

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS CURITIBA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA E DE  
MATERIAIS**

**JAYLTON BONACINA DE ARAUJO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE  
IMPACTO PARA ACV SOCIAL (*SOCIAL METRIC FOR LIFE CYCLE -  
SMiLe*)**

TESE

**CURITIBA**

**2021**

**JAYLTON BONACINA DE ARAUJO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE  
IMPACTO PARA ACV SOCIAL (*SOCIAL METRIC FOR LIFE CYCLE -  
SMiLe*)**

**Development of an Impact Assessment Method for Social LCA  
(Social Metric for Life Cycle - SMiLe)**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia – Área de Concentração: Engenharia de Manufatura, do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Profa. Dra. Cássia Maria Lie Ugaya

Coorientador: Prof. Dr. José Roberto Frega

**CURITIBA**

**2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite que outros façam download dos trabalhos e os compartilhem desde que atribuam crédito aos autores, mas sem que possam alterá-los de nenhuma forma ou utilizá-los para fins comerciais. O link sobre a imagem dá acesso a todos os termos da licença



**Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Curitiba**



JAYLTON BONACINA DE ARAUJO

**DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO PARA ACV SOCIAL (SOCIAL METRIC FOR LIFE CYCLE - SMILE)**

Trabalho de pesquisa de doutorado apresentado como requisito para obtenção do título de Doutor Em Engenharia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Área de concentração: Engenharia De Manufatura.

Data de aprovação: 31 de Agosto de 2021

Prof.a Cassia Maria Lie Ugaya, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Alexandre Monteiro Souza, Doutorado - Autônomo

Prof Breno Barros Telles Do Carmo, Doutorado - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa)

Prof Claudimar Pereira Da Veiga, Doutorado - Universidade Federal do Paraná (Ufpr)

Prof Jaqueline Severino Da Costa, Doutorado - Universidade Federal de Lavras (Ufla)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 31/08/2021.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por iluminar e abençoar a minha vida, ser meu refúgio nos momentos difíceis e me guiar no caminho para me tornar um pesquisador.

Em especial agradeço à minha orientadora Dra. Cássia Ugaya por me acompanhar nesses anos, por todos os ensinamentos (que vão muito além da ACV) e pela amizade. Também agradeço ao meu coorientador, Dr. José Roberto Frega, pelas lições de estatística, pela amizade, paciência e gentileza em responder minhas dúvidas sempre que precisei.

Aos colegas e amigos do GYRO e do Grupo de Trabalho em ACV-S que estiveram ao meu lado nesta caminhada. Em especial agradeço aos amigos mais próximos Adrison, Fernanda, Fernando, Gabrielle Odppes, Gabriele Sturm, José Paulo, Julianna, Kaio, Kilvia, Luis, Rodrigo, Sueli e Thaisa, obrigado pelos momentos que passamos no laboratório, nas reuniões em *home office* e pelas experiências que compartilhamos.

Aos meus pais, César e Noeli, que mesmo longe, sempre me apoiaram quando decidi fazer o doutorado e me acompanharam durante todo este tempo, obrigado pelo carinho, pelas orações e por todos os conselhos.

Aos meus companheiros e amigos de república, Gustavo e Gabriel, obrigado por me acolherem e conviverem comigo nesse período que morei em Curitiba.

Agradeço à Fundação Araucária e CAPES pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa por meio da bolsa de doutorado (Código 88882.168099/2018-01), ao Grupo Boticário, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais (PPGEM-CT) e Centro de Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (GYRO) da UTFPR, que também contribuíram para a realização desta tese.

Por fim, agradeço a todos os que tive o prazer de conviver nesses anos de doutorado e não citei individualmente, todos vocês possuem de certa forma uma contribuição neste trabalho, meu sincero muito obrigado!

*“There are no limits when you are surrounded by people who believe in you, or by people whose expectations are not set by the short-sighted attitudes of society, or by people who help to open doors of opportunity, not close them.”*

(Neil deGrasse Tyson, 2004)

## RESUMO

A avaliação de potenciais impactos sociais relacionados ao ciclo de vida de produtos (AICV-S), ainda é um aspecto em discussão na avaliação social do ciclo de vida (ACV-S). Assim, nos métodos de AICV-S são empregadas diferentes abordagens, sendo estes segmentados em duas classificações principais (Tipo I e Tipo II). Como apontado pela literatura, os métodos de ambas abordagens apresentam certas limitações. Para os métodos Tipo I, existem limitações em relação ao uso de indicadores mais próximos ao final da cadeia de causa e efeito, bem como a relevância de determinados indicadores para a representação dos impactos sociais, uma vez que não são claras as relações de causalidade. Já para os métodos Tipo II, não são implementadas tantas subcategorias quanto nos métodos Tipo I, bem como a falta de clareza que alguns métodos trazem em relação à forma como as vias de impacto são definidas. Frente a este contexto, o objetivo desta tese foi desenvolver um método Tipo II, com vias de impacto construídas a partir das subcategorias e que permitisse a obtenção de fatores de caracterização para AICV-S. Assim, como forma de atender ao objetivo proposto, esta tese foi desenvolvida em três etapas: I) uma revisão acerca do estado da arte dos métodos Tipo II e suas relações com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS); II) uma revisão a respeito da aplicabilidade das técnicas de análise multivariada (MAT) para o desenvolvimento de métodos Tipo II; III) desenvolvimento de um método Tipo II utilizando dados genéricos no nível de países representando as subcategorias e empregando as MAT para obtenção das vias de impacto e modelo de caracterização. Na etapa I, foram analisados 20 métodos, sendo identificado que as metas relacionadas a dez ODS são contempladas nas cadeias causa e efeito sociais, destacando-se ODS 3 (Boa saúde e bem-estar), que apresentou conexões com 17 métodos. Como novas possibilidades, identificou-se que diversas metas dos ODS possuem potencial para serem implementadas nas cadeias de causa e efeito, seja por meio de novos métodos que incluam questões ainda pouco exploradas no âmbito da ACV-S ou como referência para a definição das novas subcategorias. Na etapa II, foram analisadas sete MAT acerca de suas características e aplicabilidade para o desenvolvimento de métodos Tipo II. Dessa forma, identificou-se que a análise fatorial exploratória (EFA) possui potencial de aplicação para identificação de vias de impacto. Adicionalmente, técnicas confirmatórias e preditivas como regressão e modelagem de equações estruturais (CB-SEM e PLS-SEM), podem ser utilizadas para confirmação de vias de impacto e elaboração de modelos de caracterização. Por fim, na etapa III, foi apresentado o método SMiLe, desenvolvido para identificação de potenciais vias de impacto a partir de correlações entre indicadores representando as subcategorias e seus efeitos sobre a categoria de ponto final "saúde humana". Como técnicas para a estimação, a análise fatorial exploratória e modelagem de equações estruturais (CB-SEM e PLS-SEM) foram utilizadas nas etapas exploratória, confirmatória e preditiva. Como resultados, a partir da análise de 21 indicadores, representando 15 subcategorias, foi possível identificar e estimar duas vias de impacto, "Economia e competitividade" e "Acesso à água, saneamento e prevenção de conflitos", que apresentaram uma forte relação com a categoria de ponto final saúde humana (representada pela expectativa de vida ao nascer), bem como a elaboração de um modelo de caracterização.

**Palavras-chave:** Avaliação Social do Ciclo de Vida. via de impacto. análise multivariada. ODS.

## ABSTRACT

The assessment of potential social impacts related to the life cycle of products (S-LCIA) is still an aspect under discussion in social life cycle assessment (S-LCA). Thus, different approaches are employed in the S-LCIA methods, segmented into two main classifications (Type I and Type II). As discussed in the literature, the methods of both approaches have certain limitations. For the Type I methods, there are limitations concerning the use of indicators closer to the end of the cause-effect chain, and the relevance of certain indicators for the representation of social impacts since the causal relationships are not clear. For the Type II methods, fewer subcategories are considered than in Type I and the lack of clarity that some methods bring regarding how impact pathways are defined. Given this context, this thesis aimed to develop a Type II method, with pathways built from the subcategories and that would allow obtaining characterization factors for S-LCIA. Therefore, to fulfill the proposed aim, this thesis was developed in three steps: I) a review of the state of the art of Type II methods and their relationship with the Sustainable Development Goals (SDGs); II) a review of the applicability of multivariate analysis techniques (MAT) for the development of Type II methods; III) development of a Type II method using generic data at the country level representing subcategories and MAT to obtain the impact pathways and characterization model. In step I, 20 methods were analyzed, being identified that the targets related to ten SDGs are contemplated in the social cause-effect chains, highlighting SDG 3 (Good health and well-being), which presented connections with 17 methods. As new possibilities, it was identified that several SDG targets can be implemented in the cause-effect chains, either through new methods that include issues still little explored in the context of S-LCA or as a reference for the definition of new S-LCA subcategories. In step II, seven MAT were analyzed with concerning their characteristics and applicability to support the development of Type II methods. Thus, it was identified that exploratory factor analysis (EFA) has potential application for identifying impact pathways. Additionally, confirmatory and predictive techniques such as regression and structural equation modeling (CB-SEM and PLS-SEM) can support the confirmation of impact pathways and the development of characterization models. Finally, in step III, the SMiLe method was presented, developed to identify potential impact pathways from correlations between indicators representing the subcategories and their effects on the endpoint category "human health". As techniques for estimation, exploratory factor analysis and structural equation modeling (CB-SEM and PLS-SEM) were used in the exploratory, confirmatory, and predictive steps. As obtained results, from the analysis of 21 indicators, representing 15 subcategories, it was possible to identify and estimate two impact pathways, "Economy and competitiveness" and "Access to water, sanitation and conflict prevention", which presented a strong relationship with the human health endpoint category (represented by life expectancy at birth), as well as the elaboration of a characterization model.

**Keywords:** Social Life Cycle Assessment. impact pathway. multivariate analysis. SDG.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura de capítulos desta tese.....	17
Figura 2 - Os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável .....	23
Figura 3 - Fluxograma de revisão e análise dos métodos Tipo II.....	26
Figura 4 - Métodos Tipo II relacionados a cada ODS.....	32
Figura 5 - Árvore de decisão para seleção das técnicas de análise multivariada .....	65
Figura 6 - Diagrama de caminhos representando dois fatores em uma EFA.....	71
Figura 7 - Representação em diagrama de uma correlação canônica .....	74
Figura 8 - Teste da hipótese nula em uma MANOVA .....	75
Figura 9 - Representação gráfica de três clusters obtidos por meio do algoritmo k-means (não hierárquico) .....	76
Figura 10 - Diagrama de caminhos de uma CFA (modelo de mensuração).....	79
Figura 11 - Diagrama de caminhos do SEM (modelo estrutural).....	79
Figura 12 - AICV-S com escala de referência e causa e efeito .....	90
Figura 13 - Termos e conceitos relacionados às cadeias de causa-efeito de acordo com o UNEP (2020) .....	91
Figura 14 - Etapas de desenvolvimento do método SMiLe .....	94
Figura 15 - Resultados do Teste KMO para a matriz inicial de dados.....	112
Figura 16 - Resultados da análise paralela e Scree test para retenção de fatores .	113
Figura 17 - Cargas fatoriais para a análise de componentes principais (PCA) com rotação varimax.....	114
Figura 18 - Cargas fatoriais para a Análise Fatorial Exploratória (EFA) com rotação oblimin.....	116
Figura 19 - Hipóteses do Grupo 1 .....	117
Figura 20 - Hipóteses do Grupo 2 .....	117
Figura 21 - Validade convergente e índices de ajuste para os fatores do Grupo 1 (CB-SEM).....	120
Figura 22 - Modelo estrutural com os fatores validados (PLS-SEM).....	121
Figura 23 - Vias de impacto identificadas.....	122



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Palavras-chave utilizadas na revisão sistemática de Ugaya <i>et al.</i> (2021)	27
Tabela 2 – Métodos Tipo II analisados.....	28
Tabela 3 - Métodos analisados e suas relações com os ODS .....	33
Tabela 4 - ODS e metas com potencial de implementação nos métodos Tipo II .....	49
Tabela 5 - Aspectos das MAT analisados nesta revisão .....	67
Tabela 6 - Caracterização das MAT .....	69
Tabela 7 - Questões práticas para aplicação da regressão múltipla, SEM e EFA ....	82
Tabela 8 - Resumo das MAT que atenderam aos requisitos.....	98
Tabela 9 - Matriz Pedigree utilizada neste estudo.....	103
Tabela 10 - Testes para avaliação da adequação da matriz de indicadores para a EFA .....	105
Tabela 11 - Indicadores que atenderam aos requisitos de dados .....	111
Tabela 12 - Correlações entre os fatores (EFA).....	116
Tabela 13 - Dados do Brasil para a estimativa dos fatores f1 e f3 e LEX .....	126

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

### LISTA DE ABREVIATURAS

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
ACV-S	Avaliação Social do Ciclo de Vida
AICV-S	Avaliação de Impacto Social do Ciclo de Vida
AoP	Área de Proteção
ASCV	Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida
CB-SEM	Modelagem de equações estruturais baseada em covariância
CCV	Custeio do Ciclo de Vida
CFA	Análise fatorial confirmatória
DALY	Anos de vida ajustados por incapacidade
DPSIR	<i>driver-pressure-state-impact-response</i>
EFA	Análise fatorial exploratória
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IP	<i>Impact Pathway</i>
KMO	Teste Kaiser-Meyer-Olkin
LEX	Expectativa de Vida ao Nascer
MANOVA	Análise de variância multivariada
MAT	Técnicas de análise multivariada
MSA	Medida de adequação de amostra
PCA	Análise de componentes principais
PLS-SEM	Modelagem de equações estruturais baseada em mínimos quadrados parciais
PRD	Ponto de Referência de Desempenho
QALY	Anos de vida ajustados pela qualidade
RS	<i>Reference scale</i>
SEM	Modelagem de equações estruturais
SMiLe	<i>Social Metric for Life Cycle</i>
VD	Variável dependente
VI	Variável independente
VIF	Fator de Inflação da Variância
VL	Variável latente
VO	Variável observada
WELBY	Anos de vida ajustados pelo bem-estar

## LISTA DE SIGLAS

ILO	<i>International Labour Organization</i>
OIT	Organização Internacional do Trabalho
UN	<i>United Nations</i>
UNEP	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

