. Para definir o total de tecido automotivo produzido por ano, foram considerados relatórios mensais disponíveis no portal da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2022). A ANFAVEA separa o setor automotivo por tipo de veículo automotor sendo: automóveis, veículos leves, caminhões e ônibus. Os automóveis respondem com 83,32% de participação no setor, os veículos leves com 12,02%, os caminhões com 4,60% e os ônibus com 1,06%.

O revestimento dos veículos automotores não é realizado em sua totalidade por tecido automotivo. Há uma combinação de materiais no acabamento interno desses veículos que seguem tendências de moda, segundo a visão dos *designers* do setor. De acordo com informações do fabricante obtida em pesquisa de campo, em média 70% do revestimento do automóvel são realizados com tecido automotivo, correspondendo a 1,96 m², em média. Com relação aos veículos leves, pela mesma fonte, também foi considerado que 70% do revestimento interno desse tipo de veículo são constituídos por tecido correspondendo a 1,26 m² por unidade de veículo, em média. Os caminhões também são revestidos com 70% de tecido automotivo, correspondendo a 3,01 m² por caminhão, em média. Os ônibus também têm 70% do seu revestimento interno feitos por tecido automotivo, correspondendo a 40,06 m² de tecido por ônibus, em média. Diante disso, em função do volume produzido, segundo dados da Anfavea, foi possível calcular a quantidade de tecido produzido em m², unidade de referência utilizada no segmento têxtil automotivo.

Definido o volume anual de tecido produzido, o indicador de resíduos sólidos entre os anos de 2001 e 2018 é resultado de 20% do total anual produzido.

3.1.1.3 Setor 3 – Unidade de produção

Contribuição financeira do setor (PIB têxtil automotivo) (\$/ano) – K31

O PIB per capita revela o poder de compra da sociedade. Giannetti *et al.* (2019) usam, em seu estudo, como primeiro indicador do setor 3, K31, o PIB per capita, sendo que um dólar internacional tem o mesmo poder de compra sobre o PIB que um dólar americano tem nos Estados Unidos. Esse indicador espelha o potencial econômico da nação, sendo um indicador que deve ser maximizado criando a expectativa de

aumento do potencial econômico das nações. No caso desse estudo, com o objetivo de maximizar o potencial econômico do segmento têxtil automotivo.

De acordo com publicação da Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2013) denominada “Água, Indústria e Sustentabilidade de 2013, o setor têxtil responde por 4,9% do PIB brasileiro. De acordo com (SINDITÊXTIL, 2009), o têxtil automotivo responde por 30,5% de todo o setor têxtil. A partir dessas informações foi possível definir o PIB do setor têxtil automotivo entre os anos 2001 e 2018, em reais.

Consumo de tecido (Kg/ano) – K32

O segundo indicador para ao terceiro setor é o consumo de tecido por veículo produzido por ano.

Para definir o total de tecido automotivo produzido por ano, foram considerados relatórios mensais disponíveis no portal da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2021). A ANFAVEA separa o setor automotivo por tipo de veículo automotor: automóveis, veículos leves, caminhões e ônibus. Os automóveis respondem com 83,32% de participação no setor, veículos leves com 12,02%, caminhões com 4,60% e ônibus com 1,06%.

Bem como no indicador de resíduos sólidos, K22, o indicador de consumo de tecido segue as mesmas premissas para revestimento dos veículos automotores.

3.1.1.4 Setor 4 – Sociedade como provedora de recursos

Força de trabalho (emprego) (Pessoas/ano) – K41

O primeiro indicador do quarto setor, sociedade como provedora de recursos, tem como unidade de medida o indicador de força de trabalho (emprego) e a quantidade de pessoas/ano.

Giannetti *et al.* (2019) adotam como indicador K41, primeiro indicador do setor 4, definida a sociedade como fornecedora de recursos para unidade de produção, a força de trabalho ou emprego. Esse indicador representa a porção da população que está empregada em um país. No caso desse estudo, o indicador K41 reflete o número de empregos oferecidos pelo segmento têxtil automotivo e, portanto, deve ser maximizado.

O K41 é o primeiro indicador do setor 4 que define a intensidade do relacionamento da sociedade como fornecedora de recursos à unidade de produção, no estudo de Agostinho *et al.* (2019), em que o modelo 5 SEnSU é utilizado para a avaliação da sustentabilidade, enquanto Rossi *et al.* (2020) definem a criação de empregos como indicador na dimensão social, fazendo parte do conjunto de indicadores que os autores propõem para avaliação da circularidade de um sistema. No módulo de sociedade e trabalho do Índice de Higg, consideram-se os indicadores de recrutamento de seleção, horas trabalhadas, remuneração e benefício e emprego. O Índice Higg, conforme descrito anteriormente, é uma reunião de métricas de avaliação, desenvolvida pela *Sustainable Apparel Coalition* (SAC), com aplicação específica na indústria têxtil e calçadista.

A adoção do emprego ou força de trabalho como indicador da dimensão social é uma referência na bibliografia. Da mesma forma, a taxa de desemprego também revela a situação de empregabilidade. Diante disso, um dos indicadores que traduzem a dimensão social do tripé da sustentabilidade é a taxa de desemprego que, mesmo sendo uma antítese à oferta de emprego, ilustra o comportamento do mercado de trabalho em um sistema. É feito um apanhado nos indicadores propostos por várias fontes: o tripé da sustentabilidade, procurando equilibrar as dimensões social, ambiental e econômica, os indicadores sociais e econômicos da versão G4 da *Global Reporting Initiative* (GRI) e os indicadores ambientais e operacionais propostos pela ISO 14.031. Além dos relatórios citados, os autores estabeleceram premissas que entenderam ser obrigatórias na definição de indicadores de avaliação e com seu próprio conjunto de índices para as dimensões social, ambiental e econômica. Nessa proposta, o número de pessoas empregadas compõe o grupo de indicadores da dimensão social (SALVADO *et al.*, 2015).

A oferta de emprego ou força de trabalho revela a empregabilidade de uma determinada atividade, empresa ou segmento de mercado. A mão de obra para o setor têxtil, sendo unidade de manufatura ou prestação de serviços, é essencial para as operações de todas as redes de suprimentos. A relevância de um segmento de mercado é, comumente, representada pelo número de empregos que oferece, bem como a qualificação dessa mão de obra (ABREU *et al.*, 2012).

O número de empregos oferecido pelo setor têxtil foi publicado em relatório técnico no ano de 2020, elaborado pela Inteligência de Mercado IEMI em parceria com

a ABIT. O número de empregos oferecido pelo têxtil automotivo foi obtido pela seguinte equação:

$$\left(\frac{\text{PIB do segmento têxtil automotivo} * \text{Número de empregos total têxtil}}{\text{PIB do setor têxtil}} \right)$$

Capacitação (% de colaboradores/ano) – K42

O segundo indicador do quarto setor é o de capacitação dos colaboradores, K42. Esse segundo indicador foi escolhido pois, em associação com o K41, permite a criação de um painel mais abrangente, composto então pela força de trabalho, bem como a capacitação dessa força de trabalho. Não apenas a capacitação pronta disponível no mercado de trabalho, mas também oferecida no segmento têxtil automotivo.

A literatura apresenta vários tipos de indicadores para representar a sociedade. Um dos indicadores que traduzem a dimensão social do tripé da sustentabilidade é a percentagem da população com diploma ou certificado pós-secundário que, mesmo não tendo o nome de capacitação, a ela se refere (SALVADO *et al.*, 2015).

Os dados que representam a capacitação nos anos de 2001 a 2018 foram obtidos em pesquisa de campo fornecido pela empresa do estudo de caso.

3.1.1.5 Setor 5 – Sociedade como receptora de produtos e serviços

Salário (\$/ano) – K51

Na maioria dos estudos que envolvem o sistema estabelecido, quando indicadores são mencionados, o salário é frequentemente utilizado para retratar a dimensão social.

A literatura apresenta o indicador salário na aplicação do modelo 5 SEnSU para avaliação da sustentabilidade como K52. O K52 é o segundo indicador do setor 5, definindo a intensidade do relacionamento da sociedade na condição de receber os benefícios e/ou consequências da unidade de produção, nesse caso ilustrados pelo salário ou recompensa pela venda de mão de obra à unidade de produção (GIANNETTI *et al.*, 2019). Há estudos que posicionam o indicador de salário em K42

na adoção do modelo 5 SEnSU para avaliação da sustentabilidade. O indicador K42 é o segundo indicador do setor 4, que define a intensidade do relacionamento da sociedade como fornecedora de recursos à unidade de produção (AGOSTINHO *et al.*, 2019).

Na dimensão social do conjunto de indicadores estabelecido para avaliação da circularidade nos sistemas, há o índice de rendimentos gerados pelo emprego, referindo-se ao valor monetário da renda gerada pelo emprego no modelo de negócio circular (ROSSI *et al.*, 2020).

A referência para o salário também pode ser encontrada na forma de indicador de remuneração e benefícios, no módulo que contempla a sociedade e o trabalho na composição do Índice de Higg (LUO *et al.*, 2021). Os indicadores de renda pessoal e o custo do subemprego, mesmo não usando a nomenclatura salário, estão a ele relacionados como um dos índices que traduzem a dimensão econômica do tripé da sustentabilidade (SALVADO *et al.*, 2015).

Partindo do pressuposto de que a qualificação de mão obra é a mesma para todo setor têxtil, uma vez que os equipamentos são semelhantes, a remuneração deve atender a toda categoria, independentemente se o segmento for de cama, mesa, banho e confecções ou o segmento têxtil automotivo. Para definição da faixa salarial utilizada para contemplar o têxtil automotivo, foi considerado salário-mínimo para o ano de 2018 e a remuneração média indicada pela convenção sindical da categoria. Foi definido um índice de correção ao salário-mínimo oficial da categoria, obtendo-se assim a faixa salarial do setor do ano de 2001 ao ano de 2018.

No ano de 2018:

Equação I

$$\left(\frac{\text{salário mínimo}}{\text{salário têxtil}} \right) = 5,96E - 01$$

Equação II

$$(5,96E - 01 * \text{salário mínimo do ano}) = \text{salário têxtil do ano}$$

Absenteísmo (% colaboradores/ano) – K52

O décimo e último indicador do modelo é o K52, absenteísmo (% de colaboradores/ano). Os dados obtidos para esse indicador foram obtidos em pesquisa de campo fornecidos pela unidade produtiva de tecido têxtil automotivo.

Agostinho *et al.* (2019), Moreno Garcia *et al.* (2021), Giannetti *et al.* (2019) e Giannetti *et al.* (2022) apresentam quadro de indicadores de cada setor. A partir da contribuição dos autores supracitados, foi elaborado um quadro resumo da definição de indicadores em cada um dos setores do modelo 5 SEnSU.

Tabela 10 – Quadro resumo de indicadores e base de dados

Setor	Indicador	Unidade	Base de Dados
1 – Ambiente como provedor de recursos	K11 – Energia	sej/ano	<ul style="list-style-type: none"> http://www.emergy-nead.com
	K12 – Energia elétrica	tep/ano	<ul style="list-style-type: none"> http://www.centroclima.coppe.ufrj.br
2 – Ambiente como receptor de resíduos	K21 – Emissão de CO ₂	Kg CO ₂ /ano	<ul style="list-style-type: none"> http://www.centroclima.coppe.ufrj.br
	K22 – Resíduos sólidos	Kg/ano	<ul style="list-style-type: none"> Informações de pesquisa em campo https://www.abit.org.br https://sinditextilsp.org.br/home/
3 – Unidade de produção/consumo	K31 – Contribuição financeira do setor (PIB têxtil automotivo)	\$/ano	<ul style="list-style-type: none"> https://www.ipea.gov.br/ods/ods8.html https://www.abit.org.br https://sinditextilsp.org.br/home/ https://infograficos.gazetadopovo.com.br/economia/pib-do-brasil/
	K32 – Consumo de tecido	Kg/ano	<ul style="list-style-type: none"> Informações de pesquisa em campo https://anfavea.com.br/site/ https://www.abit.org.br https://sinditextilsp.org.br/home/
4 – Sociedade como provedora de recurso	K41 – Força de trabalho (emprego)	Pessoas/ano	<ul style="list-style-type: none"> https://www.abit.org.br https://sinditextilsp.org.br/home/
	K42 – Capacitação	% de colaboradores/ano	<ul style="list-style-type: none"> Informações de pesquisa em campo https://www.abit.org.br https://sinditextilsp.org.br/home/
5 – Sociedade como receptora de produtos e serviços	K51 – Salário	\$/ano	<ul style="list-style-type: none"> https://www.contabeis.com.br/tabelas/salario-minimo/
	K52 – Absenteísmo	% colaboradores/ano	<ul style="list-style-type: none"> Informações de pesquisa em campo https://www.abit.org.br https://sinditextilsp.org.br/home/

Fonte: Adaptado de Giannetti et al., (2022).

Seguindo a mesma motivação da apresentação do quadro resumo de definição dos indicadores setoriais, foi elaborado um quadro resumo da justificativa da escolha de cada um dos indicadores que compõem o modelo 5 SEnSU nesse estudo.

Tabela 11 – Quadro resumo da justificativa da escolha dos indicadores

Setor	Indicador	Unidade	Justificativa
1 – Ambiente como provedor de recursos	K11 – Energia	sej/ano	<ul style="list-style-type: none"> • Identificação da energia disponível, direta ou indiretamente, para fazer um produto ou prestar um serviço; é a energia incorporada ao produto ou serviço, Odum (1996). • A energia inclui os custos ocultos necessários a operação dos sistemas conforme Agostinho et al. (2019). • A energia representa a riqueza real de um sistema, Giannetti et al. (2019).
	K12 – Energia elétrica	tep/ano	<ul style="list-style-type: none"> • Energia elétrica está presente no grupo de indicadores ambientais proposto pela Iniciativa de Relatórios Globais, <i>Global Reporting Initiative</i>, GRI, Salvado et al. (2015). • O indicador de energia elétrica revela ganhos de eficiência no processo produtivo com a adoção dos Princípios de Produção Mais Limpa, Cesar da Silva et al. (2021).
2 – Ambiente como receptor de resíduos	K21 – Emissão de CO ₂	Kg CO ₂ /ano	<ul style="list-style-type: none"> • A questão das emissões é presente em todas as discussões que envolvem sustentabilidade porque indicam a colaboração da organização na produção de gases do efeito estufa que são nocivos a vida humana. • Define as premissas de gestão ambiental organizacional. A gestão das emissões também traz uma abordagem legal (de legislação) e pode conduzir a obtenção de um selo ambiental potencializando a participação da organização no mercado. Salvado et al. (2015); Agostinho et al. (2019); Giannetti et al. (2019); Luo et al. (2021); Cesar da Silva et al. (2021); Giannetti et al. (2022); Gai et al. (2022).
	K22 – Resíduos sólidos	Kg/ano	<ul style="list-style-type: none"> • A geração de resíduos sólidos é bem expressiva em no sistema em estudo, acompanha o volume de produção da indústria têxtil e automotiva que tende ao crescimento até 2050. A efetividade dos instrumentos de controle e medição de resíduos podem trazer podem trazer grande impacto ao ambiente. Giannetti et al. (2019); Patti et al. (2021); Luo et al. (2021); Cesar da Silva et al. (2021); Patti et al. (2021); Chourasiya et al. (2022).
3 – Unidade de produção/consumo	K31 – Contribuição financeira do setor (PIB têxtil automotivo)	\$/ano	<ul style="list-style-type: none"> • Segundo o Instituto brasileiro de geografia e estatística, IBGE, o PIB é a soma de todos os bens e serviços finais produzidos por um país, estado ou cidade, geralmente em um ano. Propondo uma ampliação de escopo da definição, o K31 é a soma das riquezas geradas pelo segmento têxtil automotivo revelada como contribuição financeira do segmento, www.ibge.gov.br. • O PIB identifica a contribuição do segmento têxtil automotivo no PIB do país. Confederação Nacional da Indústria, CNI (2013). Sinditêxtil (2009).
	K32 – Consumo de tecido	Kg/ano	<ul style="list-style-type: none"> • O indicador de consumo de tecido releva o comportamento e os hábitos de consumo do cliente dos setores têxtil e automotivo e do segmento têxtil automotivo podendo relevar seu impacto no desempenho ambiental nos referidos setores. Anfavea (2022).

Setor (cont.)	Indicador (cont.)	Unidade (cont.)	Justificativa (cont.)
4 – Sociedade como provedora de recursos	K41 – Força de trabalho (emprego)	Pessoas/ ano	<ul style="list-style-type: none"> O número de empregos que uma organização ou segmento de mercado oferece a sociedade revela a contribuição desse segmento no PIB da região e do país revelando sua representatividade no sistema. O nível salarial médio oferecido pelo segmento em questão pode impactar no índice de desenvolvimento humano do sistema em estudo. Salvado et al. (2015); Agostinho et al. (2019); Giannetti et al. (2019); Rossi et al. (2020); Luo et al. (2021).
	K42 – Capacitação	% de colaboradores/ ano	<ul style="list-style-type: none"> A capacitação da mão de obra refere-se à qualidade da contribuição que a sociedade fornece a unidade de produção, abrindo caminho para inovação, sustentabilidade e tecnologia trazendo impactos para todo o setor. Salvado et al. (2015).
5 – Sociedade como receptora de produtos e serviços	K51 – Salário	\$/ ano	<ul style="list-style-type: none"> Salário é a recompensa na forma monetária e/ou em benefícios provenientes da venda de mão de obra e “expertise” da sociedade para a unidade de produção. Salvado et al. (2015); Agostinho et al. (2019); Giannetti et al. (2019); Rossi et al. (2020); Luo et al. (2021).
	K52 – Absentéismo	% colaboradores/ ano	<ul style="list-style-type: none"> Esse indicador revela a ausência do colaborador ao trabalho. A escolha desse indicador foi feita porque ajuda a compor o comportamento da sociedade, como fornecedora ou receptora de recursos da unidade de produção. A capacitação potencializa o emprego. A recompensa do emprego é o salário. O absentéismo pode ser a medida da satisfação do colaborador com o salário e o emprego, ou, o contraponto a eles. Os dados desse indicador foram obtidos em pesquisa de campo.

Fonte: Autor, 2022.

De acordo com Agostinho *et al.* (2019), Moreno Garcia *et al.* (2021), Giannetti *et al.* (2019) e Giannetti *et al.* (2022), o modelo 5 SEnSU oferece uma estrutura consistente que permite uma análise equilibrada entre as dimensões ambiental, social e econômica, a partir da definição de indicadores para seus cinco setores. A possibilidade de criação de um contexto de análise equilibrado pode promover a tomada de decisão mais assertiva, sob o ponto de vista da sustentabilidade. Depois da escolha dos indicadores setoriais e da definição das metas a serem atingidas por cada um dos indicadores, o modelo propõe a adoção de uma ferramenta de Análise de Decisão Multicritério que, no caso desse estudo, é a filosofia da Programação por Metas, que foi aplicada com o *Goal Programming*, ferramenta desenvolvida por Charnes, Cooper e Ferguson (1955). A Programação por Metas foi usada como meio para definição do Indicador Sintético de Sustentabilidade do Sistema – ISSS, que reflete o comportamento da sustentabilidade do sistema em estudo, que, no caso

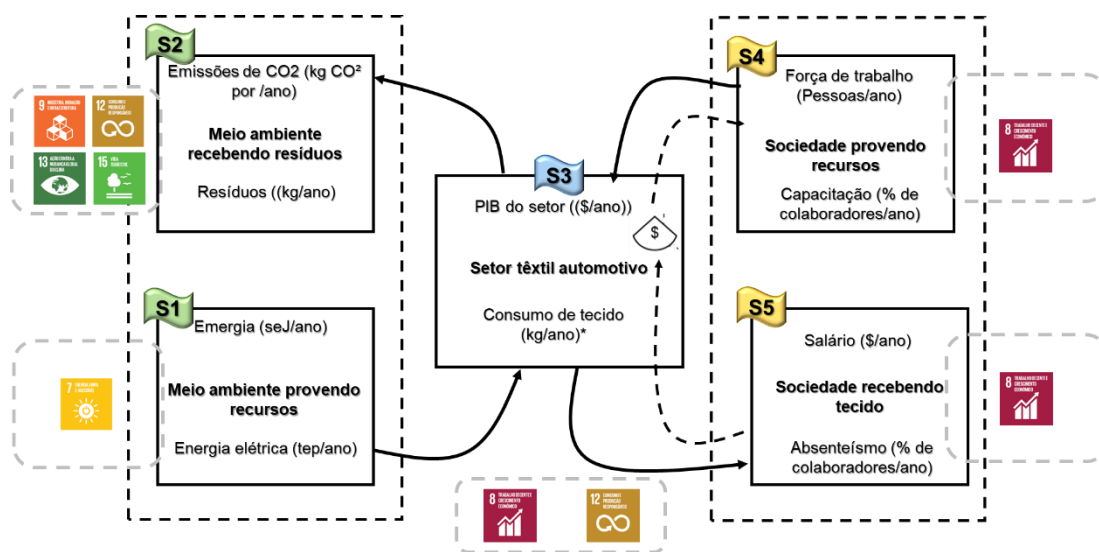
desse estudo, reflete o comportamento da sustentabilidade do setor têxtil automotivo, nos anos de 2001 a 2018, de acordo com os indicadores.

3.1.2 A definição das metas

De acordo com as premissas do modelo 5 SEnSU para avaliação da sustentabilidade proposta por Giannetti *et al.* (2019), estando definidos os indicadores para cada um dos cinco setores, nesse estudo foram utilizados dois índices para cada setor e a etapa subsequente foi a definição de uma meta a ser atingida para cada um dos indicadores.

A escolha dos indicadores foi baseada na disponibilidade e qualidade de dados, de modo a ilustrar a perspectiva proposta, bem como o alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, ODS, propostos pela ONU (2015) de acordo com diagrama a seguir.

Imagem 4 – Compatibilização dos indicadores com os ODS



Fonte: Autor, 2022.

A lógica de definição das metas para cada um dos indicadores, bem como a justificativa do alinhamento do indicador com os ODS, estão presentes na tabela 12.

Tabela 12 – Indicadores e metas utilizados no Modelo 5 SEnSU na avaliação da sustentabilidade do setor têxtil automotivo

Setor	Indicadores	Objetivo	ODS/Justificativa	Meta
1 - Ambiente como provedor de recursos	K11 – Energia (sej/ano)	Minimizar	ODS 15: Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.	\overline{K}_{11} + $\sigma(K_{11})$
	K12 – Energia Elétrica (tep/ano)	Minimizar	ODS 7: Garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos. ODS 9 (9.4.1): Construir infraestrutura resiliente, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação. (Emissão de CO ₂ pelo PIB).	\overline{K}_{12} + $\sigma(K_{12})$
2 – Ambiente receptor de resíduos	K21 – Emissões de CO ₂ (kg CO ₂ /ano)	Minimizar	ODS 9: Indústria, inovação e infraestrutura. ODS 13: Ação contra a mudança global do clima (Reduzir as emissões em 7,6% a cada ano a partir de 2020 a 2030. Relatório de Lacunas de Emissões do PNUMA, 2020).	\overline{K}_{21} – 7,5%
	K22 – Resíduos sólidos (kg/ano)	Minimizar	ODS 9: Construir infraestrutura resiliente, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação. ODS 12: Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.	\overline{K}_{22} – 5%
3 – Unidade de produção/consumo	K31 – Contribuição financeira do setor (PIB têxtil automotivo) (\$/ano)	Maximizar	ODS 8: Trabalho decente e crescimento econômico. Aumento de 0,4% de acordo com Meta de Desenvolvimento Sustentável (publicação Confederação Nacional da Indústria).	\overline{K}_{31} + 0,4%
	K32 – Consumo de tecido (kg/ano)	Minimizar	ODS 8 (8.4.2): Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos. (8.4.2 - Consumo interno de materiais, consumo interno de materiais per capita e consumo interno de materiais por unidade do PIB). ODS 12 (12.5): Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis. (Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da Economia Circular e suas ações de prevenção, redução, reciclagem e reuso de resíduos.)	\overline{K}_{32} + 0,4%
4 – Sociedade como provedora de recursos	K41 – Força de trabalho (empregos) (Pessoas/ano)	Maximizar (manter-se a média)	ODS 8: Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos.	\overline{K}_{41}
	K42 – Capacitação (% de colaboradores/ano)	Maximizar	ODS 8: Trabalho decente e crescimento econômico (usado o maior valor médio global da taxa de emprego entre os anos de 2001 e 2018).	\overline{K}_{42} + 50%

Setor (cont.)	Indicadores (cont.)	Objetivo (cont.)	ODS/Justificativa (cont.)	Meta (cont.)
5 – Sociedade como receptora de benefícios	K51 – Salário (\$/ano)	Maximizar (manter-se a média)	ODS 8: Trabalho decente e crescimento econômico (usado o maior valor médio global da taxa de emprego entre os anos de 2001 e 2018).	\overline{K}_{51}
	K52 – Absenteísmo (% de colaboradores/ano)	Minimizar	ODS 8: Trabalho decente e crescimento econômico (usado o maior valor médio global da taxa de emprego entre os anos de 2001 e 2018). A meta definida foi a menor de todos os anos da série histórica de 2001 a 2018.	Menor valor da série histórica

Fonte: Autor, 2022.

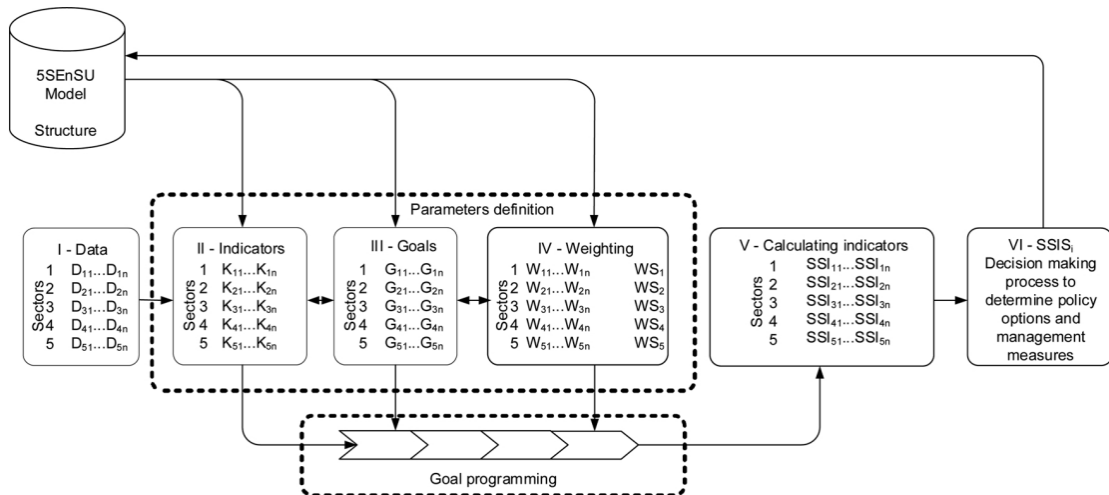
3.1.3 Programação por metas

O modelo do 5 SEnSU traz consigo uma álgebra associada à sua proposta. Essa álgebra refere-se à filosofia da Programação por Metas.

A filosofia de programação por metas é um método matemático que trabalha com objetivos múltiplos e conflitantes simultaneamente para tomada de decisão multicritério (AGOSTINHO *et al.*, 2019). Nesse estudo, foi usado o *Goal Programming* (GP), como ferramenta da Filosofia de Programação por Metas. Essa ferramenta adota a lógica de Simon usando o paradigma satisfatório, e não o paradigma otimizador. O GP vai permitir a obtenção do indicador de sustentabilidade do sistema.

Para ilustrar o conceito, segue o diagrama de procedimento de cálculo para o modelo 5 SEnSU.

Imagem 5 – Procedimento de cálculo do modelo 5 SEnSU



Fonte: Giannetti et al. (2019).

O indicador é uma medida, tanto qualitativa quanto quantitativa, que possibilita a identificação de uma característica e/ou um risco, fornecendo subsídios para a tomada de decisão mais assertiva (MORENO GARCIA *et al.*, 2021).

O modelo 5 SEnSU permite ao analista definir valores mínimos e máximos para cada indicador, bem como definir metas na direção desejada, positiva ou negativa. A definição das metas é o parâmetro de entrada para a utilização da Programação por Metas com análise de decisão multicritério e algumas adaptações são necessárias para utilizar a filosofia de Programação por Metas, um dos métodos possíveis para modelagem multicritério, para sua aplicação no modelo do 5 SEnSU (GIANNETTI *et al.*, 2019; MORENO GARCIA *et al.*, 2021).

3.1.4 Indicador sintético de sustentabilidade do sistema ISSS

Concluídas as etapas de definição dos indicadores, estabelecimento de metas e objetivos, espera-se obter o indicador sintético de sustentabilidade do sistema e metas no *Goal Programming*, ferramenta utilizada nesse estudo, baseada na Filosofia de Programação por Metas (GIANNETTI *et al.*, 2019).

O ISSS vai mostrar o comportamento da sustentabilidade do sistema em estudo levando em consideração, ao mesmo tempo, indicadores que contemplam o meio ambiente, a economia e a sociedade, permitindo criar um painel de análise multicritério (AGOSTINHO *et al.*, 2019). Esse painel de análise pode orientar o alinhamento ou realinhamento da proposta de valor da empresa. Pode permitir a priorização de ações na transição do modelo de negócios tradicional para o modelo de negócios sustentável. Pode ainda, ser um elemento de apoio na definição dos objetivos corporativos da empresa ou de toda cadeia de suprimentos e de redes de abastecimento. Sob o ponto de vista da gestão pública, o comportamento da sustentabilidade de um sistema pode influenciar a definição de políticas públicas mais sustentáveis.

O Indicador Sintético de Sustentabilidade é obtido a partir da soma das diferenças entre os desvios positivos (+) e negativos (-) de cada um dos setores apresentados no modelo do 5 SEnSU. Essa lógica está presente na equação a seguir:

(I)

$$SSI_{ij} = WS \sum_{ijk} (ISG_{ijk}^+ - ISG_{ijk}^-) \{1,2, \dots, NE\} \forall j \in \{1,2, \dots, NS\} \forall k \in \{1,2, \dots, NI\}$$

Sendo:

WS (*Weight Sector*), o peso atribuído para o setor. Normalmente, é atribuído peso 1 para o setor. Todavia, caso haja a necessidade (ou desejo) para efeito de simulações, de atribuir maior importância em algum setor do modelo para analisar o comportamento de todo o sistema, é possível atribuir peso diferente de 1 e fazer análises sobre o impacto que essa ação vai ter no sistema (AGOSTINHO *et al.*, 2019); GIANNETTI *et al.*, 2019). Nesse estudo, para todos os setores, foi atribuído peso 1.

Diante disso, cada setor vai ter um ISS. A soma do ISS de cada setor, de acordo com a equação (I), vai gerar o Índice Sintético de Sustentabilidade do Sistema, ISSS (*Sustainability Synthetic Indicator of System – SSIS*) conforme equação:

(II)

$$SSIS_i = \sum_j^5 SSIS_i \{1,2, \dots, NE\} \forall j \in \{1,2, \dots, NS\} \forall k \in \{1,2, \dots, NI\}$$

O ISSS apresenta o comportamento da sustentabilidade do sistema a partir dos indicadores selecionados, considerando a menor distância até o objetivo (AGOSTINHO *et al.*, 2019). Assim sendo, quanto maior o ISSS, menor a sustentabilidade do sistema e, analogamente, quanto menor o ISSS, maior a sustentabilidade do sistema. O ISSS é um indicador que sintetiza o demais indicadores submetidos à Programação por Metas.

Na situação desse estudo, todas as equações supracitadas foram colocadas em uma planilha no *Excel®*. O *Microsoft Excel®* foi usado como meio para aplicar o “*Goal Programming*”, conforme citado anteriormente. Os resultados dos valores médios do SSIS para cada ano da série histórica compreendida entre os anos de 2001 e 2018 serão apresentados no capítulo análise e discussão de resultados.

Para simplificar a aplicação do modelo 5 SEnSU, cinco etapas devem ser seguidas.

A primeira deve ser dedicada ao diagnóstico e à caracterização do sistema a ser estudado, manufatura e/ou prestação de serviços, sob o ponto de vista da sustentabilidade, procurando identificar o desempenho social, ambiental e econômico, além de especificar as características da região onde o estudo será realizado.

A segunda etapa consiste na definição dos indicadores de sustentabilidade para cada setor, de acordo com a sua função no sistema, atendendo aos critérios de

representatividade, relevância, confiabilidade, sensibilidade, facilidade de entendimento, comparabilidade e transparência. O indicador sintético de sustentabilidade, ISSS, que é um indicador composto, será construído a partir da definição desses indicadores.

Na terceira etapa, devem ser definidas as metas para cada indicador, de acordo com a expectativa do analista para cada setor. Nessa fase, de acordo com a importância que o analista deseja dar ao indicador, é possível atribuir pesos aos indicadores, de acordo com a relevância que se deseja dar.

Submeter os indicadores, com suas respectivas metas, à Filosofia de Programação por Metas por meio do *Goal Programming* e a obtenção do indicador sintético de sustentabilidade, ISSS, são ações da quarta fase de implantação do modelo 5 SEnSU.

Cabe ressaltar que a programação por metas é um método matemático adotado para tratar de problemas múltiplos e conflitantes, que são traduzidos em tomada de decisão multicritério. O papel da programação por metas no modelo 5 SEnSU é simplificar os procedimentos, tornando-os menos complexos com soluções otimizadas aceitáveis.

A quinta e última fase é composta pela interpretação dos resultados para tomada de decisão e adoção de medidas corretivas para melhorar o desempenho de variáveis e indicadores de sustentabilidade.

3.2 Simulação por extremos

A filosofia da Programação de Metas utilizada no Modelo 5 SEnSU permite o uso do modelo para realizar simulações, promovendo análise de sensibilidade (GIANNETTI *et al.*, 2019; AGOSTINHO *et al.*, 2019).

A fim de analisar o impacto que a variação de um setor teria nos demais, foi proposta uma análise de sensibilidade, na qual os indicadores dos setores seriam levados ao extremo para analisar o comportamento dos demais setores e do sistema.

3.2.1 Regra da simulação por extremos

A adoção do critério por extremos tem como objetivo tornar as metas mais rígidas para identificar a sensibilidade da sustentabilidade do sistema, permitindo

distinguir a interação de cada setor no sistema e qual o impacto no ISSS. O critério apresenta um cenário com as metas, resultado da submissão à Programação por Metas (*Goal Programming*), mais um cenário por setor, totalizando seis cenários de análise do modelo.

Tendo sido feita a escolha dos indicadores, bem como de suas respectivas metas, o passo subsequente é definir se, de acordo com a meta estabelecida e com o objetivo imposto pelo analista, o indicador deve ser maximizado ou minimizado.

A regra para análise do impacto entre os setores foi definida pelos extremos. Caso o indicador deva ser maximizado, para efeito de simulação, no critério adotado, a meta desse indicador deve ser multiplicada por 2. Caso o indicador deva ser minimizado, para efeito de simulação, a meta desse indicador deve ser dividida por 2.

O critério proposto foi adotado a fim de identificar o comportamento do setor em situações hipotéticas e extremas.

Foram consideradas seis situações sendo:

1ª situação: o ISSS para as metas originais (ISSS_{original}).

2ª situação: o ISSS variando apenas o setor 1, ajustando as metas desse setor conforme os critérios de extremos estabelecidos, mantendo os demais setores com seus indicadores e metas originais (ISSS_{S1 ajustado}).

3ª situação: o ISSS, variando apenas o setor 2, ajustando as metas desse setor conforme os critérios de extremos estabelecidos, mantendo os demais setores com seus indicadores e metas originais (ISSS_{S2 ajustado}).

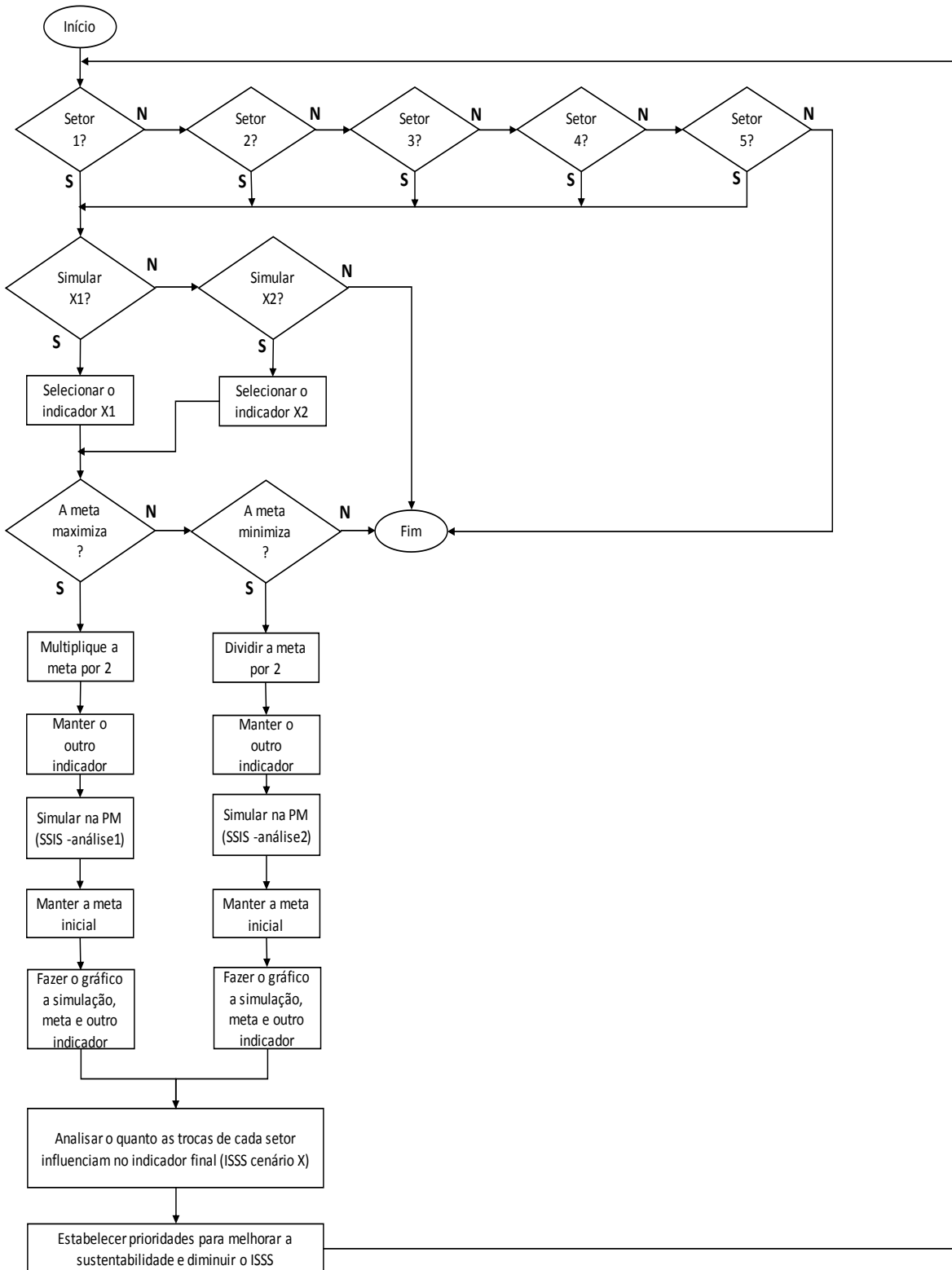
4ª situação: o ISSS, variando apenas o setor 3, ajustando as metas desse setor conforme os critérios de extremos estabelecidos, mantendo os demais setores com seus indicadores e metas originais (ISSS_{S3 ajustado}).

5ª situação: o ISSS, variando apenas o setor 4 ajustando, as metas desse setor conforme os critérios de extremos estabelecidos, mantendo os demais setores com seus indicadores e metas originais (ISSS_{S4 ajustado}).

6ª situação: o ISSS, variando apenas o setor 5 ajustando, as metas desse setor conforme os critérios de extremos estabelecidos, mantendo os demais setores com seus indicadores e metas originais (ISSS_{S5 ajustado}).

A metodologia do critério por extremos é apresentada no diagrama a seguir:

Imagem 6: Diagrama de simulação por extremos



Fonte: Autor, 2022.

A fim de verificar a assertividade dos critérios da simulação por extremos, bem como sua credibilidade e robustez, foi feito um estudo estatístico para verificar o grau

de correlação que existe entre as metas dos setores ajustados em um painel de dados, conforme sugerem (GAI *et al.*, 2022; CESAR DA SILVA *et al.*, 2021).