## LISTA DE ACRÔNIMOS

AIW	<i>Access to improved drinking water source</i>
CCI	<i>Control of Corruption Index</i>
CPI	<i>Corruption Perception Index</i>
DAL	<i>DALY estimates</i>
DWC	<i>Drinking water coverage "at least basic"</i>
FES	<i>Freedom of expression score</i>
GCI	<i>Global Competitiveness Index</i>
GDP	<i>GDP per capita, PPP</i>
GGI	<i>Global gender gap index</i>
GII	<i>Gender inequality index</i>
GPI	<i>Global Peace Index</i>
IMS	<i>International migrant stock as a percentage of the total population</i>
IPP	<i>Intellectual property protection</i>
MWF	<i>Minimum wage for a full-time worker</i>
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
PHE	<i>Public health expenditure as a percent of GDP</i>
PSE	<i>Public social protection expenditure [all functions] as a percent of GDP</i>
SAC	<i>Sanitation coverage "at least basic"</i>
SCDI	<i>Sustainable Child Development Index</i>
SFI	<i>State fragility index</i>
TGP	<i>Transparency of government policymaking</i>
THE	<i>Total health expenditure as a percent of GDP</i>
UNP	<i>Unemployment rate</i>

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	12
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	13
1.1. HIPÓTESE.....	16
1.2. OBJETIVO.....	16
1.3. ESTRUTURA DA TESE.....	17
REFERÊNCIAS.....	18
<b>CAPÍTULO II</b> .....	21
<b>2. OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ACV-S: UMA REVISÃO NO CONTEXTO DOS MÉTODOS CAUSA E EFEITO</b> .....	22
2.1. INTRODUÇÃO.....	23
2.2. MÉTODO.....	25
2.2.1. Identificação dos Métodos de AICV-S Tipo II.....	26
2.2.2. Relação dos métodos Tipo II com os ODS.....	29
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
2.3.1. Análise dos Métodos Tipo II Sob a Ótica dos ODS.....	31
2.3.2. Novas Possibilidades.....	48
2.4. CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS.....	54
<b>CAPÍTULO III</b> .....	59
<b>3. DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS DE AICV-S TIPO II: UMA REVISÃO DAS TÉCNICAS DE ANÁLISE MULTIVARIADA</b> .....	60
3.1. INTRODUÇÃO.....	60
3.2. REFERENCIAL TEÓRICO E MÉTODO DE ANÁLISE.....	63
3.2.1. Uma Visão Geral Sobre as MAT e Suas Classificações.....	64
3.2.2. Características da Modelagem de Cadeias de Causa-Efeito Sociais....	65
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
3.3.1. Caracterização das MAT.....	68
3.3.2. Aplicabilidade Para os Métodos de AICV-S Tipo II.....	80
3.4. CONCLUSÕES.....	83
REFERÊNCIAS.....	84
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	87

<b>4. DAS SUBCATEGORIAS DE IMPACTO SOCIAL À SAÚDE HUMANA: UMA APLICAÇÃO DA ANÁLISE MULTIVARIADA DE DADOS NA ACV-S</b> .....	88
4.1. INTRODUÇÃO .....	89
4.2. VIAS DE IMPACTO E DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE CARACTERIZAÇÃO .....	93
4.2.1. Etapa 1 – Definição da Área de Proteção (AoP) .....	94
4.2.2. Etapa 2 -Seleção da técnica de estimação.....	96
4.2.3. Etapa 3 – Elaboração das vias de impacto e modelo de caracterização	100
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	109
4.3.1. Coleta, organização e processamento dos dados .....	109
4.3.2. Resultados da aplicação da EFA.....	112
4.3.3. Resultados da aplicação do SEM .....	116
4.4. CONCLUSÕES .....	129
REFERÊNCIAS.....	130
<b>CAPÍTULO V</b> .....	135
<b>5. DISCUSSÃO GERAL</b> .....	136
REFERÊNCIAS.....	139
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	140
<b>6. CONCLUSÃO GERAL</b> .....	141
<b>APÊNDICE A – Material suplementar do Capítulo IV</b> .....	144

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A Avaliação Social do Ciclo de Vida (ACV-S) é uma técnica voltada à avaliação dos potenciais impactos sociais (positivos e negativos) relacionados ao ciclo de vida de produtos, serviços e organizações, o que abrange desde a extração de matéria-prima, manufatura, distribuição, uso e disposição final. Nesta perspectiva, a ACV-S provém informações acerca de aspectos socioeconômicos para a tomada de decisão, com foco na identificação de pontos de melhoria social das organizações, o que contribui em última instância para o bem-estar das partes interessadas (UNEP, 2020).

A ACV-S também está conectada juntamente com outras técnicas baseadas no pensamento do ciclo de vida, como a ACV-A (Avaliação do Ciclo de Vida Ambiental) e o CCV (Custeio do Ciclo de Vida), as quais são integradas por meio da chamada Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (ASCV), a qual possibilita a análise dos potenciais impactos negativos e benefícios dos três pilares da sustentabilidade relacionados ao ciclo de vida (CIROTH *et al.*, 2011). Nesse sentido, como apontado por alguns estudos (WEIDEMA *et al.*, 2020; HERRERA ALMANZA; CORONA, 2020; JAROSCH *et al.*, 2020; MANCINI; SALA, 2018; WULF *et al.*, 2018), se observa o potencial destas técnicas como ferramentas de apoio e acompanhamento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) no nível das organizações, uma vez que permitem a mensuração dos impactos e identificação de pontos críticos relacionados ao ciclo de vida de produtos.

Sendo a mais nova das três técnicas baseadas no pensamento do ciclo de vida, o desenvolvimento da ACV-S foi iniciado no meio da década de 1990, e desde então, vem passando por um processo constante de evolução. Como analisado por Ramos Huarachi *et al.* (2020), o desenvolvimento da técnica pode ser observado em uma linha do tempo, segmentada em quatro marcos: as primeiras propostas de inclusão de aspectos sociais no ciclo de vida (1996 a 2009); os anos de incerteza (2009 a 2012), período no qual foram discutidas e definidas as Diretrizes para ACV-S e as primeiras subcategorias; os anos de desenvolvimento (2013 a 2016), momento em que foram propostas diversas novas abordagens para a ACV-S bem como aplicações, baseadas nas diretrizes; e a busca pela padronização (2017 em diante), momento em que a ACV-S já se apresentava como uma técnica mais amadurecida,

sendo propostos diversos métodos de avaliação de impacto e bases de dados, no entanto, ainda com um longo caminho para uma real padronização.

Um dos principais aspectos ainda em discussão em relação à ACV-S é a avaliação de impacto (AICV-S). Os métodos de AICV-S apesar de compartilharem características entre si, apresentam particularidades na forma como realizam a caracterização, ponderação e agregação dos impactos sociais no ciclo de vida (SUBRAMANIAN; CHAU; YUNG, 2018). Assim, os métodos são segmentados em duas abordagens principais: escala de referência (RS ou Tipo I) e causa e efeito (IP ou Tipo II) (UNEP, 2020).

Nos métodos Tipo I, a avaliação de impacto social é realizada a partir da agregação dos resultados das subcategorias em relação às partes interessadas (WU, R.; YANG; CHEN, 2014; CHHIPI-SHRESTHA; HEWAGE; SADIQ, 2015). Dessa forma, o impacto é mensurado por meio de uma escala de referência (conhecida como Ponto de Referência de Desempenho - PRD), sendo esta geralmente definida a partir de tratados e convenções internacionais ou locais, o que confere a esta abordagem uma aplicação mais relacionada ao contexto específico e organizacional (GARRIDO *et al.*, 2016; UNEP, 2020). Desse modo, são empregadas abordagens qualitativas, por meio das quais o desempenho social é avaliado em termos de existência ou não de determinada característica (FRANZE; CIROTH, 2011); semiquantitativas, por meio de pontuações e escalas (DREYER, L. C.; HAUSCHILD; SCHIERBECK, 2010; CIROTH; FRANZE, 2011; RAMIREZ *et al.*, 2014); e quantitativas, geralmente empregada nos métodos voltados à avaliação de risco social<sup>1</sup>, utilizadas principalmente nas bases de dados para ACV-S (BENOIT-NORRIS; CAVAN; NORRIS, 2012; CIROTH; EISFELDT, 2017).

Como identificado em algumas revisões (WU, R.; YANG; CHEN, 2014; GARRIDO *et al.*, 2016; SUBRAMANIAN; CHAU; YUNG, 2018), existem certas limitações em relação aos modelos Tipo I, como o uso de indicadores mais próximos ao final da cadeia de causa e efeito, uma vez que não é clara a posição destes indicadores ao longo da cadeia. Adicionalmente, muitas vezes são utilizados indicadores que não são necessariamente conectores relevantes e representativos dos fenômenos sociais.

---

<sup>1</sup> Em ACV-S os riscos sociais são compreendidos como a probabilidade de ocorrerem efeitos sociais adversos sobre as partes interessadas em função das atividades e relações comerciais de uma determinada organização ou setor da economia (UNEP, 2020).



Nos métodos Tipo II, são estabelecidas relações causais e correlações entre os indicadores de inventário, as categorias de impacto e Áreas de Proteção (AoP), por meio de uma ou múltiplas vias de impacto, compondo assim a cadeia de causa e efeito representando os mecanismos sociais. A partir destas vias são elaborados os modelos de caracterização, possibilitando o cálculo do potencial impacto social no nível de impacto (ponto médio) ou dano (ponto final) (UDO DE HAES *et al.*, 2002; UNEP; SETAC, 2009). Em contraste com os métodos Tipo I, os métodos Tipo II são muito diversificados em relação à forma como as cadeias de causa e efeito são determinadas e como o impacto é caracterizado (SUREAU; NEUGEBAUER; ACHTEN, 2020; UNEP, 2020; UGAYA *et al.*, 2021).

Dessa forma, existem métodos mais teóricos e qualitativos, nos quais são propostas vias de impacto e frameworks e que não apresentam necessariamente modelos de caracterização (DREYER, L.; HAUSCHILD; SCHIERBECK, 2006; NEUGEBAUER *et al.*, 2014). Por outro lado, existem métodos quantitativos, os quais adaptam abordagens vindas da ACV ambiental, geralmente convertendo os indicadores de inventário para uma unidade comum (WEIDEMA, 2006; BAUMANN *et al.*, 2013); bem como métodos focados na validação empírica das vias de impacto, geralmente utilizando técnicas estatísticas (FESCHET *et al.*, 2013; WU *et al.*, 2015; BOCOUM; MACOMBE; REVÉRET, 2015).

Em termos de limitações, nos métodos Tipo II não são implementadas tantas subcategorias quanto nos métodos Tipo I, principalmente devido à necessidade da documentação e validação de múltiplas vias de impacto (SUBRAMANIAN; CHAU; YUNG, 2018; UGAYA *et al.*, 2021). Assim, muitos métodos abordam apenas uma única via de impacto, representando uma categoria de impacto ou subcategoria. Outra limitação importante, é a incerteza e falta de clareza que muitos métodos trazem em relação à forma como as vias de impacto são definidas e as relações entre os indicadores (WU, R.; YANG; CHEN, 2014; UGAYA *et al.*, 2021).

A partir dos pontos levantados nesta introdução e considerando as limitações dos métodos de AICV-S existentes, é perceptível a necessidade de avanços metodológicos principalmente em termos de uma maior clareza na identificação e validação das relações entre indicadores de inventário, subcategorias, categorias de impacto e AoPs, por meio da cadeia de causa e efeito. Nesse sentido, o desenvolvimento de novos métodos Tipo II pode contribuir para uma maior compreensão do papel que as subcategorias desempenham nos mecanismos sociais.

## 1.1. HIPÓTESE

Esta tese submeteu a teste a hipótese de que um método de AICV-S baseado em múltiplas vias de impacto que representem às subcategorias e que utilizem fatores de caracterização, elaborados por meio de dados de países, é capaz de estabelecer relações entre os indicadores de inventário e as AoPs, possibilitando mensurar os potenciais impactos sociais relacionados ao ciclo de vida de produtos.

## 1.2. OBJETIVO

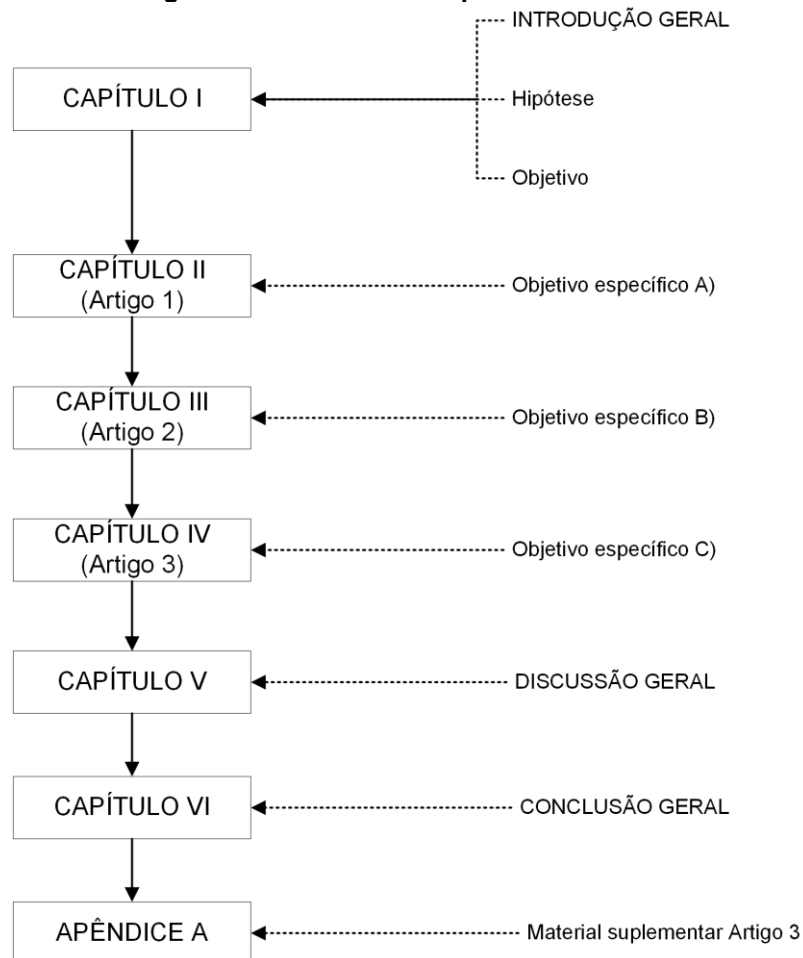
O objetivo geral desta tese foi desenvolver um método Tipo II, com vias de impacto construídas a partir das subcategorias, que permitisse a obtenção de um modelo de caracterização para AICV-S. Para tanto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- A. Identificação do estado da arte dos métodos Tipo II;
- B. Seleção de técnicas que apoiassem a elaboração de métodos com múltiplas variáveis independentes e dependentes e com modelos de caracterização;
- C. Elaboração e teste de um método Tipo II com um modelo de caracterização para AICV-S.