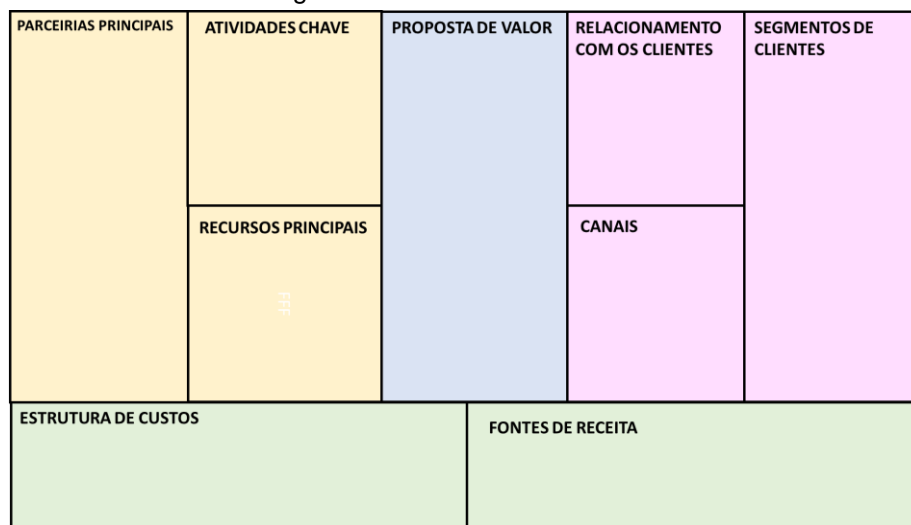
Chourasiya *et al.* (2022), a fim de ampliar do escopo de análise, sugerem a modelagem de dados em uma distribuição normal para observar a distribuição das probabilidades. Para tanto, os resultados da simulação por extremos foram modelados para assumir o comportamento de uma distribuição normal e possibilitar as análises.

Essa afirmação abriu uma nova dimensão de análise para os resultados da simulação por extremos, que é aplicar a interpretação de uma ferramenta da qualidade, amplamente conhecida e popularizada no universo da Engenharia de Produção, o Controle Estatístico de Processo e, mais especificamente, na interpretação do seu gráfico de controle, conforme sugerem Lim *et al.* (2014) e com a análise da estimativa da capacidade da qualidade do processo, Cp e Cpk de acordo com (DUDEK-BURLIKOWSKA, 2005).

3.3 Canvas, “Business Model Canvas”

Osterwalder e Pigneur (2011) apresentam o Canvas como sendo uma ferramenta que auxilia na criação ou revisão da proposta de valor de uma empresa para a definição ou redefinição do modelo de negócios com uma proposta simples, objetiva e integradora. O Canvas é composto por nove blocos que se agrupam em quatro grandes áreas, conforme diagrama a seguir:

Imagem 6 – Business Model Canvas

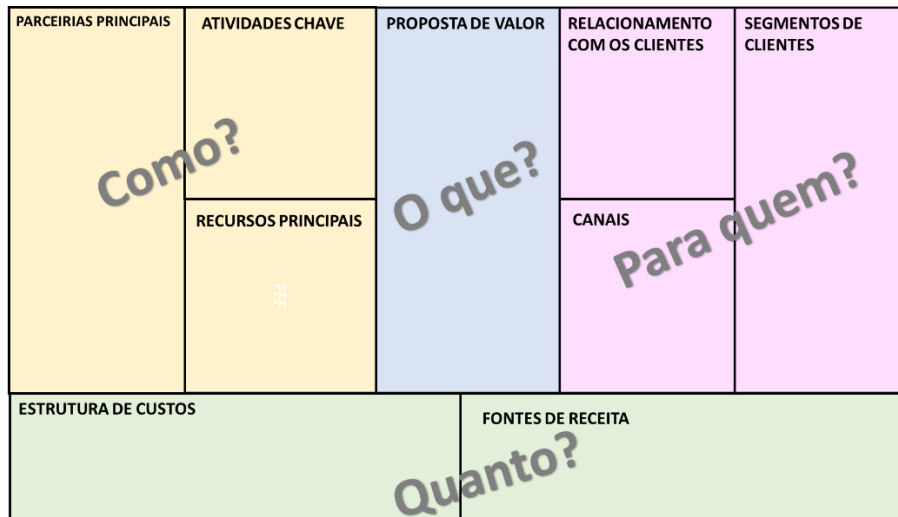


Fonte: Adaptado de Osterwalder e Pigneur (2011).

Esses nove blocos são agrupados em quatro grupos: o grupo à direita do diagrama, que reúne recursos e informações para gestão de mercado e do cliente. O bloco central que apresenta a proposta de valor do negócio. O grupo à esquerda, que fornece recursos e informações para gestão da infraestrutura necessária para entregar a proposta de valor da empresa ao cliente. O grupo no rodapé do diagrama, reflete o fluxo de caixa do negócio, como e com o que se gasta dinheiro e, ao mesmo tempo, como e com o que se ganha dinheiro.

Procurando oferecer uma simplificação no entendimento do modelo, sugere-se que sejam feitas algumas perguntas simples para o preenchimento do quadro de modelo de negócios, Canvas.

Imagem 7 – Business Model Canvas – Detalhamento



Fonte: Adaptado de Osterwalder e Pigneur (2011).

Osterwalder e Pigneur (2011) sugerem que o quadro seja preenchido inicialmente pelo bloco, que se refere aos clientes, no diagrama destacado em rosa, seguido pela definição da proposta de valor. Em seguida, deve ser promovida a ligação entre o cliente e a proposta do valor preenchendo o canal, que é como a empresa entrega a proposta de valor ao cliente. Estabelecida a ligação entre a empresa e o cliente, deve ser preenchido o bloco de relacionamento com clientes, que define como vai ser feita a interação com o cliente no sentido de relacionamento. Estando definido o que vai ser feito e para quem, é momento de saber quanto e como a organização vai lucrar com essa venda. É a hora de preencher o quadro no rodapé do diagrama identificado como fonte de receitas. Em sabendo o que a empresa vai fazer e para quem, chegou a hora de definir os recursos necessários para criar e

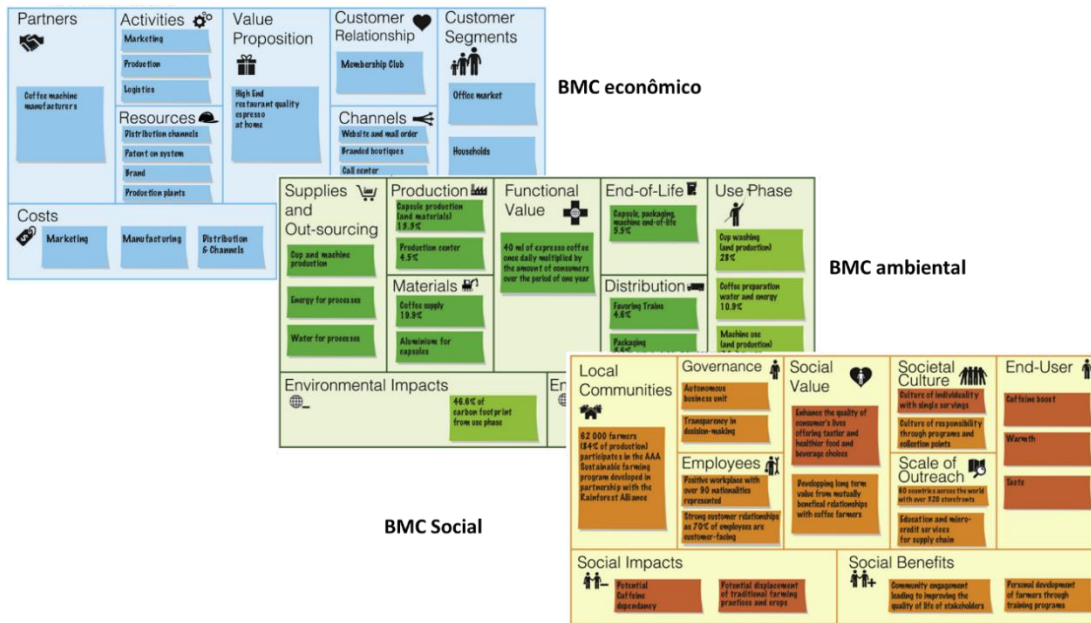
entregar a proposta de valor ao cliente. O próximo bloco a ser preenchido é o bloco de recursos principais. Esse bloco deve ser preenchido com os recursos necessários para entregar a proposta de valor ao cliente com recursos que fazem parte dos quadros da empresa. Em seguida, deve ser definida a atividade chave que são as principais atividades, iniciativas ou processos que a organização deve realizar para levar a proposta de valor ao cliente. O preenchimento desse bloco pode ser com a resposta da seguinte pergunta: quais produtos, serviços ou atividade que a empresa faz sem os quais não seria possível entregar a proposta de valor ao cliente? O penúltimo bloco a ser preenchido é o bloco de parcerias principais. O preenchimento desse bloco se refere aos recursos necessários para a empresa entregar a proposta de valor ao cliente, mas que não fazem parte do quadro de ativos da empresa; por isso, os recursos necessários precisam ser comprados no mercado. Por fim, é chegada a hora de quantificar os custos, preenchendo o bloco com os principais custos envolvidos na criação, entrega e captura de valor.

Apesar de o Canvas ser um modelo consolidado e de simples aplicação, há, na literatura científica, uma crítica crescente ao modelo uma vez que, em seu formato original, contempla apenas a dimensão econômica do negócio, deixando de lado as dimensões social e ambiental (JOYCE E PAQUIN, 2016; CARDEAL *et al.*, 2020; GOMES *et al.*, 2022; BRILLINGER *et al.*, 2020; GARCÍA-MUIÑA *et al.*, 2020; FRANÇA *et al.*, 2017). Essa abordagem na literatura científica, não desmerece o modelo, pelo contrário, abre uma lacuna. Este espaço representa uma espaçosa janela de oportunidades, propondo a ampliação de escopo do Canvas e a possibilidade de combinação de modelos que auxiliem as organizações na transição do modelo de negócios fundamentado em base econômica para um modelo de negócios, incluídas, finalmente, as dimensões sociais e ambientais, fundamentando-o em base sustentável.

Segundo Joyce e Paquin (2016), o modelo vigente do *Business Model Canvas* contempla, somente, a camada tradicional de negócios, sem contemplar as outras duas camadas do tripé, que é a camada ambiental e social. Para fechar essa lacuna, propõe-se o Canvas em três camadas como ferramenta exploratória para inovação dos modelos de negócios dirigido à sustentabilidade. Orienta-se, assim, a ferramenta como elemento para transição do modelo de negócios tradicional para o modelo de negócios sustentável, incrementando a proposta de valor da organização para o cliente, e procurando gerar impacto positivo para a sociedade e para o meio ambiente.

Os autores agregam ao Canvas em três camadas a coerência horizontal entre as camadas e a vertical, entre os mesmos blocos nas diferentes camadas. O Canvas em três camadas foi ilustrado por um estudo de caso da Nestlé sobre cápsulas de café.

Imagem 8 – Modelo de três camadas para o BMC, Business Model Canvas



Fonte: Adaptado de Joyce e Paquin, (2016).

Cardeal *et al.* (2020) afirmam que o Canvas em três camadas de Joyce e Paquin (2016) é uma evolução do modelo proposto por Osterwalder e Pigneur (2011), por ampliar o modelo tradicional econômico para duas novas camadas: a social e a ambiental. No entanto, a questão da coerência vertical e horizontal tornam a aplicação do Canvas em três camadas complexa. Diante disso, propõe-se o Canvas Sustentável, que consiste, basicamente, no achatamento das três camadas em uma única camada, dispensando a necessidade de integração da coerência vertical e horizontal.

Imagem 9 – Canvas sustentável



Fonte: Cardeal et al. (2020).

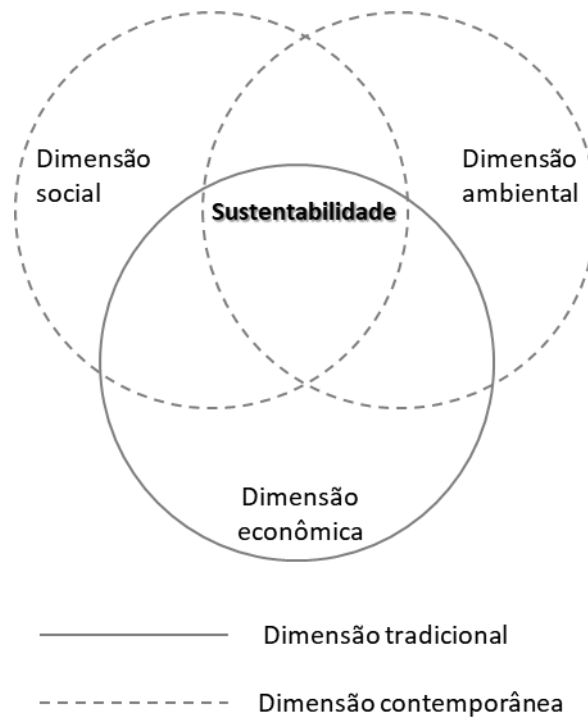
3.4 Combinação do modelo do 5 SEnSU com o Canvas

Conforme citado anteriormente, o modelo do 5 SEnSU propõe uma métrica composta de indicadores, com o estabelecimento de metas para esses indicadores, sob a filosofia de programação por metas, com o objetivo de representar a sustentabilidade de um sistema por meio do indicador sintético de sustentabilidade do sistema (ISSS) (GIANNETTI *et al.*, 2019). De acordo com Albo *et al.* (2016), quando um indicador é composto por diversos outros, esse indicador é composto, sendo o ISSS é um indicador composto.

Os indicadores da economia circular nas dimensões social, ambiental e econômico alimentam o Canvas. Os indicadores de circularidade são dispostos no Canvas de acordo com sua funcionalidade (ROSSI *et al.*, 2020).

Ao citar a sustentabilidade, associa-se o tripé da sustentabilidade envolvendo as dimensões social, ambiental, ambas na busca de inclusão nos modelos sustentáveis, e a econômica, com a presença consolidada desde a Primeira Revolução Industrial, conforme apresenta (SALVADO *et al.*, 2015).

Imagem 10 – Tripé da sustentabilidade



Fonte: Salvado et al., (2015).

A revisão da literatura apresenta a dificuldade que as organizações enfrentam na transição do modelo de negócios tradicional com base econômica para um modelo de negócios sustentável a fim de atender às novas necessidades e exigências da sociedade, resultado do maior e melhor acesso à informação e, com isso, a construção de uma consciência sustentável coletiva. Ainda na revisão da literatura, foi possível notar a carência de métricas que sejam capazes de avaliar, quantitativamente, o desempenho das dimensões do tripé da sustentabilidade. Para fechar esse hiato, foi escolhida uma métrica ambiental que envolve a dimensão social, ambiental e econômica, multimétrica e quantitativa, por meio do estabelecimento de indicadores. A cada indicador é atribuído um objetivo e uma meta, de acordo com a apreciação do analista. Esse conjunto de informações é submetido a programação por metas, o que torna o modelo quantitativo, multimétrico e multicritério. No estudo de Giannetti *et al.* (2022), foi apresentado um quadro de avaliação da sustentabilidade, individual e por setor, para cada uma das vinte empresas do estudo de caso. Esse quadro proporciona a avaliação da sustentabilidade de cada empresa em cada um dos cinco setores do modelo em três faixas de desempenho da sustentabilidade: baixa sustentabilidade, destacado em vermelho, média sustentabilidade, destacado na cor amarela, e alta

sustentabilidade, destacado na cor verde. A proposta de criação do quadro de avaliação da sustentabilidade proposto por Giannetti *et al.* (2022).

Conforme citado anteriormente, o modelo do 5 SEnSU é efetivo na lógica de avaliação que se propõe, mas não avança na proposta de valor da empresa, tampouco indica as lacunas no modelo de negócios sob o ponto de vista da sustentabilidade que vão anteceder a estratégia corporativa.

Diante disso, esse estudo propõe a combinação do Canvas com o modelo 5 SEnSU, apresentando o Canvas Métrico para análise do segmento têxtil automotivo. Esse segmento é a combinação, tanto da indústria têxtil como da indústria automotiva, guardando o mesmo potencial de aplicação à ambas as indústrias.

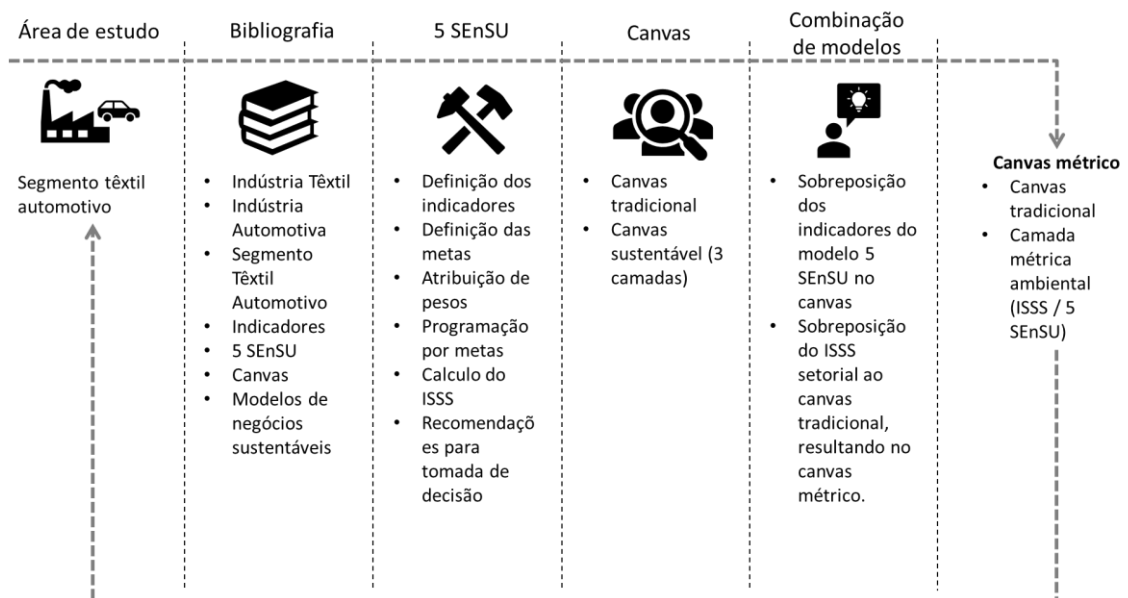
O Canvas Métrico não se propõe a definir os objetivos, metas e planos de ação que compõem a estratégia da organização, mas se propõe a dimensionar os recursos na construção e desdobramento da estratégia, de acordo com o desempenho do ISSS do sistema.

3.5 Descrição do sistema de estudo

Nessa seção são apresentadas as fronteiras do sistema em estudo, suas etapas de desenvolvimento e os elementos nela contidos com o respaldo da revisão bibliográfica, realizada em fluxo contínuo durante a elaboração desse trabalho.

Os componentes supracitados estão ilustrados no diagrama a seguir:

Imagem 11 – Visão geral do método do estudo

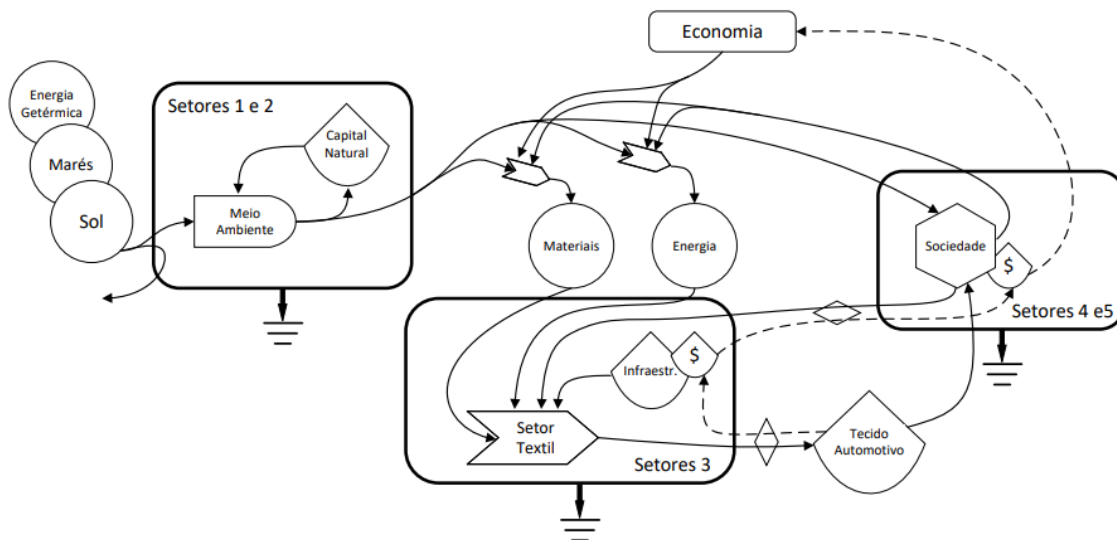


Fonte: Autor, 2022.

O presente tem como fronteiras de estudo o segmento têxtil automotivo, que é um setor híbrido, trazendo características da indústria têxtil e da indústria automotiva.

Para identificar as fronteiras do sistema em estudo, bem como ilustrar a intensidade das trocas entre os setores, foi desenvolvido o diagrama de energia. Segundo Odum (1996), o diagrama de energia deve identificar os fluxos que atuam sobre o sistema, bem como suas interações.

Imagem 12 – Diagrama de energia

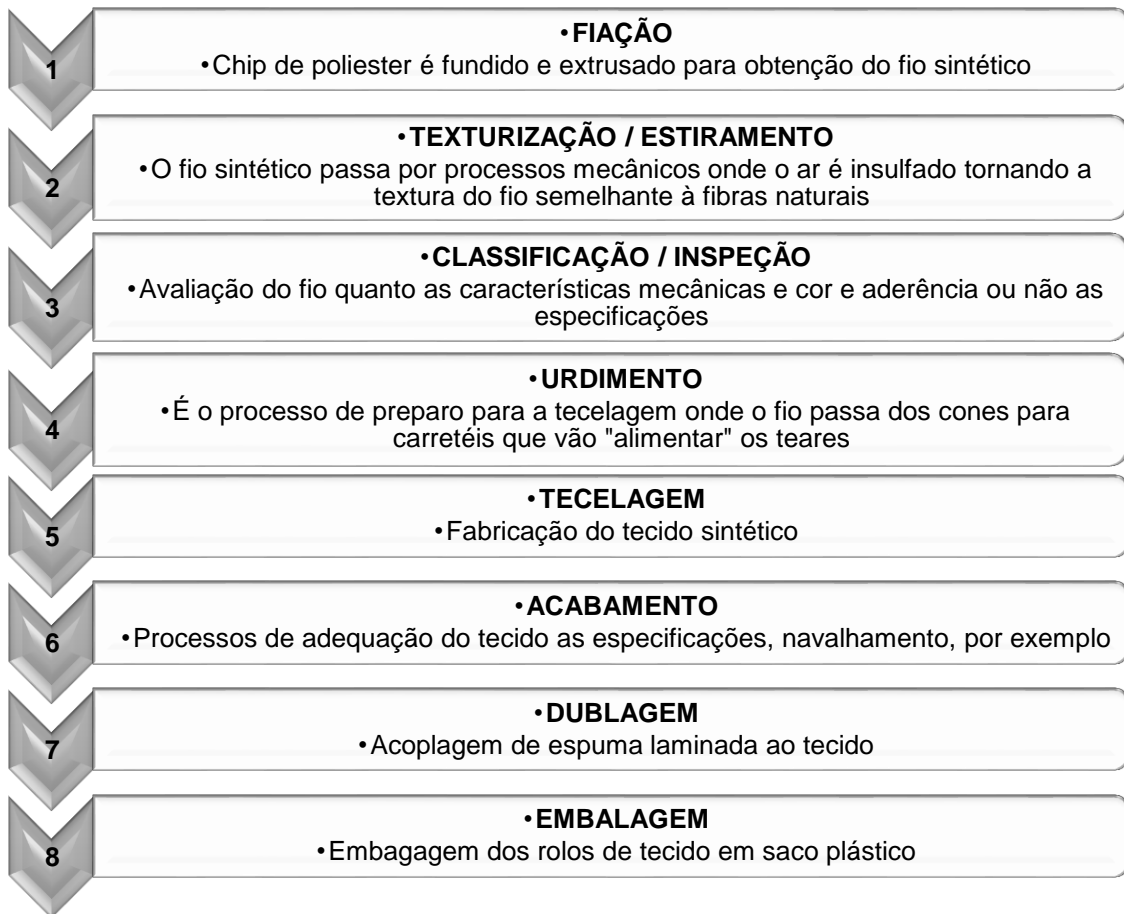


Fonte: Adaptado de Agostinho et al. (2019).

O diagrama de energia identifica o fluxo das interações entre os setores e o posicionamento dos indicadores nesses fluxos. Por outro ponto de vista, é possível entender o que cada indicador mede, onde ele mede e a representatividade de cada indicador em todo o sistema em estudo.

No retângulo identificado como Setor 3, abaixo e à direita do diagrama, é encontrada toda a infraestrutura de fabricação. Para efeito de detalhamento, com a finalidade de facilitar a compreensão da complexidade do sistema, bem como suas interações entre os setores, é apresentado o processo de produção que está contido no símbolo de estoque, identificado por infraestrutura. Ratificando que o detalhamento do processo de fabricação que, nesse estudo, vai desde a fiação até a embalagem do tecido pronto com a fabricação acontecendo na mesma planta, é a ilustração de uma fração do sistema, representado pelo diagrama de energia:

Imagem 13 – Processo produtivo do tecido sintético de aplicação automotiva



Fonte: Autor, 2022.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resultados dos indicadores

4.1.1 Resultados dos indicadores do primeiro setor, S1: Meio Ambiente como fornecedor de recursos

4.1.1.1 Emergia

Para a obtenção da emergia, Odum (1996) propõe um inventário do sistema em estudo em duas fases: a primeira, relativa à formação da infraestrutura necessária à fabricação do tecido de aplicação automotiva (fase de implantação) e, uma segunda, referente à fabricação (fase de operação), conforme apresenta a tabela a seguir.

Tabela 13 – Inventário do sistema para obtenção da emergia

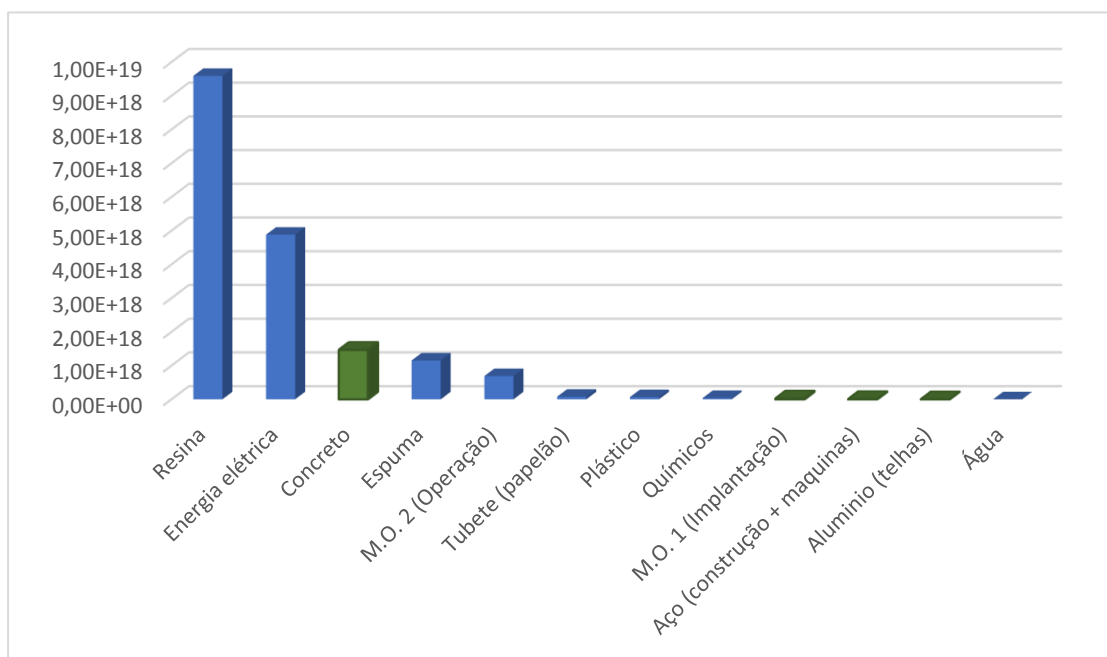
Item	Especificações	Unid.	Classe	Quant.	UEV	Emergia	%
				(unidade/ano)	(sej/ unidade)	(sej/ano)	(sej/sej)
Fase de implantação							
1	Aço (construção + máquinas)	g	F	3,42E+08	2,19E+07	7,49E+15	<0,1%
2	Alumínio (telhas)	g	F	4,52E+06	2,50E+08	1,13E+15	<0,1%
3	Concreto	g	F	3,12E+08	4,70E+09	1,47E+18	8%
4	Mão de obra	J	F	5,30E+09	4,95E+06	2,62E+16	<0,1%
Fase de operação							
5	Mão de obra	J	F	1,39E+11	4,95E+06	6,88E+17	4%
6	Energia elétrica	J	F	2,37E+13	2,06E+05	4,88E+18	27%
7	Água	J	F	6,00E+03	6,55E+04	3,93E+08	<0,1%
8	Resina	J	F	4,46E+13	2,15E+05	9,59E+18	53%
9	Químicos	J	F	8,95E+11	4,38E+04	3,92E+16	<0,1%
10	Espuma	J	F	6,00E+12	1,92E+05	1,15E+18	6%
11	Tubete (papelão)	J	F	5,10E+11	1,50E+05	7,65E+16	<0,1%
12	Plástico	J	F	3,45E+11	1,92E+05	6,62E+16	<0,1%
						1,80E+19	100%

Fonte: Autor, 2022.

A memória de cálculo da tabela de inventário do sistema para obtenção da energia esclarecendo a composição dos cálculos, linha a linha, encontra-se no Apêndice A.

A imagem 14 apresenta a participação de cada elemento no cálculo da energia.

Imagem 14 – Contribuição de cada elemento do inventário para o cálculo da energia



Fonte: Autor, 2022.

As colunas em verde representam a fase de implantação da unidade fabril, as colunas em azul representam a fase de operação da fábrica. Os três primeiros elementos do gráfico, resina, energia elétrica e concreto, juntos, representam 88% de participação na composição do cálculo de energia.

A resina, na fase de operação, é o elemento mais significativo na composição geral dos elementos para o cálculo da energia respondendo, sozinha, por 53 % de representatividade.

A energia elétrica, na fase de operação, ocupa o segundo lugar na representatividade para o cálculo da energia, respondendo por 27%. As fases de fiação e texturização consomem 70% de toda energia elétrica consumida pela fábrica de acordo com levantamento em pesquisa de campo.

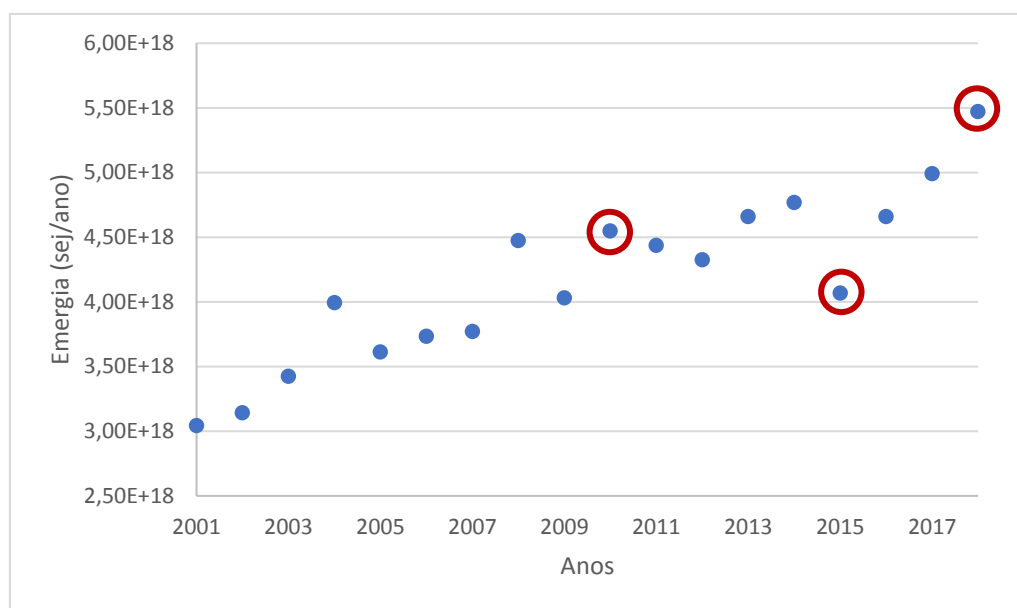
Os processos de produção (classificação e inspeção, urdimento, tecelagem, acabamento e embalagem) consomem, juntos, 30% de toda energia elétrica consumida na fábrica, segundo fabricante. O processo de dublagem, que consiste em

acoplar a espuma laminada no tecido usa, como energia, o gás liquefeito de petróleo, GLP, não oferecendo impacto no consumo de energia elétrica.

Em terceiro lugar na representatividade do cálculo da emergia, está o concreto da fase de implantação, usado na fase de construção da fábrica.

A emergia apresenta uma tendência de crescimento ao longo da série histórica.

Imagem 15 – Variação do indicador de emergia na série histórica



Fonte: Autor, 2022.

A memória de cálculo para a emergia em série histórica está no Apêndice B.

A emergia entre os anos de 2001 e 2018 apresenta variação e tendência de crescimento. Essa tendência é justificada pelo aumento do consumo da fibra sintética, de acordo com consumo industrial de fibras de filamentos no Brasil, de 1970 e 2018, em documento publicado pela ABIT (ABIT, 1970) presente no Anexo A. O aumento da emergia no ano de 2010 está relacionada ao segundo maior volume de produção do período em estudo, perdendo apenas para o ano de 2013, que antecedeu três períodos consecutivos de queda do PIB e consequente redução da atividade industrial. Já em 2018, mesmo não estando no mesmo patamar de produção de 2010 e 2013, é o segundo ano de retomada do volume. A queda da emergia no ano de 2015 está relacionada com a diminuição no volume de produção e a queda no PIB. Nesse ano, segundo a Agência IBGE de Notícias (2022), a queda do PIB foi na ordem de 3,8%, quando comparada ao ano de 2014. No ano de 2016 também houve queda do PIB de 3,3%, se comparado ao ano de 2015. Em 2015, além da queda do PIB, houve também a redução do PIB per capita em 4,6%, quando comparado ao ano anterior. O

PIB per capita se refere à qualidade de vida da sociedade e à distribuição de renda. A redução do PIB per capita indica que a qualidade de vida do brasileiro piorou, bem como a distribuição de renda. Os resultados do PIB indicam redução de investimentos na economia, resultando na queda da capacidade de produção em 14%. Esse resultado indica que as perspectivas para recuperação econômica e posterior retomada do consumo das famílias foram pessimistas. A retração no consumo dessas famílias, no ano de 2015, estava relacionada aos altos índices de desemprego, baixa confiança na política nacional vigente e falta de crédito. Esse conjunto de fatores levou o PIB, em 2015, ao pior resultado desde 1990, retrocedendo a atividade econômica nacional 25 anos, com redução de 6,2% na indústria e construção civil e 2,7% no setor de serviços.

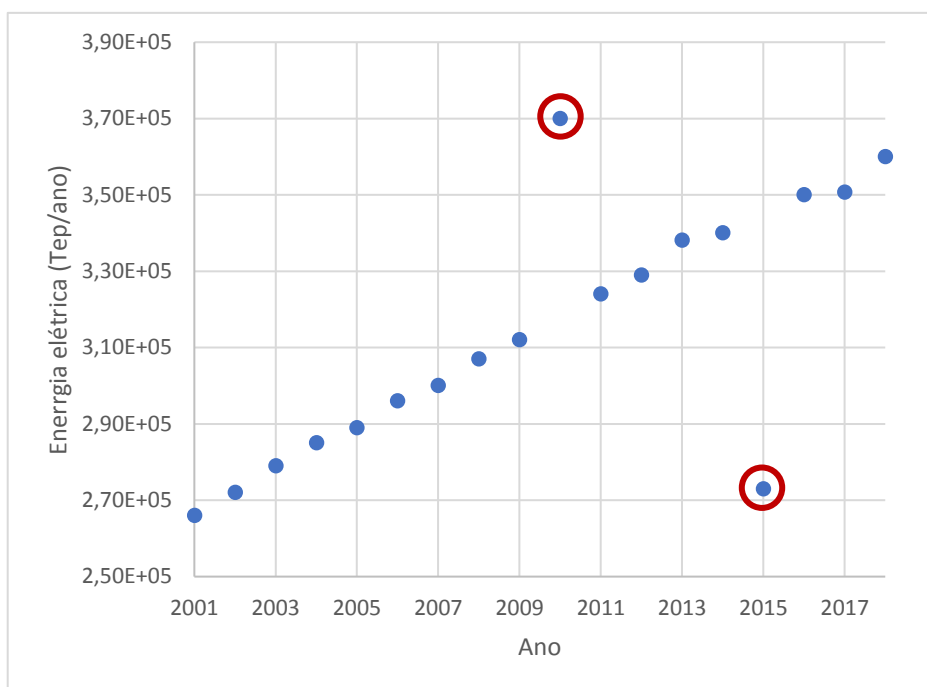
Diante disso, podemos afirmar que, nas fronteiras do sistema em estudo, a redução da energia está relacionada à redução da atividade de produção do país, consequência da queda do PIB.

Os indicadores de energia elétrica, setor 1 e emissões de CO₂, setor 2, seguem o mesmo comportamento que o indicador de energia. Cabe destacar que o ano de 2010 é um pico para os três indicadores, mas, no caso da energia, o pico é mais discreto. Cada indicador responde ao aumento do PIB de acordo com sua característica no sistema.

4.1.1.2 Energia elétrica

A imagem 16 ilustra a variação de energia elétrica no período de análise.

Imagem 16 – Variação do indicador de energia elétrica na série histórica



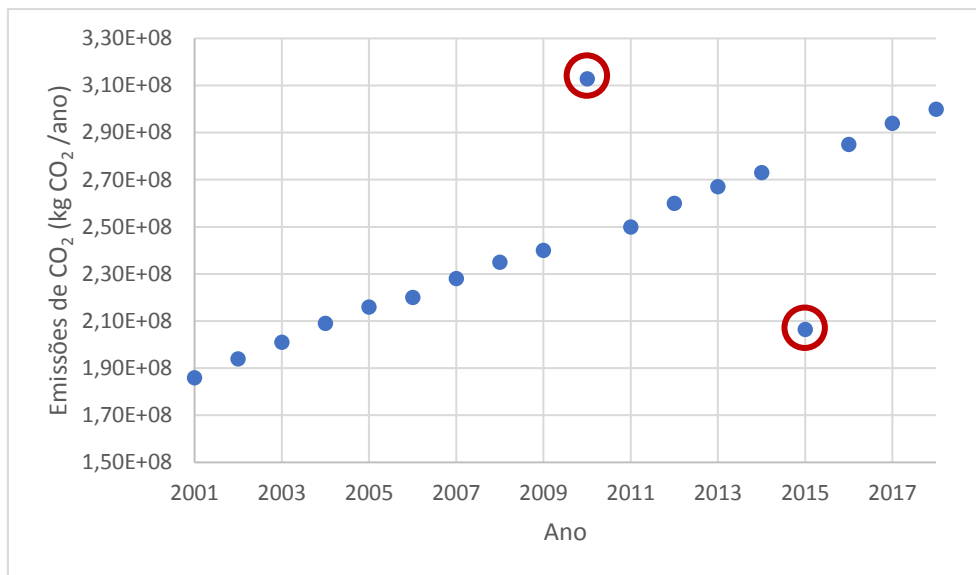
Fonte: Autor, 2022.

A memória de cálculos para a energia elétrica encontra-se no Apêndice C.

4.1.2 Resultados dos indicadores do segundo setor, S2: Meio Ambiente como receptor de recursos

4.1.2.1 Emissões de CO₂

Idem ao indicador de energia elétrica, esse indicador assume o mesmo comportamento do indicador de energia, ilustrado pela imagem 17.

Imagem 17 – Variação do indicador de emissões de CO₂ na série histórica

Fonte: Autor, 2022.

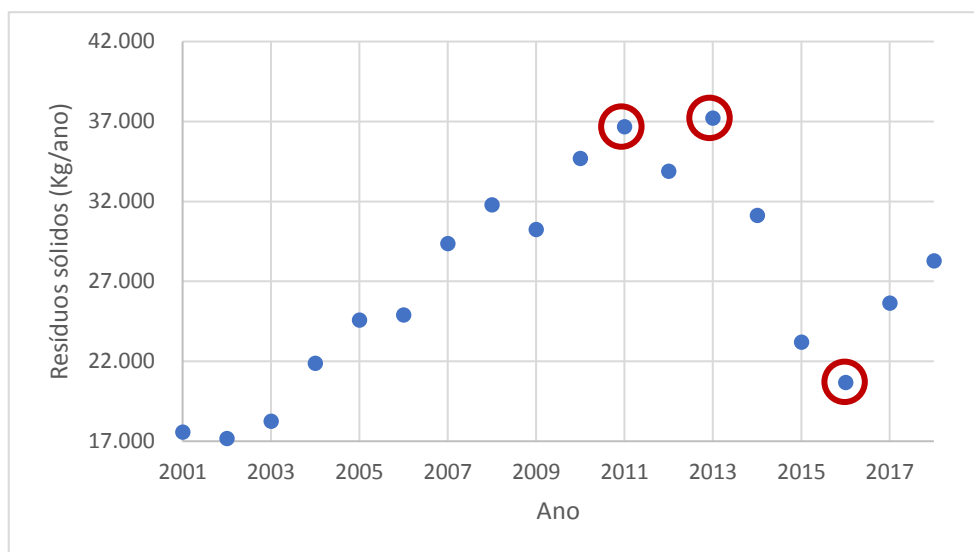
A memória de cálculos para as emissões de CO₂ encontra-se no Apêndice D.