### 1.3. ESTRUTURA DA TESE

Esta tese foi elaborada no formato *paper thesis*, sendo composta por seis capítulos e um apêndice (Figura 1). Dessa forma, o Capítulo I é composto por esta introdução; os Capítulos II, III e IV, são compostos pelos artigos que atendem aos objetivos específicos; no Capítulo V é realizada uma discussão acerca dos principais resultados obtidos nos Capítulos II, III e IV; e no Capítulo VI são apresentadas as conclusões gerais. Por fim, é apresentado o Apêndice A, com o material suplementar do Capítulo IV (Artigo 3).

**Figura 1 - Estrutura de capítulos desta tese**



**Fonte: Elaboração própria**

## REFERÊNCIAS

- BAUMANN, H. *et al.* Does the Production of an Airbag Injure more People than the Airbag Saves in Traffic? **Journal of Industrial Ecology**, v. 17, n. 4, p. 517–527, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jiec.12016>
- BENOIT-NORRIS, C.; CAVAN, D. A.; NORRIS, G. Identifying Social Impacts in Product Supply Chains: Overview and Application of the Social Hotspot Database. **Sustainability**, v. 4, n. 9, p. 1946–1965, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su4091946>
- BOCOUM, I.; MACOMBE, C.; REVÉRET, J.-P. Anticipating impacts on health based on changes in income inequality caused by life cycles. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 3, p. 405–417, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0835-x>
- CHHIPI-SHRESTHA, G. K.; HEWAGE, K.; SADIQ, R. ‘Socializing’ sustainability: a critical review on current development status of social life cycle impact assessment method. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 17, n. 3, p. 579–596, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10098-014-0841-5>
- CIROTH, A. *et al.* Towards a live cycle sustainability assessment: making informed choices on products. **UNEP/SETAC Life Cycle Initiative**, 2011.
- CIROTH, A.; EISFELDT, F. **PSILCA –A Product Social Impact Life Cycle Assessment database. Database version 2.1**. 2017. Disponível em: [https://www.openlca.org/wp-content/uploads/2017/12/PSILCA\\_documentation\\_update\\_PSILCA\\_v2\\_final.pdf](https://www.openlca.org/wp-content/uploads/2017/12/PSILCA_documentation_update_PSILCA_v2_final.pdf)
- CIROTH, A.; FRANZE, J. LCA of an ecolabeled notebook. **Consideration of social and environmental impacts along the entire life cycle**. Berlin, p. 978–1, 2011.
- DREYER, L. C.; HAUSCHILD, M. Z.; SCHIERBECK, J. Characterisation of social impacts in LCA. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 15, n. 3, p. 247–259, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-009-0148-7>
- DREYER, L.; HAUSCHILD, M.; SCHIERBECK, J. A Framework for Social Life Cycle Impact Assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 11, n. 2, p. 88–97, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1065/lca2005.08.223>
- FESCHET, P. *et al.* Social impact assessment in LCA using the Preston pathway. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 2, p. 490–503, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0490-z>
- FRANZE, J.; CIROTH, A. A comparison of cut roses from Ecuador and the Netherlands. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 16, n. 4, p. 366–379, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-011-0266-x>
- GARRIDO, S. R. *et al.* A literature review of type I SLCA—making the logic underlying methodological choices explicit. **The International Journal of Life Cycle**

**Assessment**, p. 1–13, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1067-z>

HERRERA ALMANZA, A. M.; CORONA, B. Using Social Life Cycle Assessment to analyze the contribution of products to the Sustainable Development Goals: a case study in the textile sector. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 25, n. 9, p. 1833–1845, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01789-7>

JAROSCH, L. *et al.* A Regional Socio-Economic Life Cycle Assessment of a Bioeconomy Value Chain. **Sustainability**, v. 12, n. 3, p. 1259, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12031259>

MANCINI, L.; SALA, S. Social impact assessment in the mining sector: Review and comparison of indicators frameworks. **Resources Policy**, v. 57, p. 98–111, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.02.002>

NEUGEBAUER, S. *et al.* Impact Pathways to Address Social Well-Being and Social Justice in SLCA—Fair Wage and Level of Education. **Sustainability**, v. 6, n. 8, p. 4839–4857, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su6084839>

RAMIREZ, P. K. S. *et al.* Subcategory assessment method for social life cycle assessment. Part 1: methodological framework. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 19, n. 8, p. 1515–1523, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0761-y>

RAMOS HUARACHI, D. A. *et al.* Past and future of Social Life Cycle Assessment: Historical evolution and research trends. **Journal of Cleaner Production**, v. 264, p. 121506, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121506>

SUBRAMANIAN, K.; CHAU, C. K.; YUNG, W. K. C. Relevance and feasibility of the existing social LCA methods and case studies from a decision-making perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 690–703, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.006>

SUREAU, S.; NEUGEBAUER, S.; ACHTEN, W. M. J. Different paths in social life cycle impact assessment (S-LCIA)—a classification of type II impact pathway approaches. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 25, n. 2, p. 382–393, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01693-9>

UDO DE HAES, H. *et al.* **Life cycle impact assessment: Striving towards best practice**. Pensacola FL, USA: SETAC, 2002.

UGAYA, C. *et al.* What's up and where to go in Social Life Cycle Impact Assessment Cause-Effect Model Development? **Journal of Cleaner Production**, Under review, 2021.

UNEP. **Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organizations 2020**. Benoît Norris, C., Traverso, M., Neugebauer, S., Ekener, E., Schaubroeck, T., Russo Garrido, S., Berger, M., Valdivia, S., Lehmann, A., Finkbeiner, M., Arcese, G. Paris, 2020.

UNEP; SETAC. **Guidelines for social life cycle assessment of products**. Paris: United Nations Environment Program SETAC Life Cycle Initiative United Nations Environment Programme, 2009.

WEIDEMA, B. P. The Integration of Economic and Social Aspects in Life Cycle Impact Assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 11, n. 1, p. 89–96, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1065/lca2006.04.016>

WEIDEMA, B. *et al.* **LCA-based assessment of the Sustainable Development Goals**. 2020. Disponível em: <https://lca-net.com/files/Report-SDGs-Aug-2020.pdf>

WU, R.; YANG, D.; CHEN, J. Social Life Cycle Assessment Revisited. **Sustainability**, v. 6, n. 7, p. 4200–4226, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su6074200>

WU, S. R. *et al.* Causality in social life cycle impact assessment (SLCIA). **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 9, p. 1312–1323, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0915-6>

## CAPÍTULO II

## 2. OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ACV-S: UMA REVISÃO NO CONTEXTO DOS MÉTODOS CAUSA E EFEITO

### Resumo

Com vistas à produção e consumo sustentáveis, a integração dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) no ambiente organizacional vem ganhando cada vez mais espaço. Neste contexto, a identificação de pontos críticos e compreensão dos impactos gerados por produtos e serviços na cadeia de valor é uma etapa de suma importância. Para esta finalidade, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) se sobressai como uma das principais ferramentas de apoio. Dentre as técnicas baseadas no pensamento do ciclo de vida, a ACV-S é uma das mais recentes e ainda está em fase de desenvolvimento, com poucos estudos discutindo a conexão dos ODS com os métodos de avaliação de impacto social (AICV-S), mais especificamente os métodos causa e efeito (Tipo II). As análises existentes são focadas principalmente no nível de inventário, com apenas alguns estudos sugerindo ligações entre os ODS e as Áreas de Proteção. Tendo em vista este contexto, o objetivo desta revisão foi identificar e compreender o atual estágio de integração entre os ODS e os métodos Tipo II, bem como novas possibilidades. Este estudo foi desenvolvido em duas etapas: I) Identificação dos métodos Tipo II publicados em periódicos; II) Análise das relações entre os ODS e os métodos Tipo II, na qual foram analisados quais e como os ODS e metas são integrados nas cadeias de causa e efeito. Como principais resultados, foram encontrados 20 estudos que apresentavam métodos Tipo II. Identificou-se que os métodos analisados apresentaram relações com dez ODS, sendo que o ODS 3 é o que possui maior aproximação com estes métodos, com 17 publicações com cadeias de causa e efeito que incorporaram questões relacionadas a alguma das metas. O ODS 8 foi considerado em oito estudos, abrangendo principalmente metas relacionadas à promoção de ambientes de trabalho mais seguros. As metas relacionadas ao ODS 4, foram identificadas em seis métodos, abrangendo sobretudo o acesso à educação. Para o ODS 1, foi identificado que quatro métodos consideraram o acesso da população a algum tipo de serviço básico como categoria de ponto médio. Como conclusões, observou-se que as metas relacionadas aos ODS são consideradas principalmente como categorias de impacto. Adicionalmente, identificou-se que muitas metas possuem potencial para serem implementadas nas cadeias de causa e efeito sociais, seja por meio de novos métodos ou aprimoramento dos métodos já existentes. Ademais, algumas metas dos ODS também podem servir de referência para a definição das novas subcategorias apresentadas nas Diretrizes para ACV-S 2020.

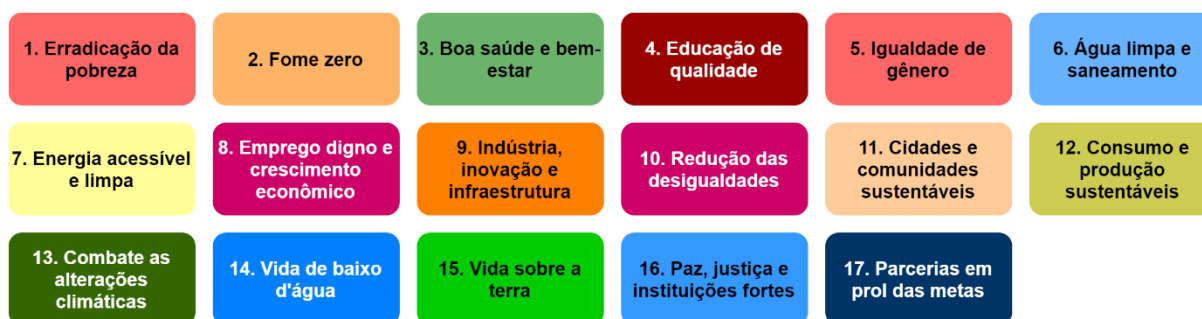
**Palavras-chave:** ODS. Avaliação Social do Ciclo de Vida. Tipo II.



## 2.1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a sustentabilidade por meio da produção de bens e serviços que não comprometa as necessidades da atual e das futuras gerações vem ganhando cada vez mais espaço em nível internacional. Este cenário é refletido na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (UNITED NATIONS, 2015), na qual são apresentados os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Figura 2), sendo um acordo firmado entre as lideranças mundiais como um esforço coletivo para garantir o bem-estar humano, proteger o meio ambiente em harmonia com o avanço tecnológico e os meios de sustento da população. Os 17 ODS são compostos por 169 metas que representam compromissos internacionais relacionados a questões de importância crítica para a humanidade e para o planeta, como combate à pobreza e desigualdade, combate à fome, mudanças climáticas, disponibilidade energética, proteção da fauna e flora, produção e consumo sustentáveis, dentre outros (UNITED NATIONS, 2015).

**Figura 2 - Os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**



**Fonte: Elaborado pelo autor a partir de United Nations (2015).**

Como forma de trazer os ODS para o contexto organizacional, surgiram iniciativas como as diretrizes para a promoção do crescimento sustentável do ponto de vista corporativo, como o *Global Compact* (UN, 2020) e guias como o *SDG Compass* (GRI; UN; WBCSD, 2020), desenvolvido com o objetivo de auxiliar na integração dos ODS com as decisões estratégicas, apresentando uma série de recomendações, que vão desde a compreensão dos ODS no contexto de negócios, o uso de ferramentas para a identificação de pontos críticos, definição de metas, integração da sustentabilidade na organização e comunicação dos resultados.

Seguindo esta perspectiva, uma das etapas chave da integração dos ODS no contexto organizacional é a identificação de pontos críticos e compreensão dos impactos gerados por produtos e serviços na cadeia de valor, etapa na qual a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) se sobressai como uma das principais ferramentas.

A ACV é uma técnica focada na avaliação dos potenciais impactos ambientais (ACV-A), sociais (ACV-S) e econômicos (CCV), positivos e negativos gerados no ciclo de vida de produtos e serviços, que podem ser integrados por meio da Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (ASCV). Dessa forma, no ciclo de vida são considerados todos os potenciais impactos que podem ocorrer desde a extração, produção, uso e disposição final dos produtos, abrangendo uma série de categorias de impacto relacionadas diretamente aos três pilares da sustentabilidade, consequentemente aos ODS (CIROTH *et al.*, 2011).

Na ACV, o pilar social representado pela ACV-S, é o mais recente e ainda está em fase de desenvolvimento e padronização, com pouco mais de uma década de publicações diretamente relacionadas à técnica (RAMOS HUARACHI *et al.*, 2020). Apesar da tenra idade, os métodos de avaliação de impacto social do ciclo de vida (AICV-S), já possuem um nível considerável de maturidade e são amplamente utilizados em aplicações nos mais diversos setores, serviços e produtos (PETTI; SERRELI; CESARE, 2016). Apesar de sua aplicabilidade, a integração dos métodos de AICV-S com os ODS ainda está em fase inicial, com poucos estudos trazendo efetivamente uma visão orientada à completa integração dos ODS com estes métodos (WEIDEMA *et al.*, 2020).

Revisões e estudos publicados até o momento relacionando a ACV-S com os ODS são focadas principalmente no nível de inventário ou indicadores de impacto, por meio de comparações entre os indicadores sugeridos para os ODS (UN, 2021) e os indicadores socioeconômicos implementados nas bases de dados para ACV-S (HERRERA ALMANZA; CORONA, 2020; JAROSCH *et al.*, 2020; MANCINI; SALA, 2018; WULF *et al.*, 2018) ou relacionando as subcategorias aos ODS (UNEP, 2020). Alguns estudos também relacionam os ODS com outros aspectos da Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida, sugerindo ligações entre os ODS e as Áreas de Proteção (VERMEULEN, 2018), ou *frameworks* para avaliação da sustentabilidade do ciclo de vida em projetos de desenvolvimento (MAIER *et al.*, 2016). No entanto, ainda pouco vem se discutindo acerca de como as questões sociais representadas nos ODS

estão posicionadas nas cadeias de causa e efeito sociais, por exemplo quais seriam os impactos da educação sobre o bem-estar humano? ou quais seriam os efeitos gerados no ciclo de vida de um produto pelo trabalho infantil?

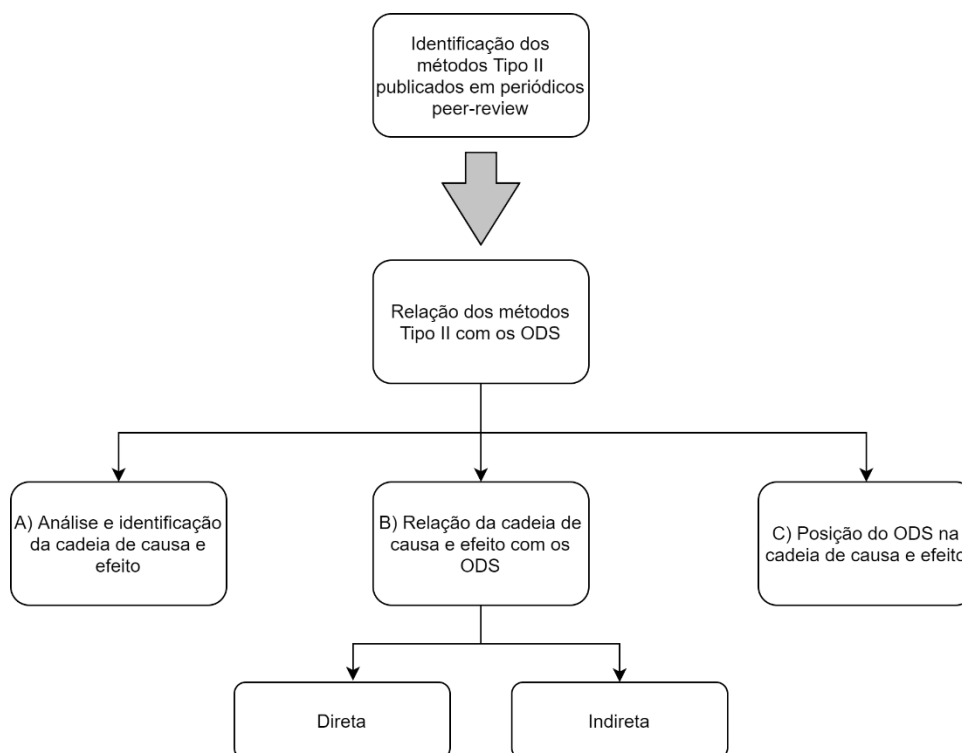
Tal integração entre os métodos de AICV-S e os ODS pode auxiliar na compreensão das organizações na forma como seus produtos contribuem para o desenvolvimento sustentável, visto que as métricas para os ODS são focadas no nível macro, enquanto os métodos de impacto social permitem a análise do desempenho específicos do local, no nível regional, organizacional, de produto ou serviço (HERRERA ALMANZA; CORONA, 2020). Além disso, os ODS podem ser considerados como pontos de referência para o desenvolvimento de novos métodos de AICV-S.

Tendo em vista o contexto apresentado, o objetivo desta revisão foi identificar e compreender o atual estágio de integração entre os métodos de AICV-S Tipo II com os ODS, bem como novas possibilidades.

## 2.2. MÉTODO

Este estudo foi desenvolvido em duas etapas principais (Figura 3): Identificação dos métodos Tipo II publicados, a qual foi baseada na revisão realizada por Ugaya *et al.* (2021); e Análise da relação entre os ODS e os métodos identificados na Etapa I, na qual foram analisados quais e como os ODS e suas respectivas metas estão conectadas com as cadeias de causa e efeito sociais.

**Figura 3 - Fluxograma de revisão e análise dos métodos Tipo II**



**Fonte: Autoria própria**

### 2.2.1. Identificação dos Métodos de AICV-S Tipo II

Esta etapa foi baseada na revisão realizada por Ugaya *et al.* (2021), a qual foi focada na identificação e avaliação dos métodos Tipo II disponíveis na literatura científica. Neste estudo, os autores coletaram as publicações nas bases de dados internacionais Web of Science e Scopus e o período de coleta foi definido sem restrição de ano, sendo consideradas todas as publicações realizadas em periódicos internacionais indexados até dezembro de 2020 e que apresentavam exclusivamente métodos Tipo II, não sendo consideradas publicações sem revisão por pares<sup>2</sup> e artigos não escritos em inglês. Para o algoritmo de pesquisa foram utilizadas as palavras-chave apresentadas na Tabela 1.

<sup>2</sup> Estudos produzidos em todos os níveis do governo, institutos, academias, empresas e indústria, em formato impresso e eletrônico, mas que não é controlado por editores científicos ou comerciais, como relatórios técnicos e de projetos, documentos de trabalho, documentos de discussão, manuais técnicos, folhas de informações, artigos publicados apenas em conferências e teses.

**Tabela 1 - Palavras-chave utilizadas na revisão sistemática de Ugaya et al. (2021)**

"Social life Cycle Assessment"	AND	Impact
"Social LCA"	AND	Impact
"Societal LCA"	AND	Impact
"Societal Life Cycle Assessment"	AND	Impact
"SLCA"	AND	Impact
"S-LCA"	AND	Impact

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Ugaya et al. (2021)

Cabe destacar que Ugaya et al. (2021) consideraram como métodos Tipo II os que apresentavam algum tipo de cadeia de causa e efeito que abrangesse questões sociais. Nesse sentido, os autores fizeram uma distinção dos métodos em termos de maturidade das abordagens, uma vez que o objetivo daquela revisão era identificar métodos com maior maturidade científica, ou seja, que apresentavam desde a cadeia de causa e efeito até o modelo de caracterização, levando em conta aspectos como escopo, robustez científica e presença de fator de caracterização.

Para a revisão apresentada neste artigo não foi adotada esta distinção, sendo considerados todos os métodos que apresentaram uma cadeia de causa e efeito social, uma vez que o objetivo foi identificar como estes métodos estavam relacionados aos ODS, independente do estágio de desenvolvimento que se encontravam.

Além dos métodos identificados por Ugaya et al. (2021), nesta revisão foram incluídas duas pesquisas publicadas em 2021, De Araújo, Frega e Ugaya (2021) e Hannouf et al. (2021), identificados por meio de leitura complementar. Também foi identificado que o método proposto por Weidema et al. (2020) pode ser considerado como um método Tipo II, sendo o mesmo elaborado com vistas a uma integração dos ODS com a ASCV. Entretanto, em virtude do método proposto por Weidema et al. (2020) ainda estar em fase de desenvolvimento, disponível apenas no formato de relatório e não estar publicado em periódico, este método não foi incluído na análise. Assim, nesta revisão, foram analisados os 20 métodos apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 – Métodos Tipo II analisados**

<b>Autores</b>	<b>Título da publicação</b>
Norris (2006)	<i>Social Impacts in Product Life Cycles - Towards Life Cycle Attribute Assessment</i>
Weidema (2006)	<i>The Integration of Economic and Social Aspects in Life Cycle Impact Assessment</i>
Dreyer, Hauschild e Schierbeck (2006)	<i>A Framework for Social Life Cycle Impact Assessment</i>
Hunkeler (2006)	<i>Societal LCA methodology and case study</i>
Brent e Labuschagne (2006)	<i>Social Indicators for Sustainable Project and Technology Life Cycle Management in the Process Industry</i>
Hutchins and Sutherland (2008)	<i>An exploration of measures of social sustainability and their application to supply chain decisions</i>
Jørgensen, Lai e Hauschild (2010)	<i>Assessing the validity of impact pathways for child labour and well-being in social life cycle assessment</i>
Reitinger et al. (2011)	<i>A conceptual framework for impact assessment within SLCA</i>
Feschet et al. (2013)	<i>Social impact assessment in LCA using the Preston pathway</i>
Baumann et al. (2013)	<i>Does the Production of an Airbag Injure more People than the Airbag Saves in Traffic?</i>
Basurko e Mesbashi (2014)	<i>Methodology for the sustainability assessment of marine technologies</i>
Neugebauer et al. (2014)	<i>Impact Pathways to Address Social Well-Being and Social Justice in SLCA — Fair Wage and Level of Education</i>
Bocoum, Macombe e Revéret (2015)	<i>Anticipating impacts on health based on changes in income inequality caused by life cycles</i>
Musaazi et al. (2015)	<i>Quantification of social equity in life cycle assessment for increased sustainable production of sanitary products in Uganda</i>
Wu et al. (2015)	<i>Causality in social life cycle impact assessment (SLCIA)</i>
Weidema (2016)	<i>The social footprint—a practical approach to comprehensive and consistent social LCA</i>
Chang et al. (2018)	<i>Application Options of the Sustainable Child Development Index (SCDI)-Assessing the Status of Sustainable Development and Establishing Social Impact Pathways</i>
Iofrida et al. (2018)	<i>Psychosocial risk factors' impact pathway for social life cycle assessment: an application to citrus life cycles in South Italy</i>
De Araujo, Frega e Ugaya (2021)	<i>From social impact subcategories to human health: an application of multivariate analysis on S-LCA</i>
Hannouf et al. (2021)	<i>Cause-effect chains in S-LCA based on DPSIR framework using Markov healthcare model: an application to “working hours” in Canada</i>

**Fonte: Autoria própria**

### 2.2.2. Relação dos métodos Tipo II com os ODS

Com o objetivo de identificar como e quais métodos apresentavam algum tipo de relação com os ODS e suas metas, foram analisados os seguintes aspectos:

- A. Análise e identificação da cadeia de causa e efeito - nesse aspecto, buscou-se identificar e compreender as cadeias de causa e efeito apresentadas nos métodos Tipo II. Assim, foram constatadas quais eram e como as categorias de impacto, categorias de dano e Área de Proteção (AoP) estavam dispostas nas vias de impacto;
- B. Relação da cadeia de causa e efeito com os ODS - foram analisadas as conexões entre as questões sociais apresentadas nas cadeias de causa e efeito com os ODS e suas respectivas metas. Nesta perspectiva, foram considerados dois tipos de relações: direta e indireta. Foi considerada como relação direta quando uma questão social abordada pelo método possuía uma meta específica dentre os ODS. Foram consideradas relações indiretas as quais uma questão social abordada pelo método não possuía uma meta específica, contudo, o método ainda estava relacionado com a temática do ODS;
- C. Posição do ODS na cadeia de causa e efeito - como forma de compreender como os ODS se encaixavam em relação aos mecanismos sociais apresentados pelos métodos, foi analisado como as questões sociais relacionadas aos ODS estavam posicionadas nas cadeias de causa e efeito.

Assim, uma vez que a análise proposta é centrada em definições e conceitos específicos da AICV-S, é importante definir com clareza como são compreendidos nesta revisão as partes interessadas, subcategorias, mecanismo social, categoria de impacto, categoria de dano e Área de Proteção (AoP).

Conforme UNEP (2020), as partes interessadas são definidas como grupos que podem ser afetados pelas atividades de organizações envolvidas no ciclo de vida de produtos ou serviços, as quais incluem: trabalhadores, consumidores, comunidade local, sociedade, crianças e outros atores da cadeia de valor.

Classificadas e alinhadas em relação às partes interessadas, as subcategorias representam temas ou atributos socialmente significativos (UNEP; SETAC, 2009; UNEP, 2020). Originalmente foram propostas 31 subcategorias

(UNEP; SETAC, 2009), expandidas para 40 na segunda versão das Diretrizes para ACV-S (UNEP, 2020), representando diversas questões sociais, sendo prevista a possibilidade de os estudos de ACV-S incluírem outras subcategorias não listadas. Além disso, as subcategorias também são relacionadas e agrupadas nas categorias de impacto presentes nas cadeias de causa e efeito.

O “mecanismo social” (ou via de impacto), é definido como o caminho que relaciona os indicadores de inventário, subcategorias e categorias de impacto com as Áreas de Proteção (AoP) em uma cadeia de causa e efeito (UNEP, 2020). Neste contexto, as categorias de impacto são compreendidas como uma classe que abrange certas questões sociais relevantes às partes interessadas. Dependendo do ponto que se encontram na cadeia de causa e efeito, estas categorias podem ser de ponto médio (impacto), representando um efeito intermediário, ou de ponto final (dano), representando o impacto sobre uma determinada AoP (UNEP, 2020).

O conceito de AoP utilizado na ACV-S segue o mesmo alinhamento da ACV ambiental, representando os valores intrínsecos, instrumentais e culturais para a sociedade e que precisam ser protegidos (UDO DE HAES, 2002; UNEP, 2020). Na ACV-S, conforme constatado por Soltanpour *et al.* (2019), o bem-estar humano vem sendo considerado como AoP, o que também é reforçado por UNEP (2020).