4.1.2.2 Resíduos sólidos

O indicador de resíduos sólidos acompanha o comportamento dos indicadores anteriores, mas apresenta uma particularidade: tem seu pico coincidindo com maiores volumes de produção do período e vale no ano de menor volume de produção.

O comportamento do indicador de resíduos sólidos é apresentado na imagem 18.

Imagem 18 – Variação do indicador de resíduos sólidos na série histórica



Fonte: Autor, 2022.

O volume de resíduos sólidos do setor apresenta uma tendência de crescimento ao longo da série histórica, coincidindo com o comportamento da energia no mesmo período. As emissões de energia elétrica e energia estão relacionadas ao volume produzido.

Os picos de volume estão entre os anos de 2011 e 2013, coincidindo com os picos dos indicadores de energia, energia elétrica e emissões, assim como o vale, que é em 2016. O PIB apresentou queda histórica no ano de 2015, mas, de acordo com a Anfavea (2022) e IBGE (2022), o menor volume de produção do período foi no ano de 2016. Diante disso, é possível afirmar que os resíduos sólidos são gerados como resultado da atividade de produção. Segundo responsável técnico da ABIT, Eng. Sylvio de Napole, na indústria têxtil, 20% do total produzido são de resíduo sólido.

A memória de cálculo para o indicador de resíduos sólidos encontra-se no Apêndice E.

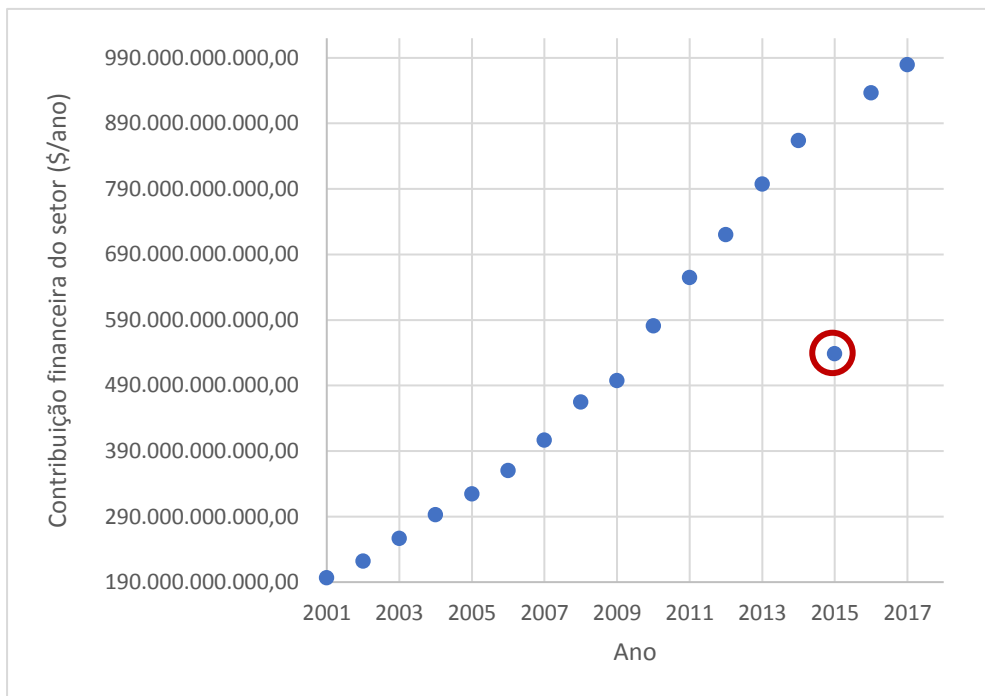
4.1.3 Resultados dos indicadores do primeiro setor, S3: Unidade de produção

4.1.3.1 Contribuição financeira do setor (PIB – têxtil automotivo)

O indicador de contribuição financeira do setor têxtil automotivo também está relacionado com a atividade de produção do setor, mas apresenta um comportamento diferente dos demais indicadores, já que apresenta uma tendência de crescimento

acentuada e constante. O ano que destoa em todo período de estudo é o de 2015, coincidindo com a queda do PIB e redução da atividade industrial ilustrada na imagem 19.

Imagem 19 – Comportamento do indicador de contribuição financeira do setor têxtil automotivo na série histórica



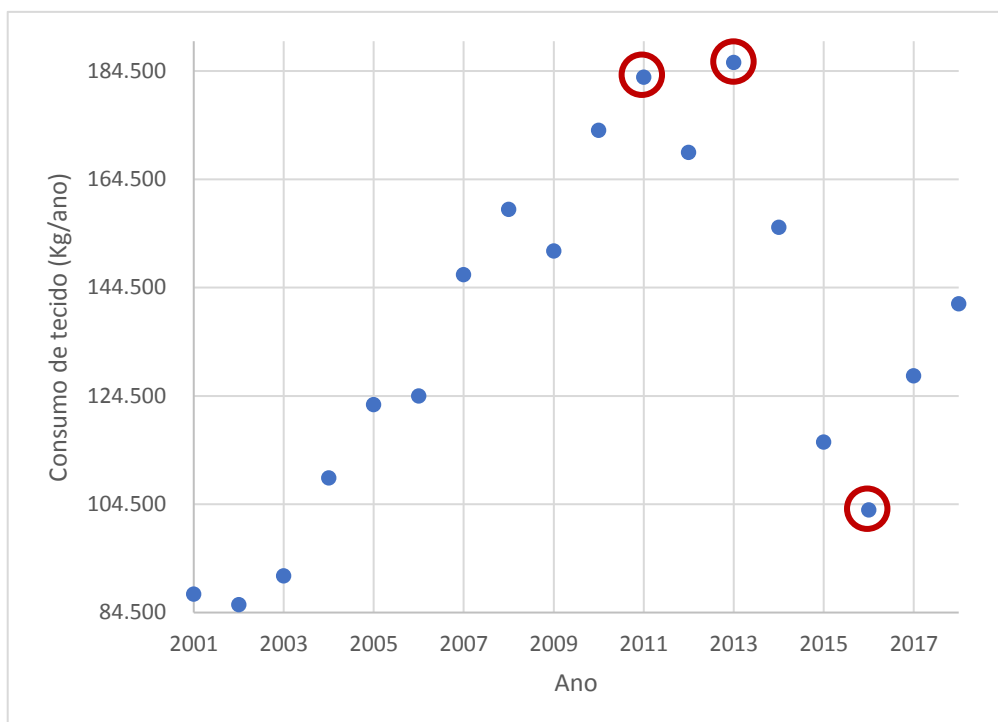
Fonte: Autor, 2022.

A memória de cálculo para o indicador contribuição financeira do setor (PIB – têxtil automotivo) encontra-se no Apêndice F.

4.1.3.2 Consumo de tecido

O indicador de consumo de tecido está relacionado com as vendas que o segmento têxtil automotivo faz para seu único cliente, que é a Indústria Automotiva, revelando o comportamento da indústria automotiva. Quanto mais carros forem fabricados, mais tecido será demandado do segmento têxtil automotivo, que acaba por assumir um comportamento muito parecido, praticamente igual, com as variações, da indústria automobilística. O comportamento do indicador de consumo de tecido ao longo é apresentado na imagem 20.

Imagem 20 – Comportamento do indicador de consumo de tecido na série histórica



Fonte: Autor, 2022.

O comportamento do indicador de consumo de tecido coincide com o indicador de resíduos sólidos, com seus picos e vales.

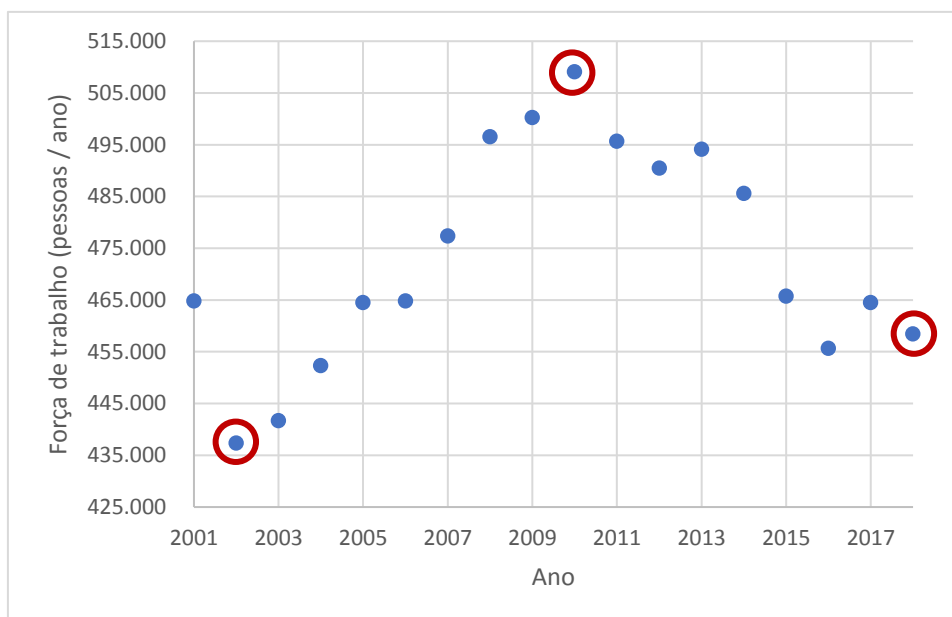
A memória de cálculo para o indicador de consumo de tecido encontra-se no Apêndice G.

4.1.4 Resultados dos indicadores do quarto setor, S4: Sociedade como fornecedora de recursos

4.1.4.1 Força de trabalho (emprego)

A mão de obra para a unidade de produção é essencial para as operações de todas as redes de suprimentos. Um dos fatores de relevância de qualquer segmento de mercado é, comumente, representada pelo número de empregos que oferece bem como a qualificação dessa mão de obra, em especial na indústria têxtil onde, de acordo com Cai e Choi (2020), a mão de obra é intensiva.

Imagem 21 – Variação do indicador de força de trabalho na série histórica



Fonte: Autor, 2022.

A imagem 21 apresenta o comportamento do indicador da força de trabalho no período de estudo. Observa-se uma queda na oferta de empregos no segmento têxtil automotivo, acompanhando o movimento da indústria automotiva e da indústria têxtil. A memória de cálculo para o indicador de força de trabalho encontra-se no Apêndice H.

Segundo dados da Anfavea, o volume produzido entre os anos de 2001 e 2003 estiveram no mesmo patamar. O ano de 2001 apresentou queda no volume de veículos produzidos de 0,77%, em relação ao ano de 2002. E, do ano de 2002 para 2003, houve aumento de 3,82%. No mesmo período, a indústria têxtil apresenta uma queda na oferta de empregos em 2001 para 2002 de 5,91% e, o de 2002 para 2003, 1% de acordo com a ABIT, 2020.

A Indústria Automotiva mostrou-se menos sensível ao período de instabilidade político-econômica, compreendido entre os anos de 2001 e 2003, comparativamente à indústria têxtil. A queda acentuada no ano de 2001 para 2002 pode ser reflexo da adequação à abertura de mercado, no início da década de 1990, que levou a indústria têxtil a promover alguma introdução de tecnologia em processos de fabricação e no parque industrial que, em muitas situações, mantinha as premissas da Revolução Industrial, justificando o isomorfismo coercitivo de Abreu *et al.* (2012). E, ainda, diante da alta da inflação e a desvalorização da moeda nesse período, houve aumento do

desemprego. Em dezembro de 2001, o índice caiu 6,4%. Em novembro de 2002 foi para 8,1%, de acordo com a pesquisa mensal de emprego do IBGE (2022). O aumento do desemprego registrado pelo IBGE (2022) no ano de 2002 revela-se mais acentuadamente na indústria têxtil, marcando o comportamento do segmento têxtil automotivo, esclarecendo o pior momento do sistema em estudo na oferta de empregos à sociedade.

No período de 2002 a 2010, há discretas variações, mas a tendência de crescimento na oferta de emprego é confirmada, principalmente pelo aumento do volume de produção anual da indústria automotiva, entre os anos de 2003 e 2013.

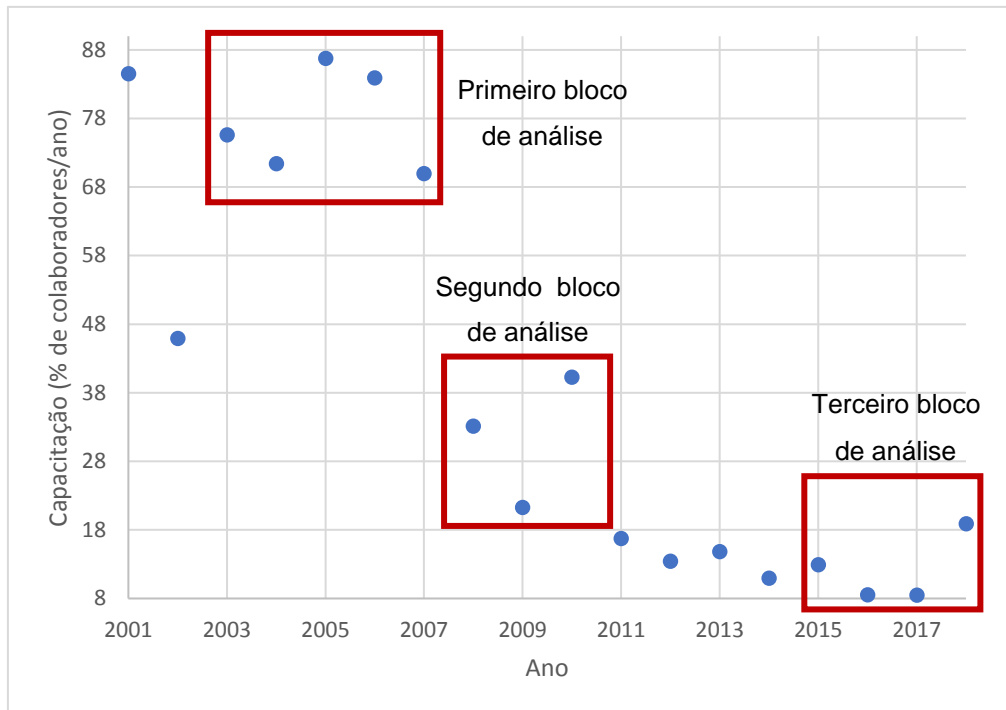
O ano de 2010 apresenta o momento de maior oferta de emprego do segmento têxtil automotivo. Esse aumento está associado ao comportamento da indústria têxtil que teve, no mesmo ano, a maior oferta de empregos do período em estudo, segundo a ABIT (2020). Ao mesmo tempo que a indústria automotiva, também teve o segundo maior volume de produção do período, perdendo apenas para o ano de 2013, (ANFAVEA, 2022).

A oferta de empregos para a indústria têxtil não é o pior em 2015, mas faz parte de um período de queda gradativa na força de trabalho a partir de 2014, confirmando-se até 2018 (ABIT, 2020). Na indústria automotiva, o ano de 2015 também ilustra um período de queda de produção no período de 2014 a 2016, quando houve o menor volume produzido (ANFAVEA, 2022).

4.1.4.2 Capacitação

O indicador de capacitação foi escolhido porque, em associação com o indicador de força de trabalho, permite a criação de um painel mais abrangente sobre o comportamento do setor 4 na condição de fornecedor de recursos para o setor 3, unidade de produção. Os dados que representam a capacitação nos anos de 2001 a 2018 foram obtidos em pesquisa de campo fornecido pela empresa do estudo de caso.

Imagem 22 – Variação do indicador de capacitação na série histórica



Fonte: Autor, 2022.

Esse indicador revela a quantidade de colaboradores que passaram por qualificação, oferecida pelo empregador no período. A memória de cálculos para o indicador de capacitação encontra-se no Apêndice I.

O período compreendido entre os anos de 2003 e 2007, primeiro bloco de análise, trouxe a necessidade de capacitação dos colaboradores da empresa do estudo de caso em virtude da sua consolidação como fornecedor da indústria automotiva, demandando a criação de habilidades e competências específicas para atender esse novo cliente. Além disso, esse foi um período de mudança das normas automotivas da família ISO. Para ser fornecedor da Indústria Automobilística, a empresa precisa ser certificada IATF 16.949:2015 (ISO 9000 dedicada à indústria automotiva e todo setor de autopeças). Nesse período, essa norma era identificada como ISO TS 16.949:2000. Para atender às especificidades da nova edição da norma, houve a necessidade de implantar um programa de treinamento que a atendesse. Nesse período a empresa contava ainda com um programa de bolsa de estudos para curso universitário, incentivando o aprimoramento dos colaboradores que possuíam experiência, mas que não haviam tido a oportunidade de se graduar em um curso universitário.

A iniciativa de capacitar a mão de obra está também associada a um aumento na previsão de demanda. O ano de 2005, tanto para a indústria têxtil (ABIT, 2020) como para a indústria automotiva (ANFAVEA, 2022) confirma uma tendência de crescimento na produção que se inicia a partir do ano de 2003, nas duas indústrias e em toda a indústria de transformação, de acordo com relatório anual do IBGE (2022).

O primeiro bloco de análise está posicionado em patamar superior aos demais. Isso é explicado pelo fato de, no segundo bloco de análise, já haver colaboradores capacitados, tanto por treinamento na empresa como em universidades.

O programa de bolsa de estudos para faculdades acabou em 2007. Em função disso, a capacitação, que continua acontecendo, vai para um patamar inferior.

Nos anos de 2008 a 2010, segundo bloco de análise, apesar de o índice estar em um patamar inferior ao primeiro bloco, é interessante notar que ele concentra um período de maior capacitação. Novamente, há atualização das normas automotivas, demandando capacitação para ISO TS 16.949:2008.

O período entre 2011 e 2015 apresenta uma pequena variação, mas mantém a capacitação no mesmo patamar. Nesse período não há atualização das normas automotivas e o cliente, Indústria Automobilística, não apresentando nenhuma necessidade específica que necessite de capacitação de mão de obra.

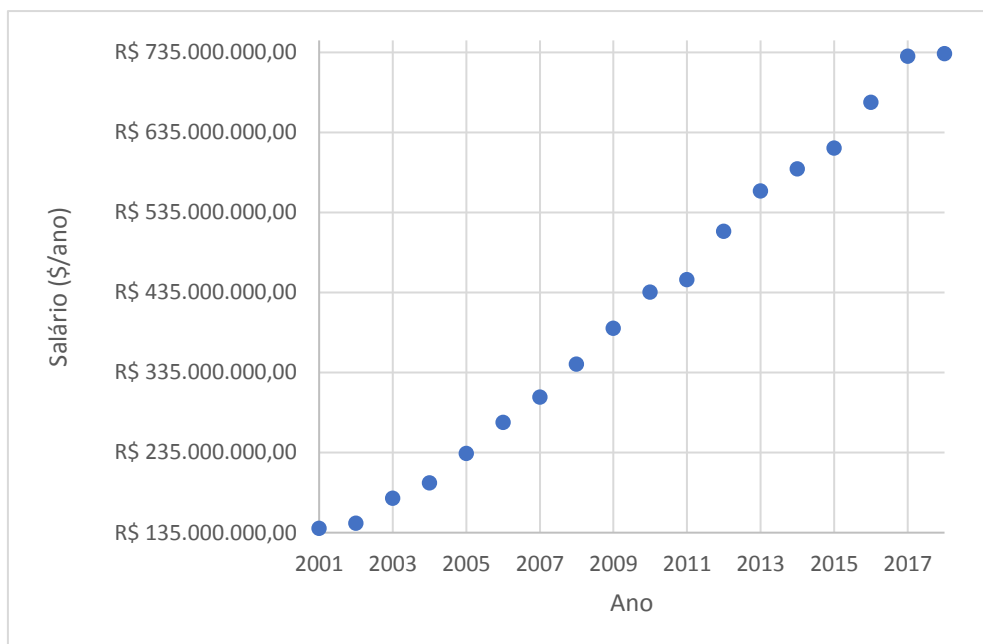
No terceiro bloco de análise, a capacitação vai aos níveis mais baixos do período de estudo, nos anos de 2016 e 2017. Porém, em 2015 há uma nova atualização das normas com prazo de certificação de três anos para os fornecedores da indústria automotiva, justificando o aumento no índice entre os anos de 2017 e 2018.

4.1.5 Resultados dos indicadores do quinto setor, S5: Sociedade como receptora de benefícios e consequências do Setor 3, unidade de produção.

4.1.5.1 Salário

O indicador de salário, nesse estudo, revela o grau de intensidade das trocas entre o setor 3 e o setor 5. É a unidade de produção devolvendo a recompensa pela mão de obra.

Imagem 23 – Variação do indicador de salário na série histórica



Fonte: Autor, 2022.

Esse indicador apresenta tendência contínua de crescimento no período de estudo. A memória de cálculos para o indicador de salário encontra-se no Apêndice J.

Em todo o período de estudo, o piso salarial do segmento é 1,67 salários-mínimos (CONTÁBEIS, 2022). O período não apresenta nem picos ou vales justamente por manter a relação constante entre o salário-mínimo e o piso salarial da categoria.

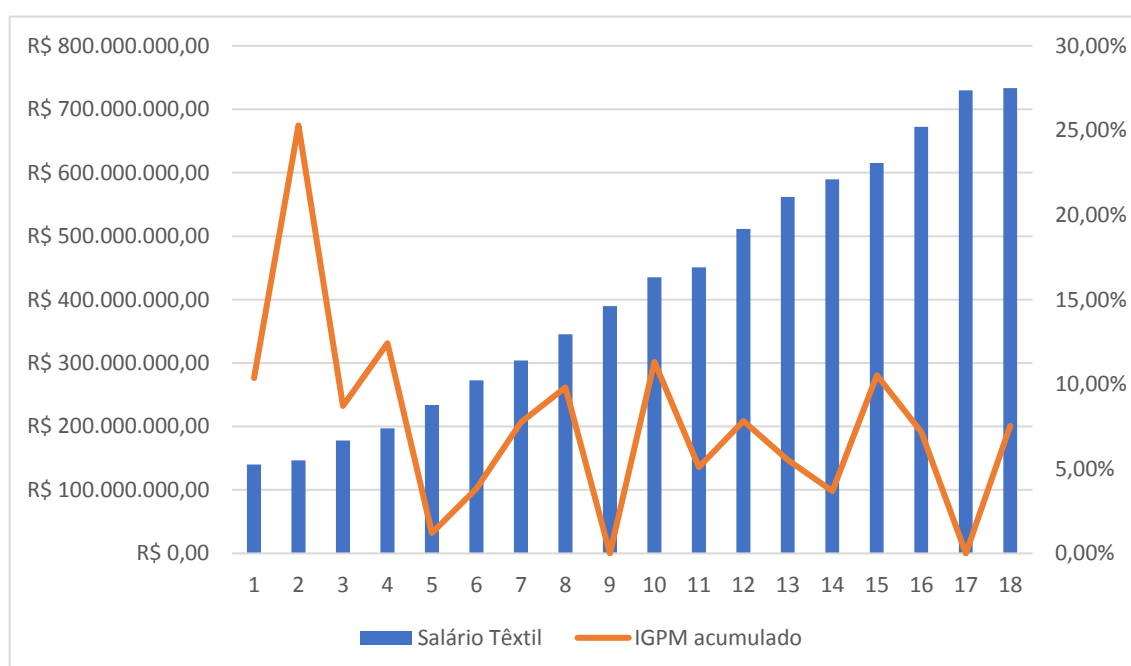
O comportamento do indicador de salário, de acordo com a legislação trabalhista vigente, obedece a um índice de reajuste anual da categoria que, no caso do segmento têxtil automotivo, é o sindicato de Fiação e Tecelagem. Esse índice é o resultado de uma negociação coletiva entre as partes, sindicatos e empregadores, resultando em acordo coletivo ou convenção coletiva. Pode também ser apresentada na forma de dissídio, que é feito via poder judiciário. O dissídio é a correção do salário em virtude da inflação. Essa dinâmica em fluxo contínuo vai corrigir o valor nominal do salário ano a ano. Porém, a atualização nominal dos vencimentos não garante ganhos reais a cada ano.

Para uma análise mais assertiva do contexto, é necessário levar em consideração o salário e o poder de compra dele. Para essa ampliação do escopo,

salário o IGP-M acumulado, índice geral de preço do mercado, foi associado ao comportamento do.

De acordo com Portal FGV (2022), o IGP-M foi criado nos anos 1940 com a finalidade de oferecer uma medida mais abrangente que envolvesse diferentes atividades, bem como etapas do processo produtivo. Diante disso, o IGP-M é um indicador econômico mensal que mede o grau de atividade econômica do país nos setores mais relevantes.

Imagem 24 – Combinação do indicador de salário com o IGP-M na série histórica



Fonte: Autor, 2022.

Apesar de o salário não apresentar picos nem vales ao longo da série histórica, em crescimento nominal constante, o IGP-M mostra a variação do poder de compra do trabalhador, com ganhos e perdas reais. Os picos do IGP-M apontam os ganhos reais no poder de compra do trabalhador e, os vales, perda real do mesmo poder. O IGP-M apresenta uma curva descendente, revelando a tendência de perda real do poder de compra do trabalhador, mesmo com elevação nominal anual do salário.

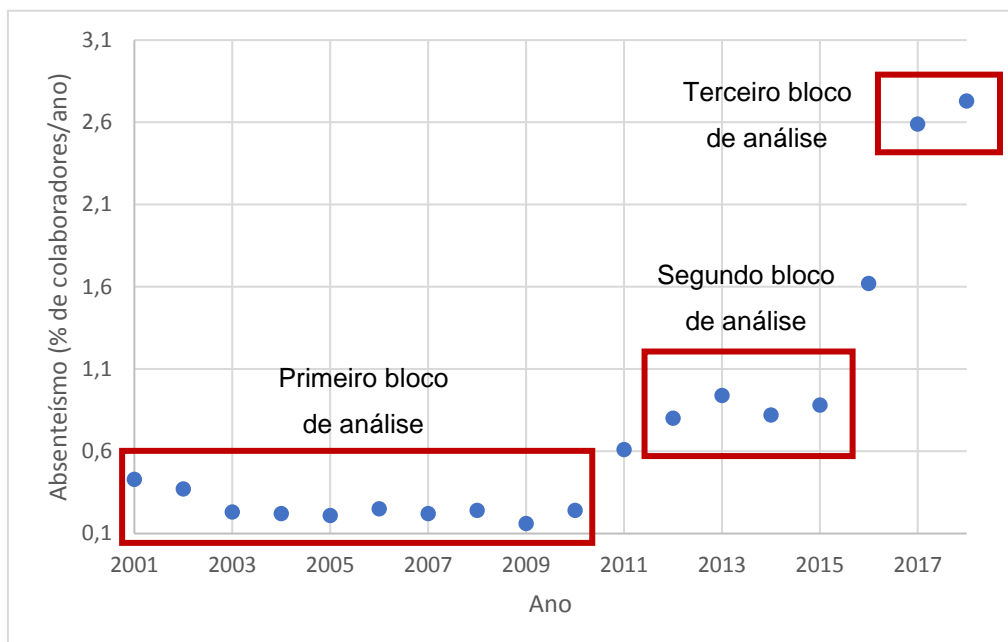
Diante dos resultados dos indicadores de força de trabalho, capacitação e salário, é possível afirmar que o segmento têxtil automotivo reduziu sua oferta de emprego. Segundo especialistas da área: diretor da empresa do estudo caso, em concordância com responsável técnico da ABIT, essa redução pode ser consequência

da indústria 4.0, bem como a consolidação da China como grande fabricante de *comodities* têxteis.

4.1.5.2 Absenteísmo

Os dados relativos ao absenteísmo, nesse estudo, foram obtidos em pesquisa de campo na empresa do estudo de caso. O absenteísmo revela a ausência do trabalhador no trabalho e é um elemento importante porque está diretamente relacionado com a eficiência dos processos.

Imagem 25 – Variação do indicador de absenteísmo na série histórica



Fonte: Autor, 2022.

Para possibilitar melhor análise do indicador de absenteísmo, o painel foi dividido em três blocos.

O primeiro bloco refere-se ao período compreendido entre os anos 2001 e 2010. Esse período revela uma pequena variação que reflete o comportamento de todo o segmento.

De acordo com informações colhidas em pesquisa de campo na empresa do estudo de caso, o ano de 2011 revela um momento de transição para o setor de costura de capas para os bancos de veículos, que é uma particularidade dessa empresa têxtil automotiva. Nessa transição, a fábrica que tinha seu efetivo quase total em homens, passa a contratar mulheres para a nova operação que de confecção.

O segundo bloco de análise apresenta uma certa estabilidade no absenteísmo, entre os anos de 2012 e 2015, mas em um patamar superior, quando comparado ao primeiro bloco. Em ampliado o quadro de colabores com mulheres maduras, é esperado que essas trabalhadoras tenham filhos. São as mães que acompanham filhos ao médico, reuniões de escola e demais questões domésticas que são, culturalmente, atribuídas às mulheres. Segundo informações do fabricante, nesse segmento, mulheres ficam ausentes mais que homens.

O ano de 2016 apresenta aumento acentuado nas faltas já que, no final de 2015, a empresa fechou contratos de grandes volumes de capas. Para atender essa nova demanda, houve muitas contratações, elevando o absenteísmo a um patamar superior ao segundo bloco de análise.

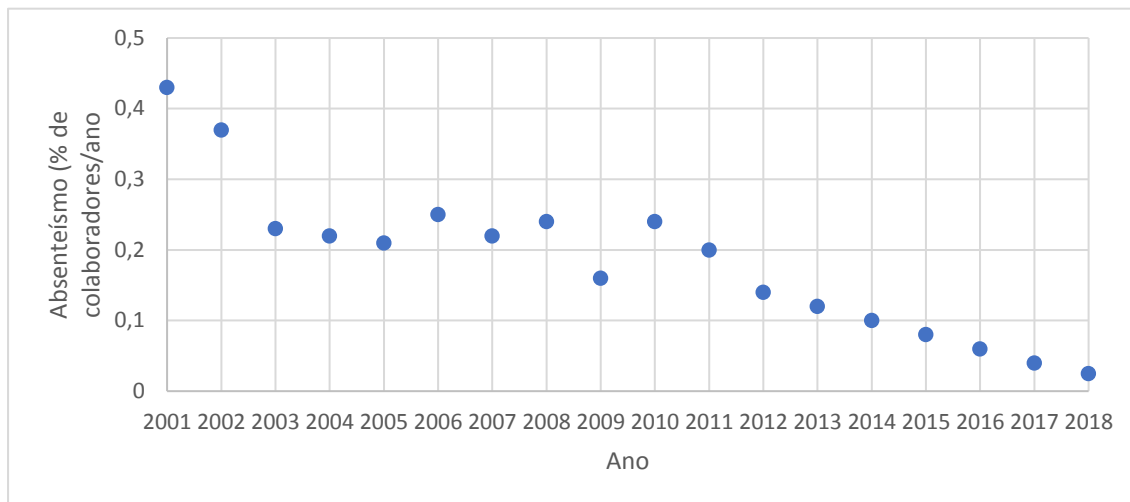
O terceiro bloco projeta uma tendência de aumento no absenteísmo para um patamar bem superior ao segundo bloco, que pode ser explicado pela ausência do trabalhador em busca de melhores oportunidades.

Para a dimensão social, de acordo com os resultados, o segmento apresenta queda na oferta de emprego e menor capacitação. A queda na capacitação pode estar associada à diminuição na oferta de emprego, limitando ou impedindo a qualificação da mão de obra do setor. Apesar de o indicador salarial apresentar uma evolução constante, em virtude da correção anual aplicada pelo dissídio no valor nominal do salário, é possível afirmar que, há perdas quando essa análise é composta por um índice financeiro, revelando o poder de compra que o salário confere ao trabalhador, no caso desse estudo, o IGP-M. Diante disso, o indicador de salário aumenta, mas o poder de compra não se eleva na mesma proporção.

O segmento têxtil automotivo oferece menos emprego, obedece a legislação e os acordos sindicais, aplicando corretamente os índices de correção salarial diante da inflação, na forma de dissídio, mas isso não confere ganhos reais no poder de compra do trabalhador do setor e essa situação pode incentivar os colaboradores a se ausentar no trabalho, procurando por oportunidades mais vantajosas.

Em virtude de os dados analisados para o indicador do absenteísmo refletirem uma situação particular da empresa do estudo de caso, os resultados do primeiro bloco de análise foram isolados e projetados, via interpolação, para simular uma situação em que não haveria a ativação da fábrica de capas.

Imagem 26 – Situação do absenteísmo sem a introdução da fábrica de capas



Fonte: Autor, 2022.

De acordo com os resultados e, em oposição à situação do absenteísmo com a fábrica de capas, há uma tendência de queda nesse índice, concordando com a redução na oferta de empregos, qualificação e a perda no poder de compra do trabalhador, de modo que, diante do cenário desse segmento, a manutenção do emprego é identificada na curva descendente do absenteísmo.

A memória de cálculo para o indicador de absenteísmo encontra-se no Apêndice K.

Tabela 14 – Quadro resumo dos indicadores

	Energia	Energia elétrica	Emissões de CO₂	Resíduos sólidos	PIB texauto	Consumo de tecido	Força de trabalho	Capacitação	Salário	Absenteísmo
	(sej/ano)	(tep/ano)	(kg CO ₂ /ano)	(kg/ano)	(R\$/ano)	(kg/ano)	(pessoas/ano)	(% de colaboradores/ano)	(R\$/ano)	(% de colaboradores/ano)
Ano	K11	K12	K21	K22	K31	K32	K41	K42	K51	K52
2001	3,04E+18	2,66E+05	1,86E+08	17.580	196.498.916.432,00	87.901	464.820	84,55	140.323.018,87	0,43
2002	3,14E+18	2,72E+05	1,94E+08	17.183	221.824.809.080,00	85.916	437.370	45,95	146.706.918,24	0,37
2003	3,42E+18	2,79E+05	2,01E+08	18.249	256.846.995.310,50	91.246	441.640	75,64	177.767.044,03	0,23
2004	3,99E+18	2,85E+05	2,09E+08	21.873	292.668.662.821,50	109.366	452.315	71,43	197.235.890,99	0,22
2005	3,61E+18	2,89E+05	2,16E+08	24.576	324.489.474.624,00	122.881	464.515	86,79	233.718.238,99	0,21
2006	3,74E+18	2,96E+05	2,20E+08	24.898	360.341.704.660,00	124.491	464.820	83,95	272.850.314,47	0,25
2007	3,77E+18	3,00E+05	2,28E+08	29.374	406.685.776.035,00	146.869	477.325	69,95	304.207.127,88	0,22
2008	4,47E+18	3,07E+05	2,35E+08	31.787	465.010.925.120,00	158.937	496.540	33,16	345.600.167,71	0,24
2009	4,03E+18	3,12E+05	2,40E+08	30.251	497.668.380.440,00	151.255	500.200	21,29	390.093.081,76	0,16
2010	4,55E+18	3,70E+05	3,13E+08	34.701	581.136.728.515,00	173.505	509.045	40,28	435.409.559,75	0,24
2011	4,44E+18	3,24E+05	2,50E+08	36.668	654.860.010.000,00	183.342	495.625	16,75	450.946.016,77	0,61
2012	4,33E+18	3,29E+05	2,60E+08	33.890	720.063.401.050,00	169.448	490.440	13,45	511.620.427,67	0,80
2013	4,66E+18	3,38E+05	2,67E+08	37.211	797.427.060.360,00	186.056	494.100	14,84	561.844.528,30	0,94

	Energia (cont.)	Energia elétrica (cont.)	Emissões de CO₂ (cont.)	Resíduos sólidos (cont.)	PIB texauto (cont.)	Consumo de tecido (cont.)	Força de trabalho (cont.)	Capaci- tação (cont.)	Salário (cont.)	Absenteísmo (cont.)
	(sej/ano)	(tep/ano)	(kg CO ₂ / ano)	(kg/ano)	(R\$/ano)	(kg/ano)	(pessoas/ ano)	(% de colabo- radores/ ano)	(R\$/ano)	(% de colabo- radores/ ano)
Ano	K11	K12	K21	K22	K31	K32	K41	K42	K51	K52
2014	4,77E+18	3,40E+05	2,73E+08	31.121	863.813.587.280,00	155.607	485.560	10,96	589.594.029,35	0,82
2015	4,07E+18	2,73E+05	2,07E+08	23.197	538.719.874.350,00	115.984	465.735	12,95	615.512.251,57	0,88
2016	4,66E+18	3,50E+05	2,85E+08	20.685	936.785.419.220,00	103.427	455.670	8,55	672.519.245,28	1,62
2017	4,99E+18	3,51E+05	2,94E+08	25.643	979.849.197.600,00	128.216	464.515	8,47	729.979.966,46	2,59
2018	5,47E+18	3,60E+05	3,00E+08	28.296	1.020.698.635.110,00	141.478	458.415	18,89	733.464.000,00	2,73
Média	4,18E+18	3,13E+05	2,43E+08	2,71E+04	5,62E+11	1,35E+05	4,73E+05	3,99E+01	4,17E+08	7,53E-01
Desvio Padrão	6,30E+17	3,20E+04	3,78E+07	6,31E+03	2,64E+11	3,15E+04	2,05E+04	2,94E+01	1,96E+08	7,69E-01
Máx.	5,47E+18	3,70E+05	3,13E+08	3,72E+04	1,02E+12	1,86E+05	5,09E+05	8,68E+01	7,33E+08	2,73E+00
Mín.	3,04E+18	2,66E+05	1,86E+08	1,72E+04	1,96E+11	8,59E+04	4,37E+05	8,47E+00	1,40E+08	1,60E-01

Fonte: Autor, 2022.

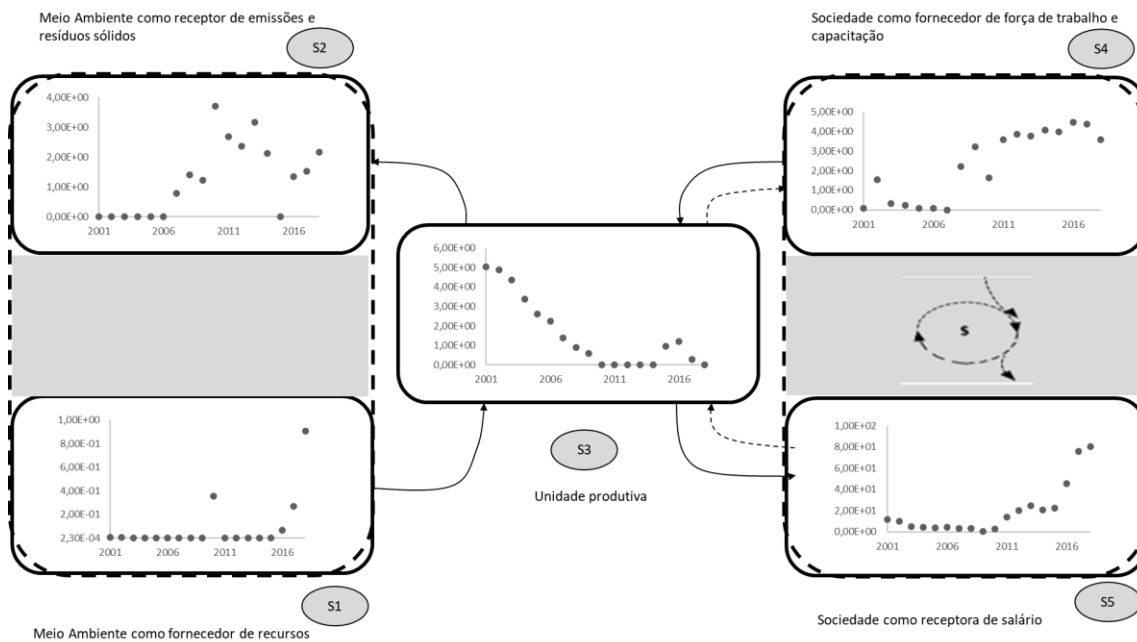
4.2 Indicador Sintético de Sustentabilidade do Sistema, ISSS

O indicador sintético de sustentabilidade do sistema, como mencionado anteriormente, é uma relação dos indicadores, bem como seus objetivos e metas. Por isso, o ISSS é a medida de quanto o índice se afasta da meta estabelecida. Na ferramenta de Programação por Metas, *Goal Programming*, é possível obter o ISSS de cada setor isoladamente, permitindo a análise do comportamento dos indicadores do setor de acordo com as metas estabelecidas, já que possibilita a rápida análise do quão longe o indicador está da meta estabelecida.

A planilha da Programação por Metas utilizada para gerar o ISSS encontra-se no Apêndice L.

Como esse estudo se desenvolve em série histórica de 17 anos compreendida entre 2001 e 2018, de forma a tornar as análises mais claras e assertivas, os ISSS foram posicionados em cada um dos setores.

Imagem 27 – Comportamento do ISSS em cada um dos setores do modelo 5 SEnSU



Fonte: Autor, 2022.

4.2.1 O ISSS do setor 1

O setor 1 representa o meio ambiente como fornecedor de recursos ao setor 3, que é a unidade de produção. A energia e energia elétrica se aproximam da meta estabelecida entre 2001 e 2009, e entre 2011 e 2015. O ano de 2010 apresenta um pico, que pode estar relacionado ao maior consumo de energia elétrica em virtude do aumento contínuo do volume de produção, bem como maior utilização dos insumos ligados à produção. O mesmo evento se repete a partir de 2016, projetando grande insustentabilidade do setor, com distanciamento crescente das metas estabelecidas, e indicando que a unidade de produção passou a extrair recursos do meio ambiente de forma prejudicial, apresentando possível degradação ambiental.