## 2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

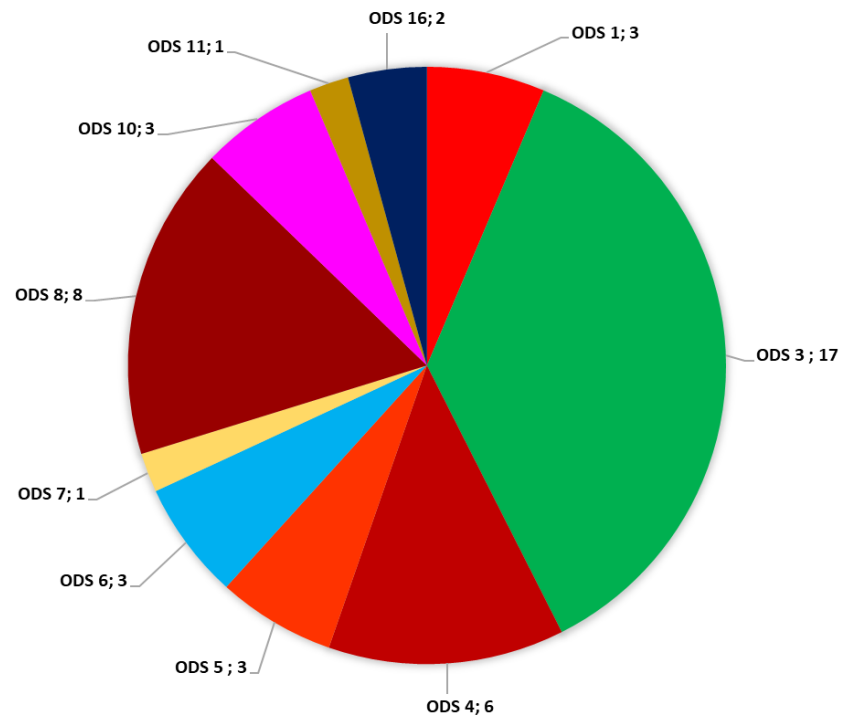
Esta seção é dividida em dois tópicos principais: na seção 2.3.1., são apresentados os resultados da análise da relação entre os métodos Tipo II com os ODS; na seção 2.3.2, é apresentada uma reflexão acerca das possibilidades de integração entre os ODS com os métodos causa e efeito.

### 2.3.1. Análise dos Métodos Tipo II Sob a Ótica dos ODS

A partir da revisão e análise dos 20 métodos Tipo II em relação às cadeias de causa e efeito (categorias de impacto, categorias de dano e AoP incluídas em cada método), identificou-se que todos apresentaram algum tipo de relação com ao menos um dos ODS (Figura 4 e Tabela 3). Cabe destacar que 15 destes métodos foram publicados entre 2006 e 2015, sendo assim anteriores à publicação da Agenda 2030 (UNITED NATIONS, 2015).

Como descrito na seção 2.2, foi considerado nesta revisão que a relação dos métodos com os ODS poderia ser direta, quando a questão social presente na cadeia de causa e efeito possui uma meta respectiva dentre os ODS; ou indireta, quando segue a temática do ODS, porém sem uma meta para a respectiva questão social abordada (ex. métodos que avaliaram impactos sobre a expectativa de vida ao nascer estão claramente relacionados à impactos sobre a saúde, abordada no ODS 3, porém o mesmo não possui uma meta para o respectivo indicador).

A partir da Figura 4, é possível observar que os ODS 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11 e 16 apresentaram relações com as questões sociais abordadas nos métodos analisados, conforme descrito no aspecto B (seção 2.2.2). Estas relações se mostram de acordo com UNEP (2020), o qual relaciona e classifica as subcategorias da ACV-S de acordo com os ODS. Por outro lado, na análise realizada neste artigo, não foram identificados métodos Tipo II relacionados aos ODS 2, 9 e 17, os quais, de acordo com UNEP (2020), são respectivamente relacionados as subcategorias “acesso a fontes materiais”, “desenvolvimento tecnológico” e “compromisso público com as questões sustentáveis”. Assim, como forma de compreender como ocorre esta relação dos ODS com os métodos, as próximas seções serão dedicadas à discussão de cada um dos ODS e metas indicadas na Tabela 3.

**Figura 4 - Métodos Tipo II relacionados a cada ODS**

Fonte: Autoria própria

Tabela 3 - Métodos analisados e suas relações com os ODS

(continua)

Descrição do modelo				Relação com os ODS			
Método	Cadeia de causa e efeito	Categoria de dano	AoP	Tipo de relação	ODS	Posição na cadeia de causa e efeito	Meta
Norris (2006)	Impacto causado por mudanças de longo prazo nos níveis de atividade econômica de um país sobre a expectativa de vida da população.	Saúde humana	Não especificada	Indireta	3	Ponto final	-
Weidema (2006)	Apresenta uma cadeia de causa e efeito com múltiplas vias de impacto, avaliando os efeitos de seis categorias de dano sobre o bem-estar humano. Utiliza o QALY como métrica para o bem-estar.	Vida e longevidade	Bem-estar	Direta	3	Ponto final	3.7 - 3.8
		Saúde		Direta	8	Ponto final	8.7 - 8.8
		Autonomia		Direta	16	Ponto final	16.1 - 16.2
Dreyer, Hauschild e Schierbeck (2006)	Impactos causados pelas atividades das organizações sobre o bem-estar dos trabalhadores, comunidade local e sociedade.	Segurança e tranquilidade	Dignidade humana e bem-estar	Indireta	3	AoP	-
		Oportunidades iguais		Direta	5	Ponto médio	5.1
		Participação e influência		Direta	8	Ponto médio	8.3 - 8.6 - 8.7
Hunkeler (2006)	Apresenta um modelo baseado no número de horas necessárias para o acesso a serviços básicos por país, como habitação, educação e cuidados com a saúde.	Não especificada	Não especificada	Direta	1	Ponto médio	1.4
				Direta	3	Ponto médio	3.8
				Direta	4	Ponto médio	4.2
Brent e Labuschagne (2006)	Propõe um <i>framework</i> para a ACV-S para a avaliação da sustentabilidade social de projetos de engenharia e tecnologias.	Estabilidade de emprego	Recursos Humanos Internos	Direta	3	Ponto médio	3.8
		Práticas de emprego		Direta	4	Ponto médio	4.1
		Capital humano	População externa	Direta	4	Ponto médio	4.4
		Capital produtivo		Direta	6	Ponto médio	6.1
		Capital comunitário		Direta	7	Ponto médio	7.1
	Desempenho socioeconômico	Performance Macro social					
	Desempenho socioambiental						
	Provisão de informação						

Descrição do modelo				Relação com os ODS							
Método	Cadeia de causa e efeito	Categoria de dano	AoP	Tipo de relação	ODS	Posição na cadeia de causa e efeito	Meta				
		Influência das Partes Interessadas	Participação das partes interessadas	Direta	8	Ponto médio	8.8				
Hutchins e Sutherland (2008)	Impacto decorrente de alterações na atividade econômica de um país sobre a taxa de mortalidade infantil.	Saúde humana	Não especificada	Direta	3	Ponto final	3.2				
Jørgensen, Lai e Hauschild (2010)	Propõe vias de impacto para a incidência de trabalho infantil e seus efeitos sobre o bem-estar e o desenvolvimento da sociedade.	Saúde e longevidade	Bem-estar geral	Indireta	3	Ponto médio	-				
		Igualdade									
		Inclusão social	Desenvolvimento Humano	Direta	8	Ponto médio	8.7				
		Padrões de vida									
Capital social	Desenvolvimento da sociedade	Direta	4	Ponto médio	4.1						
Capital humano											
Capital produzido											
Reitinger <i>et al.</i> (2011)	Propõe um framework para a ACV-S baseado na abordagem de capacidades de Sen. Nesta abordagem, as capacidades são representadas pelas subcategorias e as dimensões da vida pelas categorias de impacto, sendo avaliados seus efeitos sobre a AoP Autonomia, bem-estar-liberdade e justiça.	Vida	Autonomia, bem-estar-liberdade e justiça	Indireta	3	AoP	-				
		Conhecimento e experiência estética						Direta	8	Ponto médio	8.7
		Amizade						Direta	5	Ponto médio	8.8
		Autoexpressão						Direta	10	Ponto médio	5.1
		Transcendência						Direta	11	Ponto médio	10.7
11.4											
Feschet <i>et al.</i> (2013)	Impacto causado por mudanças na atividade econômica de um país em decorrência de alterações em uma cadeia produtiva e seus efeitos sobre a expectativa de vida da população.	Saúde humana	Não especificada	Indireta	3	Ponto final	-				
Baumann <i>et al.</i> (2013)	Impactos na saúde humana decorrentes do ciclo de vida de um produto, mensurado por meio do impacto nos anos de vida ajustados por incapacidade (DALY).	Saúde humana	Não especificada	Indireta	3	Ponto final	-				
Barsuko e Mebashi (2014)	Impactos na saúde de trabalhadores em decorrência do ambiente de trabalho, considerando aspectos físicos, psicológicos, cognitivos e doenças.	Saúde humana	Não especificada	Indireta	3	Ponto final	-				

Descrição do modelo				Relação com os ODS			
Método	Cadeia de causa e efeito	Categoria de dano	AoP	Tipo de relação	ODS	Posição na cadeia de causa e efeito	Meta
				Direta	8	Ponto final	8.8
Neugebauer <i>et al.</i> (2014)	Propõe uma cadeia de causa e efeito com vias de impacto relacionando o nível de educação e o salário justo e seus efeitos sobre as categorias de ponto final bem-estar econômico, danos à saúde humana e a estabilidade ambiental.	Bem-estar econômico					
		Danos à saúde humana	Justiça Social	Direta	1	Ponto médio	1.4
		Estabilidade ambiental	Bem-estar social	Direta	4	Ponto médio	4.1 - 4.3 - 4.4 - 4.5
Bocoum, Macombe e Revéret (2015)	Efeitos de alterações na distribuição de renda de um país sobre a taxa de mortalidade infantil.	Saúde humana	Não especificada	Direta	3	Ponto final	3.2
				Direta	10	Ponto final	10.4
Musaazi <i>et al.</i> (2015)	Propõe duas vias de impacto: a primeira avaliando o impacto do acesso da população de uma determinada região a um determinado produto; a segunda avaliando o impacto nos salários de uma indústria sobre o nível de renda da população local.	Não especificada	Não especificada	Direta	1	Ponto médio	1.4
Wu <i>et al.</i> (2015)	Efeitos de alterações na atividade econômica de um país sobre a saúde da população.	Saúde humana	Bem-estar	Direta	3	Ponto final	3.2
							3.3
							3.8
				Direta	3	Ponto médio	3.9
							3.b
Weidema (2016)	Via de impacto representando como a produtividade pode ser afetada por meio dos mecanismos de transferência de renda e pela perda de governança e seus efeitos sobre a utilidade (representando o bem-estar).	Utilidade	Bem-estar	Indireta	3	Ponto médio	-
				Direta	4	Ponto médio	4.2
Chang <i>et al.</i> (2018)	Via de impacto para a categoria de ponto médio "Conclusão do ensino superior", relacionada à categoria de ponto final Educação.	Educação	Bem-estar infantil e bem-estar	Direta	4	Ponto médio	4.3

Descrição do modelo				Relação com os ODS			
Método	Cadeia de causa e efeito	Categoria de dano	AoP	Tipo de relação	ODS	Posição na cadeia de causa e efeito	Meta
Iofrida <i>et al.</i> (2019)	Impacto sobre a saúde de trabalhadores decorrentes de fatores psicossociais relacionados às atividades laborais.	Saúde humana	Não especificada	Indireta	3	Ponto final	-
				Direta	8	Ponto final	8.8
De Araujo, Frega e Ugaya (2021)	Efeitos das categorias de impacto "economia e competitividade" e "acesso a água, saneamento e prevenção de conflitos" sobre a expectativa de vida da população.	Saúde humana	Bem-estar	Indireta	3	Ponto final	-
				Direta	5	Ponto médio	5.5
				Direta	6	Ponto médio	6.1 - 6.2
				Direta	10	Ponto médio	10.7
Hannouf <i>et al.</i> (2021)	Apresenta uma cadeia de causa e efeito baseada na abordagem DPSIR, na qual as condições de trabalho (representadas pelas subcategorias da parte interessada trabalhador) afetam a saúde dos trabalhadores bem como os custos financeiros com a saúde.	Saúde humana	Não especificada	Indireta	3	Ponto final	-
				Direta	8	Ponto final	8.7 - 8.8

Fonte: Autoria própria

### 2.3.1.1. ODS 1 - Erradicação da Pobreza

O ODS 1 representa diversos aspectos relacionados ao combate e erradicação da pobreza, como a remoção de pessoas da linha da pobreza absoluta, implementação de sistemas de proteção social, acesso a recursos econômicos e serviços básicos, entre outras ações (UNITED NATIONS, 2015).

A partir da análise apresentada na Tabela 3, foi identificado que três dos métodos abordavam o acesso a serviços básicos e essenciais (HUNKELER, 2006; MUSAAZI *et al.*, 2015; NEUGEBAUER *et al.*, 2014), tema contemplado na meta 1.4<sup>3</sup>, juntamente com o acesso aos recursos econômicos, propriedade privada, tecnologias e serviços financeiros.

O acesso a serviços essenciais é ponto central do método proposto por Hunkeler (2006). Este método é focado na estimativa do número de horas necessárias, no ciclo de vida de um produto, em uma determinada região, para que sejam atendidas as necessidades básicas da população (habitação, saúde e educação), consideradas como categorias de impacto.

Para os métodos propostos por Neugebauer *et al.* (2014) e Musaaazi *et al.* (2015), constatou-se que o acesso aos serviços básicos e produtos foi avaliado a partir da renda. Assim, Neugebauer *et al.* (2014), apresentam uma via de impacto específica para a categoria salário justo, sendo considerado como justo o salário suficiente para cobrir os custos de uma vida decente, possibilitando o atendimento das necessidades básicas. Na cadeia de causa e efeito, são representados principalmente os efeitos da renda bruta dos trabalhadores sobre o acesso a necessidades básicas, como nutrição, saúde, educação e habitação, exercendo impacto nas categorias de dano, bem-estar econômico e danos à saúde humana.

O método proposto por Musaaazi *et al.* (2015) é limitado a um escopo específico, focado nos efeitos sociais do acesso a um determinado produto em uma região específica, bem como o impacto sobre a renda da população local a partir da instalação de uma indústria. Nesse sentido, apesar destas limitações, se observa que

---

<sup>3</sup> Meta 1.4 - Até 2030, garantir que todos os homens e mulheres, em particular os pobres e vulneráveis, tenham direitos iguais aos recursos econômicos, bem como acesso a serviços básicos, propriedade e controle sobre a terra e outras formas de propriedade, herança, recursos naturais, novas tecnologias e serviços financeiros apropriados, incluindo micro finanças.

este método está relacionado com a dinâmica da renda e o acesso a bens essenciais, o que é abordado na meta 1.4.

### 2.3.1.2. ODS 3 - Boa Saúde e Bem-Estar

O ODS 3 representa uma série de metas relacionadas a melhorias na saúde e bem-estar humano, abrangendo assim aspectos como redução nas taxas de mortalidade materna e infantil, erradicação de doenças, expansão da cobertura de serviços de saúde, entre outros aspectos (UNITED NATIONS, 2015).

A partir da análise, foi constatado que este ODS trata de temas sociais abordados na maior parte dos métodos analisados, sendo que 17 publicações apresentaram cadeias de causa e efeito que incorporaram questões sociais relacionadas a alguma das metas, como impactos sobre mortalidade infantil e acesso a saúde, ou consideraram o ODS 3 como uma Área de Proteção (AoP), avaliando sobretudo os impactos sobre a saúde da população decorrentes do ciclo de vida de produtos.

Os métodos que abrangem questões sociais relacionadas a este ODS podem ser classificados em três grupos: os que avaliam os impactos sobre a saúde no nível de categoria de dano; os que avaliam o acesso à saúde no nível de categoria de impacto; e os que consideram o bem-estar como AoP.

No primeiro grupo, existem os métodos que se baseiam em relações já exploradas nas ciências sociais, como a Curva Preston (PRESTON, 1975) (impacto do Produto Interno Bruto sobre a expectativa de vida), e o *Wilkinson Pathway* (WILKINSON; PICKETT, 2010) (impacto da distribuição de renda sobre a mortalidade infantil), os quais são focados na avaliação de potenciais impactos decorrentes de alterações na atividade econômica de um país sobre indicadores de saúde da população. Nesse sentido, os impactos sobre a saúde são mensurados por meio de indicadores como taxa de mortalidade infantil (BOCOUM; MACOMBE; REVÉRET, 2015; HUTCHINS; SUTHERLAND, 2008), sendo um aspecto diretamente abordado na meta 3.2<sup>4</sup>, que trata sobretudo acerca da redução das mortes de recém nascidos

---

<sup>4</sup> Meta 3.2 - Até 2030, acabar com as mortes evitáveis de recém-nascidos e crianças menores de 5 anos de idade, com todos os países visando reduzir a mortalidade neonatal para pelo menos 12 por 1.000 nascidos vivos e mortalidade de menores de 5 anos de pelo menos 25 por 1.000 nascidos vivos.



e crianças menores de 5 anos. Outros métodos utilizam como parâmetro da saúde populacional a Expectativa de Vida ao Nascer (LEX) (NORRIS, 2006; FESCHET *et al.*, 2013; WU *et al.*, 2015; DE ARAUJO; FREGA; UGAYA, 2021), o qual não possui uma respectiva meta para o ODS 3, porém pode ser relacionado a outras metas similares, como a taxa de mortalidade infantil (meta 3.2).

Ainda em relação aos impactos sobre a saúde no nível de ponto final, alguns métodos utilizam métricas como o DALY<sup>5</sup> (anos de vida ajustados por incapacidade), utilizado por Baumann *et al.* (2013), como forma de quantificar os impactos na saúde humana decorrentes do ciclo de vida de um determinado produto; e o QALY<sup>6</sup> (anos de vida ajustados pela qualidade), utilizado por Weidema (2006, 2016) e Hannouf *et al.* (2021). Os métodos propostos por Barsuko e Mesbashi (2011) e Iofrida *et al.* (2018), avaliaram os impactos sobre a saúde dos trabalhadores decorrentes do ambiente de trabalho, sendo considerados tanto impactos físicos quanto psicossociais. Cabe destacar que ambas as métricas não estão diretamente ligadas a nenhuma meta específica do ODS 3, entretanto, podem ser aplicadas na avaliação de impactos sobre a saúde e bem-estar da população. Jørgensen, Lai e Hauschild (2010) também consideraram a saúde como categoria de dano, a qual seria afetada pela incidência de trabalho infantil, sendo observada assim uma relação indireta com este ODS.

Em um segundo grupo podem ser classificados os métodos que abrangem principalmente o acesso à saúde como categoria de impacto, questão abordada na meta 3.7<sup>7</sup>, acerca do acesso aos serviços de saúde sexual e reprodutiva e 3.8<sup>8</sup>, que trata sobre o acesso a serviços essenciais de saúde, bem como medicamentos e vacinas. Nestes métodos, são considerados o acesso aos métodos contraceptivos (WEIDEMA, 2006), a profissionais de saúde, postos de atendimento, medicamentos

---

<sup>5</sup> Conforme WHO (2021), um DALY representa a perda do equivalente a um ano de saúde plena. Assim, os DALYs para uma doença ou condição de saúde são a soma dos anos de vida perdidos devido à mortalidade prematura (YLLs) e os anos vividos com uma incapacidade (YLDs) devido a casos prevalentes da doença ou condição de saúde em uma população.

<sup>6</sup> Os QALYs são uma medida de resultados de saúde utilizadas em avaliações econômicas para representar mudanças na quantidade e na qualidade de vida devido a intervenções de saúde. Os QALYs permitem comparações de diversos tipos de consequências em uma escala comum, quantificando os benefícios à saúde em unidades de anos de vida saudável (SALOMON, 2017).

<sup>7</sup> Meta 3.7 - Até 2030, garantir o acesso universal aos serviços de saúde sexual e reprodutiva, incluindo planejamento familiar, informação e educação e a integração da saúde reprodutiva nas estratégias e programas nacionais.

<sup>8</sup> Meta 3.8 - Atingir a cobertura universal de saúde, incluindo proteção contra riscos financeiros, acesso a serviços de saúde essenciais de qualidade e acesso a medicamentos e vacinas essenciais seguros, eficazes, de qualidade e acessíveis para todos.

e vacinas (BRENT; LABUSCHAGNE, 2006; WEIDEMA, 2006; WU *et al.*, 2015), ou o número de horas de trabalho necessárias para o acesso aos meios de saúde (HUNKELER, 2006).

No terceiro grupo, os métodos propostos por Dreyer, Hauschild e Schierbeck (2006), Weidema (2006, 2016), Jørgensen, Lai e Hauschild (2010), Reitinger *et al.* (2011), Neugebauer *et al.* (2014), Wu *et al.* (2015), Chang *et al.* (2018) e De Araujo, Frega e Ugaya (2021), consideraram o bem-estar humano como uma Área de Proteção.

### 2.3.1.3. ODS 4 - Educação de Qualidade

Este ODS é focado principalmente no acesso à educação, na redução do analfabetismo, eliminação das disparidades de gênero em termos de educação, entre outros aspectos que envolvem desde a formação básica até a capacitação no nível técnico e superior (UNITED NATIONS, 2015).

Questões sociais relacionadas ao ODS 4 foram identificadas em 6 métodos, sendo que o acesso e o nível de escolaridade, representado na meta 4.1<sup>9</sup>, acerca do acesso à educação primária e secundária independente de gênero e na meta 4.3<sup>10</sup>, sobre o acesso igualitário ao ensino técnico, profissional e superior, foram os temas mais abordados (BRENT; LABUSCHAGNE, 2006; HUNKELER, 2006; JØRGENSEN; LAI; HAUSCHILD, 2010; NEUGEBAUER *et al.*, 2014; WEIDEMA, 2016; CHANG *et al.*, 2018).

Em termos de acesso à educação e nível de escolaridade, foi observado que esta questão social é considerada no nível de categoria de impacto, contudo, a mesma é avaliada de diferentes formas.

Os métodos de Hunkeler (2006) e Brent e Labuschagne (2006) avaliam especificamente o acesso à educação, sendo que o primeiro busca mensurar o número de horas de trabalho necessárias para ter acesso à educação em uma região, enquanto o segundo utiliza como indicador o número de adultos alfabetizados em uma região.

---

<sup>9</sup> Meta 4.1 - Até 2030, garantir que todas as meninas e meninos concluam a educação primária e secundária gratuita, equitativa e de qualidade, levando a resultados de aprendizagem relevantes e eficazes.

<sup>10</sup> Meta 4.3 - Até 2030, garantir acesso igual para todas as mulheres e homens ao ensino técnico, profissional e superior de qualidade e acessível, incluindo a universidade.

Jørgensen, Lai e Hauschild (2010) e Chang *et al.* (2018), por outro lado, são focados nos impactos do trabalho infantil sobre a educação. De acordo com Jørgensen, Lai e Hauschild (2010), o trabalho infantil estaria relacionado principalmente a impactos negativos sobre a escolaridade, sendo que a intensidade deste efeito estaria ligada ao número de horas de trabalho. Dessa forma, o nível de educação afetaria diretamente o desenvolvimento humano e por consequência o bem-estar. Chang *et al.* (2018) seguem um caminho semelhante, visto que no método proposto pelos autores o trabalho infantil, as matrículas em universidades, a fertilidade dos adolescentes, e os gastos públicos com educação, afetam a finalização da educação terciária, o que levaria a impactos sobre o bem-estar (no nível de AoP).

Neugebauer *et al.* (2014) demonstraram em seu método como o nível de educação pode causar um impacto direto sobre o bem-estar econômico, saúde humana e estabilidade ambiental. Neste método, o nível de educação é o resultado de diversos fatores, como taxas de conclusão de ensino e de alfabetização, existência de barreiras de acesso à educação e discriminação de gênero ou grupo.

Weidema (2016) apresenta em seu método uma via de impacto representando como a perda de educação seria decorrente da perda de produtividade, o que afetaria o bem-estar. Neste método, as alterações nos níveis de produtividade são representadas por alterações no PIB anual dos países, a qual exerceria uma influência nos anos de escolaridade da população.

#### 2.3.1.4. ODS 5 - Igualdade de Gênero

O ODS 5 representa metas relacionadas a igualdade de gênero entre homens e mulheres, por meio da eliminação de todas as formas de discriminação, violência e abusos. Este ODS também abrange metas relacionadas ao empoderamento feminino, por meio da participação das mulheres em cargos de gestão e liderança, acesso a fontes econômicas, entre outras formas (UNITED NATIONS, 2015).

Em relação ao ODS 5, foram identificados três métodos que abordam questões sociais ligadas a meta 5.1<sup>11</sup> (DREYER; HAUSCHILD; SCHIERBECK, 2006; REITINGER *et al.*, 2011; DE ARAUJO; FREGA; UGAYA, 2021), que aborda a questão da discriminação contra pessoas do sexo feminino. Neste aspecto, os métodos de

---

<sup>11</sup> Meta 5.1 - Acabar com todas as formas de discriminação contra todas as mulheres e meninas em todos os lugares.

Dreyer, Hauschild e Schierbeck (2006) e Reitinger *et al.* (2011) lidam com a questão da desigualdade em termos de oportunidades no ambiente de trabalho, posicionando este tema social como categoria de impacto e subcategoria, respectivamente. No método de Araujo, Frega e Ugaya (2021), a desigualdade entre homens e mulheres é representada na forma da subcategoria “Oportunidades iguais/ discriminação”.

Dreyer, Hauschild e Schierbeck (2006), apresentam um *framework* para a ACV-S, no qual as categorias de impacto são baseadas em Convenções internacionais da ILO (*International Labour Organization*), as quais afetam a AoP Dignidade humana e bem-estar. Neste contexto, a questão da igualdade é definida em relação a Convenção ILO nº 111, que trata sobre a discriminação e a Convenção ILO nº 100, a respeito da remuneração igual para homens e mulheres em trabalhos de igual valor, sem discriminação do sexo.

Reitinger *et al.* (2011), por sua vez, apresentam um *framework* para a ACV-S baseado na abordagem de capacidades e nas dimensões da vida humana (ALKIRE, 2005). Nesta abordagem, as capacidades<sup>12</sup> são representadas pelas subcategorias e as dimensões da vida humana pelas categorias de impacto, relacionadas a AoP Autonomia, bem-estar-liberdade e justiça. Neste método, a igualdade é representada pela subcategoria “Oportunidade iguais”, relacionada a categoria de impacto justiça.

O método proposto por De Araujo, Frega e Ugaya (2021) utiliza o indicador *Gender inequality index* (UNDP, 2019) representando a subcategoria “Oportunidades iguais/ discriminação”. Esta subcategoria é relacionada à categoria de impacto “Economia e competitividade”, a qual exerce efeito sobre a expectativa de vida ao nascer, representando a categoria de dano “saúde humana”.

#### 2.3.1.5. ODS 6 - Água Potável e Saneamento

Este ODS é composto por metas relacionadas a disponibilidade e acesso à água e saneamento adequados para todas as pessoas, abrangendo também aspectos como redução da poluição, proteção de ecossistemas e uso eficiente da água (UNITED NATIONS, 2015).

Metas relacionadas ao ODS 6 foram identificadas em três métodos (BRENT; LABUSCHAGNE, 2006; WU *et al.*, 2015; DE ARAUJO; FREGA; UGAYA, 2021). A

---

<sup>12</sup> A capacidade de uma pessoa pode ser compreendida como o conjunto de vidas alternativas que ela poderia escolher viver (SEN, 2000; REITINGER *et al.*, 2011).

meta 6.1<sup>13</sup> relacionada ao acesso à água potável foi abordada como categoria de impacto nos métodos de Brent e Labuschagne (2006) e Wu *et al.* (2015) e no nível de subcategoria no método proposto por De Araujo, Frega e Ugaya (2021), sendo que os dois últimos também consideraram o acesso a saneamento básico (Meta 6.2<sup>14</sup>), no nível de categoria de impacto e subcategoria, respectivamente.

Em Brent e Labuschagne (2006) é proposta a categoria de impacto, “Disponibilidade de serviços de água”, a qual é mensurada a partir da quantidade de água utilizada por município. Esta categoria estaria relacionada a AoP “População externa”, definida como os impactos das atividades operacionais de uma empresa sobre a população.

No método de Wu *et al.* (2015), o acesso a fontes de água e a instalações de saneamento, juntamente com a taxa de imunização de DPT (difteria, coqueluche e tétano), são indicadores utilizados para representar a categoria de impacto “Acesso à saúde”, a qual exerce impacto sobre a saúde da população no nível de categoria de dano.

Uma abordagem similar é utilizada em De Araujo, Frega e Ugaya (2021), no qual as subcategorias “Acesso a fontes materiais” e “Condições de vida saudável e segura”, são representadas por indicadores de acesso a fontes de água e a instalações de saneamento. Estas subcategorias são agregadas na categoria de impacto “Acesso à água, saneamento e prevenção de conflitos”, que exerceria impacto sobre a expectativa de vida da população, no nível de categoria de dano.