A tendência de aumento do $ISSS_{\text{setor 1}}$ revela que há a tendência dos indicadores se afastarem das metas estabelecidas, indicando a insustentabilidade do setor 1, em particular, a partir de 2015. A tendência de aumento do $ISSS_{\text{setor 1}}$ indica piora da sustentabilidade do meio ambiente como fornecedor de recursos.

4.2.2 O ISSS do setor 2

O setor 2 representa o meio ambiente como receptor dos resíduos provenientes da atividade fabril do setor 3. Para representar o setor 2, os indicadores utilizados foram as emissões de CO₂ e os resíduos sólidos. O período compreendido entre os anos de 2006 e 2010 e 2015 a 2018 apresentam um aumento no $ISSS_{\text{setor 2}}$, e conseqüente piora da sustentabilidade desse setor, revelando, especialmente em 2010, o pior momento da sustentabilidade do setor 2 em toda série histórica, evidenciando que a unidade de produção passa a descartar mais resíduos que o meio ambiente é capaz de assimilar, sem projetar degradação ambiental. Os resultados revelam uma tendência de piora da sustentabilidade do setor 2.

4.2.3 O ISSS do setor 3

O setor 3 representa a unidade de produção. Para representar esse setor, os indicadores utilizados foram a contribuição financeira do segmento ao PIB do setor e o consumo de tecido.

Os resultados apresentam a tendência de queda do ISSS do setor 3, indicando o aumento da sustentabilidade, e revelando o aumento da contribuição financeira do setor, na forma de lucro com a venda de tecido para o mercado.

4.2.4 O ISSS do setor 4

O setor 4 representa a sociedade como fornecedora de recursos ao setor 3, unidade de produção. Para representar o setor 4, os indicadores escolhidos foram a força de trabalho e a capacitação.

O período entre 2003 e 2007 apresenta o $ISSS_{\text{setor 4}}$ bem perto da meta, indicando que, nesse período, o segmento tinha uma oferta de emprego que atendia a demanda da sociedade e a crescente capacitação, potencializando a empregabilidade.

O aumento gradativo do $ISSS_{\text{setor 4}}$ a partir de 2007 consolida a tendência de queda na oferta de empregos e conseqüente diminuição na capacitação e empregabilidade. A queda na oferta de empregos do segmento está associada ao aumento da tecnologia industrial por meio da automação. A presença da China no cenário têxtil mundial também colaborou para a retração do crescimento da manufatura no segmento.

4.2.5 O ISSS do setor 5

O setor 5 representa a sociedade como receptora dos benefícios gerados pelo setor 3, que é a unidade de produção. Para representar o setor 5, os indicadores escolhidos foram salário e absenteísmo.

De 2003 a 2009, o $ISSS_{\text{setor 5}}$ apresenta-se bem perto da meta, revelando que o comportamento dos indicadores do setor 5 estão dentro dos objetivos estabelecidos. A partir de 2010, o $ISSS_{\text{setor 5}}$ aumenta gradativamente, ratificando a tendência diminuição do salário e aumento do absenteísmo.

Em análise conjunta dos ISSS dos cinco setores, de acordo com os resultados, é possível afirmar que os setores 1 e 2, ambientais, que traduzem como as trocas são feitas com a unidade de produção (setor 3), são pouco sustentáveis. Há uma tendência de queda do ISSS e conseqüente piora da sustentabilidade dos setores 1 e 2, indicando que o processo produtivo do segmento utiliza, excessivamente, recursos naturais, sem contrapartidas ou iniciativas que equilibrem essas trocas. E ainda, o processo produtivo é poluente, descartando no meio ambiente resíduos nocivos.

O setor 3 revela-se mais sustentável, gerando lucro e aumentando a contribuição financeira do segmento por meio da venda do tecido para a sociedade.

Os setores 4 e 5 que representam a sociedade são menos sustentáveis. O segmento reduziu a oferta de empregos, comprometendo a capacitação da mão de obra e reduzindo a empregabilidade, ao mesmo tempo que o poder de compra que salário oferece ao trabalhador diminui. Nesse cenário, o absenteísmo aumenta.

É possível considerar que o bom resultado financeiro do setor 3 não é compartilhado com os setores ambientais (1 e 2) e nem com os setores sociais (4 e 5). O processo produtivo do segmento é predatório, gerando lucros sob pena do meio ambiente e da sociedade, consolidando a ideia de isomorfismo coercitivo da indústria têxtil (ABREU *et al.*, 2012).

Promovendo uma análise geral do comportamento dos ISSS de cada um dos cinco setores do modelo do 5 SEnSU, a partir da interpretação do comportamento do ISSS de cada setor individualmente, é possível afirmar, que, o setor 3 é o único dos cinco setores do modelo com maior sustentabilidade, auferindo lucros, em detrimento dos outros setores, que garantem sua sustentabilidade. O meio ambiente, seja como fornecedor ou como receptor, representado no modelo pelos setores 1 e 2, respectivamente, não são sustentáveis. A unidade produtiva do setor 3 retira do meio ambiente mais recursos do que é capaz de repor. Esses recursos são necessários às suas operações, mas ele devolve resíduos sem tratamento e não manifesta iniciativas que gerem impacto positivo ao meio ambiente, nem na condição de fornecedor, tampouco na condição de receptor.

Os setores 4 e 5, que representam a sociedade, como fornecedora de recursos ou como receptora dos benefícios do setor 3, também apresentam insustentabilidade. O setor 4 é sensível ao movimento da produção, uma vez que depende da oferta de empregos por ela oferecida para sua sobrevivência. Quando o ISSS_{setor 4} aumenta, há menor oferta de empregos por parte da indústria para a sociedade e, com isso, a tendência de elevação do ISSS_{setor 4} passa a ser consolidada pela falta de capacitação da mão obra. O ISSS_{setor 5} revela que o salário oferecido pela unidade de produção do setor 3 passa a não atender às necessidades da maioria dos colaboradores.

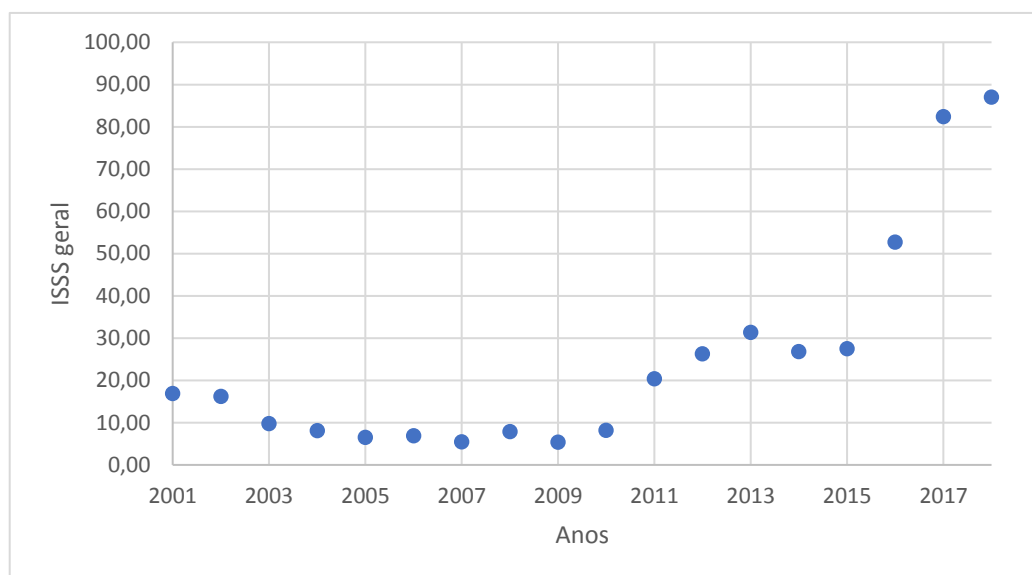
O aprofundamento das análises conduz à ideia de que a prosperidade econômica do modelo de negócio vigente, como herança da Revolução Industrial, contempla, apenas, o setor 3: a camada econômica do negócio, com objetivo

exclusivo de gerar lucro, sem apresentar iniciativas consistentes que gerem impacto socioambiental positivo.

Diante dos resultados, podemos afirmar que o modelo de negócios vigente prioriza apenas a dimensão econômica, promovendo desequilíbrio na relação sociedade, meio ambiente e economia, uma vez que são dependentes entre si. O desequilíbrio entre esses elementos abre uma lacuna que carece de análise.

O ISSS geral de todos os setores assume o comportamento observado na imagem 28.

Imagem 28 – Comportamento do ISSS geral



Fonte: Autor, 2022.

O ISSS geral apresenta tendência de aumento ao longo da série histórica.

Observa-se uma estabilização até o ano de 2011, projetando, a partir de 2010, uma tendência de crescimento. A partir de 2011, a variação apresenta um crescimento acentuado assinalando a tendência de piora da sustentabilidade de todo o setor.

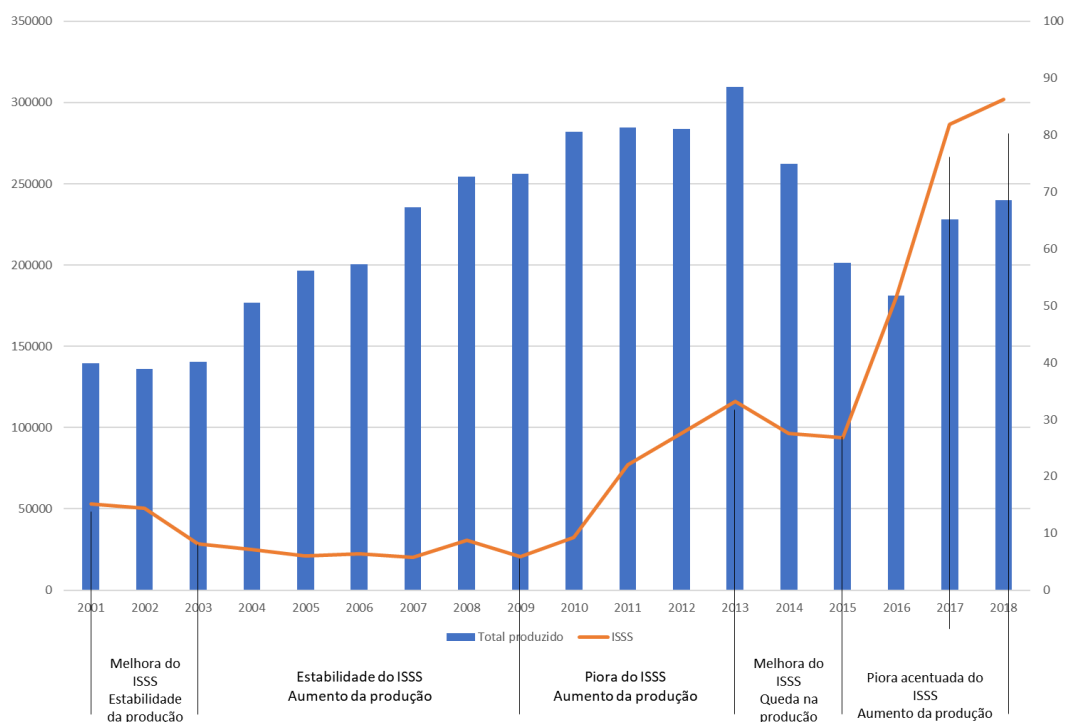
Quanto mais o ISSS do ano se aproxima do eixo x do gráfico, mais próximo da meta e maior a sustentabilidade do sistema.

Analisando a imagem 28 do ISSS do segmento têxtil automotivo, é possível perceber que há uma melhora na sustentabilidade do segmento entre os anos de 2001 e 2009, ao mesmo tempo que há estabilidade no volume produzido.

O segmento têxtil automotivo, de acordo com a tendência de aumento do ISSS_{geral}, apresenta a tendência de insustentabilidade. Essa tendência do segmento

é concretizada a partir de 2009, marco do aumento constante do ISSS_{geral} e consequente piora da sustentabilidade do segmento.

Imagem 29 – ISSS x volume produzido



Fonte: Autor, 2022.

Analisando a imagem da variação do volume de produção com a variação do Indicador Sintético de Sustentabilidade do Sistema, é possível afirmar que, para o segmento têxtil automotivo, o ISSS é sensível ao volume de produção, mas não é dependente dele.

Isso ocorre provavelmente porque a combinação dos indicadores, bem como o estabelecimento das suas respectivas metas, pode definir maior ou menor sensibilidade e/ou dependência do comportamento de sustentabilidade do segmento com o volume produzido.

Giannetti *et al.* (2022) ilustram o uso do modelo 5 SEnSU com a criação de um painel de avaliação da sustentabilidade, que permite um acompanhamento ano a ano desse estudo. Isso ocorre também para cada um dos cinco setores do modelo, em três faixas de desempenho da sustentabilidade sendo: baixa sustentabilidade, destacada em vermelho, média sustentabilidade, destacada na cor amarela e alta

sustentabilidade, destacada na cor verde. A memória de cálculos está presente no Apêndice M.

Imagem 30 – Quadro de avaliação da sustentabilidade – Kanban da sustentabilidade

Ano	Valor do ISSS	Setor 1	Setor 2	Setor 3	Setor 4	Setor 5	Nível de sustentabilidade
2009	5,36	6	9	8	10	1	Alto
2007	5,41	8	8	12	1	3	Alto
2005	6,47	11	2	14	4	5	Alto
2006	6,87	10	1	13	2	7	Médio
2008	7,87	5	11	9	9	4	Médio
2004	8,13	7	4	15	5	6	Médio
2010	8,20	17	18	1	8	2	Médio
2003	9,77	12	5	16	6	8	Médio
2002	16,23	13	6	17	7	9	Médio
2001	16,89	14	7	18	3	10	Médio
2011	20,36	3	16	2	12	11	Médio
2012	26,25	4	15	3	14	12	Médio
2014	26,84	1	13	4	16	13	Médio
2015	27,47	9	3	10	15	14	Médio
2013	31,32	2	17	5	13	15	Médio
2016	52,71	15	10	11	18	16	Baixo
2017	82,43	16	12	12	17	17	Baixo
2018	86,98	18	14	6	11	18	Baixo

Fonte: Autor, 2022.

O painel é uma ferramenta visual e efetiva, revelando o comportamento de cada setor ao longo da série histórica desse estudo, compreendida entre os anos de 2001 e 2018, a partir do desempenho do ISSS_{geral}.

O melhor ano de todos, no período de estudo, de acordo com o ISSS_{geral}, foi 2009, trazendo resultados satisfatórios para os setores 1 (indicadores de energia e energia elétrica), 3 (indicadores de contribuição financeira do setor e consumo de tecido) e 5 (indicadores de salário e absenteísmo). Nesse ano, o setor 2 apresentou desempenho mediano com os indicadores de emissões e resíduos sólidos. Já o setor 4 teve um desempenho ruim, com os indicadores de força de trabalho (emprego) e capacitação.

O quadro permite ainda que a análise seja feita por setor. Por exemplo: o melhor desempenho do setor 1 (energia e energia elétrica) foi em 2014.

A proposta dos autores é praticamente um Kanban da sustentabilidade, no sentido de permitir a avaliação das políticas ambientais corporativas adotadas pela empresa, seus pontos fortes e fracos, ameaças e oportunidades. A criação desse quadro Kanban de desempenho ambiental permite a organização abrir caminho para o posicionamento do modelo 5 SEnSU, não somente como uma métrica ambiental, mas como uma ferramenta quantitativa de avaliação para verificação do cumprimento dos objetivos corporativos, podendo assumir o papel de um *Balanced Scorecard*¹ (BSC) ambiental da organização.

A identificação por cores do Kanban indica a prioridade da ação. Daí a associação com o painel da sustentabilidade proposto por Giannetti *et al.* (2022). O estabelecimento de critérios de sustentabilidade alta, média e baixa pode ser associado à lógica de prioridade do Kanban. Assim como o Kanban apresenta flexibilidade no dimensionamento dos cartões coloridos, a composição do painel da sustentabilidade também apresenta flexibilidade na adoção dos seus níveis de sustentabilidade, além de poder ser utilizado para qualquer tipo de negócio, guardando premissas de aplicação.

A adoção do painel da sustentabilidade, nesse estudo chamado de Kanban da sustentabilidade, permite aos analistas ou tomadores de decisão priorizar ações para

¹ "*Balanced Scorecard*" é uma metodologia de gestão que permite medir o progresso de uma empresa em relação às suas metas de longo prazo. Isso é feito a partir de uma estratégia que é traduzida em objetivos, metas, indicadores e iniciativas.

as bandeiras vermelhas, seguidas das amarelas e, com o objetivo de manter os resultados positivos das bandeiras verdes, e monitorar essas mesmas para permanecerem com status de alto nível de sustentabilidade.

Diante disso, o Kanban da sustentabilidade pode ser utilizado como ferramenta de gestão, no sentido de alocar racionalmente recursos para atender a ordem de prioridade das ações organizacionais voltadas a essa matéria.

Todavia, o modelo, apesar de ser efetivo na lógica de avaliação a que se propõe, não avança na proposta de valor da empresa, tampouco indica as lacunas no modelo de negócios, sob o ponto de vista da sustentabilidade, que vão anteceder à estratégia corporativa.

4.3 Simulação por extremos

4.3.1 Correlação de Pearson

Os resultados da simulação por extremos são apresentados na planilha a seguir.

Tabela 15 – Resultado da aplicação do critério da simulação por extremos

INDICADOR SINTÉTICO DE SUSTENTABILIDADE – ISSS							
In-dex	Série histórica	Meta original	Ajustando S1	Ajustando S2	Ajustando S3	Ajustando S4	Ajustando S5
1	2001	16,89	20,90	22,00	19,37	20,82	31,16
2	2002	16,23	20,62	21,54	18,79	20,47	28,67
3	2003	9,77	14,96	15,81	12,59	13,95	18,02
4	2004	8,13	14,67	15,93	11,43	12,54	16,18
5	2005	6,47	12,34	15,64	10,17	10,30	14,43
6	2006	6,87	13,19	16,34	10,75	10,82	16,32
7	2007	5,41	11,93	16,19	9,51	9,97	14,11
8	2008	7,87	16,06	19,28	12,01	11,64	17,44
9	2009	5,36	12,76	16,58	9,78	8,61	12,69
10	2010	8,20	18,00	21,91	12,43	12,20	18,09
11	2011	20,36	28,95	33,04	24,08	23,44	41,72
12	2012	26,25	34,76	38,63	29,94	29,23	53,18
13	2013	31,32	40,78	44,49	34,36	34,33	62,32
14	2014	26,84	36,59	38,97	30,15	29,74	53,93
15	2015	27,47	33,82	35,68	31,99	30,47	56,27
16	2016	52,71	62,45	62,11	55,45	55,48	104,30
17	2017	82,43	92,68	93,96	85,44	85,24	163,98
18	2018	86,98	97,87	99,17	89,85	90,20	172,89

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 16 – Correlação de Pearson

	Correlação de Pearson						
	Série histórica	Meta original	Ajustando S1	Ajustando S2	Ajustando S3	Ajustando S4	Ajustando S5
Série histórica	x	76,02%	78,95%	80,60%	77,17%	75,12%	77,56%
Meta original	x	x	99,81%	99,49%	99,97%	99,98%	99,94%
Ajustando S1	x		x	99,88%	99,86%	99,74%	99,88%
Ajustando S2				x	99,62%	99,39%	99,68%
Ajustando S3					x	99,94%	99,98%
Ajustando S4						x	99,90%
Ajustando S5							x

Fonte: Autor, 2022.

O detalhamento do método de aplicação da Correlação de Pearson encontra-se no Apêndice N.

Em análise da planilha da esquerda para a direita, é verificado o aumento da correlação indicando que a correlação dos setores, a partir da aplicação do critério de simulação por extremos, aumenta conforme os setores vão sendo correlacionados, apontando para assertividade do critério, com valores superiores, na análise do setor 5 ajustado superiores a 99,68%. Diante disso, podemos afirmar, que há uma fortíssima correlação entre os resultados do critério.

4.3.2 Distribuição normal modelada

Os dados para modelagem da distribuição normal foram extraídos da planilha Indicador Sintético de Sustentabilidade, contendo o ISSS das metas originais e o ISSS dos setores ajustados de acordo com o critério da simulação por extremos. Os parâmetros estatísticos foram calculados de acordo a tabela a seguir. O método de cálculo encontra-se no Apêndice O.

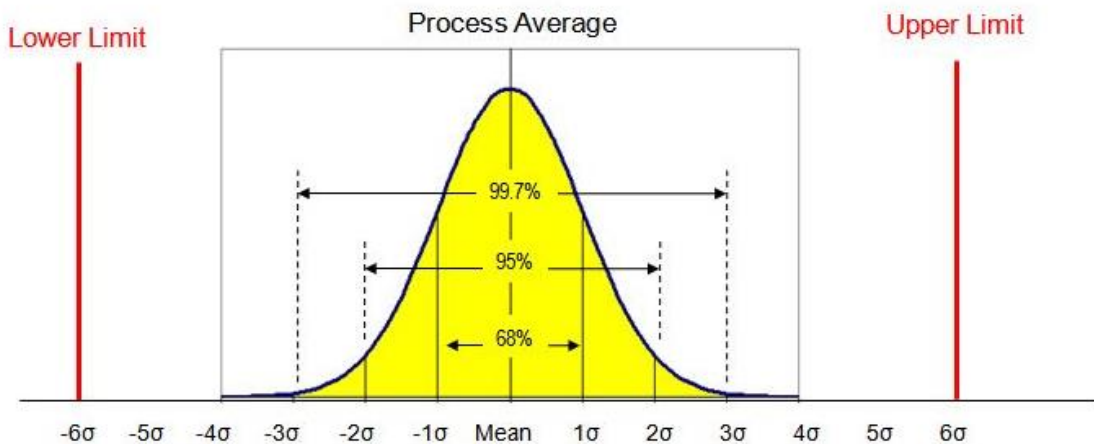
Tabela 17 – Parâmetros para distribuição norma modelada

	Parâmetros da distribuição normal modelada					
	Meta original	Ajustando S1	Ajustando S2	Ajustando S3	Ajustando S4	Ajustando S5
Média	24,75	32,41	34,85	28,23	28,30	49,76
Desvio padrão	25,04	26,43	25,86	24,75	24,66	49,38
Média + 4dp	124,90	138,11	138,29	127,24	126,96	247,30
Média - 4dp	-75,39	-73,29	-68,59	-70,78	-70,35	-147,78

Fonte: Autor, 2022.

Para ser possível desenhar a curva da distribuição normal, é necessário determinar o intervalo de valores do eixo x, que vai ser a base para desenhar distribuição normal. Para tanto foi adotado a média ± 4 desvios padrão. A escolha de ± 4 desvios padrão foi feita para dar à curva o formato de sino da distribuição normal. Caso usasse menos que 4 desvios padrão, ou mais que 4 desvios padrão, a curva não assumiria o formato da gaussiana, conforme revela a imagem a seguir.

Imagem 31 – Curva da distribuição – 4 desvios padrão



Fonte: <https://gritesolucoes.com.br/blogdagrite/o-que-e-six-sigma/>, acessado em 27/07/2022.

Caso tivesse escolhido 5 ou 6 desvios padrão, estaríamos impondo a forma achatada à curva. Se a escolha tivesse sido feita com 1, 2 ou 3 desvios padrão, a curva ficaria muito pontuda. Em ambas as escolhas seria descaracterizada a curva da distribuição normal.

A faixa compreendida entre a média ± 4 desvios padrão é o intervalo sob o qual será desenhada a curva apoiada no eixo x. Por exemplo, a curva da distribuição normal para a “meta original”, conforme tabela anterior, estará no eixo x, no intervalo de 124,90 a -75,39. E, assim por diante para as curvas de cada um dos setores.

Para que a curva fique adequada, é necessário estabelecer o ponto de início e o ponto de fim, que suporte todas as curvas no eixo x, conforme tabela 18.

Tabela 18 – Parâmetros para distribuição normal modelada – construção da curva

Parâmetros da distribuição normal modelada						
	Meta original	Ajustando S1	Ajustando S2	Ajustando S3	Ajustando S4	Ajustando S5
Média	24,75	32,41	34,85	28,23	28,30	49,76
Desvio padrão	25,04	26,43	25,86	24,75	24,66	49,38
Média + 4dp	124,90	138,11	138,29	127,24	126,96	247,30
Média - 4dp	-75,39	-73,29	-68,59	-70,78	-70,35	-147,78
Início eixo X	-147,78					
Fim eixo X	247,30					
Pontos	30,00					
Incremento	13,62					

Fonte: Autor, 2022.

Para modelar os resultados da aplicação dos critérios da simulação por extremos, é necessário calcular a função probabilidade de massa. Para maiores detalhes sobre o cálculo da função probabilidade de massa, consulte o Apêndice O.

Os resultados obtidos na construção da função probabilidade estão contidos na tabela a seguir.

Tabela 19 – Cálculo da função probabilidade de massa

FPM (função de probabilidade de massa)							
Pontos	Eixo X	Meta original	Ajustando S1	Ajustando S2	Ajustando S3	Ajustando S4	Ajustando S5
1	-147,78	7,76852E-13	1,21094E-12	2,28082E-13	1,69212E-13	1,38339E-13	2,70996E-06
2	-134,1533872	2,84815E-11	3,56488E-11	8,19639E-12	7,28212E-12	6,12847E-12	7,86429E-06
3	-120,5300501	7,76598E-10	8,04529E-10	2,23162E-10	2,31489E-10	2,00101E-10	2,11498E-05
4	-106,9067129	1,57484E-08	1,39192E-08	4,60347E-09	5,43559E-09	4,81545E-09	5,27112E-05
5	-93,28337583	2,37513E-07	1,84612E-07	7,19476E-08	9,42774E-08	8,54112E-08	0,000121745
6	-79,6600387	2,66406E-06	1,87707E-06	8,51949E-07	1,20785E-06	1,11656E-06	0,000260584
7	-66,03670158	2,22234E-05	1,46311E-05	7,64324E-06	1,14304E-05	1,07582E-05	0,000516887
8	-52,41336446	0,000137874	8,74271E-05	5,19527E-05	7,9902E-05	7,63995E-05	0,000950154
9	-38,79002734	0,000636158	0,000400489	0,00026755	0,000412569	0,00039988	0,001618611
10	-25,16669022	0,002183003	0,001406405	0,001043921	0,00157355	0,001542624	0,002555294
11	-11,54335309	0,005571243	0,003786205	0,00308601	0,004433114	0,004386117	0,003738434
12	2,079984029	0,010574451	0,007813984	0,006911835	0,009225323	0,009191596	0,005068609
13	15,70332115	0,014926969	0,012362763	0,011728858	0,014180737	0,014196851	0,006368513
14	29,32665827	0,015670885	0,01499454	0,015079417	0,016101285	0,016161568	0,007415451
15	42,94999540	0,01223555	0,013942009	0,01468858	0,013504136	0,013560178	0,008001793
16	56,57333252	0,007104958	0,009937843	0,010840304	0,008365995	0,008385669	0,008001793

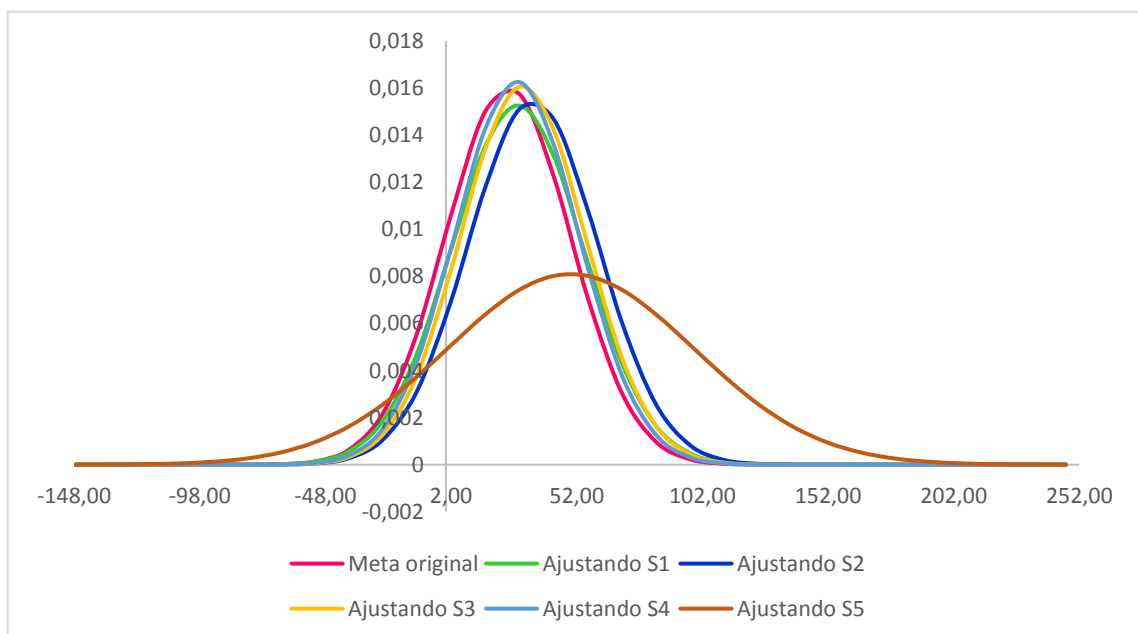
FPM (função de probabilidade de massa) (cont.)

Pon-tos	Eixo X	Meta original	Ajustando S1	Ajustando S2	Ajustando S3	Ajustando S4	Ajustando S5
17	70,19666964	0,003068369	0,005430421	0,006061353	0,003828361	0,003822086	0,007415451
18	83,82000676	0,000985512	0,002274832	0,002567817	0,001294055	0,001283966	0,006368513
19	97,44334388	0,000235409	0,000730533	0,000824186	0,0003231	0,000317905	0,005068609
20	111,0666810	4,1821E-05	0,000179848	0,000200425	5,9589E-05	5,80138E-05	0,003738434
21	124,6900181	5,52551E-06	3,39426E-05	3,69272E-05	8,11782E-06	7,80289E-06	0,002555294
22	138,3133553	5,42949E-07	4,91088E-06	5,15473E-06	8,16878E-07	7,73517E-07	0,001618611
23	151,9366924	3,96783E-08	5,44688E-07	5,45171E-07	6,07183E-08	5,65165E-08	0,000950154
24	165,5600295	2,15653E-09	4,63139E-08	4,36844E-08	3,3337E-09	3,04348E-09	0,000516887
25	179,1833666	8,71699E-11	3,0189E-09	2,65207E-09	1,352E-10	1,20797E-10	0,000260584
26	192,8067037	2,62051E-12	1,50856E-10	1,21986E-10	4,05018E-12	3,53373E-12	0,000121745
27	206,4300409	5,85885E-14	5,77895E-12	4,25112E-12	8,9622E-14	7,61903E-14	5,27112E-05
28	220,053378	9,74197E-16	1,69711E-13	1,12244E-13	1,46487E-15	1,21076E-15	2,11498E-05
29	233,6767151	1,20473E-17	3,82074E-15	2,24537E-15	1,7686E-17	1,41809E-17	7,86429E-06
30	247,3000522	1,108E-19	6,59414E-17	3,40313E-17	1,57726E-19	1,22417E-19	2,70996E-06

Fonte: Autor, 2022.

Com o cálculo da função probabilidade de massa e a adoção dos critérios supracitados, todos contidos no Apêndice O, foram obtidos os resultados da simulação por extremos, modelados em curvas de distribuição normal.

Imagem 32 – Distribuição normal modelada dos resultados da simulação por extremos



Fonte: Autor, 2022.

Para análise das curvas de distribuição normal do critério de simulação por extremos, vamos adotar as premissas de interpretação de estabilidade (C_p) e capacidade (C_{pk}) de processo da conhecida ferramenta estatística da qualidade, no universo da Engenharia de Produção, o Controle Estatístico de Processo.

Maiores detalhes sobre as premissas da ferramenta CEP estão no Apêndice P.

De acordo com as premissas do CEP, é possível afirmar que as curvas do $ISSS_{meta\ original}$ e do ISSS dos setores de 1 a 4 são estáveis, revelando um processo, ou meio de medição satisfatório, em que se identifica uma variação, e que acontece dentro do esperado. A curva do setor 5 mostra um processo incapaz com a variação excedendo os limites do aceitável em função do aspecto achatado da curva.

A leitura do C_{pk} , não foi possível em virtude de o desvio padrão ter sido muito alto. Esse fato é explicado, uma vez que os indicadores revelam o comportamento de características ou parâmetros diferentes, por isso a grande variação no desvio padrão.

Trazendo a análise da curva para a cena do estudo, poderíamos afirmar que o segmento têxtil automotivo não possui ou possui poucas iniciativas na dimensão social, muito aquém das necessidades da camada social do setor ou das necessidades reveladas no comportamento dos setores 4 e 5 do modelo 5 SEnSU. Essa análise é possível em função do formato da curva do setor 5, achatada, revelando que o processo é incapaz, ou melhor, as iniciativas da empresa para o setor 5 são incapazes de fechar as lacunas do segmento. Políticas mais assertivas para o setor 5 devem ser adotadas. A dimensão social como receptora dos benefícios do setor 3 está bem aquém das demais, revelando que a camada econômica se sobrepõe largamente no segmento têxtil automotivo em concordância com a literatura.

4.4 Canvas

Nesse estudo, o Canvas é proposto como ferramenta de auxílio na construção ou revisão da estratégia do modelo negócio para criar, entregar e capturar valor multidimensional ao cliente

A partir de informações e experiências reunidas na pesquisa de campo, foi possível preencher o Canvas para o segmento têxtil automotivo.

Imagem 33 – Canvas do segmento têxtil automotivo

PARCEIRIAS PRINCIPAIS <ul style="list-style-type: none"> • ICT's • Agências de fomento • Acordo de cooperação com outras indústrias têxteis para ter abrangência global 	ATIVIDADES CHAVE <ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa e desenvolvimento • Fabricação e comercialização de fios sintéticos, tecidos sintéticos, cortinas e capas 	PROPOSTA DE VALOR <ul style="list-style-type: none"> • Produtos tecnológicos "ecofriendly" com alto valor agregado • Foco nas especialidades e não nos volumes 	RELACIONAMENTO COM OS CLIENTES <ul style="list-style-type: none"> • B2B • Desenvolvimento personalizado para necessidade de cada cliente 	SEGMENTOS DE CLIENTES <ul style="list-style-type: none"> • Automotivo
ESTRUTURA DE CUSTOS <ul style="list-style-type: none"> • Custo baseado em margem de contribuição 	RECURSOS PRINCIPAIS <ul style="list-style-type: none"> • Parque fabril verticalizado • Recursos de ICT's parceiras • Capital de giro e fomento à pesquisa • Recursos humanos 		CANAIS <ul style="list-style-type: none"> • EDI • Gerentes de contas • Representantes 	
			FONTES DE RECEITA <ul style="list-style-type: none"> • Comercialização de produtos: fios, capas, cortinas e tecidos. • Mercado interno e externo • Royalties decorrente de patentes 	

Fonte: Autor, 2022.

A proposta de valor oferecida valor do segmento está apoiada em oferecer ao cliente produtos mais sustentáveis com alto valor agregado com foco na especialidade do produto, e não na padronização de larga escala.

O segmento têxtil automotivo se relaciona com seus clientes via EDI, *Electronic Data Interchange*, sistema integrado do cliente, contando com gerentes de contas para que administrem os principais clientes dentro do segmento e representantes, em especial para o mercado de reposição. E, para a empresa se relacionar com todo segmento, de acordo com as premissas do Canvas, usa como canais ou meios de relacionamento, desenvolvimento personalizado atuando apenas no comércio entre empresas, B2B.

As fontes de receita do segmento são a venda de produtos têxteis automotivos tais como: fios, capas, cortinas e tecidos para o mercado interno e externo, além dos royalties resultantes de patentes.

Parque fabril verticalizado, recursos oriundos de parcerias e centros de pesquisa, capital de giro e fomento à pesquisa e recursos humanos, são os principais recursos utilizados pelo segmento para oferecer a proposta de valor ao cliente.

A principal atividade ou atividade chave sob a qual a empresa oferece a proposta de valor ao cliente é pesquisa e desenvolvimento, além da fabricação e comercialização de fios sintéticos, tecidos sintéticos, cortinas e capas.

O segmento estabelece como parcerias principais o relacionamento com centros de pesquisa, agências de fomento e acordo de cooperação com outras indústrias têxteis a fim de obter amplitude global.

Os principais custos do segmento estão relacionados a custos de produção e infraestrutura, custos com os parceiros e canais. O sistema de custeio é baseado na margem de contribuição.

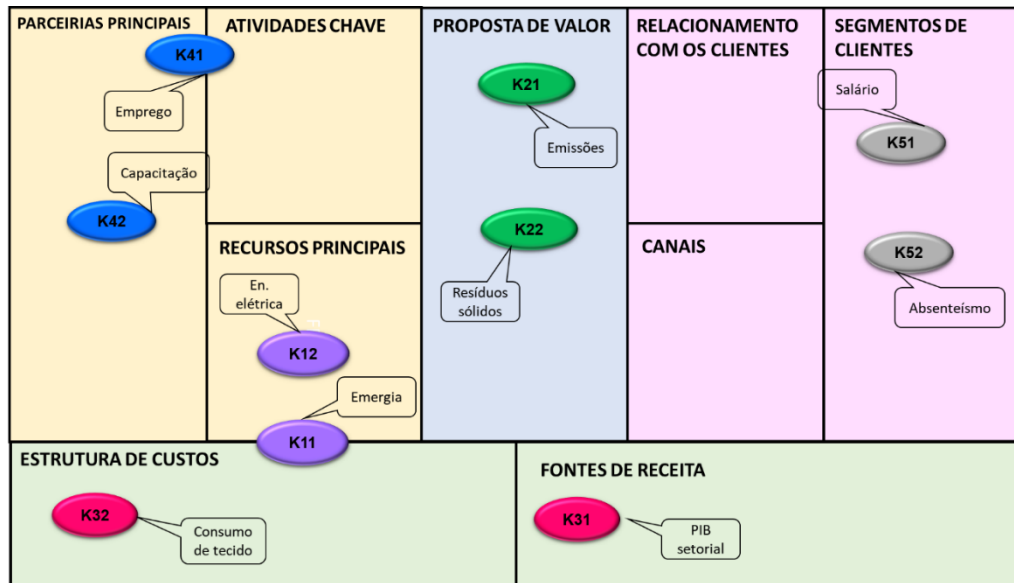
4.5 Sobreposição dos indicadores ao Canvas

O modelo do 5 SEnSU propõe a avaliação da intensidade das trocas entre os cinco setores por meio de indicadores quantitativos, proporcionando a criação de um painel que permite analisar a sustentabilidade multidimensional e multicritério do sistema por contar com quatro indicadores ambientais (K11, K12, K21 e K22), dois indicadores econômicos (K31 e K32) e quatro indicadores sociais (K41, K42, K51 e K52) simultaneamente.

A literatura apresenta referências que respaldam o posicionamento dos indicadores de sustentabilidade ao Canvas, revelando uma iniciativa de aderência dos indicadores à proposta de valor do modelo de negócios da empresa. Nesse cenário, os indicadores despontam como mecanismos de retroalimentação sistêmica ao modelo de negócios e a estratégia da organização, uma vez que o modelo de negócios precede a estratégia.

Diante disso, seguindo a trilha da literatura, os indicadores do modelo 5 SEnSU foram posicionados sob o Canvas, criando uma camada métrica que revela quanto a estratégia da empresa está alinhada com suas metas.

Imagem 34 – Sobreposição dos indicadores do modelo 5 SEnSU ao Canvas, criando uma camada métrica do Canvas



Fonte: Autor, 2022.

A definição da proposta de valor, como elemento do Canvas, tem o objetivo de alinhar ou reposicionar os produtos e/ou serviços que a empresa oferece ao cliente, segundo (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011; ROSSI *et al.*, 2020; JOYCE; PAQUIN, 2016; CARDEAL *et al.*, 2020).

O modelo do 5 SEnSU, além de ser um instrumento de avaliação, quando combinado com uma camada de sobreposição dos indicadores ao Canvas tradicional, pode ser também definir uma métrica de sustentabilidade corporativa que permite o alinhamento do plano de negócio corporativo com os objetivos e metas corporativas de sustentabilidade: ambientais, com os indicadores dos setores 1 e 2; sociais, com os indicadores dos setores 4; e econômicos, com os indicadores do setor 3.

Osterwalder e Pigneur (2011) sugerem que o Canvas precede o plano de negócios, propondo análise e reflexão sobre como os nove blocos do modelo se relacionam na lógica da criação ou recriação do modelo de negócios.

Iniciando as análises pelo bloco da proposta de valor: os indicadores do segundo setor, que refletem o meio ambiente como receptor da atividade econômica, foram posicionados no espaço, que define a proposta de valor do negócio. De acordo com os objetivos estabelecidos, espera-se que tanto as emissões (K21) como os resíduos sólidos (K22) diminuam na atividade de produção de tecido com aplicação automotiva.