#### 2.3.1.6. ODS 7 - Energia Limpa e Acessível

O ODS 7 é representado por metas relacionadas ao acesso a fontes modernas e limpas de energia, bem como o uso de energias renováveis (UNITED NATIONS, 2015). Apenas para o método de Brent e Labuschagne (2006) foi identificada uma relação com o ODS, especificamente com a meta 7.1<sup>15</sup>, acerca do acesso a serviços de energia. Neste método, é proposta a categoria de impacto

---

<sup>13</sup> Meta 6.1 - Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo à água potável segura e acessível para todos.

<sup>14</sup> Meta 6.2 - Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos e acabar com a defecação a céu aberto, com atenção especial às necessidades de mulheres e meninas e daqueles em situações vulneráveis.

<sup>15</sup> Meta 7.1 - Até 2030, garantir acesso universal a serviços de energia acessíveis, confiáveis e modernos.

“Disponibilidade de serviços de energia”, a qual afetaria a AoP “População externa”.

### 2.3.1.7. ODS 8 - Trabalho Decente e Crescimento Econômico

Este ODS traz metas relacionadas ao crescimento econômico sustentável, representado por meio de incentivos ao desenvolvimento tecnológico e inovação, acesso a linhas de créditos para micro, pequenas e médias empresas, bem como melhorias na eficiência do uso de recursos. Adicionalmente, o ODS 8 também traz metas ligadas às condições de trabalho, como redução das desigualdades, geração de postos de trabalho para jovens, erradicação do trabalho forçado e infantil, proteção dos direitos trabalhistas, saúde e segurança no ambiente de trabalho, entre outras questões (UNITED NATIONS, 2015).

Foram identificados nove métodos que abordam algumas das metas do ODS 8, sendo que a erradicação do trabalho forçado e infantil e às condições de trabalho, questões relacionadas respectivamente às metas 8.7<sup>16</sup> e 8.8<sup>17</sup>, foram observadas na maior parte destes métodos.

Em relação à meta 8.7, identificou-se que os métodos apresentam muitas semelhanças em termos das questões sociais abordadas, para Weidema (2006), Dreyer, Hauschild e Schierbeck (2006) e Jørgensen, Lai e Hauschild (2010), o trabalho infantil exerce efeitos negativos sobre o Bem-estar humano, contudo, é importante destacar que existem diferenças entre estas abordagens. Weidema (2006), apresenta um método no qual o trabalho forçado, trabalho excessivo, trabalho infantil e tráfico de pessoas exercem um efeito negativo sobre a categoria de dano “Autonomia” e desta forma afetaria o bem-estar. Dreyer, Hauschild e Schierbeck (2006), baseando-se nas convenções ILO nº 138 e nº 182, também consideram a eliminação do trabalho infantil como uma categoria de impacto, a qual afetaria a Dignidade humana e bem-estar no nível de AoP. Jørgensen, Lai e Hauschild (2010), por outro lado, avaliaram os efeitos da incidência do trabalho infantil sobre outras questões sociais, como

---

<sup>16</sup> Meta 8.7 - Tomar medidas imediatas e eficazes para erradicar o trabalho forçado, acabar com a escravidão moderna e o tráfico de pessoas e garantir a proibição e eliminação das piores formas de trabalho infantil, incluindo o recrutamento e uso de crianças soldados, e até 2025 acabar com o trabalho infantil em todas as suas formas

<sup>17</sup> Meta 8.8 - Proteger os direitos trabalhistas e promover ambientes de trabalho seguros e protegidos para todos os trabalhadores, incluindo trabalhadores migrantes, em particular mulheres migrantes e aqueles em empregos precários.

saúde, salários e escolaridade, bem como possíveis impactos positivos, que em última instância afetaria o bem-estar humano no nível de AoP.

Ainda acerca da meta 8.7, Reitinger *et al.* (2011) consideram a subcategoria “Trabalho forçado”, que segundo os autores prejudicaria o trabalhador em relação a capacidade de escolha do local de trabalho, influenciando na atribuição de algum significado e criação de valor ao próprio trabalho, afetando diretamente o Bem-estar.

Observou-se que a Meta 8.8 é uma das mais relacionadas aos métodos Tipo II, visto que trata das condições de trabalho, sendo identificada em seis métodos. Como esperado, existem muitos aspectos que envolvem o ambiente de trabalho, refletidos na diversidade de pontos avaliados em cada um dos métodos.

Foram constatadas semelhanças entre os métodos de Weidema (2006), Brent e Labuschagne (2006), Reitinger *et al.* (2011), Barsuko e Mesbahi (2014), Iofrida *et al.* (2019) e Hannouf *et al.* (2021), os quais são focados na análise dos impactos na saúde física e/ ou psicológica decorrente das condições de trabalho. No método proposto por Weidema (2006), é avaliado o número de pessoas trabalhando em condições estressantes em um determinado período de tempo, sendo mensurado o efeito destas condições sobre a categoria de dano “segurança e tranquilidade”. Brent e Labuschagne (2006) descrevem a categoria de impacto “possíveis incidentes de saúde e segurança”, na qual são avaliadas as taxas de acidentes fatais ou incapacitantes no ambiente de trabalho. Hannouf *et al.* (2021), a partir de um modelo baseado na abordagem DPSIR (*driver-pressure-state-impact-response*), demonstraram as implicações do número de horas de trabalho sobre diversos aspectos da saúde dos trabalhadores (mensurados na unidade QALY) bem como os impactos sobre os custos com saúde.

Em um escopo mais amplo, Reitinger *et al.* (2011) consideram na cadeia de causa e efeito a subcategoria “saúde e segurança”, representando como as condições de trabalho podem afetar a saúde dos trabalhadores e oferecerem riscos à segurança, porém não são claramente definidos os aspectos a serem avaliados. Basurko e Mesbahi (2014) e Iofrida *et al.* (2019) ampliam ainda mais a análise das condições de trabalho por meio da aplicação de métodos advindos da psicologia e ciências da saúde no campo da ACV-S. O método de Basurko e Mesbahi (2014) é baseado na ferramenta BAMES, na qual são avaliados os impactos físicos, psicológicos, no estado de espírito e na saúde dos trabalhadores que exercem atividades relacionadas ao ciclo de vida. Iofrida *et al.* (2018) avaliaram o impacto das

condições de trabalho sobre a saúde, por meio do uso de fatores psicossociais específicos das atividades que são desenvolvidas no ciclo de vida de produtos.

Ademais, relações com as metas 8.3<sup>18</sup> e 8.6<sup>19</sup>, que abordam questões como a criação de postos de trabalho e incentivo ao emprego e qualificação de jovens, foram identificadas apenas no método de Dreyer, Hauschild e Schierbeck (2006), no qual são propostas as categorias de impacto “criação de emprego” e “formação e desenvolvimento de habilidades”, as quais são baseadas na Declaração Tripartite de Princípios sobre Empresas Multinacionais e Política Social.

#### 2.3.1.8. ODS 10 - Redução das Desigualdades

O ODS 10 traz metas relacionadas a redução das desigualdades dentro e entre países, o que abrange um amplo escopo, envolvendo questões como: crescimento da renda; inclusão social, econômica e política para os mais diversos grupos; redução das desigualdades políticas e legislativas; representatividade; facilitação da migração de pessoas; entre outros aspectos mais específicos (UNITED NATIONS, 2015).

Foram identificados três métodos que apresentam relações com este ODS, Bocoum, Macombe e Revéret (2015), Reitinger *et al.* (2011) e De Araujo, Frega e Ugaya (2021). Em Bocoum, Macombe e Revéret (2015), se observa uma relação com a meta 10.4<sup>20</sup>, a qual aborda a adoção de políticas com vistas a maior igualdade, uma vez que neste método foram analisados os efeitos da desigualdade de renda sobre a taxa de mortalidade infantil.

No método proposto por Reitinger *et al.* (2011) (como apresentado em mais detalhes na seção 2.3.1.4 a respeito do ODS 5) as capacidades são representadas por meio das subcategorias da ACV-S, dessa forma, é incluída a subcategoria

---

<sup>18</sup> Meta 8.3 - Promover políticas voltadas para o desenvolvimento que apoiem atividades produtivas, criação de empregos decentes, empreendedorismo, criatividade e inovação, e incentivem a formalização e o crescimento de micro, pequenas e médias empresas, inclusive por meio do acesso a serviços financeiros.

<sup>19</sup> Meta 8.6 - Até 2020, reduzir substancialmente a proporção de jovens que não trabalham, não estudam e treinam.

<sup>20</sup> Meta 10.4 - Adotar políticas, especialmente políticas fiscais, salariais e de proteção social, e progressivamente alcançar maior igualdade.



“deslocalização e migração”, que pode ser relacionada a meta 10.7<sup>21</sup>, acerca da facilitação de políticas migratórias. Esta subcategoria trata de políticas voltadas à integração de migrantes em novas comunidades, o que no método de Reitinger *et al.* (2011) afetaria as categorias de impacto “amizade” e “autoexpressão”. Em De Araujo, Frega e Ugaya (2021) também foi considerada a subcategoria “deslocalização e migração”, relacionada à categoria de impacto “economia e competitividade”, a qual afetaria a categoria de dano “saúde humana”.

#### 2.3.1.9. ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis

O ODS 11 representa metas para o estabelecimento de cidades e outros locais de residência humana sustentáveis, nesse contexto, as metas são voltadas a assegurar uma infraestrutura de moradia adequada (incluindo serviços básicos), sistemas de transporte adequados, salvaguarda das heranças cultural e natural, redução de perdas (humanas e econômicas) decorrentes de desastres naturais, dentre outros aspectos (UNITED NATIONS, 2015).

Tendo em vista as metas relacionadas a este ODS, foi identificada apenas uma relação com o método proposto por Reitinger *et al.* (2011), no qual é incluída a subcategoria “herança cultural”, que pode ser relacionada à meta 11.4<sup>22</sup>. Esta subcategoria representa os cuidados com a preservação das tradições culturais e religiosas das comunidades, conectada à categoria de impacto “amizade”, uma vez que se refere a relações entre pessoas de uma mesma cultura, bem como o respeito entre pessoas de diferentes culturas (REITINGER *et al.*, 2011).

#### 2.3.1.10. ODS 16 - Paz, Justiça e Instituições Eficazes

Conforme UN (2015), este ODS representa metas voltadas principalmente a promoção da paz e redução de todas as formas de violência e corrupção, bem como garantir o acesso igualitário à justiça e as liberdades fundamentais.

---

<sup>21</sup> Meta 10.7 - Facilitar a migração e a mobilidade ordenada, segura, regular e responsável das pessoas, inclusive através da implementação de políticas de migração planejadas e bem gerenciadas.

<sup>22</sup> Meta 11.4 - Reforçar os esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo.

Os métodos de Weidema (2006) e De Araujo, Frega e Ugaya (2021), foram os únicos relacionados ao ODS 16. Em Weidema (2006) são avaliados os impactos sobre a categoria de dano “autonomia” por meio de indicadores como número anual de pessoas que sofreram tortura, mutilação genital e violência interpessoal por país. Weidema (2006) também quantifica o impacto sobre a categoria de dano “segurança e tranquilidade”, na qual são avaliados o número de pessoas afetadas anualmente pela violência e furtos. Estas categorias de dano possuem relações diretas com as metas 16.1<sup>23</sup> e 16.2<sup>24</sup>, que abordam aspectos como a redução e eliminação da violência, abusos, exploração, tráfico e tortura.

De Araujo, Frega e Ugaya (2021) incluem a subcategoria “prevenção de conflitos armados” como um dos componentes da categoria de ponto médio “acesso à água, saneamento e prevenção de conflitos”, afetando a saúde humana no ponto final.

### 2.3.2. Novas Possibilidades

A partir da análise dos métodos Tipo II em relação aos ODS, identificou-se que certas questões sociais presentes nos ODS e que estão alinhadas ao escopo da ACV-S ainda não foram exploradas nesta abordagem. Assim, nesta seção é apresentada uma reflexão acerca das metas dos ODS com potencial de implementação nos métodos de AICV-S, como subcategorias, categorias de impacto ou AoPs. Nesse sentido, são apresentados na

Tabela 4 e discutidos adiante, os ODS e metas identificados que apresentam potencial de implementação nos métodos de avaliação de impacto social.

---

<sup>23</sup> Meta 16.1 - Reduzir significativamente todas as formas de violência e taxas de mortalidade relacionadas em todos os lugares.

<sup>24</sup> Meta 16.2 - Acabar com o abuso, exploração, tráfico e todas as formas de violência e tortura de crianças.