O posicionamento dos indicadores do setor 2, emissões de CO₂ e resíduos sólidos, revelando o meio ambiente como receptor de resíduos provenientes da atividade de manufatura (produção), está apoiado na premissa de que, sob o ponto de vista da sustentabilidade, toda empresa deve oferecer, como proposta de valor, iniciativas que gerem impacto ambiental positivo. A questão da tangibilidade dessas iniciativas pode ser a fronteira entre o empirismo qualitativo e a realização de ações concretas que contribuam virtuosamente ao meio ambiente. Ter a medida quantitativa dessa contribuição, tanto na fase de planejamento como na fase de implantação e gestão dessas ações, podem conduzir a empresa na definição de objetivos corporativos mais assertivos, oferecendo a possibilidade de realinhamento do plano de negócio do modelo econômico tradicional para um plano de negócio que seja a expressão de um modelo de negócio sustentável.

De acordo com o modelo 5 SEnSU, os setores 4 e 5 contemplam o comportamento da sociedade em conformidade com as operações do setor 3, assumindo o papel de fornecedor de recursos ao setor 3 ou como receptor dos benefícios ou consequências do setor 3, estabelecendo uma relação de troca que envolve fluxo monetário. A sociedade, como fornecedora de recursos ao setor 3, define o setor 4, e a sociedade como receptora dos benefícios ou consequências do setor 3 define o setor 5. Os indicadores adotados para identificar o setor 4 foram: força de trabalho (K41) e capacitação (K42). Os indicadores que revelam o comportamento do setor 5 são: salário (K51) e absenteísmo (K52).

Os indicadores do setor 1 foram posicionados no campo Recursos principais, a partir do entendimento de que a energia e a energia elétrica são os principais recursos que o segmento conta para oferecer a proposta de valor ao cliente, além de revelar mais um ponto de aderência entre a métrica intrínseca ao modelo 5 SEnSU e o desenho ou redesenho do modelo de negócios de uma organização que, nesse estudo, é ilustrado pelo segmento têxtil automotivo.

O indicador de empregos (K41) foi interpretado como sendo a atividade principal da empresa entendendo que, além de gerar lucro, é também função da empresa gerar empregos e subsistência da sociedade.

No espaço de parcerias principais, foi posicionado o indicador de capacitação (K42) por entender que a capacitação pode potencializar a oferta de emprego. A meta para o indicador de capacitação é que ela seja aumentada justamente para intensificar as chances de emprego mais qualificado no setor, abrindo as portas para um ciclo

virtuoso. Ainda, nesse espaço foram posicionados os indicadores de salário (K51) e absenteísmo (K52), retratando a sociedade como receptora do resultado da atividade econômica. O indicador de salário foi posicionado nesse espaço pois, assim como o indicador de capacitação, está relacionado ao emprego bem como o indicador de absenteísmo.

Para entregar o produto tecido automotivo para a sociedade, a empresa tem custos. Esses custos são representados pelo indicador (K32), consumo de tecido pela sociedade, e está posicionado no espaço de estrutura de custos do Canvas, abaixo da proposta de valor.

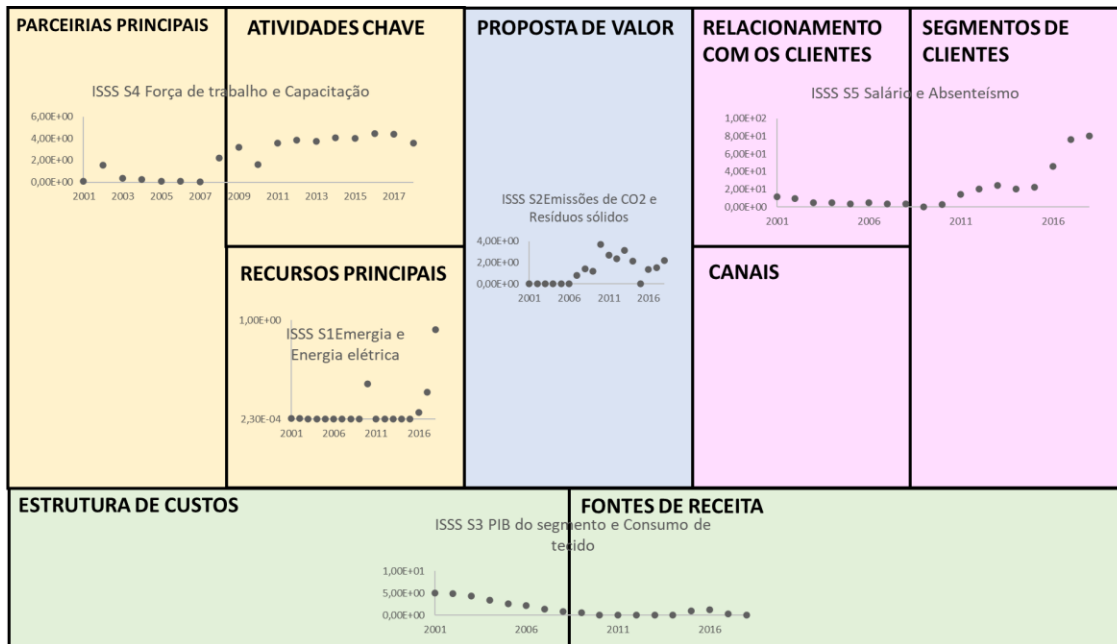
A unidade de produção gera receita com a venda do tecido automotivo, receita essa que contribui para o produto interno bruto do segmento, do setor e do país. No espaço do quadro de negócios, entre os campos estrutura de custos e fontes de receita, foram posicionados os indicadores do setor 3 (K31) e (K32) sendo, respectivamente, contribuição financeira do setor (PIB segmento têxtil automotivo) e consumo de tecido.

4.6 Sobreposição ISSS ao Canvas

O ISSS é um indicador que revela a distância que os indicadores utilizados no modelo estão da meta estabelecida, através da filosofia de Programação por Metas, nesse estudo usada como ferramenta o *Goal Programming*. De acordo com a definição das metas, estando alinhadas com os objetivos corporativos da empresa, é possível afirmar que o ISSS revela o quão longe ou perto a atividade corporativa real está do objetivo (ou meta) proposta.

Diante disso, a métrica quantitativa de análise da sustentabilidade proposta pelo modelo 5 SEnSU pode ser o elemento que permite a transição do modelo de negócio essencialmente econômico para a construção de uma proposta de valor, equilibrando o meio ambiente, a sociedade e a economia, de acordo com o diagnóstico de proximidade dos objetivos corporativos com os resultados dos indicadores que o ISSS oferece.

Imagem 35 – Sobreposição dos ISSS dos setores ao Canvas



Fonte: Autor, 2022.

O posicionamento dos indicadores do setor 5 foi feito atendendo aos três elementos à direita da proposta de valor, entendendo que o comportamento de consumo do cliente é reflexo do salário como recompensa do trabalho (emprego) e do poder de compra a ele dedicado. A sobreposição dos indicadores ao Canvas foi feita a partir do estabelecimento de um relacionamento entre os indicadores sociais do modelo 5 SEnSU e todo o bloco compreendido por: segmentos de clientes, canais e relacionamento com os clientes, como sendo um único bloco, associando todo o bloco à sociedade.

Analisando o comportamento do ISSS_{setor 5}, identifica-se, que a sociedade contemplada pelo bloco de clientes, apresenta a tendência de piora da sustentabilidade se afastando das metas estabelecidas aos indicadores do setor 5 gradativamente.

A sobreposição da camada quantitativa (5 SEnSU) ao Canvas, por meio do ISSS_{setor 1}, revela a tendência de aumento da emergia e energia elétrica no período de estudo, indicando que os indicadores se afastam das metas estabelecidas pelo modelo 5 SEnSU, gradativamente. Analisando o comportamento do ISSS_{setor 1} durante o período de estudo, é possível afirmar que o consumo de energia elétrica se afasta da meta estabelecida, provavelmente havendo desperdício de energia elétrica ao longo do processo e/ou obsolescência do parque fabril. Ainda em análise do campo

recursos principais, a emergia revela que a biosfera tende a trabalhar cada vez mais para incorporar energia ao tecido automotivo, sobrecarregando a necessidade de oferta de recursos do meio ambiente para a indústria representada pelo segmento têxtil automotivo.

No módulo que se refere à infraestrutura do Canvas, composta por: atividades chave, recursos principais e parcerias principais, foi posicionado o ISSS_{setor 4}, que revela o comportamento da sociedade como fornecedora da unidade de produção. ISSS_{setor 4} é representado pelos indicadores de força de trabalho e capacitação. Essa sobreposição foi feita com o intuito de ilustrar a condição de que, em melhorando as condições de infraestrutura do segmento, haverá cada vez mais clientes.

A sobreposição do ISSS_{setor 3} aos campos abaixo da proposta de valor, estrutura de custos e fontes de receita revela quanto custa para o segmento têxtil automotivo oferecer a proposta de valor ao cliente, além de como e quanto ganha dinheiro oferecendo a proposta de valor ao cliente. Analisando o gráfico do ISSS_{setor 3}, é possível afirmar que os indicadores se aproximam da meta estabelecida para o setor, gradativamente, revelando, com a diminuição do ISSS_{setor 3}, um aumento da sustentabilidade econômica do setor 3 ilustrado, o segmento têxtil automotivo.

Assumindo a hipótese de que o segmento têxtil automotivo adotou as mesmas premissas de objetivos e metas dos indicadores do modelo 5 SEnSU adotados nesse estudo, é possível proceder com as análises.

Iniciando com bloco proposta de valor: de acordo com ISSS_{setor 2}, revelando o comportamento do segmento, entre os anos de 2001 e 2018, é possível afirmar que as emissões de CO₂ tendem a aumentar, de acordo com panorama de análise criado, acompanhando o movimento do indicador de resíduos sólidos, que tende a aumentar. Esse aumento aponta para o lado oposto ao estabelecimento das metas. Diante disso, observa-se, que o segmento têxtil automotivo não apresenta ações que gerem impacto positivo ao meio ambiente no período compreendido entre 2001 e 2018. Ainda, há a tendência de distanciamento da meta, revelando a orientação de piora da sustentabilidade na proposta de valor do segmento, estando alinhada com o modelo 5 SEnSU e o Canvas para definição do modelo de negócio que precede o plano de negócios. Caso os elementos que compoñam meio ambiente, nesse estudo contemplado pelos indicadores do setor 2 (emissões de CO₂ e resíduos sólidos), estejam presentes na proposta de valor do segmento, esses elementos não parecem estar sendo realizados diante do comportamento do setor 2 no período de análise.

Os elementos posicionados à direita da proposta de valor do Canvas foram considerados como um bloco, que se relaciona com os indicadores sociais do modelo 5 SEnSU. Analisando a sobreposição do $ISSS_{\text{setor 4}}$ e do $ISSS_{\text{setor 5}}$ e, admitindo, hipoteticamente, que o segmento tenha adotado as metas estabelecidas para os indicadores dos setores 4 e 5 do modelo 5 SEnSU, é possível afirmar que o segmento não está entregando sua proposta de valor ao cliente e que, ou a sociedade não é percebida pelo cliente na proposta de valor da empresa, ou o segmento não considera gerar impacto positivo para sociedade.

Sobrepondo a camada de indicadores fornecida pelo modelo 5 SEnSU e, caso o segmento têxtil automotivo viesse a adotar premissas de sustentabilidade em sua proposta de valor e, caso essas premissas coincidissem com energia e energia elétrica de acordo com a sobreposição do $ISSS_{\text{setor 1}}$ na caixa de recursos principais, seria possível afirmar que os principais recursos que a empresa dispõe para criar e entregar valor ao cliente estão sendo utilizados ineficientemente. Há uma tendência de piora ou de afastamento das metas no $ISSS_{\text{setor 1}}$ a partir do ano de 2016. Tal resultado pode ser interpretado como o segmento não priorizando os recursos ambientais como energia e energia elétrica em sua proposta de valor ou, em caso contrário, que não estão sendo gerenciados e os objetivos não estão sendo atendidos. Caso o exemplo fosse real, haveria uma lacuna na construção da proposta de valor da empresa, no pilar ambiental, revelando a ausência de prioridade na definição do plano de negócios do segmento ou prioridade aquém da necessidade do segmento.

Sobrepondo o $ISSS_{\text{setor 5}}$ no campo de parcerias principais e o $ISSS_{\text{setor 4}}$ entre os campos parcerias principais e atividade chave, de acordo com os gráficos, interpreta-se que a sociedade, compondo o grupo de parcerias principais por meio dos indicadores de força de trabalho e capacitação, salário e absenteísmo, ao longo do período de estudo, apresenta distanciamento das metas estabelecidas pelo modelo 5 SEnSU gradativo, indicando piora da sustentabilidade desses setores, revelando, que o segmento têxtil automotivo não atende às necessidades da sociedade em emprego e capacitação, salários e absenteísmo e ainda que, de acordo com os resultados, não é uma prioridade a oferta de empregos como função social, estando esses elementos ausentes da proposta de valor do segmento ou aquém das necessidades da sociedade.

A sobreposição do $ISSS_{\text{setor 3}}$ entre os campos de estrutura de custos e fontes de receita revela que, caso o segmento, hipoteticamente, adotasse as metas definidas

pelo modelo 5 SEnSU para os indicadores (K31) e (K32), o segmento se deslocaria com o passar dos anos em direção a uma melhora gradativa da sustentabilidade do segmento. A melhora gradativa do segmento aponta para o fato de que o sucesso financeiro faz parte da proposta de valor da empresa contemplando, provavelmente, apenas a dimensão econômica sob pena das dimensões ambiental e social.

4.7 Variações do Canvas

Osterwalder e Pigneur (2011) propõem o Canvas tradicional que contempla, apenas, a dimensão econômica na construção da proposta de valor da empresa, nesse estudo representado pelo segmento têxtil automotivo.

Entendendo que o modelo tradicional proposto por Osterwalder e Pigneur (2011) era limitado, pois deixava de contemplar elementos socioambientais que deveriam participar do delineamento da proposta de valor da empresa, Joyce e Paquin (2016) propuseram uma ampliação de escopo do Canvas tradicional para o Canvas em três camadas. O Canvas em três camadas deveria contemplar, com o mesmo formato proposto originalmente, a camada econômica tradicional, e duas nova camadas, a ambiental e a social. Propuseram também a integração horizontal entre as camadas, o que ampliaria a atuação da empresa ou do segmento de negócio, sugerindo o equilíbrio na incorporação de iniciativas que envolvessem aspectos sociais, ambientais e econômicos à proposta de valor da empresa ou segmento. A integração vertical sugere a observação da equivalência entre os mesmos campos do quadro de negócios nas diferentes camadas.

Aplicando a proposta de Joyce e Paquin (2016) ao segmento têxtil automotivo, foram obtidos os resultados a seguir.

Imagem 36 – Camada econômica do Canvas em três camadas

PARCEIRIAS PRINCIPAIS <ul style="list-style-type: none"> Matriz e demais unidades espalhadas pelo mundo 	ATIVIDADES CHAVE <ul style="list-style-type: none"> Desenvolvimento de produtos baseados em briefing de clientes Produção em escala 	PROPOSTA DE VALOR <ul style="list-style-type: none"> Escala, com eficiência 	RELACIONAMENTO COM OS CLIENTES <ul style="list-style-type: none"> B2B 	SEGMENTOS DE CLIENTES <ul style="list-style-type: none"> Automotivo
	RECURSOS PRINCIPAIS <ul style="list-style-type: none"> Parque fabril Investimento matriz Intercâmbio com as demais plantas 		CANAIS <ul style="list-style-type: none"> EDI 	
ESTRUTURA DE CUSTOS <ul style="list-style-type: none"> Resultados operacionais 			FONTES DE RECEITA <ul style="list-style-type: none"> Comercialização de produtos 	

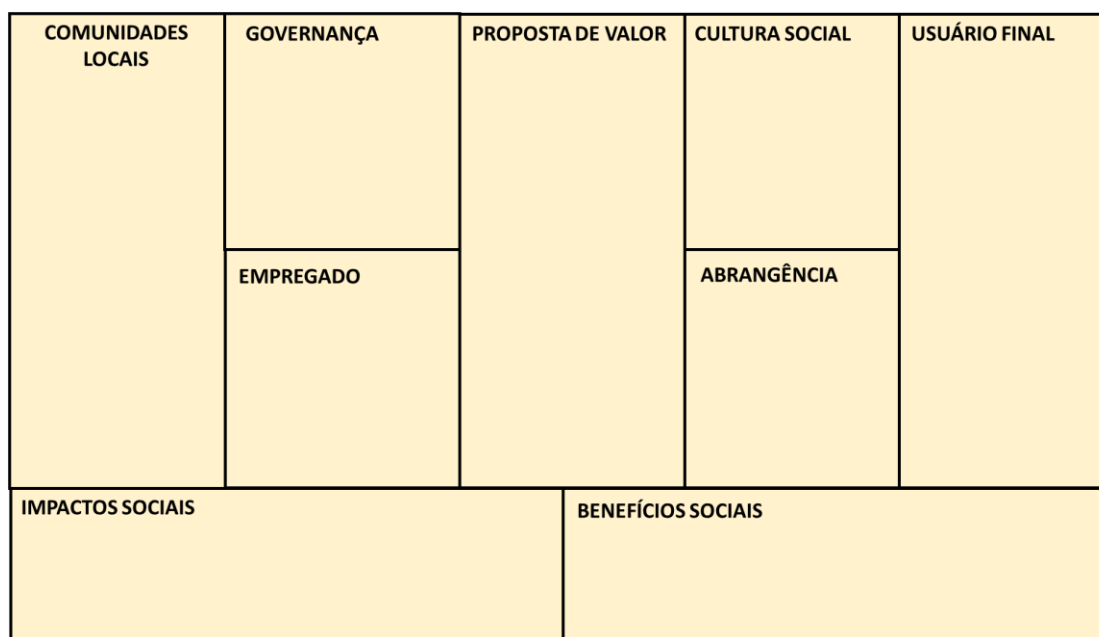
Fonte: Autor, 2022.

Imagem 37 – Camada ambiental do Canvas em três camadas

SUPRIMENTOS E TERCEIROS (fornecedores)	PRODUÇÃO	VALOR FUNCIONAL	FIM DE VIDA (descarte)	FASE DE USO DO PRODUTO
	MATERIAIS		DISTRIBUIÇÃO	
IMPACTOS AMBIENTAIS			BENEFÍCIOS AMBIENTAIS	

Fonte: Autor, 2022.

Imagem 38 – Camada social do Canvas em três camadas



Fonte: Autor, 2022.

O segmento têxtil automotivo não apresentou dificuldades em fornecer os dados para o preenchimento do Canvas tradicional, que contempla somente, a camada econômica. Porém, não foi possível preencher o Canvas das demais camadas, justamente em função de as camadas social e ambiental não fazerem parte do modelo de negócio e, como consequência, não participarem da construção da estratégia da empresa. Sendo a indústria automotiva o único cliente do segmento, este vai responder às suas exigências para se manter no mercado. O fato de atender as exigências dos clientes não garante que iniciativas socioambientais permeiem o planejamento estratégico da empresa.

Todavia, caso a empresa passe a ter o desejo de adequar sua a proposta de valor ao cliente, refazer o delineamento do seu modelo de negócio e redesenhar sua estratégia, dispenderia muitos recursos, tempo e investimento para promover essa transição. Teria que tatear no escuro, sem uma referência quantitativa que norteasse a transição de um modelo de negócios tradicional para um modelo de negócios sustentável que tenha, como uma das finalidades, equilibrar as dimensões social, ambiental e econômica.

Diante do fato de o segmento não possuir iniciativas que permitam o preenchimento das camadas social ambiental, não há possibilidade de promover integração vertical e horizontal, conforme propõe o modelo de Joyce e Paquin (2016).

Cardeal *et al.* (2020) entendem que o Canvas em três camadas de Joyce e Paquin (2016) é positivo no sentido de contemplar, igualmente, as dimensões social, econômica e ambiental, mas afirmam que a integração vertical e a horizontal tornam a aplicação do modelo complexa. Para fechar essa lacuna, propuseram a sobreposição das três camadas em uma única, dispensando, assim, a necessidade de integração vertical e horizontal no modelo que identificaram como Canvas Sustentável.

O Canvas Sustentável, conforme proposto por Cardeal *et al.* (2020), foi aplicado no segmento têxtil automotivo.

Imagem 39 – Camada Sustentável do segmento têxtil automotivo

PARCEIRIAS PRINCIPAIS	ATIVIDADES CHAVE	PROPOSTA DE VALOR	RELACIONAMENTO COM OS CLIENTES	SEGMENTOS DE CLIENTES	
Água, energia elétrica e resina (químicos)	Tecido automotivo	Não há	De acordo com requisitos do cliente	De acordo com requisitos do cliente	
Não há	De acordo com requisitos do cliente		Não há		
	Desenvolvimento de produtos baseados em briefing de clientes Produção em escala	Não há	B2B	Setor automotivo	
Matriz e demais unidades espalhadas pelo mundo	RECURSOS PRINCIPAIS		CANAIS		
	Energia e energia elétrica	Escala, com eficiência	De acordo com requisitos do cliente	Setor automotivo	
	De acordo com requisitos do cliente		Não há		
	Parque fabril Investimento matriz Intercâmbio com as demais plantas		EDI		
ESTRUTURA DE CUSTOS			FONTES DE RECEITA		
De acordo com requisitos do cliente	De acordo com requisitos do cliente	Resultados operacionais	De acordo com requisitos do cliente	De acordo com requisitos do cliente	Comercialização de produtos

Fonte: Autor, 2022.

O Canvas Sustentável sobrepõe as três camadas propostas por Joyce e Paquin (2016), achatando-as em uma única. A cor azul representa a camada econômica; amarela, a social; e, a verde, a ambiental.

Em análise, nota-se, que a cor azul, representando a camada econômica, é preenchida na sua totalidade. Na maioria dos blocos, as camadas social e ambiental são preenchidas com “De acordo com os requisitos do cliente”. Se o cliente, que no caso desse estudo é a indústria automotiva, não faz exigências, o fornecedor, diante do achatamento das margens, não se vê possibilitado ou motivado a fazer a transição do modelo de negócios do tradicional para o sustentável.

4.8 Canvas Métrico

O modelo 5 SEnSU é uma ferramenta quantitativa (estabelece um sistema de indicadores que seguem uma lógica definida), robusta (adota com regras de coerência clara) e multicritério (usa a filosofia de programação por metas). Por si só fecha diversas lacunas apresentadas pela literatura.

Diante disso, esse estudo propõe a combinação do Canvas com o modelo 5 SEnSU, apresentando o Canvas Métrico como ferramenta de suporte ao estabelecimento, transição e/ou consolidação do modelo de negócio sustentável. O Canvas Métrico é a sobreposição dos indicadores do modelo 5 SEnSU ao Canvas, criando uma segunda camada métrica ao Canvas tradicional. Essa segunda camada permite aos analistas e tomadores de decisão definir planos de ação mais assertivos, dimensionando recursos adequados de acordo com a distância que os indicadores estão das metas estabelecidas. A leitura dos indicadores vai contemplar e retroalimentar o Canvas Métrico, orientando ações e avaliando seu desempenho em fluxo contínuo.

Entretanto, sob a ótica da gestão, uma empresa tem questões de governança que envolvem *stakeholders*, clientes, concorrentes, e que acabam por definir sua imagem no mercado, imagem essa que pode influenciar o valor das ações quando a empresa for de capital aberto.

O Canvas Métrico não se propõe a definir os objetivos, metas e planos de ação que compõem a estratégia da organização, mas se propõe a orientar o dimensionamento dos recursos na construção e o desdobramento da estratégia de acordo com o desempenho do ISSS do sistema.

De acordo com a revisão bibliográfica, diante do alto volume do uso de recursos utilizado na indústria têxtil e do isomorfismo coercitivo desse setor, conforme descreve Abreu *et al.* (2012), o Canvas Métrico pode dar uma grande contribuição na construção e consolidação da sustentabilidade do setor que, diante da relevância do negócio no Brasil e no mundo, e com tendência de acentuado aumento da demanda, pode vir a apresentar, ainda que pontualmente, impacto positivo em toda cadeia. A indústria automotiva, assim como a têxtil, tem tendência de crescimento da demanda, grande representatividade macroeconômica e, em função do maior valor agregado ao produto, é uma indústria mais tecnológica, altamente lucrativa e com relevantes

questões sociais e ambientais pedindo solução. O Canvas Métrico também oferece potencial de geração de impacto positivo no universo da sustentabilidade.

4.9 Análise geral do setor

O segmento têxtil automotivo é um híbrido das Indústrias têxtil e automotiva, guardando assim características de ambas.

De acordo com os resultados encontrados, o segmento é carente em iniciativas ambientais e, principalmente, iniciativas sociais. O segmento mobiliza seus recursos de acordo com as exigências do cliente. A priorização de iniciativas ambientais, como a revisão de processos, substituição de materiais e matérias-primas, e adoção de práticas da produção mais limpa, são relativamente recentes na indústria automotiva, que está se familiarizando com esses processos e iniciativas com bastante dificuldade, de acordo com a literatura. O repasse desse novo modelo mental dá seus primeiros sinais com abrangência na dimensão ambiental. Como não há solicitação de iniciativas que contemplem a dimensão social por parte do cliente, ao menos como regra de negócio, cabe apenas à legislação vigente garantir reajuste de salário e outros benefícios constitucionais.

De acordo com os resultados do modelo 5 SEnSU, o segmento é sustentável apenas no setor 3, apresentando ISSS com tendência de queda. Já os demais setores apresentam o ISSS com tendência de crescimento, apontando para a insustentabilidade das dimensões ambiental e social. Tais afirmações indicam que, ao longo da série histórica, o segmento têxtil automotivo teve lucro, mas que esse lucro não foi compartilhado com sociedade e com o meio ambiente.

O painel de avaliação da sustentabilidade proposto por Giannetti *et al.* (2022), nesse estudo chamado de Kanban da sustentabilidade, aplicado ao segmento têxtil automotivo em série histórica, permite a análise do segmento a partir do ISSS. A memória de cálculo está no Apêndice M.

Em análise ao Kanban da sustentabilidade para o segmento têxtil automotivo, podemos entender que os três melhores anos para a sustentabilidade do segmento têxtil automotivo são 2009, 2007 e 2005, respectivamente, seguidos de 2006 e 2008. Os piores foram os anos de 2016, 2017 e 2018, respectivamente. Diante disso, é possível afirmar que o período de 2005 a 2009 foi o melhor momento da sustentabilidade do segmento têxtil automotivo. Esse período de estabilidade do

ISSS_{geral} do segmento coincide com o volume de produção crescente em um momento de grande demanda por bens e serviços por parte da sociedade, gerando aquecimento econômico.

O setor 1 apresenta estabilidade no seu alto nível de sustentabilidade entre os anos de 2001 e 2019 e entre os anos de 2011 e 2015. De 2001 a 2013, houve aumento do volume de produção e queda de 2013 e 2016. O ISSS_{geral} do segmento, até 2010, apresentou estabilidade, depois aumento. Esse comportamento revela que o meio ambiente forneceu recursos naturais, atendendo a solicitação da unidade de produção. Os anos de 2010, 2016 e 2017 apresentam médio nível de sustentabilidade no setor, indicando que a unidade de produção precisou de mais recursos do que a renovabilidade natural é capaz de assimilar. Esses anos coincidem com alta de produção do segmento e projeção de aumento do ISSS_{geral} do segmento. O ano de 2018 possui baixa sustentabilidade, indicando que, nesse ano, a unidade de produção retirou recursos do meio ambiente que o agrediram e o comprometeram, indicando degradação ambiental. Esse foi um ano de aumento de produção e aumento acentuado do ISSS_{geral} do segmento.

O setor 2 apresenta um comportamento bem menos estável que o setor 1, de acordo com as premissas adotadas para classificação da série histórica em termos de sustentabilidade. Os melhores anos para classificação de sustentabilidade do setor 1 foram 2009, 2007 e 2005 respectivamente. Os piores, 2016, 2017 e 2018, respectivamente. O período de alta sustentabilidade para o setor 2 se concentra no período compreendido entre 2001 e 2007 e, pontualmente, em 2015. O período de 2001 a 2007 apresenta aumento do volume de produção e estabilidade do ISSS_{geral} do segmento. No ano de 2015, observa-se uma queda brusca no volume de produção e aumento acentuado do ISSS_{geral} do segmento. No período de 2008 e 2009, de média sustentabilidade, há um aumento de produção e o ISSS_{geral} do segmento. No ano de 2016, o volume de produção apresenta aumento e o ISSS_{geral} do segmento revela um grande aumento, indicando piora acentuada na sustentabilidade do setor. O baixo nível de sustentabilidade para o setor 2 está concentrado entre os anos de 2010 e 2014 e, depois, se repete nos anos de 2017 e 2018. Ambos os períodos apresentam aumento de produção, exceto o ano de 2014 e o ISSS_{geral} do segmento, a partir de 2010, projeta aumento acentuado. Observa-se que o ISSS_{geral} do segmento se mantém estável no aumento de volume de produção. Quando há estabilidade da produção, o ISSS_{geral} projeta um aumento e, quando há queda no volume de produção,

o ISSS_{geral} do segmento aumenta acentuadamente. Esse comportamento permite afirmar, nesse estudo, que o ISSS_{geral} do segmento se mantém estável com o aumento do volume de produção ou quando há aquecimento da economia. Esse desempenho deve estar associado com o volume de dinheiro que circula nas organizações. Esse fato é confirmado na ocasião da estabilidade da produção, quando pode haver redirecionamento dos investimentos preterindo o meio ambiente e aumentando o ISSS_{geral} do segmento. O padrão de desinvestimento no meio ambiente se consolida nos anos de 2017 e 2018 e, mesmo com aumento do volume de produção, o aumento do ISSS_{geral} do segmento carrega a inércia dos anos anteriores de desinvestimento para o meio ambiente.

O setor 3, que representa a indústria têxtil de tecido automotivo, tem seu melhor desempenho de sustentabilidade nos anos de 2005, 2007 e 2009, respectivamente, e pior em 2016, 2017 e 2018. A classificação da sustentabilidade no período apresenta a seguinte situação: o período de 2007 a 2018 revela 12 anos de bom nível e sustentabilidade para unidade de produção, revelando que os resultados (lucro) obtidos nesse período foram virtuosos, em oposição aos setores 1 e 2 que não apresentam essa estabilidade positiva da sustentabilidade em 12 anos consecutivos. Esse período revela aumento de produção, exceto entre os períodos de 2013 a 2016. O ISSS_{geral}, para esse período e até 2010, apresenta estabilidade; após isso, crescimento acentuado. Esse comportamento releva que a sustentabilidade econômica do setor não está relacionada com ISSS_{geral}, uma vez que o aumento desse indicador revela a insustentabilidade de todo o segmento, não apenas do setor 3. A indústria em si, a unidade de produção, teve seu desempenho econômico em ascensão nesse período, em detrimento aos demais setores. Os anos de 2005 e 2006 foram classificados como de média sustentabilidade. Nesse período, a produção teve crescimento e o ISSS_{geral} do segmento manteve-se estável. Nos anos de 2001 a 2004, a classificação e sustentabilidade foram baixas. Nesse período, a produção estava em crescimento, e o ISSS_{geral} do segmento estável.

O setor 4 apresenta melhor classificação de sustentabilidade no período compreendido entre os anos de 2001 e 2007 e, depois, em 2010. Esse período apresenta movimento de aumento da produção do segmento e estabilidade do ISSS_{geral} do segmento. Indica que o fornecimento de recursos por parte da sociedade para a unidade de produção apresenta equilíbrio. Indica que há oferta de emprego no setor e que a mão de obra apresenta capacitação adequada. O ano de 2008 apresenta

nível médio de sustentabilidade para o setor, pronunciando uma tendência de ruptura no equilíbrio entre a oferta de emprego do setor e a capacitação da mão de obra. Pode ser traduzido como provável desemprego nesse ano e, em virtude desse desemprego, falta de qualificação comprometendo a capacitação. Esse traço marcante coincide com a crise imobiliária americana em 2008. Nesse ano, há aumento da produção e estabilidade no ISSS_{geral} do segmento. Os anos de 2009, 2011 e 2018 apresentam baixa classificação de sustentabilidade. O desemprego pode ter se apresentando mais intenso nesse período, concordando com a tendência de queda na oferta de emprego apresentada no ano de 2008 com média sustentabilidade para o setor 4. Nos anos de 2009 e 2011, a economia local sentiu os efeitos da crise imobiliária americana, apesar do aumento de produção e aumento do ISSS_{geral} do segmento. O ano de 2018 também apresenta aumento no volume de produção e aumento acentuado do ISSS_{geral} do segmento. A baixa classificação da sustentabilidade para o ano indica que houve desemprego e provável comprometimento da qualidade da capacitação da mão de obra no segmento.

O setor 5, que revela a sustentabilidade da sociedade em termos de salários e absenteísmo, apresenta um único ano com classificação da sustentabilidade alta, em 2009. Entende-se que, mesmo havendo desemprego nesse ano e mantido o nível de reajuste de salários, pode ter havido algum tipo de programa de capacitação das entidades de classe para recuperação do emprego. O setor apresenta 13 anos consecutivos com média sustentabilidade, indicando que os salários são reajustados conforme negociação do sindicato da categoria e, durante toda a série histórica, o piso salarial é de 1,67 salários-mínimos. Esse período é compreendido entre os anos de 2001 e 2015, exceto o ano de 2009. Cabe ressaltar que o poder de compra do salário não está relacionado apenas à quantidade de dinheiro que o salário traz, mas sim o quanto é possível comprar com esse dinheiro, condição que tem relação direta com economia da região ou do país. Os anos com classificação de baixa sustentabilidade são os de 2016, 2017 e 2018. Esse período tem como característica econômica a lentidão da recuperação dos efeitos da crise imobiliária americana de 2008 e a crise político-econômica interna. O cenário econômico do país não comprometeu o índice de reajuste salarial do segmento, mas comprometeu a poder de compra do trabalhador apresentando um descompasso entre o salário do segmento e seu poder de compra.

5. CONCLUSÃO

Diante da oferta de modelos consistentes e robustos como o 5 SEnSU e o Canvas, esse estudo apresenta o Canvas Métrico com o objetivo de fechar as lacunas já citadas e, ao mesmo tempo, oferecer uma proposta que aproveite os pontos fortes de ambos os modelos apoiados pelo tripé da sustentabilidade, envolvendo a sociedade, meio ambiente e a economia.

O Canvas Métrico é a combinação do Canvas tradicional com o modelo 5 SEnSU. Os indicadores do modelo 5 SEnSU formam uma camada métrica e quantitativa que se sobrepõe ao Canvas tradicional, qualitativo.

O Canvas Métrico mostra que é possível incorporar uma métrica ambiental multicritério e quantitativa (modelo 5 SEnSU), à estratégia das organizações (Canvas), auxiliando no movimento de transição de modelos de negócios tradicionais para modelos de negócios mais sustentáveis dimensionando recursos adequados às necessidades do período, de acordo com o ISSS, no melhor tempo possível.

O modelo permite a avaliação da sustentabilidade de um sistema qualquer, que pode ser uma grande empresa, uma fração dela ou um pequeno comércio. Essa avaliação inicial oferece um diagnóstico da sustentabilidade do sistema dentro das premissas de avaliação propostas pelo analista (definição dos objetivos e metas. Uma maneira de ilustrar esse diagnóstico é o Kanban da Sustentabilidade sugerindo priorização de ações de acordo com o desempenho dos indicadores adotados.

O segmento têxtil automotivo, em aplicando o modelo do Canvas Métrico, pode ter o respaldo de um instrumento de avaliação da sustentabilidade oferecido pelo modelo 5 SEnSU para redimensionar seus recursos na redução do ISSS geral do segmento de acordo com os resultados obtidos. Deveria promover planejamento específico de recursos de acordo com a leitura do ISSS. Quanto mais longe o ISSS estiver da meta, mais recursos devem ser mobilizados para trazer o ISSS para mais próximo possível da meta. De acordo com os resultados, o segmento deveria investir prioritariamente na equiparação salarial com outros setores. Diante do deslocamento da oferta de empregos em virtude da automação industrial, poderia criar parcerias com escolas técnicas de capacitação e criação ou manutenção de habilidades e competências nos colaboradores que trouxessem a possibilidade de recuperação e manutenção do emprego nesse segmento. O segmento poderia, em seguida, ou ao mesmo tempo, dosar recursos de acordo com a prioridade de ação, tomar iniciativas

que contemplassem o meio ambiente. Simultaneamente, com a mobilização de recursos adequada à prioridade, e a adoção das premissas de produção mais limpa nos processos produtivos, teriam relevantes resultados. Por fim, iniciativas deveriam ser respaldadas pela alta administração, fazendo uso dessas iniciativas para retroalimentar o ESG, *environmental, social, and corporate*, e/ou compartilhar com os *stakeholders*.

5.1 Propostas para trabalhos futuros

Apesar de esse estudo ter usado o segmento têxtil automotivo como sistema de estudo, o Canvas Métrico é uma ferramenta flexível e que pode atender a todos segmentos de negócios. Aplicando a ferramenta a um processo específico, uma empresa ou a todo um segmento de mercado, a ferramenta permite combinações diferentes. Por exemplo, nessa ocasião, o ISSS_{setor 2}, representado pelos indicadores de emissão de CO₂ e resíduos sólidos como proposta de valor no Canvas. Todavia, a ferramenta permite a troca ou inclusão de um outro ISSS setorial para efeito de simulação ou adequação à estratégia da empresa ou do segmento. Caso a proposta de valor viesse a ser o ISSS_{setor 1} constituído por energia e energia elétrica, a estratégia da empresa estaria voltando a atenção ao meio ambiente como receptor de resíduos e suas consequências.

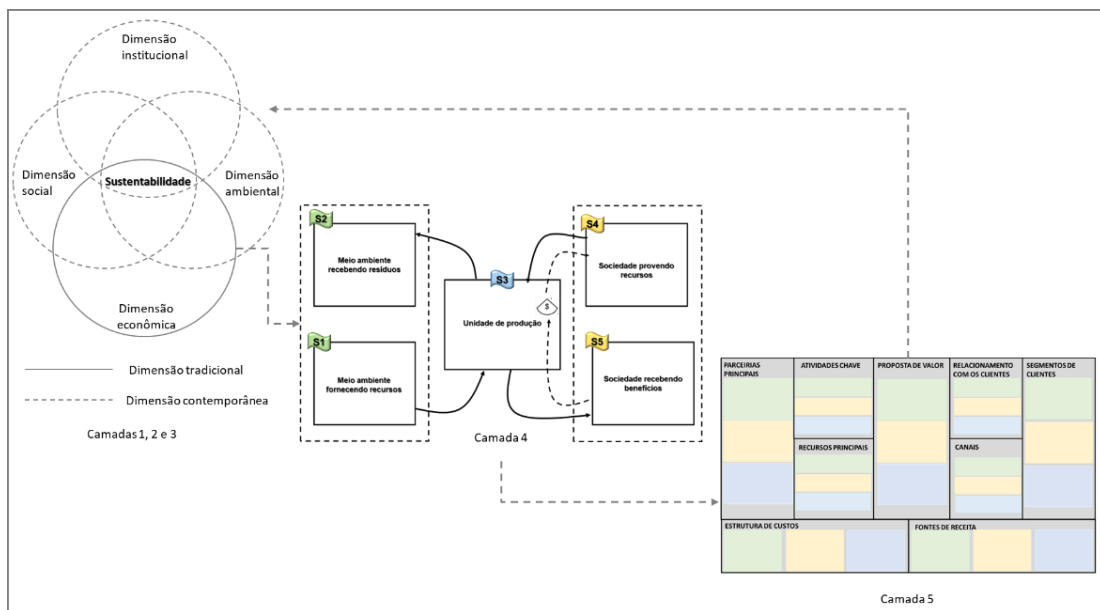
Estabelecendo um horizonte para maturidade do modelo, é sugerido, como proposta para trabalhos futuros, a ampliação do escopo do Canvas Métrico, migrando do tripé para o quadripé da sustentabilidade, a fim de tornar o Canvas Métrico parte integrante não só do desenvolvimento da estratégia, mas como elemento de gestão corporativa, alimentando e retroalimentando ações de governança. Essa nova e ampliada versão do Canvas Métrico seria dedicada à gestão como uma versão mais abrangente dedicada a governança, o Canvas Métrico Corporativo, CMC.

A publicação da *Commission on Sustainable Development*, CSD da ONU, em 2005, apresenta quatro dimensões da sustentabilidade: a social, a ambiental, a econômica e a institucional, de acordo com o Portal das Nações Unidas (2022). Esse painel tetradimensional é compartilhado por Freire e Ufs (2009) e Salvado *et al.* (2015).

5.1.1 Quadripé da sustentabilidade

O Canvas Métrico Corporativo adota o quadripé da sustentabilidade como sistema de fronteiras, incorporando a dimensão corporativa a esse modelo ampliado. Seria uma métrica quantitativa e multicritério de avaliação ambiental. O Canvas atua como cenário dinâmico, suportado pelo modelo 5 SEnSU, trazendo para empresa vantagem competitiva ao mesmo tempo, que a conduz a uma condição mais sustentável no estabelecimento de suas políticas corporativas, na gestão de suas operações e ações de governança.

Imagem 40 – Canvas Métrico Corporativo

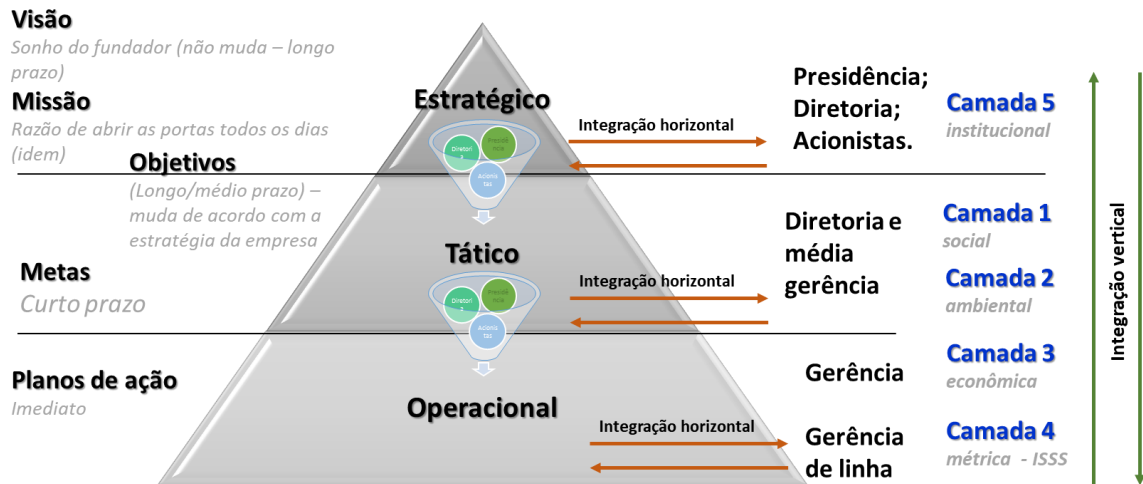


Fonte: Autor, 2022.

O Canvas Métrico Corporativo não se propõe a definir os objetivos, metas e planos de ação que compõem a estratégia da organização, mas se propõe a dimensionar os recursos na construção e desdobramento da estratégia de acordo com o desempenho do ISSS do sistema, tanto para a gestão como para a governança.

Cardeal *et al* (2020) propõem o Canvas sustentável, que consiste no achatamento das três camadas proposta por Joyce e Paquin (2016), dispensando a integração horizontal e vertical por conta da complexidade de aplicação. A presença da camada institucional promove, naturalmente, a integração vertical, e as demais camadas promovem a integração horizontal, conforme imagem 41.

Imagem 41 – Integração do Canvas Métrico Corporativo com o planejamento estratégico integrando a estrutura organizacional horizontal e verticalmente



Fonte: Autor, 2022.

De acordo com a revisão bibliográfica, diante do alto volume do uso de recursos utilizado na indústria têxtil e do isomorfismo coercitivo de Abreu *et al.* (2012), o Canvas Métrico Corporativo pode dar uma grande contribuição na construção e consolidação da sustentabilidade do setor que, diante da relevância do negócio no Brasil e no mundo, e com tendência de acentuado aumento da demanda, pode vir a gerar, ainda que pontualmente, impacto positivo em toda cadeia. A indústria automotiva, assim como a têxtil, tem tendência de crescimento da demanda, grande representatividade macroeconômica e, em função do maior valor agregado do produto, é uma indústria mais tecnológica, altamente lucrativa e com relevantes questões sociais e ambientais pedindo solução ou adequação. O Canvas Métrico Corporativo também pode oferecer potencial de geração de impacto positivo no universo da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, F.; SILVA, T. R.; ALMEIDA, C. M.V.B; LIU, G.; GIANNETTI, B. F. *Sustainability assessment procedure for operations and production processes (SUAPRO)*. **Science of the Total Environment**, v. 685, p. 1006-1018, 2019.

ALBO, Y; LANIR, J.; BAK, P.; RAFAELI, S. *Off the Radar: Comparative Evaluation of Radial Visualization Solutions for Composite Indicators*. **IEEE transactions on visualization and computer graphics**, v. 22, nº 1, 2016.

ANFAVEA. **Linha do tempo**: acompanhe a história da indústria automotiva brasileira. Acompanhe a história da indústria automotiva brasileira. Disponível em: <https://anfavea.com.br/site/historia-da-industria-automotiva/>. Acesso em: 27 out. 2022.

BOCKEN, N.M.P.; SHORT, S.W.; RANA, P.; EVANS, S. *A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes*. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 42-56, 2014.

BRILLINGER, A.; ELS, C.; FER, B.; BENDER, B. *Business model risk and uncertainty factors: Toward building and maintaining profitable and sustainable business models*. **Kelley School of Business, Indiana University**, v. 63, p. 121-130, 2020.

BRUNELLA, V.; ALBINI, G.; GUIDO LAMBERTINI, V. G.; PLACENZA, B. *Hollow Section Fibers Characterization for Seats Covers Fabric Application*. **Polymeric and Composite Materials**, v. 7, a. 243, 2020.

ALMEIDA, C. M. V. B.; MADUREIRA, A.; BONILLA, S. H.; GIANNETTI, B. F. "Assessing the replacement of lead in solders: effects on resource use and human health". **Journal of Cleaner Production**. São Paulo, 2012.

CAI, Y; CHOI, T. *A United Nations' Sustainable Development Goals perspective for sustainable textile and apparel supply chain management*. **Transportation Research Part E**, v. 141, p. 102010, 2020.

CANO, Wilson. *A desindustrialização no Brasil: transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. 2012. Disponível em: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/291/89/PDF/N1529189.pdf?OpenElement>. Acesso em: 12 nov. 2022.

CARDEAL, G.; HÖSE, K.; RIBEIRO, I.; GÖTZE, U. *Sustainable Business Models–Canvas for Sustainability, Evaluation Method, and Their Application to Additive Manufacturing in Aircraft Maintenance*. **Sustainability**, v. 12, a. 9130, 2020.

CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ. **Emissão de Gases de Efeito Estufa – 2050: Implicações Econômicas e Sociais do Cenário de Plano Governamental**. Disponível em: <file:///C:/Users/crise/OneDrive/Documentos/Unidade%20de%20USB/DOUTORADO>

[%20-%20meio%20ambiente/Projeto/emiss%C3%B5es%20setor%20textil.....pdf.](#)

Acesso em: 17 nov. 2022.

CESAR DA SILVA, P.; OLIVEIRA NETO, G.; CORREIA, J. M. F.; TUCCI, H. *Evaluation of economic, environmental and operational performance of the adoption of cleaner production: Survey in large textile industries.* **Journal of Cleaner Production**, v 278, 123855, 2021.

CHOURASIYA, R.; PANDEY, S.; MALVIYA, R. K. *Developing a framework to analyze the effect of sustainable manufacturing adoption in Indian textile industries.* **Cleaner Logistics and Supply Chain**, v. 4, 100045, 2022.

CONTÁBEIS. **TABELAS SALÁRIO-MÍNIMO DE 1994 A 2022.** 2022. Disponível em: <https://www.contabeis.com.br/tabelas/salario-minimo/>. Acesso em: 03 nov. 2022.

DUDEK-BURLIKOWSKA, M. *Quality estimation of process with usage control charts type X-R and quality capability of process Cp, Cpk.* **Journal of materials processing technology**, v. 162-163, p. 736-743, 2005.

FGV. **IGP-M: Resultados 2022.** 2022. Disponível em: <https://portal.fgv.br/noticias/igpm-resultados-2022>. Acesso em: 03 nov. 2022.

FRANÇA, C. L.; BROMAN, G.; ROBERT, K; BASILE, G.; TRYGG, L. *An approach to business model innovation and design for strategic sustainable development.* **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 155-166, 2017.

GAI, Y.; QIAO, Y.; DENG, H.; WANG, Y. *Investigating the eco-efficiency of China's textile industry based on a firm-level analysis.* **Science of the Total Environment**, v. 833 p. 155075, 2022.

GARCÍA-MUIÑA, E.; MEDINA-SALGADO, M. S.; FERRARI, A. M.; CUCCHI, M. *Sustainability Transition in Industry 4.0 and Smart Manufacturing with the Triple-Layered Business Model Canvas.* **Sustainability**, v. 12, a. 2464, 2020.

GIANNETTI, B. F.; SEVEGNANI, F.; ALMEIDA, C.M.V.B.; AGOSTINHO, F.; MORENO GARCÍA, R.; LIU, G. *Five sector sustainability model: A proposal for assessing sustainability of production systems.* **Ecological Modelling**, v. 406, p. 98-108, 2019.

GIANNETTI, B.F.; SEVEGNANI, F.; GARCÍA, R. M.; AGOSTINHO, F.; ALMEIDA, C.M.V.B.; COSCIEME, L.; LIU, G.; LOMBARDI, G. V. *Enhancing the Assessment of Cleaner Production Practices for Sustainable Development: The Five-Sector Sustainability Model Applied to Water and Wastewater Treatment Companies.* **Sustainability**, v. 14, a. 4126, 2022.

GIANNETTI, B.F.; SEVEGNANI, F.; ALMEIDA, C.M.V.B.; AGOSTINHO, F.; GARCÍA, R. R. M.; LIU, G. *Five sector sustainability model: A proposal for assessing sustainability of production systems.* **Ecological Modelling**. v.406, 98–108, 2019.

GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C.M.V.B.; AGOSTINHO, F.; SULIS, F.; COSCIEME, L.; PULSELLI, F.M.; BASTIANONI, S.; MARCHETTINI, N.; TIEZZI, E. *Turning pioneering*

into modern ideas: times, Eco dynamics and sustainable economy. **Ecological Modelling**, v. 431, 2020.

GOMES, J. G. C.; OKANO, M. T.; GUERRA, R. S.; CORDEIRO, D. S.; SANTOS, H. C. L.; FERNANDES, M. E. *Analysis of Sustainable Business Models: Exploratory Study in Two Brazilian Logistics Companies*. **Sustainability**, v. 14, a. 694, 2022.

GONDA, J.; GRUBNIC, S.; HERZIG, C.; MOON, Jeremy. *Configuring management control systems: Theorizing the integration of strategy and sustainability*. **Management Accounting Research**, v. 23, p. 205-223, 2012.

GRITE. **Distribuição normal**. Disponível em: <https://gritesolucoes.com.br/blogdagrite/o-que-e-six-sigma/>. Acesso em: 17 nov. 2022.

HICYILMAZ, A.; ALTIN, Y.; BEDELOGLU, A. *Polyimide-coated fabrics with multifunctional properties: Flame retardant, UV protective, and waterproof*. **Journal of Applied Polymer**, a. 47616, 2019.

IBGE. **Em 2016, PIB chega a R\$ 6,3 trilhões e cai 3,3% em volume**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/22936-em-2016-pib-chega-a-r-6-3-trilhoes-e-cai-3-3-em-volume>. Acesso em: 03 nov. 2022.

Ipeadata. **Taxa de câmbio - R\$ / US\$ - comercial - venda - média**. Anual de 1889 até 2021. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=31924>. Acesso em: 17 nov. 2022.

JOYCE, A.; PAQUIN, R. L. *The triple layered business model Canvas: A tool to design more sustainable business models*. **Journal of Cleaner Production**, v. 135, p. 1474-1486, 2016.

KIRST, R. W.; BORCHARDT, M.; CARVALHO, M. N. M.; PEREIRA, G. M. *Best of the world or better for the world? A systematic literature review on benefit corporations and certified B corporations' contribution to sustainable development*. **Wiley**, v. 28, p. 1822-1839, 2021.

LAGE JUNIOR, M.; GODINHO FILHO, M. *Variations of the Kanban system: Literature review and classification*. **Int. J. Production Economics**, v. 125, p. 13-21, 2010.

LI, X.; WANG, L.; DING, X. *Textile supply chain waste management in China*. **Journal of Cleaner Production**, v. 289, p. 125147, 2021.

LIMA, S. A. H.; ANTONYA, J.; ALBLIWI, S. *Statistical Process Control (SPC) in the food industry e A systematic review and future research agenda*. **Trends in Food Science & Technology**, v. 37, p. 137-151, 2014.

LIU, G.; YANG, Z.; CHEN, B.; & ULGIATI, S. *Emergy-based dynamic mechanisms of urban development, resource consumption and environmental impacts*. **Ecological Modelling**, v. 271, p. 90-102, 2014.

LUO, Y.; SONG, K.; DING, X.; WU, X. *Environmental sustainability of textiles and apparel: A review of evaluation methods*. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 86, 106497, 2021.

Ministério do trabalho e do emprego. **NR 15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES**: limites de tolerância para exposição ao calor. LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA EXPOSIÇÃO AO CALOR. ANEXO N.º 3. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-15-anexo-03.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2022.

MORENO GARCÍA, R.; GIANNETTI, B. F.; AGOSTINHO, F.; ALMEIDA, C.M.V.B.; SEVEGNANI, F.; PÉREZ, K. M. P.; VELÁSQUEZ, L. *Assessing the sustainability of rice production in Brazil and Cuba*. **Journal of Agriculture and Food Research**, v.4, a. 100152, 2021.

ODUM, H.T. *Environmental Accounting: Emery and Environmental Decision Making*. United States: **Wiley**. 1996. 384 pages. ISBN-13: 978-0471114420.

OLHAN, S.; KHATKAR, V.; BEHERA, B. K. Review: *Textile-based natural fibre-reinforced polymeric composites in automotive lightweighting*. **J Mater Sci**, v. 56, p. 18867–18910.

ONU (Estados Unidos). *Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015: transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Disponível em: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/291/89/PDF/N1529189.pdf?OpenElement>. Acesso em: 12 nov. 2022. ONU. **Peace, dignity and equality on a healthy planet**. Disponível em: https://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/isdms2001/table_4.ht. Acesso em: 03 nov. 2022.

Osterwalder, A.; Pigneur, Y., 2010. **Business Model Generation: a Handbook for Visionários, modificadores de jogo e desafiadores**. John Wiley & Sons.

Osterwalder, A.; Pigneur, Y., 2011. Alinhando lucro e propósito por meio dos negócios inovação do modelo. **Práticas de Gestão Responsável para o Século 21**, p. 61-76.

Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>. Acesso em: 27 out. 2022.

PATTI, A.; CICALA, G.; ACIERNO, D. *Eco-Sustainability of the Textile Production: Waste Recovery and Current Recycling in the Composites World*. **Polymers**, v. 13, p. 134, 2021.

ROSSI, E.; BERTASSINI, A. C.; FERREIRA, C. S.; AMARAL, W. A. N.; OMETTO, A. R. *Circular economy indicators for organizations considering sustainability and business models: Plastic, textile and electro electronic cases*. **Journal of Cleaner Production**, v. 247, a. 119137, 2020.

SÁ DE ABREU, M.; CASTRO, F.; SOARES, F.; SILVA FILHO, J. C. *A comparative understanding of corporate social responsibility of textile firms in Brazil and China. Journal of Cleaner Production*, v. 20, p. 119-126, 2012.

SAIDANI, M., YANNOU, B., LEROY, Y., CLUZEL, F., KENDALL, A. *A taxonomy of circular economy indicators. Journal of Cleaner Production*, v. 2017, p. 542-559, 2019.

SALVADO, M. F.; AZEVEDO, S. G.; MATIAS, J. C. O.; FERREIRA, L. M. *Proposal of a Sustainability Index for the Automotive Industry. Sustainability*, v. 7, p. 2113-2144, 2015.

SANTOS, M.S.; FERRARI, L.R.; FIGUEIREDO, M.G. *Compilação de técnicas de prevenção à poluição para indústria têxtil*. 2.ed. São Paulo: CETESB, 2001. (Manuais Ambientais).

SÃO PAULO. FI GROUP. **Lei 13.755**: rota 2030. Rota 2030. Disponível em: <https://www.rota2030.com.br/rota-2030-inovacao/>. Acesso em: 27 out. 2022.

SATYRO, W. C.; SACOMANO, J. B.; CONTADOR, J. C., ALMEIDA, C.M.V.B., GIANNETTI, B. F. *Process of strategy formulation for sustainable environmental development: Basic model. Journal of Cleaner Production*, v. 166, p. 1295-1304, 2017.

SIDDIQUI, Y. A.; SAIF, A. A.; CHEDED, L.; ELSHAFEI, M.; RAHIM, A. *Integration of multivariate statistical process control and engineering process control: a novel framework. Int J Adv Manuf Technol*, v. 78, p. 259-268, 2015.

Sinditêxtil. *Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil – Serie P+L*. São Paulo, 2009.

Sinditêxtil. *Indicadores de Desempenho Ambiental do Setor Têxtil*. São Paulo, 2009.

SLACK, N. et al. *Administração da Produção*. Editora Atlas, 2018. São Paulo.

SOUSA, A. O papel da distribuição normal na estatística. **Correio dos Açores**, 2019.

STOYCHEVA, S.; MARCHESE, D.; PAUL, C.; SARA PADOAN, S.; JUHMANI, A.; IGOR LINKOV, I. *Multi-criteria decision analysis framework for sustainable manufacturing in automotive industry. Journal of Cleaner Production*, v. 187, p. 257-272, 2018.

TERRA DOS SANTOS, L. C.; GIANNETTI, B. F.; AGOSTINHO, F.; ALMEIDA, C. M. V. B. *Using the five sectors sustainability model to verify the relationship between circularity and sustainability. Journal of Cleaner Production*, v. 366, a. 132890, 2022.

TÊXTEL SÃO SEBASTIÃO. <https://textilsaosebastiao.com.br/industria-textil-aplicacao-de-solucoes-texteis-na-industria-automotiva/>. 2014. Disponível em:

<https://textilsaosebastiao.com.br/industria-textil-aplicacao-de-solucoes-texteis-na-industria-automotiva/>. Acesso em: 03 nov. 2022.

ULGIATI, S.; BROWN, M. T. “*Labor and Services as Information Carriers in Emergy LCS Accounting*”. ***Journal of Environmental Accounting and Management***, Julho 2014.

VIGLIA, S.; CIVITILLO, D. F.; CACCIAPUOTI, G.; ULGIATI, S. *Indicators of environmental loading and sustainability of urban systems. An emergy-based environmental footprint*. ***Ecological indicators***, v. 94, p. 82-99, 2018.

WIKILIVROS. **Poder calorífico de alguns materiais**. Disponível em: https://pt.wikibooks.org/wiki/Ficheiro:Poder_calorifico_de_alguns_materiais.png. Acesso em: 17 nov. 2022.

XU, H.; DENG, Y. *Dependent Evidence Combination Based on Shearman Coefficient and Pearson Coefficient*. ***IEEE***, v. 6, p. 11634-11640, 2018.

ZHIYONG, L.; HONGDONG, Z.; RUILI, Z.; KEWEN, X.; QIANG, G.; YUHAI, L. *Fault Identification Method of Diesel Engine in Light of Pearson Correlation Coefficient Diagram and Orthogonal Vibration Signals*. ***Mathematical Problems in Engineering***, a. 2837580, 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE A – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA CONTABILIDADE AMBIENTAL EM EMERGIA (INVENTÁRIO)

FASE DE INTRODUÇÃO

LINHA 1 – Tabela de emergia – Aço (construção + máquinas)

Considerações: A fábrica conta com três galpões na área de manufatura a saber:

Para o “aço de construção” foi considerado:

Galpão da área de produção têxtil – Galpão 1

Região onde estão os teares e os recursos relacionados a fabricação do tecido considerando suas várias tecnologias.

1- Área construída: 13.235,81 m²

a- 132,36 m

2- Pé direito: 8,00 m

3- Para estrutura de concreto

a- Espessura do piso: 0,20 m

b- Dimensão do bloco: 14x19x54 cm

4- Teto estilo fábrica

5- Foi considerada uma estrutura de 100x132,36 m

6- Comprimento de 464,32

a- $(100*2) + (132,36*2) = 464,32$ m

7- Sapatas com 8 m (sapatas de 0,5 x 0,5 x 1,00 m)

a- $\text{Comprimento}/8 = 464,32/8 = 58,09$ unidades

8- Porta de 5 x 4 m

9- Concreto

a- $(\text{Sapata com 8 m}) * 0,5*0,5*1 = 58,09*0,5*0,5*1 = 14,5225$ m³ de concreto

Tabela 18 – Levantamento de material do Galpão Têxtil – Fase de introdução

Item	GALPÃO TÊXTIL (Galpão 1)		
	MATERIAL	QUANTIDADE	UNIDADE
1.1	CONCRETO ESTRUTURAL PARA ESTRUTURAS NÃO SUJEITAS A CONTATO COM ÁGUA E ESGOTO, FCK = 25 MPA	2.661,68	M³
1.2	CONCRETO NÃO ESTRUTURAL - MÍNIMO 210 KG DE CIMENTO/M³	incluso no bloco	M³
1.3	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO	517,69	M³
1.4	ARMAÇÃO DE AÇO CA 50 (80 kg/m³ concreto)	212.934,76	KG
1.5	FORMAS DE MADEIRA - COMUM	não necessário em blocos	M²
1.6	TELHAMENTO COM TELHA DE AÇO/ALUMÍNIO E = 0,5 MM	13.235,81	M²
1.7	PORTA DE ALUMÍNIO, 1 FOLHA	20,00	M²

Fonte: Autor, 2022.

1.1 Concreto estrutural para estruturas não sujeitas a contato com água e esgoto, FCK = 25 MPA

= (Área construída * Estrutura do piso) + Concreto estrutural

= (1*3a) + 9a

= 2.661,68 m³

1.2 Concreto não estrutural – mínimo 210 kg de cimento/m³

Incluso no bloco

1.3 Alvenaria de blocos de concreto

= ((100*8*2*0,14) + (132,36*8*2*0,14)) – ((5*4) *0,14))

= 517,69 m³

1.4 Armação de aço CA 50 (80 kg/m³ concreto)

= (1.1 * 80)

= 2.661,68 m³ * 80

= 212.934,76 kg

1.5 Formas de madeira (comum)

Não necessário em blocos

1.6 Telhamento com telhas de aço/alumínio E = 0,5 mm

= (item 1)

= 13.235,81 m²

1.7 Porta de alumínio (1 folha)

= 5 * 4 (item 8)

= 20 m²

Galpão da Fiação – Galpão 2

Região onde está a fiação e a texturização do fio.

10- Área construída: 5.681,50 m²

a- 56,82 m

11- Pé direito: 12,00 m

12- Para estrutura de concreto

a- Espessura do piso: 0,20 m

b- Dimensão do bloco: 14x19x54 cm

13- Teto estilo fábrica

14- Foi considerada uma estrutura de 100x56,82 m

15- Comprimento de 313,64 m

a- $(100*2) + (56,82*2) = 313,54$ m

16- Sapatas com 8 m (sapatas de 0,5 x 0,5 x 1,00 m)

a- $\text{Comprimento}/8 = 313,64/8 = 39,205$ unidades

17- Porta de 5 x 4 m

18- Concreto

a- $(\text{Sapata com } 8 \text{ m}) * 0,5 * 0,5 * 1 = 39,205 * 0,5 * 0,5 * 1 = 9,80125$ m³ de concreto

Tabela 19 – Levantamento de material do Galpão Fiação – Fase de introdução

GALPÃO FIAÇÃO (Galpão 2)		
MATERIAL	QUANTIDADE	UNIDADE
CONCRETO ESTRUTURAL PARA ESTRUTURAS NÃO SUJEITAS A CONTATO COM ÁGUA E ESGOTO, FCK = 25 MPA	1.146,10	M ³
CONCRETO NÃO ESTRUTURAL - MÍNIMO 210 KG DE CIMENTO/M ³	incluso no bloco	M ³
ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO	524,12	M ³
ARMAÇÃO DE AÇO CA 50 (80 kg/m ³ concreto)	91.688,10	KG
FORMAS DE MADEIRA - COMUM	não necessário em blocos	M ²
TELHAMENTO COM TELHA DE AÇO/ALUMÍNIO E = 0,5 MM, COM ATÉ 2 ÁGUAS	5.681,50	M ²
PORTA DE ALUMÍNIO, 1 FOLHA	20,00	M ²

Fonte: Autor, 2022.

2.1 Concreto estrutural para estruturas não sujeitas a contato com água e esgoto, FCK

= 25 MPA

= (Área construída * Estrutura do piso) + Concreto estrutural

= (10a*12a) + 18a

= 1.146,10 m³

2.2 Concreto não estrutural – mínimo 210 kg de cimento/m³

Incluso no bloco

2.3 Alvenaria de blocos de concreto

= ((100*12*2*0,14) + (56,82*8*12*0,14)) – ((5*4) *0,14)

= 524,12 m³

2.4 Armação de aço CA 50 (80 kg/m³ concreto)

= (1.146,10 * 80)

= 91.688,10 kg

2.5 Formas de madeira (comum)

Não necessário em blocos

2.6 Telhamento com telhas de aço/alumínio E = 0,5 mm

= (item 2.1)

= 1.146,10 m²

2.7 Porta de alumínio (1 folha)

= 5 * 4 (item 17)

= 20 m²

Galpão da expedição – Galpão 3

Região onde está a fiação e a texturização do fio.

19- Área construída: 2.000 m²

a- 20 m

20- Pé direito: 6,00 m

21- Para estrutura de concreto

a- Espessura do piso: 0,20 m

b- Dimensão do bloco: 14x19x54 cm

22- Teto estilo fábrica

23- Foi considerada uma estrutura de 50x40 m

24- Comprimento de 180 m

a- $(50*2) + (40*2) = 180$ m

25- Sapatas com 8 m (sapatas de 0,5 x 0,5 x 1,00 m)

a- $\text{Comprimento}/8 = 180/8 = 22,5$ unidades

26- Porta de 5 x 4 m

27- Concreto

a- $(\text{Sapata com 8 m}) * 0,5 * 0,5 * 1 = 22,5 * 0,5 * 0,5 * 1 = 5,625$ m³ de concreto

Tabela 20 – Levantamento de material do Galpão Expedição – Fase de introdução

GALPÃO EXPEDIÇÃO (Galpão 3)		
MATERIAL	QUANTIDADE	UNIDADE
CONCRETO ESTRUTURAL PARA ESTRUTURAS NÃO SUJEITAS A CONTATO COM ÁGUA E ESGOTO, FCK = 25 MPA	405,63	M ³
CONCRETO NÃO ESTRUTURAL - MÍNIMO 210 KG DE CIMENTO/M ³	incluso no bloco	M ³
ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO	148,40	M ³
ARMAÇÃO DE AÇO CA 50 (80 kg/m ³ concreto)	32.450,00	KG
FORMAS DE MADEIRA - COMUM	não necessário em blocos	M ²
TELHAMENTO COM TELHA DE AÇO/ALUMÍNIO E = 0,5 MM, COM ATÉ 2 ÁGUAS	2.000,00	M ²
PORTA DE ALUMÍNIO, 1 FOLHA	20,00	M ²

Fonte: Autor, 2022.

3.1 Concreto estrutural para estruturas não sujeitas a contato com água e esgoto, FCK = 25 MPA

= (Área construída * Estrutura do piso) + Concreto estrutural

= $(19a*21a) + 27a$

= 405,63 m³

3.2 Concreto não estrutural – mínimo 210 kg de cimento/m³

Incluso no bloco

3.3 Alvenaria de blocos de concreto

= $((50*6*2*0,14) + (40*6*2*0,14)) - ((5*4) * 0,14)$

196

$$= 148,40 \text{ m}^3$$

3.4 Armação de aço CA 50 (80 kg/m³ concreto)

$$= (405,63 * 80)$$

$$= 32.450 \text{ kg}$$

3.5 Formas de madeira (comum)

Não necessário em blocos

3.6 Telhamento com telhas de aço/alumínio E = 0,5 mm

$$= (\text{item 3.1})$$

$$= 405,63 \text{ m}^2$$

3.7 Porta de alumínio (1 folha)

$$= 5 * 4 (\text{item 26})$$

$$= 20 \text{ m}^2$$

a- Soma do peso em aço de todos os equipamentos envolvidos no processo de fabricação) de acordo com os dados dos equipamentos:

$$= 29899100 (\text{já considerado 10 anos de vida útil do equipamento})$$

$$= 2,99\text{E}+07 \text{ g/ano}$$

b- De acordo com informações sobre “infraestrutura” que considera a área construída, espessura do piso e as sapatas de concreto para cada um dos 3 galpões: a soma de concreto para os 3 galpões é:

$$= 7,79\text{E}+09/25 (\text{vida útil da edificação})$$

$$= 3,12 \text{ E}+08 \text{ g/ano}$$

$$a + b = 2,99\text{E}+06 + 3,12\text{E}+08$$

$$= 3,42\text{E}+08 \text{ g/ano}$$

$$3,42\text{E}+08 \text{ g/ano}$$

LINHA 2 – Alumínio – Telhas – Fase de introdução

De acordo com a soma das telhas de alumínio:

$$\begin{aligned}
 & \text{A soma das telhas de alumínio dos 3 galpões} = 20.977.31 \text{ m}^2 \\
 & = 20.977,31 * (5,4) \text{ fator de transformação} \\
 & = 113.277.47 \text{ kg} \\
 & = 1,13\text{E}+08 \text{ k} \\
 & = 1,13\text{E}+08/25 \text{ (vida útil da edificação)} \\
 & = 4,52\text{E}+06
 \end{aligned}$$

4,52E+06 g/ano

LINHA 3 – Concreto – Fase de introdução

De acordo com a soma de concreto dos três galpões):

$$\begin{aligned}
 & \text{a) A soma das telhas de alumínio dos 3 galpões} = 4.213,41 \text{ m}^3 \\
 & \text{b) } 1\text{m}^3 \text{ de concreto pesa de 1200 a 2500 kg} \\
 & (1200+2500) / 2 = 1850 \text{ kg} - 1.850.000 \text{ g} \\
 & \text{a*b} = \\
 & = 4.213,41 * 1.850.000 \\
 & = 7,79\text{E}+09 \\
 & = 7,79\text{E}+09/25 \text{ (vida útil da edificação)} \\
 & = 3,12\text{E}+08
 \end{aligned}$$

3,12E+08 g/ano

LINHA 4 – Mão de obra – Fase de introdução

50 - Pessoas trabalharam na obra

440 - Kcal/h para trabalho pesado (NR-15 anexo 3)

8 - Trabalhando 8 h/d

4186 - Fator de conversão para Joule

180 dias - prazo razoável para construir um galpão

25 anos - vida útil da edificação

$$(50 \cdot 440 \cdot 8 \cdot 4186 \cdot 180) / 25 = 5,30E+9 \text{ J}$$

$$5,30E+09 \text{ J}$$

Tabela 21 – Quantidades de calorias por tipo de atividade

TIPO DE ATIVIDADE	Kcal/h
SENTADO EM REPOUSO	100
TRABALHO LEVE	
Sentado, movimentos moderados com braços e tronco (ex.: datilografia).	125
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex.: dirigir).	150
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços.	150
TRABALHO MODERADO	
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas.	180
De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	175
De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar.	300
TRABALHO PESADO	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá).	440
Trabalho fatigante	550

Fonte: NR 15 – Anexo, 2022.

FASE DE OPERAÇÃO

LINHA 5 – Mão de obra – Fase de operação

90 - Pessoas trabalham na produção de tecido 175 - Kcal/h para trabalho moderado (NR-15 anexo 3).

8 - Trabalhando 8 h/d 4186 - Fator de conversão para Joule. 264 - Dias trabalhados por ano $(90 \cdot 175 \cdot 8 \cdot 4186 \cdot 264) = 1,39+11 \text{ J}$

$$1,39E+11 \text{ J}$$

LINHA 6 – Energia elétrica – Fase de operação

De acordo com histórico de consumo de energia elétrica de 1 ano completo da empresa (2019):

a) Consumo de energia elétrica = $8,22E+05 \text{ kw/h}$

b) Horas trabalhadas = 8 horas

c) Fator de conversão de dia para J = $3,60E+06$

$$= 8,22E+06 \cdot 8 \cdot 3,60E+06$$

$$= 2,37E+13 \text{ J}$$

$$2,37E+13 \text{ J}$$

LINHA 7 – Água – Fase de operação

De acordo com informações cedidas pela empresa, o consumo anual de água é 6.000 m³.

$$6,00E+E3 \text{ m}^3.$$

LINHA 8 – Resina – Fase de operação

Produção anual de tecido: 1,50E+12 g

$$= 1,50E+12 * 1,1$$

$$= 1,65E+12 \text{ g}$$

Poder calorífico do poliéster (PCI) = 27 J/g

$$= 1,65E+12 \text{ g} * 27 \text{ J/g}$$

$$= 4,46E+13 \text{ J}$$

Tabela 22 – Poder calorífico por tipo de material

Material	Poder Calorífico (kJ.Kg ⁻¹)
Polioléfinas	46
Poliestireno	41
Poliéster	21 a 33
Poliuretano	25
PVC	19
Fuel-óleo	44
Papel	17

Fonte: https://pt.wikibooks.org/wiki/Ficheiro:Poder_calorifico_de_alguns_materiais.png, acessado em 27/07/2022.

LINHA 9 – Químicos – Fase de operação

As quantidades utilizadas no processo de produção foram obtidas em pesquisa de campo junto ao fabricante. O PCI dos elementos que compõe a linha 9 (químicos) é 20 J/g.

Tabela 23 – Levantamento de materiais químicos – Fase de operação

Item	Especificações	Unid.	Classe	Quant.	UEV	Energia	%
				(unid./ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
1	Hidrorrepelente	J	F	2,40E+11	4,38E+04	1,05E+16	
2	Antichama	J	F	1,60E+11	4,38E+04	7,01E+15	
3	Corante	J	F	3,30E+11	4,38E+04	1,45E+16	
	Detergente	J		2,00E+04	4,38E+04	8,76E+08	
4	Óleo de encimagem	J	F	1,65E+11	4,38E+04	7,23E+15	
Total				8,95E+11			

Fonte: Autor, 2022.

LINHA 10 – Espuma – Fase de operação

As quantidades utilizadas no processo de produção foram obtidas em pesquisa de campo junto ao fabricante. O PCI da espuma é 25 J/g.

Tabela 24 – Quantidades de espuma utilizadas no processo de produção

	m ²	g	
Produção anual	6,00E+11	1,50E+12	
Com espuma	2,40E+11	6,00E+12	<i>40 % do total produzido</i>
Sem espuma	3,60E+11	9,00E+12	<i>60% do total produzido</i>

Fonte: Autor, 2022.

LINHA 11 – Tubete (papelão) – Fase de operação

As quantidades utilizadas no processo de produção foram obtidas em pesquisa de campo junto ao fabricante. O PCI do papelão é 17 J/g.

Equação I

$$Tubete = consumo\ anual\ (g) * PCI_{papelão}$$

Equação II

$$Tubete = 3E10 * 17$$

Equação III

$$Tubete = 5,1E11 J$$

LINHA 12 – Plástico – Fase de operação

As quantidades utilizadas no processo de produção foram obtidas em pesquisa de campo junto ao fabricante. O PCI do plástico é 46 J/g.

Equação I

$$Plástico = consumo\ anual\ (g) * PCI_{plástico}$$

Equação II

$$Plástico = 7,50E9 * 46$$

Equação III

$$Tubete = 3,45 E11 J$$

APÊNDICE B – CÁLCULO DA EMERGIA EM SÉRIE HISTÓRICA A PARTIR DA VARIÇÃO DO CONSUMO ANUAL DE POLIÉSTER

O Cálculo do valor anual de emergia foi obtido usando o consumo de poliéster anual, fornecido pela tabela do Consumo anual de poliéster apresentada no Anexo A, promovendo a proporção da variação do poliéster, nesse estudo identificado como resina, e os demais elementos da tabela: mão de obra, energia elétrica, água, resina, químicos, espuma, tubete de papelão e plástico para a embalagem.

Vamos tomar como base o cálculo da tabela do ano de 2001 para obtenção da emergia em passos:

1. Identificar o consumo anual de poliéster para o ano de 2001 conforme Anexo A. Para o ano de 2001 foi de $8,23E+12$ J.

a) Para o cálculo da mão de obra, adotar como base as linhas 5 (mão de obra) da tabela de inventário para cálculo de emergia com o valor de $1,39E+11$ J/ano. Adotar a linha 8 (resina) da tabela de inventário para o cálculo da emergia com o valor de $4,46E+13$ j/ano. Aplicando a seguinte fórmula:

$$\text{Mão de obra (2001)} = \left(\frac{8,23E + 12 * 1,39E + 11}{4,46E + 13} \right)$$

b) Para o cálculo de energia elétrica adotar como base as linhas 6 (energia elétrica) da tabela de inventário para cálculo de emergia com o valor de $2,7+E13$ J/ano. Adotar a linha 8 (resina) da tabela de inventário para o cálculo da emergia com o valor de $4,46E+13$ j/ano. Aplicando a seguinte fórmula:

$$\text{Energia elétrica (2001)} = \left(\frac{(8,23E + 12 * 2,37E + 13)}{4,46E + 13} \right)$$

c) Para o cálculo da água adotar como base as linhas 7 (água) da tabela de inventário para cálculo de emergia com o valor de $6,0E+03$ J/ano. Adotar a linha 8 (resina) da tabela de inventário para o cálculo da emergia com o valor de $4,46E+13$ j/ano. Aplicando a seguinte fórmula:

$$\text{Água (2001)} = \left(\frac{8,23E + 12 * 6,00E + 03}{4,46E + 13} \right)$$

d) Para o cálculo da resina adotar como base as linhas 8 (resina) da tabela de inventário para cálculo de energia com o valor de 4,46E+13 J/ano. Adotar a linha 8 (resina) da tabela de inventário. Para o cálculo da energia com o valor de 4,46E+13 j/ano. Aplicando a seguinte fórmula:

$$\text{Resina (2001)} = \left(\frac{8,23E + 12 * 4,46E + 13}{4,46E + 13} \right)$$

e) Para o cálculo de químicos adotar como base as linhas 9 (químicos) da tabela de inventário para cálculo de energia com o valor de 8,95E+11 J/ano. Adotar a linha 8 (resina) da tabela de inventário para o cálculo da energia com o valor de 4,46E+13 j/ano. Aplicando a seguinte fórmula:

$$\text{Químicos (2001)} = \left(\frac{8,23E + 12 * 8,95E + 11}{4,46E + 13} \right)$$

f) Para o cálculo da espuma adotar como base as linhas 10 (espuma) da tabela de inventário para cálculo de energia com o valor de 6,00E+12 J/ano. Adotar a linha 8 (resina) da tabela de inventário para o cálculo da energia com o valor de 4,46E+13 j/ano. Aplicando a seguinte fórmula:

$$\text{Espuma (2001)} = \left(\frac{8,23E + 12 * 6,00E + 12}{4,46E + 13} \right)$$

g) Para o cálculo do tubete de papelão adotar como base as linhas 11 (tubete de papelão) da tabela de inventário para cálculo de energia com o valor de 5,10E+11 J/ano. Adotar a linha 8 (resina) da tabela de inventário para o cálculo da energia com o valor de 4,46E+13 j/ano. Aplicando a seguinte fórmula:

$$\text{Tubete de papelão (2001)} = \left(\frac{8,23E + 12 * 5,10E + 11}{4,46E + 13} \right)$$

h) Para o cálculo do plástico adotar como base as linhas 12 (plástico) da tabela de inventário para cálculo de energia com o valor de $3,45E+11$ J/ano. Adotar a linha 8 (resina) da tabela de inventário para o cálculo da energia com o valor de $4,46E+13$ j/ano. Aplicando a seguinte fórmula:

$$Plástico (2001) = \left(\frac{8,23E + 12 * 3,45E + 11}{4,46E + 13} \right)$$

As UEVs de todos os elementos que compõe a tabela foram obtidas a partir de bases de dados compartilhadas.

A energia é obtida a partir da multiplicação do valor da coluna de quantidade em J/ano com a coluna da UEV em sej/J. O somatório de todos os elementos da coluna de energia resulta no valor da energia total para o ano de 2001.

O mesmo método foi utilizado para as tabelas dos anos 2002 a 2018 variando o consumo de poliéster conforme Anexo A.

Ano de 2001

Tabela 25 – Energia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2001

8,23E+12 J (consumo anual de poliéster)				
2001				
Quant.	UEV	Energia	%	
(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)	
Mão de obra	2,57E+10	4,95E+06	1,27E+17	4%
Energia elétrica	4,37E+12	2,06E+05	9,01E+17	30%
Água	1,11E+03	6,55E+04	7,25E+07	0%
Resina	8,23E+12	2,15E+05	1,77E+18	58%
Químicos	1,65E+11	4,38E+04	7,23E+15	0%
Espuma	1,11E+12	1,92E+05	2,13E+17	7%
Tubete (papelão)	9,41E+10	1,50E+05	1,41E+16	0%
Plástico	6,37E+10	1,92E+05	1,22E+16	0%
Total			3,04E+18	100%

Fonte: Autor, 2022.

Ano de 2002

Tabela 26 – Energia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2002

8,50E+12 J (consumo anual de poliéster)

2002			
Quant.	UEV	Energia	%
(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
2,65E+10	4,95E+06	1,31E+17	4%
4,52E+12	2,06E+05	9,30E+17	30%
1,14E+03	6,55E+04	7,49E+07	0%
8,50E+12	2,15E+05	1,83E+18	58%
1,71E+11	4,38E+04	7,47E+15	0%
1,14E+12	1,92E+05	2,20E+17	7%
9,72E+10	1,50E+05	1,46E+16	0%
6,58E+10	1,92E+05	1,26E+16	0%
Total		3,14E+18	100%

Fonte: Autor, 2022.

Ano de 2003

Tabela 27 – Energia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2003

9,26E+12 J (consumo anual de poliéster)

2003				
	Quant.	UEV	Energia	%
	(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
Mão de obra	2,89E+10	4,95E+06	1,43E+17	4%
Energia elétrica	4,92E+12	2,06E+05	1,01E+18	30%
Água	1,25E+03	6,55E+04	8,16E+07	0%
Resina	9,26E+12	2,15E+05	1,99E+18	58%
Químicos	1,86E+11	4,38E+04	8,14E+15	0%
Espuma	1,25E+12	1,92E+05	2,39E+17	7%
Tubete (papelão)	1,06E+11	1,50E+05	1,59E+16	0%
Plástico	7,16E+10	1,92E+05	1,38E+16	0%
Total			3,42E+18	100%

Fonte: Autor, 2022.

Ano de 2004

Tabela 28 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2004

1,08E+13 J (consumo anual de poliéster)

2004				
	Quant.	UEV	Emergia	%
	(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
Mão de obra	3,37E+10	4,95E+06	1,67E+17	4%
Energia elétrica	5,74E+12	2,06E+05	1,18E+18	30%
Água	1,45E+03	6,55E+04	9,52E+07	0%
Resina	1,08E+13	2,15E+05	2,32E+18	58%
Químicos	2,17E+11	4,38E+04	9,49E+15	0%
Espuma	1,45E+12	1,92E+05	2,79E+17	7%
Tubete (papelão)	1,23E+11	1,50E+05	1,85E+16	0%
Plástico	8,35E+10	1,92E+05	1,60E+16	0%
Total			3,99E+18	100%

Fonte: Autor, 2022.

Ano de 2005

Tabela 29 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2005

9,77E+12 J (consumo anual de poliéster)

2005				
	Quant.	UEV	Emergia	%
	(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
Mão de obra	3,05E+10	4,95E+06	1,51E+17	4%
Energia elétrica	5,19E+12	2,06E+05	1,07E+18	30%
Água	1,31E+03	6,55E+04	8,61E+07	0%
Resina	9,77E+12	2,15E+05	2,10E+18	58%
Químicos	1,96E+11	4,38E+04	8,59E+15	0%
Espuma	1,31E+12	1,92E+05	2,52E+17	7%
Tubete (papelão)	1,12E+11	1,50E+05	1,68E+16	0%
Plástico	7,56E+10	1,92E+05	1,45E+16	0%
Total			3,61E+18	100%

Fonte: Autor, 2022.

Ano de 2006

Tabela 30 – Energia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2006

1,01E+13 J (consumo anual de poliéster)

2006				
	Quant.	UEV	Energia	%
	(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
Mão de obra	3,15E+10	4,95E+06	1,56E+17	4%
Energia elétrica	5,37E+12	2,06E+05	1,11E+18	30%
Água	1,36E+03	6,55E+04	8,90E+07	0%
Resina	1,01E+13	2,15E+05	2,17E+18	58%
Químicos	2,03E+11	4,38E+04	8,88E+15	0%
Espuma	1,36E+12	1,92E+05	2,61E+17	7%
Tubete (papelaão)	1,15E+11	1,50E+05	1,73E+16	0%
Plástico	7,81E+10	1,92E+05	1,50E+16	0%
Total			3,74E+18	100%

Fonte: Autor, 2022.

Ano de 2007

Tabela 31 – Energia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2007

1,02E+13 J (consumo anual de poliéster)

2007				
	Quant.	UEV	Energia	%
	(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
Mão de obra	3,18E+10	4,95E+06	1,57E+17	4%
Energia elétrica	5,42E+12	2,06E+05	1,12E+18	30%
Água	1,37E+03	6,55E+04	8,99E+07	0%
Resina	1,02E+13	2,15E+05	2,19E+18	58%
Químicos	2,05E+11	4,38E+04	8,97E+15	0%
Espuma	1,37E+12	1,92E+05	2,63E+17	7%
Tubete (papelaão)	1,17E+11	1,50E+05	1,75E+16	0%
Plástico	7,89E+10	1,92E+05	1,51E+16	0%
Total			3,77E+18	100%

Fonte: Autor, 2022.

Ano de 2008

Tabela 32 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2008

1,21E+13 J (consumo anual de poliéster)

2008				
	Quant.	UEV	Energia	%
	(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
Mão de obra	3,77E+10	4,95E+06	1,87E+17	4%
Energia elétrica	6,43E+12	2,06E+05	1,32E+18	30%
Água	1,63E+03	6,55E+04	1,07E+08	0%
Resina	1,21E+13	2,15E+05	2,60E+18	58%
Químicos	2,43E+11	4,38E+04	1,06E+16	0%
Espuma	1,63E+12	1,92E+05	3,13E+17	7%
Tubete (papelão)	1,38E+11	1,50E+05	2,08E+16	0%
Plástico	9,36E+10	1,92E+05	1,80E+16	0%
Total			4,47E+18	100%

Fonte: Autor, 2022.

Ano de 2009

Tabela 33 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2009

1,09E+13 J (consumo anual de poliéster)

2009				
	Quant.	UEV	Energia	%
	(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
Mão de obra	3,40E+10	4,95E+06	1,68E+17	4%
Energia elétrica	5,79E+12	2,06E+05	1,19E+18	30%
Água	1,47E+03	6,55E+04	9,60E+07	0%
Resina	1,09E+13	2,15E+05	2,34E+18	58%
Químicos	2,19E+11	4,38E+04	9,58E+15	0%
Espuma	1,47E+12	1,92E+05	2,82E+17	7%
Tubete (papelão)	1,25E+11	1,50E+05	1,87E+16	0%
Plástico	8,43E+10	1,92E+05	1,62E+16	0%
Total			4,03E+18	100%

Fonte: Autor, 2022.

Ano de 2010

Tabela 34 – Energia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2010

1,23E+13 J (consumo anual de poliéster)

2010				
	Quant.	UEV	Energia	%
	(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
Mão de obra	3,83E+10	4,95E+06	1,90E+17	4%
Energia elétrica	6,54E+12	2,06E+05	1,35E+18	30%
Água	1,65E+03	6,55E+04	1,08E+08	0%
Resina	1,23E+13	2,15E+05	2,64E+18	58%
Químicos	2,47E+11	4,38E+04	1,08E+16	0%
Espuma	1,65E+12	1,92E+05	3,18E+17	7%
Tubete (papelão)	1,41E+11	1,50E+05	2,11E+16	0%
Plástico	9,51E+10	1,92E+05	1,83E+16	0%
Total			4,55E+18	100%

Fonte: Autor, 2022.

Ano de 2011

Tabela 35 – Energia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2011

1,20E+13 J (consumo anual de poliéster)

2011				
	Quant.	UEV	Energia	%
	(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
Mão de obra	3,74E+10	4,95E+06	1,85E+17	4%
Energia elétrica	6,38E+12	2,06E+05	1,31E+18	30%
Água	1,61E+03	6,55E+04	1,06E+08	0%
Resina	1,20E+13	2,15E+05	2,58E+18	58%
Químicos	2,41E+11	4,38E+04	1,05E+16	0%
Espuma	1,61E+12	1,92E+05	3,10E+17	7%
Tubete (papelão)	1,37E+11	1,50E+05	2,06E+16	0%
Plástico	9,28E+10	1,92E+05	1,78E+16	0%
Total			4,44E+18	100%

Fonte: Autor, 2022.

Ano de 2012

Tabela 36 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2012

1,17E+13 J (consumo anual de poliéster)

2012				
	Quant.	UEV	Emergia	%
	(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
Mão de obra	3,65E+10	4,95E+06	1,81E+17	4%
Energia elétrica	6,22E+12	2,06E+05	1,28E+18	30%
Água	1,57E+03	6,55E+04	1,03E+08	0%
Resina	1,17E+13	2,15E+05	2,52E+18	58%
Químicos	2,35E+11	4,38E+04	1,03E+16	0%
Espuma	1,57E+12	1,92E+05	3,02E+17	7%
Tubete (papelão)	1,34E+11	1,50E+05	2,01E+16	0%
Plástico	9,05E+10	1,92E+05	1,74E+16	0%
Total			4,33E+18	100%

Fonte: Autor, 2022.

Ano de 2013

Tabela 39 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2013

1,26E+13 J (consumo anual de poliéster)

2013				
	Quant.	UEV	Emergia	%
	(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
Mão de obra	3,93E+10	4,95E+06	1,94E+17	4%
Energia elétrica	6,70E+12	2,06E+05	1,38E+18	30%
Água	1,70E+03	6,55E+04	1,11E+08	0%
Resina	1,26E+13	2,15E+05	2,71E+18	58%
Químicos	2,53E+11	4,38E+04	1,11E+16	0%
Espuma	1,70E+12	1,92E+05	3,25E+17	7%
Tubete (papelão)	1,44E+11	1,50E+05	2,16E+16	0%
Plástico	9,75E+10	1,92E+05	1,87E+16	0%
Total			4,66E+18	100%

Fonte: Autor, 2022.

Ano de 2014

Tabela 37 – Energia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2014

1,29E+10 J (consumo anual de poliéster)

2014				
	Quant.	UEV	Energia	%
	(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
Mão de obra	4,02E+07	4,95E+06	1,99E+14	4%
Energia elétrica	6,85E+09	2,06E+05	1,41E+15	30%
Água	1,74E+00	6,55E+04	1,14E+05	0%
Resina	1,29E+10	2,15E+05	2,77E+15	58%
Químicos	2,59E+08	4,38E+04	1,13E+13	0%
Espuma	1,74E+09	1,92E+05	3,33E+14	7%
Tubete (papelão)	1,48E+08	1,50E+05	2,21E+13	0%
Plástico	9,98E+07	1,92E+05	1,92E+13	0%
Total			4,77E+15	100%

Fonte: Autor, 2022.

Ano de 2015

Tabela 38 – Energia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2015

1,10E+10 J (consumo anual de poliéster)

2015				
	Quant.	UEV	Energia	%
	(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
Mão de obra	3,43E+07	4,95E+06	1,70E+14	4%
Energia elétrica	5,85E+09	2,06E+05	1,20E+15	30%
Água	1,48E+00	6,55E+04	9,69E+04	0%
Resina	1,10E+10	2,15E+05	2,37E+15	58%
Químicos	2,21E+08	4,38E+04	9,67E+12	0%
Espuma	1,48E+09	1,92E+05	2,84E+14	7%
Tubete (papelão)	1,26E+08	1,50E+05	1,89E+13	0%
Plástico	8,51E+07	1,92E+05	1,63E+13	0%
Total			4,07E+15	100%

Fonte: Autor, 2022.

Ano de 2016

Tabela 39 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2016

2,16E+10 J (consumo anual de poliéster)

2016				
	Quant.	UEV	Emergia	%
	(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
Mão de obra	6,73E+07	4,95E+06	3,33E+14	4%
Energia elétrica	1,15E+10	2,06E+05	2,36E+15	30%
Água	2,91E+00	6,55E+04	1,90E+05	0%
Resina	2,16E+10	2,15E+05	4,64E+15	58%
Químicos	4,33E+08	4,38E+04	1,90E+13	0%
Espuma	2,91E+09	1,92E+05	5,58E+14	7%
Tubete (papelão)	2,47E+08	1,50E+05	3,70E+13	0%
Plástico	1,67E+08	1,92E+05	3,21E+13	0%
Total			7,99E+15	100%

Fonte: Autor, 2022.

Ano de 2017

Tabela 40 – Emergia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2017

1,35E+10 J (consumo anual de poliéster)

2017				
	Quant.	UEV	Emergia	%
	(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
Mão de obra	4,21E+07	4,95E+06	2,08E+14	4%
Energia elétrica	7,17E+09	2,06E+05	1,48E+15	30%
Água	1,82E+00	6,55E+04	1,19E+05	0%
Resina	1,35E+10	2,15E+05	2,90E+15	58%
Químicos	2,71E+08	4,38E+04	1,19E+13	0%
Espuma	1,82E+09	1,92E+05	3,49E+14	7%
Tubete (papelão)	1,54E+08	1,50E+05	2,32E+13	0%
Plástico	1,04E+08	1,92E+05	2,01E+13	0%
Total			4,99E+15	100%

Fonte: Autor, 2022.

Ano de 2018

Tabela 41 – Energia anual (variando a quantidade de poliéster) – ano de 2018

1,48E+10 J (consumo anual de poliéster)

2018				
	Quant.	UEV	Energia	%
	(J/ano)	(sej/J)	(sej/ano)	(sej/sej)
Mão de obra	4,61E+07	4,95E+06	2,28E+14	4%
Energia elétrica	7,86E+09	2,06E+05	1,62E+15	30%
Água	1,99E+00	6,55E+04	1,30E+05	0%
Resina	1,48E+10	2,15E+05	3,18E+15	58%
Químicos	2,97E+08	4,38E+04	1,30E+13	0%
Espuma	1,99E+09	1,92E+05	3,82E+14	7%
Tubete (papelão)	1,69E+08	1,50E+05	2,54E+13	0%
Plástico	1,14E+08	1,92E+05	2,20E+13	0%
Total			5,47E+15	100%

Fonte: Autor, 2022.

APÊNDICE C – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR DE ENERGIA ELÉTRICA

De acordo com relatório técnico publicado em 2010, pelo Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas, Centro Clima, são apresentadas as estimativas de consumo de energia para todo o setor industrial brasileiro até o ano de 2050.

Tabela 42 – Evolução do consumo energético – setor têxtil (mil tep)

Evolução do consumo energético – têxtil (mil tep)	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2050
Diesel Único	3	2	6	6	7	8	8	9
Eletricidade	715	560	692	740	851	845	805	1.003
Gás Natural	329	215	272	292	381	411	443	643
GLP	10	37	60	65	75	74	71	80
Lenha	92	62	140	151	121	99	68	90
Óleo Combustível	64	19	61	66	64	50	20	-
Querosene Iluminante	0	0	-	-	-	-	-	-
Total	1212	895	1230	1320	1500	1487	1415	1826

Fonte: Centro Clima, 2010.

Interpolando-se os resultados da tabela em gráfico com linha de tendência foi possível completar o consumo de energia para o setor no período compreendido entre os anos de 2001 e 2018 com o seguinte cálculo:

Para o ano de 2010:

$$\text{Consumo de energia (2010)} = 1212 * 1000 * 0,305$$

Sendo:

Consumo total de energia no ano de 2010 = 1212 (mil tep).

Fator de transformação de mil tep para tep = 1000.

Participação do setor têxtil automotivo no PIB de todo o setor têxtil = 30,5%.

O mesmo critério foi aplicado para o consumo de energia no segmento automotivo do setor têxtil para os anos: 2015, 2020, 2025, 2030, 2035, 2040 e 2050.

APÊNDICE D – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR DE EMISSÕES

Relatório técnico publicado em 2010, pelo Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas, Centro Clima, são apresentadas as estimativas de emissões de gases o efeito estufa para todo o setor industrial brasileiro até o ano de 2050. Para o setor têxtil, as emissões apresentam-se conforme tabela a seguir.

Tabela 43 – Resultado das emissões – setor têxtil (GgCO₂e)

GgCO ₂ e	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2050
Energia								
CO ₂	1.015	670	1.011	1.088	1.321	1.346	1.314	1.746
Não CO ₂	11	7	15	16	14	13	10	13
Total	1.026	677	1.026	1.104	1.335	1.359	1.324	1.758

Fonte: Centro Clima, 2010.

Interpolando-se os resultados da tabela em gráfico com linha de tendência foi possível completar o consumo de energia para o setor no período compreendido entre os anos de 2001 e 2018 com o seguinte cálculo:

Para o ano de 2010:

$$Emissões (2010) = 1026 * 1000000000 * 0,305$$

Sendo:

Consumo emissões no ano de 2010 = 1026 (GgCO₂e).

Fator de transformação de GgCO₂e para gCO₂e = 1000.000.000.

Participação do setor têxtil automotivo no PIB de todo o setor têxtil = 30,5%.

O mesmo critério foi aplicado para o consumo de energia no segmento automotivo do setor têxtil para os anos: 2015, 2020, 2025, 2030, 2035, 2040 e 2050.

APÊNDICE E – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR RESÍDUOS SÓLIDOS

De acordo com pesquisa de campo, nesse estudo foi considerado que, 20% de todo o volume produzido de tecido é resíduo sólido.

Diante dessa premissa, a quantidade de resíduo sólido gerada anualmente pela pelo segmento automotivo do setor têxtil está associado ao volume anual produzido.

Tabela 44 – Volume de resíduos sólidos

Ano	Unidades produzidas setor automotivo				Consumo de tecido (m ²)					Consumo total de tecido Kg/ano	Resíduos sólidos
	Automóvel 82,32%	Veículo leve 12,02%	Caminhão 4,60%	Ônibus 1,06%	Automóvel 70% tecido = 1,96 m ²	Veículo leve 70 % tecido = 1,26 m ²	Caminhão 70 % tecido = 3,01 m ²	Ônibus 70 % de tecido = 47,06 m ²	Consumo total de tecido m ² /veículo (ano)		
2001	115.364	15.913	6.438	1.829	226.113	20.050	19.377	86.065	351.606	87.901	17.580
2002	114.685	13.981	5.696	1.788	224.782	17.616	17.145	84.120	343.663	85.916	17.183
2003	119.023	12.848	6.482	2.040	233.284	16.189	19.511	95.998	364.983	91.246	18.249
2004	148.137	18.061	8.733	2.084	290.348	22.757	26.285	98.073	437.464	109.366	21.873
2005	164.962	19.612	9.410	2.447	323.326	24.711	28.324	115.164	491.524	122.881	24.576
2006	168.942	20.306	8.608	2.451	331.126	25.585	25.910	115.344	497.966	124.491	24.898
2007	196.728	24.645	11.145	2.917	385.587	31.052	33.546	137.290	587.476	146.869	29.374
2008	208.207	29.182	13.646	3.184	408.085	36.770	41.076	149.816	635.746	158.937	31.787
2009	214.014	29.735	10.083	2.502	419.467	37.466	30.349	117.736	605.019	151.255	30.251
2010	223.577	39.062	15.828	3.378	438.211	49.218	47.642	158.949	694.020	173.505	34.701
2011	219.241	42.827	18.634	4.114	429.713	53.961	56.087	193.609	733.370	183.342	36.668
2012	230.287	39.123	11.117	3.053	451.363	49.295	33.462	143.670	677.790	169.448	33.890
2013	246.190	44.242	15.584	3.380	482.532	55.745	46.906	159.039	744.222	186.056	37.211
2014	208.510	39.264	11.664	2.745	408.680	49.473	35.108	129.168	622.429	155.607	31.121
2015	167.270	26.352	6.172	1.792	327.849	33.203	18.577	84.308	463.938	115.984	23.197
2016	149.908	24.892	5.040	1.559	293.819	31.364	15.171	73.355	413.709	103.427	20.685
2017	192.287	27.139	6.920	1.720	376.882	34.196	20.830	80.955	512.863	128.216	25.643
2018	198.897	29.915	8.795	2.378	389.837	37.693	26.471	111.909	565.910	141.478	28.296

Fonte: Autor, 2022.

A quantidade de veículos produzidos no setor automotivo foi extraída do portal da entidade de classe, Anfavea. A classificação das categorias de veículos do setor automotivo: automóveis (respondendo por 82,32% do total de veículos produzidos), veículos leves (respondendo por 12,02% do total de veículos produzidos), caminhões (respondendo por 4,60% do total de veículos produzidos), e ônibus (respondendo

por 1,06% do total de veículos produzidos), também seguiu a recomendação da Anfavea.

Cada categoria, em função da área de revestimento interno em tecido, usa uma quantidade de tecido diferente. Deve ainda ser considerado o fato de que o revestimento interno do veículo de qualquer categoria não é feito inteiramente em tecido. Há outros materiais que compartilham o revestimento interno dos veículos.

Na categoria de automóveis, 70% do interior do veículo é feito em tecido e 30% em couro sintético (vinil). Para essa categoria é utilizado, em média, 1,92 m² de tecido por veículo.

Na categoria de veículo leve, 70% do interior do veículo é feito em tecido e 30% em couro sintético (vinil). Para essa categoria é utilizado, em média, 1,26 m² de tecido por veículo.

Na categoria de caminhão, 70% do interior do veículo é feito em tecido e 30% em couro sintético (vinil). Para essa categoria é utilizado, em média, 3,01 m² de tecido por veículo.

Na categoria de ônibus, 70% do interior do veículo é feito em tecido e 30% em couro sintético (vinil). Para essa categoria é utilizado, em média, 47,06 m² de tecido por veículo.

A quantidade de tecido utilizado por categoria de veículo foi multiplicada pelo número de veículos produzidos na categoria. Todas as categorias foram somadas posteriormente resultando no total de tecido utilizado por todas as categorias de veículos no ano.

Os resíduos sólidos são 20% do total de tecido utilizado pela indústria automotiva e pela indústria têxtil de aplicação automotiva produzido.

Nesse estudo foi adotado como peso do tecido de aplicação automotiva 250 g/m², ou, 0,25 kg/m².

$$\text{Consumo total de tecido (kg/ano)} = \text{Cons. total de tecido (m}^2\text{)} * 0,25 \text{ (kg} * \text{m}^2\text{)}$$

O cálculo para os resíduos sólidos é 20% do total produzido em kg/ano.

$$\text{Resíduo sólido (kg/ano)} = \text{Consumo total de tecido (kg/ano)} * 0,20$$

APÊNDICE F – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR CONTRIBUIÇÃO FINANCEIRA DO SETOR (PIB TÊXTIL AUTOMOTIVO)

Tabela 45 – Contribuição financeira do setor, PIB do setor têxtil automotivo

Ano	PIB BR (reais)	PIB têxtil (reais)	PIB têxtil automotivo (reais)
2001	13.148.137.600.000,00	644.258.742.400,00	196.498.916.432,00
2002	14.842.744.000.000,00	727.294.456.000,00	221.824.809.080,00
2003	17.186.148.900.000,00	842.121.296.100,00	256.846.995.310,50
2004	19.583.048.700.000,00	959.569.386.300,00	292.668.662.821,50
2005	21.712.243.200.000,00	1.063.899.916.800,00	324.489.474.624,00
2006	24.111.188.000.000,00	1.181.448.212.000,00	360.341.704.660,00
2007	27.212.163.000.000,00	1.333.395.987.000,00	406.685.776.035,00
2008	31.114.816.000.000,00	1.524.625.984.000,00	465.010.925.120,00
2009	33.299.992.000.000,00	1.631.699.608.000,00	497.668.380.440,00
2010	38.885.027.000.000,00	1.905.366.323.000,00	581.136.728.515,00
2011	43.818.000.000.000,00	2.147.082.000.000,00	654.860.010.000,00
2012	48.180.890.000.000,00	2.360.863.610.000,00	720.063.401.050,00
2013	53.357.448.000.000,00	2.614.514.952.000,00	797.427.060.360,00
2014	57.799.504.000.000,00	2.832.175.696.000,00	863.813.587.280,00
2015	36.046.830.000.000,00	1.766.294.670.000,00	538.719.874.350,00
2016	62.682.196.000.000,00	3.071.427.604.000,00	936.785.419.220,00
2017	65.563.680.000.000,00	3.212.620.320.000,00	979.849.197.600,00
2018	68.296.998.000.000,00	3.346.552.902.000,00	1.020.698.635.110,00

Fonte: Autor, 2022.

Os valores para a coluna identificada por PIB brasileiro foram obtidos na literatura, no portal do Ipeadata, 2022.

De acordo com publicação da Confederação Nacional da Indústria, CNI denominada “Água, Indústria e Sustentabilidade de 2013, o setor têxtil responde por 4,9% do PIB brasileiro. De acordo com Sinditêxtil, 2009, o têxtil automotivo responde por 30,5% de todo o setor têxtil.

Diante disso obtemos:

(1)

$$\text{Contribuição financeira do setor têxtil no PIB brasileiro} = \text{PIB brasileiro} * 4,9\%$$

A partir da equação I obtemos o PIB do setor têxtil em reais.

(II)

*Contribuição financeira do segmento têxtil automotivo = PIB setor têxtil * 30,5%*

A equação II nos define a coluna do PIB têxtil automotivo em reais. Essa coluna define a contribuição financeira do segmento têxtil automotivo em reais entre os anos de 2001 e 2018.

APÊNDICE G – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR CONSUMO DE TECIDO

Tabela 49 – Consumo anual de tecido automotivo

Ano	Unidades produzidas setor automotivo				Consumo de tecido (m ²)					Consumo total de tecido (m ² /ano)	Resíduos sólidos
	Auto-móvel 82,32%	Veículo leve 12,02%	Caminhão 4,60%	Ônibus 1,06%	Automóvel 70% tecido = 1,96 m ²	Veículo leve 70 % tecido = 1,26 m ²	Caminhão 70 % tecido = 3,01 m ²	Ônibus 70 % de tecido = 47,06 m ²	Consumo total de tecido (m ² /ano)		
2001	115.364	15.913	6.438	1.829	226.113	20.050	19.377	86.065	351.606	87.901	17.580
2002	114.685	13.981	5.696	1.788	224.782	17.616	17.145	84.120	343.663	85.916	17.183
2003	119.023	12.848	6.482	2.040	233.284	16.189	19.511	95.998	364.983	91.246	18.249
2004	148.137	18.061	8.733	2.084	290.348	22.757	26.285	98.073	437.464	109.366	21.873
2005	164.962	19.612	9.410	2.447	323.326	24.711	28.324	115.164	491.524	122.881	24.576
2006	168.942	20.306	8.608	2.451	331.126	25.585	25.910	115.344	497.966	124.491	24.898
2007	196.728	24.645	11.145	2.917	385.587	31.052	33.546	137.290	587.476	146.869	29.374
2008	208.207	29.182	13.646	3.184	408.085	36.770	41.076	149.816	635.746	158.937	31.787
2009	214.014	29.735	10.083	2.502	419.467	37.466	30.349	117.736	605.019	151.255	30.251
2010	223.577	39.062	15.828	3.378	438.211	49.218	47.642	158.949	694.020	173.505	34.701
2011	219.241	42.827	18.634	4.114	429.713	53.961	56.087	193.609	733.370	183.342	36.668
2012	230.287	39.123	11.117	3.053	451.363	49.295	33.462	143.670	677.790	169.448	33.890
2013	246.190	44.242	15.584	3.380	482.532	55.745	46.906	159.039	744.222	186.056	37.211
2014	208.510	39.264	11.664	2.745	408.680	49.473	35.108	129.168	622.429	155.607	31.121
2015	167.270	26.352	6.172	1.792	327.849	33.203	18.577	84.308	463.938	115.984	23.197
2016	149.908	24.892	5.040	1.559	293.819	31.364	15.171	73.355	413.709	103.427	20.685
2017	192.287	27.139	6.920	1.720	376.882	34.196	20.830	80.955	512.863	128.216	25.643
2018	198.897	29.915	8.795	2.378	389.837	37.693	26.471	111.909	565.910	141.478	28.296

Fonte: Autor, 2022.

A coluna identificada por “Consumo total de tecido (m²/ano)” é soma dos consumos de tecido em m² para cada uma das categorias de veículos conforme considera Anfavea.

Segundo informações colhidas em pesquisa de campo junto ao fabricante, o peso do tecido automotivo é 250 g/m². Como a unidade de referência utilizada para o indicador de consumo de tecido é Kg/ano, a coluna de “Consumo total de tecido (m²/ano)” foi multiplicada por 0,25 kg/m².

(1)

$$\text{Consumo total de tecido} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{ano}} \right)$$

$$= \text{consumo de tecido de automóveis} + \text{consumo de tecido de veículo leve} \\ + \text{consumo de tecido de caminhão} + \text{consumo de tecido de ônibus}$$

(II)

$$\text{Consumo total de tecido } \left(\frac{kg}{ano} \right) = \text{Consumo total de tecido } \left(\frac{m^2}{ano} \right) * 0,25$$

APÊNDICE H – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR FORÇA DE TRABALHO (EMPREGO)

Tabela 46 – Oferta de empregos no segmento têxtil automotivo

Ano	Nº de empregos no setor têxtil	Nº de empregos têxtil automotivo
2001	1.524.000	464.820
2002	1.434.000	437.370
2003	1.448.000	441.640
2004	1.483.000	452.315
2005	1.523.000	464.515
2006	1.524.000	464.820
2007	1.565.000	477.325
2008	1.628.000	496.540
2009	1.640.000	500.200
2010	1.669.000	509.045
2011	1.625.000	495.625
2012	1.608.000	490.440
2013	1.620.000	494.100
2014	1.592.000	485.560
2015	1.527.000	465.735
2016	1.494.000	455.670
2017	1.523.000	464.515
2018	1.503.000	458.415

Fonte: Autor, 2022.

Os valores da coluna identificada por “Números de empregos no setor têxtil” foram extraídos de publicação oficial da entidade de classe ABIT, 2020. Porém, os dados dessa coluna se referem a todo o setor têxtil. Foi usado, como critério de cálculo

para definição do número de empregos no segmento têxtil automotivo, o mesmo índice de participação do segmento no PIB do setor têxtil, 30,5%.

Número de empregos no segmento têxtil automotivo

*= número de empregos do setor textil * 30,5%*

APÊNDICE I – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR CAPACITAÇÃO

Os dados referentes ao indicador capacitação, foram obtidos a partir de estudo de campo feito para realizar esse estudo. Os dados foram fornecidos pela empresa do estudo de caso conforme tabela a seguir.

Tabela 47 – Dados de recursos humanos da empresa do estudo de caso

Ano	Colaboradores	Ausências	Horas totais	Absenteísmo	Capacitação	Capacitação %
2001	123	1284,4	300395,52	0,43	104	84,55
2002	148	1354,3	361451,52	0,37	68	45,95
2003	156	870,8	380989,44	0,23	118	75,64
2004	168	882,5	410296,32	0,22	120	71,43
2005	159	823,1	388316,16	0,21	138	86,79
2006	162	987,4	395642,88	0,25	136	83,95
2007	183	1002,5	446929,92	0,22	128	69,95
2008	187	1105,4	456698,88	0,24	62	33,16
2009	202	807,6	493332,48	0,16	63	31,19
2010	216	1290,4	527523,84	0,24	87	40,28
2011	209	3109,2	510428,16	0,61	35	16,75
2012	238	4671,9	581253,12	0,80	32	13,45
2013	256	5904,7	625213,44	0,94	38	14,84
2014	292	5871,7	713134,08	0,82	32	10,96
2015	278	5965,9	678942,72	0,88	36	12,95
2016	386	15234,5	942704,64	1,62	33	8,55
2017	354	22384,7	864552,96	2,59	30	8,47
2018	360	23987,1	879206,4	2,73	68	18,89

Fonte: Autor, 2022.

O número de colaboradores foi fornecido pela empresa do estudo de caso, bem como as ausências e capacitação de colaboradores.

O contrato de trabalho dos trabalhadores do segmento têxtil automotivo segue a convenção sindical da categoria que estabelece jornada de trabalho de 44 horas semanais. Em havendo 52 semanas úteis no ano, quantidade de horas disponíveis para trabalho, nesse segmento em 1 ano é de: 2.288 horas, demonstrado pela equação:

$$\text{Jornada anual de trabalho} = 44 * 52$$

Porém, no caso da empresa do estudo de caso, a partir de histórico anterior, foi considerado uma disponibilidade maior que 2.288 horas disponíveis por ano, em virtude de horas extras. A empresa considera, desde o ano de 2000 uma previsão

anual de 154,24 horas. Diante disso, a disponibilidade das horas trabalhadas por ano é dada por:

$$\textit{Disponibilidade anual (horas)} = (44 * 52) + 154,24$$

Na planilha de cálculo dos indicadores de capacitação e absenteísmo, foram consideradas, de acordo com os critérios da empresa do estudo de caso, 2.242,24 horas trabalhadas por ano.

O cálculo das horas totais foi feito de acordo com a equação:

$$\textit{Horas totais} = 2442,24 * \textit{número de colaboradores}$$

Seguindo os critérios adotados pela empresa do estudo de caso com o propósito de trazer para o estudo dados reais. Assim sendo, o indicador de capacitação foi obtido a partir da equação:

$$\textit{Capacitação \%} = \left(\frac{\textit{Capacitação} * 100}{\textit{Número de colaboradores}} \right)$$

APÊNDICE J – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR SALÁRIO

Tabela 48 – Variação anual de empregos e salários no setor têxtil automotivo

Ano	Salário-mínimo	Salário-mínimo têxtil	Oferta de empregos no setor	Salário do setor têxtil
2001	R\$ 180,00	R\$ 301,89	464820	R\$ 140.323.018,87
2002	R\$ 200,00	R\$ 335,43	437370	R\$ 146.706.918,24
2003	R\$ 240,00	R\$ 402,52	441640	R\$ 177.767.044,03
2004	R\$ 260,00	R\$ 436,06	452315	R\$ 197.235.890,99
2005	R\$ 300,00	R\$ 503,14	464515	R\$ 233.718.238,99
2006	R\$ 350,00	R\$ 587,00	464820	R\$ 272.850.314,47
2007	R\$ 380,00	R\$ 637,32	477325	R\$ 304.207.127,88
2008	R\$ 415,00	R\$ 696,02	496540	R\$ 345.600.167,71
2009	R\$ 465,00	R\$ 779,87	500200	R\$ 390.093.081,76
2010	R\$ 510,00	R\$ 855,35	509045	R\$ 435.409.559,75
2011	R\$ 542,50	R\$ 909,85	495625	R\$ 450.946.016,77
2012	R\$ 622,00	R\$ 1.043,19	490440	R\$ 511.620.427,67
2013	R\$ 678,00	R\$ 1.137,11	494100	R\$ 561.844.528,30
2014	R\$ 724,00	R\$ 1.214,26	485560	R\$ 589.594.029,35
2015	R\$ 788,00	R\$ 1.321,59	465735	R\$ 615.512.251,57
2016	R\$ 880,00	R\$ 1.475,89	455670	R\$ 672.519.245,28
2017	R\$ 937,00	R\$ 1.571,49	464515	R\$ 729.979.966,46
2018	R\$ 954,00	R\$ 1.600,00	458415	R\$ 733.464.000,00

Fonte: Autor, 2022.

Partindo do pressuposto de que a qualificação de mão obra é mesma para todo setor têxtil uma vez que os equipamentos são semelhantes, a remuneração deve atender a toda categoria independentemente se o segmento de cama, mesa, banho e confecções ou o segmento têxtil automotivo. Para definição da faixa salarial utilizada para contemplar o têxtil automotivo foi considerado salário-mínimo para o ano de 2018 e a remuneração média indicada pela convenção sindical da categoria. Foi definido um índice de correção ao salário-mínimo oficial da categoria obtendo-se assim a faixa salarial do setor do ano de 2001 ao ano de 2018.

Os valores da coluna identificada como “Salário-mínimo” foram extraídos do portal: <https://www.contabeis.com.br/tabelas/salario-minimo/>, acessado em 22/04/2022.

Para o ano de 2018:

(I)

$$\left(\frac{\text{salário mínimo}}{\text{salário têxtil}} \right) = 5,96E - 01$$

(II)

$$(5,96E - 01 * \text{salário mínimo do ano}) = \text{salário têxtil do ano}$$

A memória de cálculo para a coluna identificada como “ Oferta de empregos no setor” foi apresentada no Apêndice H.

(III)

$$\text{Salário do setor têxtil} = \text{Salário mínimo têxtil} * \text{oferta de empregos no setor}$$

A equação III apresenta o quanto o setor têxtil paga de salário para seus colaboradores definindo o indicador de salários para os anos de 2001 e 2018.

APÊNDICE K – MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA O INDICADOR ABSENTEÍSMO

Os dados referentes ao indicador absenteísmo, foram obtidos a partir de estudo de campo feito para realizar esse estudo. Os dados foram fornecidos pela empresa do estudo de caso conforme tabela a seguir.

Tabela 49 – Dados de recursos humanos da empresa do estudo de caso

Ano	Colaboradores	Ausências	Horas totais	Absenteísmo	Capacitação	Capacitação %
2001	123	1284,4	300395,52	0,43	104	84,55
2002	148	1354,3	361451,52	0,37	68	45,95
2003	156	870,8	380989,44	0,23	118	75,64
2004	168	882,5	410296,32	0,22	120	71,43
2005	159	823,1	388316,16	0,21	138	86,79
2006	162	987,4	395642,88	0,25	136	83,95
2007	183	1002,5	446929,92	0,22	128	69,95
2008	187	1105,4	456698,88	0,24	62	33,16
2009	202	807,6	493332,48	0,16	63	31,19
2010	216	1290,4	527523,84	0,24	87	40,28
2011	209	3109,2	510428,16	0,61	35	16,75
2012	238	4671,9	581253,12	0,80	32	13,45
2013	256	5904,7	625213,44	0,94	38	14,84
2014	292	5871,7	713134,08	0,82	32	10,96
2015	278	5965,9	678942,72	0,88	36	12,95
2016	386	15234,5	942704,64	1,62	33	8,55
2017	354	22384,7	864552,96	2,59	30	8,47
2018	360	23987,1	879206,4	2,73	68	18,89

Fonte: Autor, 2022.

O número de colaboradores foi fornecido pela empresa do estudo de caso, bem como as ausências e capacitação de colaboradores.

O contrato de trabalho dos trabalhadores do segmento têxtil automotivo segue a convenção sindical da categoria que estabelece jornada de trabalho de 44 horas semanais. Em havendo 52 semanas úteis no ano, quantidade de horas disponíveis para trabalho, nesse segmento em 1 ano é de: 2.288 horas, demonstrado pela equação:

$$\text{Jornada anual de trabalho} = 44 * 52$$

Porém, no caso da empresa do estudo de caso, a partir de histórico anterior, foi considerado uma disponibilidade maior que 2.288 horas disponíveis por ano, em virtude de horas extras. A empresa considera, desde o ano de 2000 uma previsão

anual de 154,24 horas. Diante disso, a disponibilidade das horas trabalhadas por ano é dada por:

$$\text{Disponibilidade anual (horas)} = (44 * 52) + 154,24$$

Na planilha de cálculo dos indicadores de capacitação e absenteísmo, foram consideradas, de acordo com os critérios da empresa do estudo de caso, 2.242,24 horas trabalhadas por ano.

O cálculo das horas totais foi feito de acordo com a equação:

$$\text{Horas totais} = 2442,24 * \text{número de colaboradores}$$

Seguindo os critérios adotados pela empresa do estudo de caso com o propósito de trazer para o estudo dados reais. Assim sendo, o indicador de absenteísmo foi obtido a partir da equação:

$$\text{Absenteísmo} = \left(\frac{\text{Ausências}}{\text{Horas Totais}} \right) * 100$$

APÊNDICE L – PLANILHA “GOAL PROGRAMMING”

Tabela 50 – Programação por metas

In- dex	Sé- rie his- tóri- ca	SETOR 1			SETOR 2			SETOR 3		
		K11 - Emergia (sej/ ano)	K12 - Consumo de Energia elétrica (tep/ ano)	Σ (Ind. Setor 1)	K21 - Emissão de CO ₂ (kg CO ₂ /ano)	K22 - Resí- duos sólidos (kg/ ano)	Σ (Ind. Setor 2)	K31 - PIB do setor (\$/ano)	K32 - Consu- mo de tecido (kg/ ano)	Σ (Ind. Setor 3)
1	2001	3,04E+18	2,66E+05	0,01	1,86E+08	17.580	4,89E-03	196498916432,00	87901	5,03
2	2002	3,14E+18	2,72E+05	0,01	1,94E+08	17.183	4,69E-03	221824809080,00	85916	4,88
3	2003	3,42E+18	2,79E+05	0,00	2,01E+08	18.249	3,97E-03	256846995310,50	91246	4,37
4	2004	3,99E+18	2,85E+05	0,00	2,09E+08	21.873	2,20E-03	292668662821,50	109366	3,39
5	2005	3,61E+18	2,89E+05	0,00	2,16E+08	24.576	8,40E-04	324489474624,00	122881	2,61
6	2006	3,74E+18	2,96E+05	0,00	2,20E+08	24.898	5,37E-04	360341704660,00	124491	2,23
7	2007	3,77E+18	3,00E+05	0,00	2,28E+08	29.374	7,80E-01	406685776035,00	146869	1,40
8	2008	4,47E+18	3,07E+05	0,00	2,35E+08	31.787	1,40E+00	465010925120,00	158937	0,88
9	2009	4,03E+18	3,12E+05	0,00	2,40E+08	30.251	1,22E+00	497668380440,00	151255	0,59
10	2010	4,55E+18	3,70E+05	0,36	3,13E+08	34.701	3,70E+00	581136728515,00	173505	0,00
11	2011	4,44E+18	3,24E+05	0,00	2,50E+08	36.668	2,69E+00	654860010000,00	183342	0,01
12	2012	4,33E+18	3,29E+05	0,00	2,60E+08	33.890	2,37E+00	720063401050,00	169448	0,01
13	2013	4,66E+18	3,38E+05	0,00	2,67E+08	37.211	3,17E+00	797427060360,00	186056	0,01
14	2014	4,77E+18	3,40E+05	0,00	2,73E+08	31.121	2,12E+00	863813587280,00	155607	0,01
15	2015	4,07E+18	2,73E+05	0,00	2,07E+08	23.197	1,80E-03	538719874350,00	115984	0,96
16	2016	4,66E+18	3,50E+05	0,07	2,85E+08	20.685	1,34E+00	936785419220,00	103427	1,20
17	2017	4,99E+18	3,51E+05	0,27	2,94E+08	25.643	1,53E+00	979849197600,00	128216	0,29
18	2018	5,47E+18	3,60E+05	0,91	3,00E+08	28.296	2,17E+00	1020698635110,00	141478	0,01
		MINIMIZAR	MINIMIZAR		MINIMIZAR	MINIMI- ZAR		MAXIMIZAR	MAXIMI- ZAR	

SETOR 4			SETOR 5			ISSS GERAL
K41 - Força de trabalho (pessoas/ ano)	K 42 - Capacitação (% de colabo- radores/ ano)	Σ (Ind. Setor 4)	K51 - Salário (\$/ano)	K52 - Absen- teísmo (% de colabo- radores/ ano)	Σ (Ind. Setor 5)	Σ (IPM)
464820	84,55	0,09	R\$ 140.323.018,87	0,43	11,76	16,89
437370	45,95	1,54	R\$ 146.706.918,24	0,37	9,80	16,23
441640	75,64	0,34	R\$ 177.767.044,03	0,23	5,06	9,77
452315	71,43	0,22	R\$ 197.235.890,99	0,22	4,51	8,13
464515	86,79	0,10	R\$ 233.718.238,99	0,21	3,76	6,47
464820	83,95	0,09	R\$ 272.850.314,47	0,25	4,54	6,87
477325	69,95	0,00	R\$ 304.207.127,88	0,22	3,23	5,41
496540	33,16	2,23	R\$ 345.600.167,71	0,24	3,36	7,87
500200	21,29	3,22	R\$ 390.093.081,76	0,16	0,32	5,36
509045	40,28	1,63	R\$ 435.409.559,75	0,24	2,50	8,20
495625	16,75	3,60	R\$ 450.946.016,77	0,61	14,06	20,36
490440	13,45	3,88	R\$ 511.620.427,67	0,80	20,00	26,25
494100	14,84	3,76	R\$ 561.844.528,30	0,94	24,38	31,32
485560	10,96	4,08	R\$ 589.594.029,35	0,82	20,63	26,84
465735	12,95	4,00	R\$ 615.512.251,57	0,88	22,50	27,47
455670	8,55	4,47	R\$ 672.519.245,28	1,62	45,63	52,71
464515	8,47	4,38	R\$ 729.979.966,46	2,59	75,94	82,43
458415	18,89	3,58	R\$ 733.464.000,00	2,73	80,32	86,98
MAXIMIZAR	MAXIMIZAR		MAXIMIZAR	MINIMIZAR		

Fonte: Autor, 2022.

APÊNDICE M – KANBAN DA SUSTENTABILIDADE

Para o cálculo do Kanban da sustentabilidade apresentado por (Giannetti et al., 2022), o primeiro passo foi criar um painel com o indicador sintético de sustentabilidade geral “ISSS”, e o ISSS de cada um dos setores.

Tabela 51 – ISSS pós simulação por extremos

Ano	ISSS	S1	S2	S3	S4	S5
2001	16,88685	5,97E-03	4,89E-03	5,03E+00	9,33E-02	1,18E+01
2002	16,22857	5,58E-03	4,69E-03	4,88E+00	1,54E+00	9,80E+00
2003	9,771653	4,80E-03	3,97E-03	4,37E+00	3,37E-01	5,06E+00
2004	8,125576	3,44E-03	2,20E-03	3,39E+00	2,23E-01	4,51E+00
2005	6,46995	4,12E-03	8,40E-04	2,61E+00	9,69E-02	3,76E+00
2006	6,869573	3,66E-03	5,37E-04	2,23E+00	9,32E-02	4,54E+00
2007	5,410879	3,47E-03	7,80E-01	1,40E+00	1,78E-03	3,23E+00
2008	7,874159	1,80E-03	1,40E+00	8,81E-01	2,23E+00	3,36E+00
2009	5,3563	2,58E-03	1,22E+00	5,91E-01	3,22E+00	3,25E-01
2010	8,196173	3,56E-01	3,70E+00	3,06E-03	1,63E+00	2,50E+00
2011	20,35751	1,39E-03	2,69E+00	5,09E-03	3,60E+00	1,41E+01
2012	26,25428	1,47E-03	2,37E+00	5,22E-03	3,88E+00	2,00E+01
2013	31,31752	5,16E-04	3,17E+00	7,81E-03	3,76E+00	2,44E+01
2014	26,84013	2,30E-04	2,12E+00	6,75E-03	4,08E+00	2,06E+01
2015	27,46906	3,63E-03	1,80E-03	9,62E-01	4,00E+00	2,25E+01
2016	52,70979	6,66E-02	1,34E+00	1,20E+00	4,47E+00	4,56E+01
2017	82,42828	2,70E-01	1,53E+00	2,94E-01	4,38E+00	7,59E+01
2018	86,98222	9,05E-01	2,17E+00	8,49E-03	3,58E+00	8,03E+01

Fonte: Autor, 2022.

Feito isso, para definir o nível de sustentabilidade do ISSS geral e de cada um dos setores em alta, baixa e média sustentabilidade, foi calculado o: o valor mais baixo e o mais alto da coluna em estudo, o desvio padrão e a média. Ratificando, o maior e o menor valor, a média e o desvio padrão foram calculados, respectivamente: para o ISSS geral, ISSS S1, ISSS S2, ISSS S3, ISSS S4 e ISSS S5.

Tendo os parâmetros calculados para os ISSS, geral e setorial, foi estabelecido o critério para alto, médio e baixo nível de sustentabilidade conforme segue:

Alto nível de sustentabilidade:

$$\text{Sustentabilidade alta} = \text{menor valor} + \text{desvio padrão}$$

Baixo nível de sustentabilidade:

Sustentabilidade baixa = maior valor – desvio padrão

O intervalo de valores que não estiver nem na alta nem na baixa sustentabilidade, é faixa de média sustentabilidade.

A classificação do nível de sustentabilidade foi feita para o ISSS geral e os ISSSs de cada um dos setores, permitindo assim, fazer a classificação da sustentabilidade geral e, ao mesmo tempo, avaliar a situação da sustentabilidade para cada um dos setores, ano a ano do período da série histórica que é entre os anos de 2001 e 2018 criando um painel alto explicativo com forte apelo visual.

Tabela 52 – Kanban da sustentabilidade

Ano	Valor do ISSS	Setor 1	Setor 2	Setor 3	Setor 4	Setor 5	Nível de sustentabilidade
2009	5,36E+00	6	9	8	10	1	Alto
2007	5,41E+00	8	8	12	1	3	Alto
2005	6,47E+00	11	2	14	4	5	Alto
2006	6,87E+00	10	1	13	2	7	Médio
2008	7,87E+00	5	11	9	9	4	Médio
2004	8,13E+00	7	4	15	5	6	Médio
2010	8,20E+00	17	18	1	8	2	Médio
2003	9,77E+00	12	5	16	6	8	Médio
2002	1,62E+01	13	6	17	7	9	Médio
2001	1,69E+01	14	7	18	3	10	Médio
2011	2,04E+01	3	16	2	12	11	Médio
2012	2,63E+01	4	15	3	14	12	Médio
2014	2,68E+01	1	13	4	16	13	Médio
2015	2,75E+01	9	3	10	15	14	Médio
2013	3,13E+01	2	17	5	13	15	Médio
2016	5,27E+01	15	10	11	18	16	Baixo
2017	8,24E+01	16	12	12	17	17	Baixo
2018	8,70E+01	18	14	6	11	18	Baixo

Fonte: Autor, 2022.

APÊNDICE N – PAINEL DE DADOS (CORRELAÇÃO DE PEARSON)

Os resultados da simulação por extremos estão contidos na planilha a seguir.

Tabela 53 – Indicador sintético de sustentabilidade – ISSS – pós simulação por extremos

In- dex	Série histórica	INDICADOR SINTÉTICO DE SUSTENTABILIDADE - ISSS					
		Meta original	Ajustando S1	Ajustando S2	Ajustando S3	Ajustando S4	Ajustando S5
1	2001	16,89	20,90	22,00	19,37	20,82	31,16
2	2002	16,23	20,62	21,54	18,79	20,47	28,67
3	2003	9,77	14,96	15,81	12,59	13,95	18,02
4	2004	8,13	14,67	15,93	11,43	12,54	16,18
5	2005	6,47	12,34	15,64	10,17	10,30	14,43
6	2006	6,87	13,19	16,34	10,75	10,82	16,32
7	2007	5,41	11,93	16,19	9,51	9,97	14,11
8	2008	7,87	16,06	19,28	12,01	11,64	17,44
9	2009	5,36	12,76	16,58	9,78	8,61	12,69
10	2010	8,20	18,00	21,91	12,43	12,20	18,09
11	2011	20,36	28,95	33,04	24,08	23,44	41,72
12	2012	26,25	34,76	38,63	29,94	29,23	53,18
13	2013	31,32	40,78	44,49	34,36	34,33	62,32
14	2014	26,84	36,59	38,97	30,15	29,74	53,93
15	2015	27,47	33,82	35,68	31,99	30,47	56,27
16	2016	52,71	62,45	62,11	55,45	55,48	104,30
17	2017	82,43	92,68	93,96	85,44	85,24	163,98
18	2018	86,98	97,87	99,17	89,85	90,20	172,89

Fonte: Autor, 2022.

A coluna identificada por “Meta original”, se refere ao ISSS aplicando as metas originais na ferramenta de programação por metas, “*Goal Programming*”. A coluna identificada por: “Ajustando S1”, é o resultado Da aplicação do critério da simulação por extremos. No caso dessa coluna, os indicadores do setor 1: “energia” e “energia elétrica” tem o objetivo de minimização. De acordo com o critério da simulação por extremos, se o objetivo é minimizar o indicador, a meta deve ser dividida por dois. As metas dos indicadores do setor 1 foram divididas por dois e o seu resultado estão na coluna: “Ajustando S1”. Os indicadores dos demais setores não foram alterados.

Os indicadores do setor 2, “emissões” e “resíduos sólidos”, tem como objetivo a minimização. Diante disso, considerando o critério da simulação por extremos, as metas de ambos os indicadores foram divididas por dois e o resultado dessa

simulação estão na coluna: “Ajustando S2”. Os indicadores dos demais setores não foram alterados.

Na expectativa de que o K31, o “PIB setorial do segmento têxtil automotivo”, aumente, o objetivo para esse indicador é de maximização. De acordo com o critério da simulação por extremos, a meta deve ser multiplicada por dois. A expectativa é que o K32, “consumo de tecido” acompanhe o K31. Dessa maneira, assim como o K31, o K32 tem o objetivo de maximização que, de acordo com o critério de simulação por extremos, terá sua meta multiplicada por dois com os resultados expressos na coluna identificada por: “Ajustando S3”. Os demais indicadores não sofrem alteração.

Ambos os indicadores do setor 4, “força de trabalho” e capacitação, trazem consigo a expectativa de aumento. Assim sendo, o objetivo dos indicadores é de maximização que, de acordo com o critério da simulação por extremos, terão suas metas multiplicadas por dois com os resultados expressos na coluna identificada por: “Ajustando S4”. Os demais indicadores não sofrem alteração.

“Salário” e “absenteísmo” são os indicadores do setor 5. Espera-se que os salários aumentem no segmento têxtil automotivo e que o absenteísmo diminua. Nesse caso, o objetivo do indicador salário é de maximização tendo sua meta multiplicada por dois. O indicador de absenteísmo tem como objetivo a minimização e sua meta será dividida por dois. Os demais indicadores não sofrem alteração. Os resultados são expressos na coluna identificada por: “Ajustando S5”.

A definição do critério da simulação por extremos não encontrou paralelo na literatura e foi adotada baseada na experiência dos autores. Para verificar a robustez e assertividade dos dados, e ainda, se existe correlação no comportamento dos setores após a simulação por extremos, foi aplicada a Correlação de Pearson criando um painel de dados.

Tabela 54 – Correlação de Pearson

Correlação de Pearson

	Série histórica	Meta original	Ajustando S1	Ajustando S2	Ajustando S3	Ajustando S4	Ajustando S5
Série histórica	x	76,02%	78,95%	80,60%	77,17%	75,12%	77,56%
Meta original	x	x	99,81%	99,49%	99,97%	99,98%	99,94%
Ajustando S1	x		x	99,88%	99,86%	99,74%	99,88%
Ajustando S2				x	99,62%	99,39%	99,68%
Ajustando S3					x	99,94%	99,98%
Ajustando S4						x	99,90%
Ajustando S5							x

Fonte: Autor, 2022.

A linha identificada por “série histórica” é presente na planilha para seguir a metodologia de análise uma vez que correlaciona a coluna da “série histórica” com as demais colunas. A coluna “série histórica” se refere aos anos de 2001 a 2018 que é o período sobre o qual esse estudo se refere. A linha identificada como “série histórica” não é relevante a análise de correlação, mas contempla o método.

Para o estudo de correlação entre as colunas da planilha “Indicador Sintético de Sustentabilidade – ISSS”, foi usada a função “CORREL (matriz1, matriz2)” do Excel.

A linha “meta original” correlaciona a coluna “metas originais” apresentadas na planilha do “Indicador Sintético de Sustentabilidade – ISSS” com a coluna “ajustando S1” da mesma planilha. Na planilha “Correlação de Pearson, a intersecção da linha “meta original” com a coluna “ajustando S1” apresenta o índice de correlação entre a meta original e a meta com S1 ajustado conforme critério de simulação por extremos que é de 99,81% indicando forte correlação entre as colunas em estudo.

Na planilha “Correlação de Pearson”, a intersecção da linha “meta original” com a coluna “ajustando S2” apresenta o índice de correlação entre a meta original e a meta com S2 ajustado conforme critério de simulação por extremos que é de 99,49% indicando forte correlação entre as colunas em estudo.

Na planilha “Correlação de Pearson, a intersecção da linha “meta original” com a coluna “ajustando S3” apresenta o índice de correlação entre a meta original e a meta com S3 ajustado conforme critério de simulação por extremos que é de 99,97% indicando forte correlação entre as colunas em estudo.

Na planilha “Correlação de Pearson, a intersecção da linha “meta original” com a coluna “ajustando S4” apresenta o índice de correlação entre a meta original e a meta com S4 ajustado conforme critério de simulação por extremos que é de 99,98% indicando forte correlação entre as colunas em estudo.

Na planilha “Correlação de Pearson, a intersecção da linha “meta original” com a coluna “ajustando S5” apresenta o índice de correlação entre a meta original e a meta com S5 ajustado conforme critério de simulação por extremos que é de 99,94% indicando fortíssima correlação entre as colunas em estudo.

A mesma lógica apresentada foi repetida correlacionando as colunas da planilha “Indicador Sintético de Sustentabilidade – ISSS” resultado na planilha “Correlação de Pearson”.

Diante disso, a correlação entre as colunas “Ajustando S1” com a coluna “Ajustando S2” é revelada na intersecção da linha “Ajustando S1” com a coluna “Ajustando S2” resultando em um índice de correlação de 99,88% indicando fortíssima correção entre os setores 1 e 2 ajustados. E assim por diante nas demais análises.

Todos os resultados apresentados na planilha “Correlação de Pearson” apresentam fortíssima correlação entre as metas originais e os setores ajustados, digo, submetidos ao critério de simulação por extremos. Os resultados de fortíssima correlação entre os dados se revelam robustez e assertividade na definição do critério de simulação por extremos.

APÊNDICE O – DISTRIBUIÇÃO NORMAL MODELADA

Os dados para modelagem da distribuição normal foram extraídos da planilha “Indicador Sintético de Sustentabilidade – ISSS” contendo o ISSS das metas originais e o ISSS dos setores ajustados de acordo com o critério da simulação por extremos.

Tabela 59 – Indicador Sintético de Sustentabilidade – SSIS

In- dex	Série histórica	INDICADOR SINTÉTICO DE SUSTENTABILIDADE - SSIS					Ajustando S5
		Meta original	Ajustando S1	Ajustando S2	Ajustando S3	Ajustando S4	
1	2001	16,89	20,90	22,00	19,37	20,82	31,16
2	2002	16,23	20,62	21,54	18,79	20,47	28,67
3	2003	9,77	14,96	15,81	12,59	13,95	18,02
4	2004	8,13	14,67	15,93	11,43	12,54	16,18
5	2005	6,47	12,34	15,64	10,17	10,30	14,43
6	2006	6,87	13,19	16,34	10,75	10,82	16,32
7	2007	5,41	11,93	16,19	9,51	9,97	14,11
8	2008	7,87	16,06	19,28	12,01	11,64	17,44
9	2009	5,36	12,76	16,58	9,78	8,61	12,69
10	2010	8,20	18,00	21,91	12,43	12,20	18,09
11	2011	20,36	28,95	33,04	24,08	23,44	41,72
12	2012	26,25	34,76	38,63	29,94	29,23	53,18
13	2013	31,32	40,78	44,49	34,36	34,33	62,32
14	2014	26,84	36,59	38,97	30,15	29,74	53,93
15	2015	27,47	33,82	35,68	31,99	30,47	56,27
16	2016	52,71	62,45	62,11	55,45	55,48	104,30
17	2017	82,43	92,68	93,96	85,44	85,24	163,98
18	2018	86,98	97,87	99,17	89,85	90,20	172,89

Fonte: Autor, 2022.

Para representar a distribuição dos dados da amostra, foi modelada a distribuição normal do conjunto de dados apresentados da planilha “Indicador Sintético de Sustentabilidade – ISSS” que é a combinação de seis amostras: uma para a coluna identificada por “meta original” e outra para cada uma das colunas referentes aos resultados setores ajustados.

O primeiro passo para a modelagem dos dados em curvas foi calcular os parâmetros da amostra de dados.

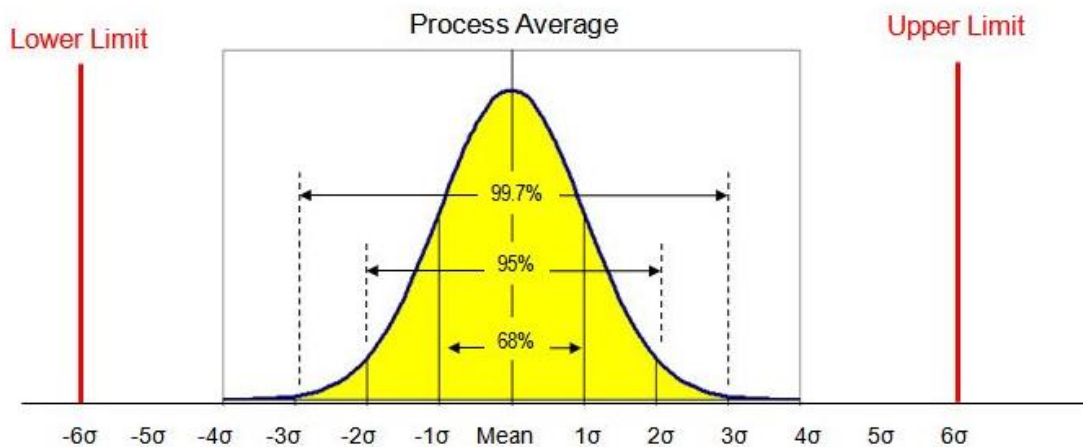
Tabela 55 – Parâmetros da distribuição normal modelada – pós simulação por extremos

PARÂMETROS DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL MODELADA						
	Meta original	Ajustando S1	Ajustando S2	Ajustando S3	Ajustando S4	Ajustando S5
Média	24,75	32,41	34,85	28,23	28,30	49,76
Desvio padrão	25,04	26,43	25,86	24,75	24,66	49,38
Média + 4dp	124,90	138,11	138,29	127,24	126,96	247,30
Média - 4dp	-75,39	-73,29	-68,59	-70,78	-70,35	-147,78

Fonte: Autor, 2022.

Para ser possível desenhar a curva da distribuição normal é necessário determinar o intervalo de valores do eixo x que vai ser a base para desenhar distribuição normal. Para tanto foi adotado a média ± 4 dp. A escolha de ± 4 dp foi feita para dar a curva o formato de sino da distribuição normal. Caso use menos que 4 dp ou mais que 4 dp a curva não pega o formato da gaussiana.

Imagem 42 – Curva da distribuição – 4 desvios padrão



Fonte: Grite, 2022.

Para que a curva fique adequada, é necessário estabelecer o ponto de início e o ponto de fim, que suporte todas as curvas, no eixo x.

Tabela 56 – Parâmetros da distribuição normal modelada

PARÂMETROS DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL MODELADA						
	Meta original	Ajustando S1	Ajustando S2	Ajustando S3	Ajustando S4	Ajustando S5
Média	24,75	32,41	34,85	28,23	28,30	49,76
Desvio padrão	25,04	26,43	25,86	24,75	24,66	49,38
Média + 4dp	124,90	138,11	138,29	127,24	126,96	247,30
Média - 4dp	-75,39	-73,29	-68,59	-70,78	-70,35	-147,78
Início eixo X	-147,78					
Fim eixo X	247,30					
Pontos	30,00					
Incremento	13,62					

Fonte: Autor, 2022.

Foi definido o ponto de início do eixo x, que suporte as curvas, definindo o menor ponto da linha “média – 4 dp” que foi -147,78. Para definir o ponto onde as curvas devem terminar, selecionamos o maior valor da linha “média + 4 dp”, que foi 247,30.

Para que as curvas ficassem em um tamanho adequado para as análises, foi estabelecido, que a curva deveria ter 30 pontos. Em estando definido o ponto exato de início e término das curvas bem como o número de pontos que deve haver na curva, é necessário definir o incremento. O incremento é o tamanho do intervalo entre um ponto e outro. O incremento foi calculado de acordo com a fórmula a seguir.

$$\text{Incremento} = \left(\frac{\text{fim do eixo } x - \text{início do eixo } x}{\text{quantidade de pontos} - 1} \right)$$

$$\text{Incremento} = \left(\frac{247,30 - (-147,78)}{30 - 1} \right)$$

$$\text{Incremento} = 13,62$$

O próximo passo é criar a função probabilidade de massa definindo o valor, de uma das curvas, para cada ponto do eixo x. Deve ser criada uma tabela que contenha uma coluna com o número de pontos, no nosso caso de 1 a 30. Uma coluna com o valor do eixo x para cada ponto. E o cálculo da probabilidade de massa para cada uma das curvas.

Tabela 57 – FPM (função de probabilidade de massa)

FPM (FUNÇÃO DE PROBABILIDADE DE MASSA)							
Pontos	Eixo X	Meta original	Ajustando S1	Ajustando S2	Ajustando S3	Ajustando S4	Ajustando S5
1	-147,78	7,76852E-13	1,21094E-12	2,28082E-13	1,69212E-13	1,38339E-13	2,70996E-06
2	-134,1533872	2,84815E-11	3,56488E-11	8,19639E-12	7,28212E-12	6,12847E-12	7,86429E-06
3	-120,5300501	7,76598E-10	8,04529E-10	2,23162E-10	2,31489E-10	2,00101E-10	2,11498E-05
4	-106,9067129	1,57484E-08	1,39192E-08	4,60347E-09	5,43559E-09	4,81545E-09	5,27112E-05
5	-93,28337583	2,37513E-07	1,84612E-07	7,19476E-08	9,42774E-08	8,54112E-08	0,000121745
6	-79,6600387	2,66406E-06	1,87707E-06	8,51949E-07	1,20785E-06	1,11656E-06	0,000260584
7	-66,03670158	2,22234E-05	1,46311E-05	7,64324E-06	1,14304E-05	1,07582E-05	0,000516887
8	-52,41336446	0,000137874	8,74271E-05	5,19527E-05	7,9902E-05	7,63995E-05	0,000950154
9	-38,79002734	0,000636158	0,000400489	0,00026755	0,000412569	0,00039988	0,001618611
10	-25,16669022	0,002183003	0,001406405	0,001043921	0,00157355	0,001542624	0,002555294
11	-11,54335309	0,005571243	0,003786205	0,00308601	0,004433114	0,004386117	0,003738434
12	2,079984029	0,010574451	0,007813984	0,006911835	0,009225323	0,009191596	0,005068609
13	15,70332115	0,014926969	0,012362763	0,011728858	0,014180737	0,014196851	0,006368513
14	29,32665827	0,015670885	0,01499454	0,015079417	0,016101285	0,016161568	0,007415451
15	42,9499954	0,01223555	0,013942009	0,01468858	0,013504136	0,013560178	0,008001793
16	56,57333252	0,007104958	0,009937843	0,010840304	0,008365995	0,008385669	0,008001793
17	70,19666964	0,003068369	0,005430421	0,006061353	0,003828361	0,003822086	0,007415451
18	83,82000676	0,000985512	0,002274832	0,002567817	0,001294055	0,001283966	0,006368513
19	97,44334388	0,000235409	0,000730533	0,000824186	0,0003231	0,000317905	0,005068609
20	111,066681	4,1821E-05	0,000179848	0,000200425	5,9589E-05	5,80138E-05	0,003738434
21	124,6900181	5,52551E-06	3,39426E-05	3,69272E-05	8,11782E-06	7,80289E-06	0,002555294
22	138,3133553	5,42949E-07	4,91088E-06	5,15473E-06	8,16878E-07	7,73517E-07	0,001618611
23	151,9366924	3,96783E-08	5,44688E-07	5,45171E-07	6,07183E-08	5,65165E-08	0,000950154
24	165,5600295	2,15653E-09	4,63139E-08	4,36844E-08	3,3337E-09	3,04348E-09	0,000516887
25	179,1833666	8,71699E-11	3,0189E-09	2,65207E-09	1,352E-10	1,20797E-10	0,000260584
26	192,8067037	2,62051E-12	1,50856E-10	1,21986E-10	4,05018E-12	3,53373E-12	0,000121745
27	206,4300409	5,85885E-14	5,77895E-12	4,25112E-12	8,9622E-14	7,61903E-14	5,27112E-05
28	220,053378	9,74197E-16	1,69711E-13	1,12244E-13	1,46487E-15	1,21076E-15	2,11498E-05
29	233,6767151	1,20473E-17	3,82074E-15	2,24537E-15	1,7686E-17	1,41809E-17	7,86429E-06
30	247,3000522	1,108E-19	6,59414E-17	3,40313E-17	1,57726E-19	1,22417E-19	2,70996E-06

Fonte: Autor, 2022.

O valor do eixo x para o ponto 1 foi definido na tabela de “Parâmetros da distribuição normal modelada”. O valor do eixo x para o ponto 2 é definido pela equação a seguir.

$$\text{Eixo } x (\text{ponto } 2) = \text{ponto } 1 + \text{incremento}$$

$$\text{Eixo } x (\text{ponto } 2) = -134,15$$

$$\text{Eixo } x (\text{ponto } 3) = \text{ponto } 2 + \text{incremento}$$

$$\text{Eixo } x \text{ (ponto 3)} = 120,53$$

Os pontos subsequentes devem ser calculados somando o valor do ponto anterior, mais o incremento. O último ponto da tabela é exatamente o “fim do eixo x”, na tabela de parâmetros da distribuição normal modelada que é 247,30.

O cálculo da função probabilidade de massa para a coluna “meta original” é feita usando a seguinte função do Excel:

$$FPM(\text{meta original})$$

$$= \text{DIST.NORM.N} (\text{eixo } x; \text{média}; \text{desvio padrão}; \text{cumulativo falso})$$

$$FPM (\text{meta original}) = 147,78; 24,75; 25,04; \text{cumulativo falso}$$

$$FPM (\text{meta original}) = 7,77E - 13$$

Para o cálculo da FPM, função probabilidade de massa, da coluna “ajustando S1” usamos a mesma função e sintaxe do Excel, destacando que, tanto a média como o desvio padrão, para uma cada das curvas, foram calculados na tabela “Parâmetros da distribuição normal modelada”. Portanto, temos:

$$FPM (\text{ajustando S1}) = -147,78; 32,41; 26,43; \text{cumulativo falso}$$

$$FMP (\text{ajustando S1}) = 1,21 E - 12$$

E assim sucessivamente para os dados ajustados, conforme critério de simulação por extremos, de cada um dos setores.

Com a planilha completa, devem ser selecionadas as colunas do “eixo x” até a coluna “ajustando S5”. Vá na aba inserir do Excel, selecione: gráfico de dispersão, na opção (com linhas suaves). As curvas da meta original e dos setores ajustados estará feita.

APÊNDICE P – CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS – CEP

O CEP é uma ferramenta, com base estatística, que procura identificar as variações do processo de fabricação. Deve ser definido pela engenharia as especificações que o produto deve ter. Dentre essas especificações, devem ser destacadas características que, estando em não conformidade com as especificações, comprometem o uso do produto pelo cliente, colocando a percepção da qualidade do produto em uma situação de vulnerabilidade.

A partir da definição dessa característica crítica, que compromete a imagem do produto e da empresa, devem ser adotados meios para garantir que o produto estará conforme, na ocasião do uso pelo cliente. Um desses meios mais usados para controle do processo é o CEP. O CEP é uma ferramenta citada pela ISO IATF 16.949 que é um conjunto de especificação técnicas para gerenciar a qualidade no setor automotivo.

Definida a característica crítica, que deve ser mensurável quantitativamente, ela deve ser medida e acompanhada. Deve ser definido o tamanho de uma amostra de peças e a periodicidade em que essa amostra deve ser medida. As medidas de cada amostra serão apontadas em uma carta de controle. A partir da medida desse conjunto de amostra, são calculados parâmetros específicos da ferramenta. As medidas das amostras serão assinaladas em um gráfico. Esse gráfico deve ter a forma de uma distribuição normal, de acordo com os parâmetros específicos. Dois desses parâmetros são o C_p e o C_{pk} , medida da estabilidade e da capacidade respectivamente.

O C_p , medida da estabilidade, varia no ponto médio e possui a forma de uma distribuição normal. Quanto mais pontuda for a curva, mais estável é o processo, admitindo que os valores que formam a curva estão bem próximos da média. Se a curva é mais achatada, mostra que o processo é menos estável e os valores que formam a curva são mais dispersos, mais longe da média. O C_p indica como o processo se repete. Quanto mais próximos da média os valores, menor é a variação do processo, por isso o processo é mais estável.

O C_{pk} é a medida da capacidade do processo e está relacionado com a capacidade que o processo tem de se repetir seguindo as especificações definidas pela engenharia. A análise do C_{pk} é efetiva, porém, ela só pode ser aplicada em situações em que o desvio padrão é baixo.

ANEXOS

ANEXO A – CONSUMO ANUAL DE POLIÉSTER

Tabela 58 – Consumo anual industrial de fibras e filamentos – 1970 a 2018

BRASIL: CONSUMO INDUSTRIAL DE FIBRAS E FILAMENTOS - 1970 A 2018

Brazil: Industrial Consumption of Fibers and Filaments - 1970 to 2018

(em 1.000 toneladas)

ANO	NATURAIS						ARTIFICIAIS			SINTÉTICAS				TOTAL GERAL	
	Algodão	Lã lavada	Linho/Rami	Seda (fio)	Juta	TOTAL	Viscose	Acetato	TOTAL	Poliamida	Poliéster	Acrílico	Polipropileno		TOTAL
1970	291,3	13,8	23,0	0,10	76,7	404,9	42,0	8,6	50,6	28,7	22,5	8,7	1,6	61,5	517,0
1971	296,1	15,6	24,0	0,10	62,7	398,5	49,2	8,7	57,9	30,9	37,2	10,1	2,7	80,9	537,3
1972	325,0	15,2	25,7	0,10	79,4	445,4	43,8	8,7	52,5	39,1	48,6	14,7	4,0	106,4	604,3
1973	379,3	13,0	21,1	0,10	106,0	519,5	51,3	9,5	60,8	46,8	63,8	18,2	13,1	141,9	722,2
1974	397,0	11,0	20,0	0,10	94,8	522,9	52,4	8,9	61,3	57,6	74,4	21,1	14,8	167,9	752,1
1975	420,0	8,9	18,5	0,10	107,7	555,2	42,3	6,6	48,9	60,6	67,6	15,9	20,2	164,3	768,4
1976	467,5	14,5	15,5	0,12	96,1	593,7	47,1	6,6	53,7	68,7	85,3	20,3	23,3	197,6	845,0
1977	452,6	11,1	13,5	0,26	85,3	562,8	43,2	6,3	49,5	75,9	87,2	18,8	33,0	214,9	827,2
1978	510,0	13,7	8,9	0,30	75,0	607,9	41,1	4,3	45,4	74,0	91,9	18,4	40,5	224,8	878,1
1979	552,5	16,6	15,8	0,43	97,5	682,8	45,3	3,3	48,6	82,7	111,1	26,0	(1)	219,8	951,2
1980	572,4	18,4	18,3	0,44	109,7	719,2	44,2	4,6	48,8	90,8	121,1	28,5	(1)	240,4	1.008,4
1981	561,9	16,3	14,1	0,36	94,0	686,7	39,1	3,0	42,1	70,0	89,7	23,4	(1)	183,1	911,9
1982	580,6	17,5	9,1	0,49	85,9	693,6	39,1	2,3	41,4	69,9	100,2	23,1	(1)	193,2	926,2
1983	556,7	13,2	10,0	0,30	62,9	643,1	30,0	1,7	31,7	61,1	89,4	18,9	(1)	169,4	844,2
1984	555,2	14,7	13,3	0,24	78,6	662,0	34,3	1,9	36,2	55,9	90,3	17,5	(1)	163,7	861,9
1985	631,4	14,2	13,6	0,35	88,5	748,1	35,5	2,3	37,8	62,0	107,2	23,5	(1)	192,7	978,6
1986	736,5	13,4	13,2	0,51	88,7	852,3	40,1	2,4	42,5	85,5	126,1	26,5	(1)	238,1	1.139,9
1987	774,7	14,7	19,3	0,53	98,9	908,1	41,0	1,9	42,9	81,0	136,6	27,8	74,3	319,7	1.270,7
1988	838,0	14,2	21,4	0,49	69,0	943,1	39,2	2,9	42,1	70,8	119,2	27,2	78,0	295,2	1.280,4
1989	810,0	17,9	12,5	0,48	43,0	883,9	45,4	2,3	47,7	73,6	132,5	30,2	70,7	307,0	1.238,6
1990	730,0	18,0	16,4	0,33	29,7	794,4	38,4	3,4	41,8	65,6	112,6	20,4	73,0	271,6	1.107,8
1991	718,1	17,4	18,4	0,30	25,3	779,5	41,6	3,6	45,2	69,6	128,5	29,3	87,6	315,0	1.139,7
1992	741,6	13,2	18,4	0,19	30,1	803,5	38,3	2,8	41,1	60,3	135,4	19,9	77,4	293,0	1.137,6
1993	829,5	13,0	19,1	0,25	29,5	891,4	49,5	4,5	54,0	75,6	160,8	25,1	86,3	347,8	1.293,2
1994	836,6	12,5	12,4	0,15	26,9	888,6	51,7	5,3	57,0	78,3	179,4	27,4	104,5	389,6	1.335,2
1995	803,7	8,2	12,1	0,13	19,9	844,0	44,7	7,2	51,9	99,1	186,5	26,5	111,9	424,0	1.319,9
1996	829,1	7,8	10,6	0,11	14,6	862,2	27,2	7,6	34,8	107,3	186,6	28,9	107,1	427,9	1.324,9
1997	798,7	9,8	9,2	0,06	23,0	840,8	30,5	2,9	33,4	101,1	229,6	31,6	109,0	471,3	1.345,5
1998	782,9	4,1	4,4	0,06	15,6	807,1	27,0	2,4	29,4	94,5	224,1	29,4	110,0	458,0	1.294,5
1999	806,5	2,3	5,7	0,07	13,0	827,6	30,8	1,9	32,7	100,5	277,5	38,6	114,3	530,9	1.391,2
2000	885,0	8,3	2,4	0,11	19,0	914,8	30,1	1,5	31,6	101,5	314,6	53,3	122,1	591,5	1.537,9
2001	865,0	6,4	1,6	0,11	18,5	891,6	24,3	1,0	25,3	83,3	304,9	47,7	123,7	559,6	1.476,4
2002	805,0	5,0	1,6	0,16	19,0	830,8	23,90	9,85 ²	33,8	73,14	314,64	43,0	144,0	574,8	1.439,3
2003	800,0	5,5	1,4	0,16	22,0	829,1	27,18	10,02 ²	37,2	75,13	342,90	37,5	150,0	605,6	1.473,4
2004	930,0	5,0	1,20	0,18	22,0	958,4	29,21	10,06 ²	39,3	80,49	400,56	48,1	161,0	690,2	1.687,8
2005	900,0	4,5	1,92	0,21	20,0	926,6	28,25	10,35 ²	38,6	68,34	361,8	40,77	102,5	573,4	1.538,6
2006	890,0	5,0	2,31	0,15	18,2	915,7	37,44	10,79 ²	48,2	70,85	374,97	35,03	95,8	576,7	1.540,5
2007	1.005,8	5,8	1,30	0,16	19,0	1.032,1	47,39	9,6 ²	57,0	87,25	378,52	37,91	116,9	620,5	1.709,6
2008	1.050,0	6,0	0,90	0,11	21,0	1.078,0	19,71	9,3 ²	29,0	80,98	446,4	41,4	110,0	678,8	1.785,8
2009	948,6	4,7	0,80	0,15	15,5	969,8	41,55	8,5 ²	50,1	71,04	404,45	34,8	102,0	612,3	1.632,1
2010	1.015,0	5,5	1,60	0,09	19,0	1.041,2	23,84	8,4 ²	32,2	96,7	455,97	31,9	126,0	710,6	1.784,0
2011	910,0	6,2	1,36	0,07	18,0	935,6	24,79	8,71 ²	24,8	88,12	443,18	35,13	152,0	718,4	1.678,9
2012	865,0	5,5	1,30 ²	0,03	15,0	887,2	26,24	9,43 ²	35,7	91,41	433,88	23,23	152,5	701,0	1.623,9
2013	887,0	5,8	1,33 ²	0,04	14,0	908,0	16,25	9,41 ²	25,7	93,05	465,71	13,51	159,4	731,7	1.665,3
2014	850,0	5,2	1,25 ²	0,04	13,0	869,5	10,64	8,8 ²	19,4	106,5	479,4	11,09	170,0	767,0	1.655,9
2015	820,0	4,5	0,60	0,04	12,0	837,1	12,17	7,6 ²	19,8	74,1	406,7	12,6	156,0 ³	649,4	1.506,3
2016	660,0	3,9	0,6	0,04	11,0	675,5	14,00	6,3 ²	20,3	72,9	465,7	10,9	156,3 ³	705,8	1.401,6
2017	700,0	2,9	0,6	0,03	11,5	715,0	11,9	13,6 ²	25,5	94,8	501,4	13,3	135,9	745,5	1.486,0
2018	720,0	3,5	0,7	0,6	12,0	736,8	14,0	7,0 ²	21,0	80,0	547,0	9,0	137,2	773,2	1.531,0

Fonte: BRATAC/LanoBrasil/ABRAFAS/AFIPOL/CONAB/Aliceweb/ComexStat

Elaboração: ABIT

* Estimativa

Obs.: (1) Informações não disponíveis

(2) Consumo destinado a indústria de tabaco

(3) Produção

Fonte: Autor, 2022.

Conteúdo da coluna identificada por “ton” foi extraído de publicação da entidade de classe ABIT.

Tabela 59 – Consumo de anual de poliéster

Ano	Consumo de anual de poliéster			
	ton	kg	g	J
2001	3,05E+05	3,05E+08	3,05E+11	8,23E+12
2002	3,15E+05	3,15E+08	3,15E+11	8,50E+12
2003	3,43E+05	3,43E+08	3,43E+11	9,26E+12
2004	4,01E+05	4,01E+08	4,01E+11	1,08E+13
2005	3,62E+05	3,62E+08	3,62E+11	9,77E+12
2006	3,75E+05	3,75E+08	3,75E+11	1,01E+13
2007	3,79E+05	3,79E+08	3,79E+11	1,02E+13
2008	4,46E+05	4,46E+08	4,46E+11	1,21E+13
2009	4,04E+05	4,04E+08	4,04E+11	1,09E+13
2010	4,56E+05	4,56E+08	4,56E+11	1,23E+13
2011	4,43E+05	4,43E+08	4,43E+11	1,20E+13
2012	4,34E+05	4,34E+08	4,34E+11	1,17E+13
2013	4,66E+05	4,66E+08	4,66E+11	1,26E+13
2014	4,79E+05	4,79E+08	4,79E+11	1,29E+13
2015	4,07E+05	4,07E+08	4,07E+11	1,10E+13
2016	4,66E+05	4,66E+08	4,66E+11	1,26E+13
2017	5,01E+05	5,01E+08	5,01E+11	1,35E+13
2018	5,47E+05	5,47E+08	5,47E+11	1,48E+13

* PCI (poder calorífico inferior) do poliéster = 27 J/g

Fonte: BRATAC/LanoBrasil/ABRAFAS/AFIPOL/CONAB/Aliceweb/ComexStat – ABIT.

A transformação do consumo anual de poliéster em g para Joule, segue a seguinte equação para os anos de 2001 a 2018:

$$\text{Consumo de poliéster em Joule(ano de 2001)} = (3,05E + 11 * 27)$$

Ressaltando que 27 é o PCI (poder calorífico inferior) do poliéster em J/g. O mesmo cálculo foi feito para o consumo de poliéster de todos os anos até 2018.