**Tabela 4 - ODS e metas com potencial de implementação nos métodos Tipo II**

ODS	Potencial de implementação
1. Erradicação da pobreza	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inclusão nos métodos relacionados à subcategoria "salário justo"</li> <li>Desenvolvimento de novos métodos que abordem as questões de pobreza e renda no ciclo de vida;</li> <li>Base para a definição e operacionalização da subcategoria "redução da pobreza".</li> </ul>
2. Fome zero e agricultura sustentável	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de novos métodos relacionados ao acesso a fontes materiais.</li> </ul>
3. Saúde e bem-estar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de novos métodos que incluam aspectos relacionados à saúde das crianças como consumidores.</li> </ul>
4. Educação de qualidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inclusão nos métodos que consideram a educação como categoria de impacto.</li> <li>Desenvolvimento de novos métodos que abordem o acesso à educação em função do gênero e para as minorias e o impacto dos treinamentos promovidos pelas organizações.</li> </ul>
5. Igualdade de Gênero	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inclusão nos métodos e desenvolvimento de novos métodos que abordem questões relacionadas a oportunidades iguais/ discriminação.</li> <li>Referência para a definição e operacionalização da subcategoria "assédio sexual".</li> </ul>
6. Água Potável e Saneamento 7. Energia Limpa e Acessível	<ul style="list-style-type: none"> <li>Salvas as metas já incluídas nos métodos analisados, estes ODS possuem com maior alinhamento com aspectos ambientais, assim, apesar de existir uma interferência humana sobre tais questões, as mesmas fogem ao escopo da ACV-S, estando mais relacionadas a ACV ambiental ou ASCV.</li> </ul>
8. Trabalho Decente e Crescimento Econômico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de novos métodos que possibilitem a mensuração do impacto decorrente da geração de postos de trabalho.</li> </ul>
9. Indústria, inovação e infraestrutura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de novos métodos que abordem os impactos da disponibilidade de infraestrutura industrial e o desenvolvimento tecnológico.</li> </ul>
10. Redução das Desigualdades	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de novos métodos que abordem o impacto da inclusão social, econômica e política de diferentes grupos, bem como o impacto decorrente de práticas discriminatórias.</li> <li>Referência para a definição e operacionalização da subcategoria "distribuição de riqueza"</li> </ul>
11. Cidades e Comunidades Sustentáveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de novos métodos que abordem os efeitos do engajamento das organizações com a comunidade local, bem como a proteção da herança cultural.</li> </ul>
12. Consumo e produção sustentáveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de novos métodos que abordem os impactos gerados pela adoção de práticas mais sustentáveis por parte das organizações.</li> </ul>
13. Mudanças climáticas 14. Vida na água 15. Vida na terra	<ul style="list-style-type: none"> <li>Objetivos com maior alinhamento com aspectos ambientais, assim, apesar de existir uma interferência humana sobre tais questões, as mesmas fogem ao escopo da ACV-S, estando mais relacionadas ao escopo da ACV ambiental ou ASCV.</li> </ul>
16. Paz, justiça e instituições fortes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de novos métodos que abordem impactos sociais decorrentes da corrupção e violência.</li> </ul>
17. Parcerias para os objetivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de métodos que abordem questões relacionadas ao comprometimento das organizações com a sustentabilidade.</li> </ul>

**Fonte: Autoria própria.**

ODS 1 - A compreensão dos impactos decorrentes do nível de renda é uma questão social complexa e de suma importância, uma vez que é influenciada por diversos fatores relacionados ao contexto específico e possui implicações diretas sobre as partes interessadas. Dessa forma, a erradicação da pobreza, representada

pelo ODS 1, possui uma visível relação com a questão do salário justo, já explorada em alguns métodos como Neugebauer *et al.* (2014). Contudo, considerando a complexidade desta questão, é reforçada a necessidade de mais estudos que explorem as implicações da renda e salário sobre as partes interessadas. Nesse sentido, são observadas iniciativas como a subcategoria “redução da pobreza”, proposta nas Diretrizes para ACV-S (UNEP, 2020), que apesar de ter sua relevância reconhecida, ainda carece de uma definição e objetivo, o que pode ser inspirado nas metas 1.1, 1.2 e 1.3, que tratam da erradicação da pobreza extrema, redução da pobreza em todas as suas dimensões e implementação de sistemas e medidas de proteção social.

ODS 2 – Apesar de não terem sido identificados métodos Tipo II com conexões com o ODS 2, a segurança alimentar pode ser relacionada a subcategoria de acesso a fontes materiais, como sugerido por UNEP (2020), uma vez que o acesso a alimentos saudáveis (meta 2.1) é uma questão social que pode afetar a comunidade local.

ODS 3 – Diversos métodos Tipo II consideram o bem-estar humano como uma AoP para ACV-S, assim, como discutido na seção 2.3.1.2, estes impactos vêm sendo avaliados principalmente em termos de saúde, física ou psicológica. Ainda assim, apesar dos grandes avanços com relação a este tema, o bem-estar é um conceito complexo e multidimensional, abrangendo tanto aspectos objetivos quanto subjetivos (SOLTANPOUR *et al.*, 2019). Nesse sentido, se observa um amplo campo para o desenvolvimento de novos métodos que abordem aspectos do bem-estar ainda não incluídos nos métodos existentes, como por exemplo, a saúde das crianças como consumidores, incluída como subcategoria em UNEP (2020) ou os efeitos da pobreza, desigualdade de gênero, discriminação e do acesso aos recursos materiais (UN, 2019).

ODS 4 - O impacto da educação sobre o bem-estar humano vem sendo explorado em alguns métodos (como apresentado na seção 3.1.3), avaliando o nível educacional e seus efeitos, sendo também um dos aspectos abordados nas subcategorias "acesso a recursos imateriais" e "oportunidades iguais/ discriminação" (UNEP, 2020). Contudo, outras questões que envolvem a educação e podem afetar as partes interessadas, como o acesso à educação em função do gênero representada pelas metas 4.2, 4.3, 4.5 e 4.6 (abordada apenas por Neugebauer *et al.*

(2014)), e o impacto gerado por treinamentos promovidos pelas organizações, abordado na meta 4.4, ainda carecem de análises mais aprofundadas.

ODS 5 - Como identificado na seção 2.3.1.4, alguns métodos consideram a desigualdade em termos de oportunidades iguais no ambiente de trabalho, sendo estas questões também exploradas na subcategoria "oportunidades iguais/discriminação", que engloba outros aspectos da igualdade no ambiente de trabalho (UNEP; SETAC, 2013; UNEP, 2020). Todavia, aspectos relacionados à violência contra mulheres (meta 5.2) e a participação em cargos de liderança e empoderamento (meta 5.5) ainda são pouco explorados nas cadeias de causa e efeito. Ademais, em UNEP (2020) foi proposta a subcategoria "assédio sexual", a qual ainda não possui uma definição e objetivo.

ODS 6 e ODS 7 - Salvo as metas 6.1 e 6.2, já incluídas em alguns métodos (BRENT; LABUSCHAGNE, 2006; WU *et al.*, 2015; DE ARAUJO; FREGA; UGAYA, 2021) e a meta 7.1, abordada no método de Brent e Labuschagne (2006), às quais também estão relacionadas a subcategoria "acesso a recursos materiais" (UNEP, 2020), foi identificado que este ODS possui metas mais alinhadas com as questões ambientais, que fogem ao escopo da ACV-S.

ODS 8 - Como discutido na seção 2.3.1.7 as questões sociais abordadas neste ODS possuem muitas relações com os métodos Tipo II, principalmente no que se refere às condições de trabalho, trabalho infantil e trabalho forçado. Além disso, muitas das subcategorias listadas por UNEP (2020) estão relacionadas a este ODS<sup>25</sup>. Assim, se observa que apesar das metas relacionadas a este ODS já serem amplamente exploradas no campo da ACV-S, o impacto relacionado à proatividade das organizações na geração de postos de trabalho ainda é um tema a ser aprofundado.

ODS 9 – Este ODS contempla questões relacionadas à disponibilidade de infraestrutura industrial e o desenvolvimento científico e tecnológico com vistas ao crescimento sustentável dos meios de produção, aspectos representados especialmente nas metas 9.2, 9.5 e 9.b. Assim, apesar de este ODS estar relacionado às subcategorias “disponibilidade de recursos materiais” e “desenvolvimento

---

<sup>25</sup> Em UNEP (2020) o ODS 8 é relacionado às subcategorias liberdade de associação, trabalho infantil, trabalho forçado, horas de trabalho, benefícios sociais/ seguridade social, emprego local, salário justo, contribuição para o desenvolvimento econômico e relações de trabalho.

tecnológico” (UNEP, 2020), não foram identificados métodos Tipo II relacionados ao ODS.

ODS 10 - Como apresentado na seção 2.3.1.8, algumas metas deste ODS podem ser relacionadas aos métodos Tipo II, como a desigualdade de renda analisada por Bocoum, Macombe e Revéret (2015) e a imigração citada em Reitinger *et al.* (2011) e De Araujo, Frega e Ugaya (2021). Assim, é notável que estas questões sociais, bem como outros aspectos relacionados à inclusão e redução de desigualdades (como representado nas metas 10.2<sup>26</sup> e 10.3<sup>27</sup>), ainda necessitem de maior aprofundamento nos métodos de AICV-S. Ademais, foi proposta em UNEP (2020) a subcategoria "distribuição de riquezas", entretanto, ainda não foi publicada uma definição e objetivo para esta subcategoria, o que pode ser baseado, ao menos em parte, nas metas do ODS 10.

ODS 11 - Apesar de ser definida como subcategoria, o engajamento das organizações com a comunidade (aspecto relacionado em parte com a meta 11.3) ainda é um tema pouco explorado nos métodos Tipo II, o que abre margem para o desenvolvimento de novos métodos que abordem estes efeitos. Os métodos Tipo II que envolvem a proteção da herança cultural (meta 11.4) também são incipientes, sendo que apenas Reitinger *et al.* (2011) discute explicitamente esta questão.

ODS 12 – As metas deste ODS estão relacionadas principalmente à proatividade das organizações em termos de apoio e promoção de práticas mais sustentáveis (metas 12.2, 12.6 e 12.8), as quais são relacionadas a diversas subcategorias listadas por UNEP (2020)<sup>28</sup>. Contudo, não foram identificados métodos Tipo II que avaliaram de maneira clara quais os impactos gerados pela adoção de práticas mais sustentáveis por parte das organizações, em relação à forma como os recursos naturais são utilizados, na transparência que as informações sobre a sustentabilidade são disponibilizadas e na conscientização dos consumidores.

---

<sup>26</sup> Meta 10.2 – Até 2030, fortalecer e promover a inclusão social, econômica e política de todos, independentemente de idade, sexo, deficiência, raça, etnia, origem, religião ou status econômico ou outro.

<sup>27</sup> Meta 10.3 – Assegurar a igualdade de oportunidades e reduzir as desigualdades de resultados, inclusive eliminando leis, políticas e práticas discriminatórias e promovendo legislação, políticas e ações apropriadas a esse respeito.

<sup>28</sup> Em UNEP (2020) o ODS 12 é relacionado às subcategorias concorrência justa, relacionamento com fornecedores, promoção da responsabilidade social, respeito aos direitos de propriedade intelectual, mecanismo de feedback, transparência, privacidade do consumidor, responsabilidade no fim de vida, preocupações com as crianças em relação ao marketing, tratamento ético de animais.

ODS 13, 14 e 15 - Estes três ODS possuem maior alinhamento com aspectos ambientais, assim, apesar de existir uma interferência humana sobre tais questões, a relação delas com a ACV-S ainda não é clara, estando mais próximas da ACV-Aou ASCV.

ODS 16 - Apesar de alguns métodos tratarem de questões relacionadas à violência (WEIDEMA, 2006), exploração do trabalho infantil (WEIDEMA, 2006; DREYER; HAUSCHILD; SCHIERBECK, 2006; JØRGENSEN; LAI; HAUSCHILD, 2010) e prevenção de conflitos armados (DE ARAUJO; FREGA; UGAYA, 2021), os impactos sociais causados pela corrupção (meta 16.5) e outras condições que afetam a segurança ainda são pouco abordados pelos métodos Tipo II.

ODS 17 - Este ODS contempla questões relacionadas a parcerias para o alcançar os ODS, o que inclui principalmente o apoio aos países em desenvolvimento (apoio financeiro, recursos materiais, tecnologia, infraestrutura, entre outros), bem como a promoção de parcerias para o desenvolvimento sustentável. Assim, apesar do ODS 17 estar relacionado a subcategoria compromisso público com as questões de sustentabilidade (UNEP, 2020), não foram identificados métodos Tipo II que abordassem esta subcategoria.

## 2.4. CONCLUSÕES

A partir desta revisão identificou-se que as metas relacionadas a dez ODS são contempladas nas cadeias causa e efeito sociais, sendo o ODS 3 o que possui integração com a maioria dos métodos Tipo II, seguido do ODS 8 Trabalho Decente e Crescimento Econômico e do ODS 4 Educação de Qualidade. Observou-se também que a maior parte das relações foram diretas, ou seja, possuíam uma meta respectiva. Ainda assim, foram constatados casos em que as questões sociais abordadas pelos métodos eram compatíveis com a temática de alguns ODS, mesmo não se enquadrando uma meta específica.

Em relação à posição na cadeia de causa e efeito, a maior parte das questões sociais representadas pelas metas estão posicionadas no ponto médio, como categorias de impacto. Com efeito, também foram identificadas diversas metas posicionadas como categorias de dano, principalmente as relacionadas à saúde humana, sendo que o bem-estar humano, representado pelo ODS 3 é considerada também como uma Área de Proteção.

Como novas possibilidades, identificou-se que muitas metas possuem potencial para serem implementadas nas cadeias de causa e efeito sociais, seja por meio de novos métodos que abordam questões ainda pouco exploradas no âmbito da ACV-S, como impactos gerados pela disponibilidade de infraestrutura industrial, desenvolvimento tecnológico, práticas discriminatórias, saúde das crianças como consumidores, corrupção e violência; ou pela inclusão de certos aspectos em métodos já existentes. Algumas metas dos ODS também podem servir de referência para a definição das novas subcategorias apresentadas em UNEP (2020), como “redução da pobreza”, “assédio sexual” e “distribuição de riqueza”.

## REFERÊNCIAS

ALKIRE, S. **Valuing Freedoms: Sen’s Capability Approach and Poverty Reduction**. Oxford University Press, 2005.

BASURKO, O. C.; MESBAHI, E. Methodology for the sustainability assessment of marine technologies. **Journal of Cleaner Production**, v. 68, p. 155–164, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.01.022>

BAUMANN, H. *et al.* Does the Production of an Airbag Injure more People than the Airbag Saves in Traffic? **Journal of Industrial Ecology**, v. 17, n. 4, p. 517–527, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jiec.12016>

BOCOUM, I.; MACOMBE, C.; REVÉRET, J.-P. Anticipating impacts on health based on changes in income inequality caused by life cycles. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 3, p. 405–417, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0835-x>

BRENT, A.; LABUSCHAGNE, C. Social Indicators for Sustainable Project and Technology Life Cycle Management in the Process Industry. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 11, n. 1, p. 3–15, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1065/lca2006.01.233>

CANNING, D. Progress in Health around the World. **The Journal of Development Studies**, v. 48, n. 12, p. 1784–1798, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00220388.2012.663907>

CHANG, Y.-J. *et al.* Application Options of the Sustainable Child Development Index (SCDI)-Assessing the Status of Sustainable Development and Establishing Social Impact Pathways. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 7, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph15071391>

CIROTH, A. *et al.* Towards a live cycle sustainability assessment: making informed choices on products. **UNEP/SETAC Life Cycle Initiative**, 2011.



DE ARAUJO, J. B. de; FREGA, J. R.; UGAYA, C. M. L. From social impact subcategories to human health: an application of multivariate analysis on S-LCA. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 26, n. 7, p. 1471–1493, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01935-9>

DREYER, L.; HAUSCHILD, M.; SCHIERBECK, J. A Framework for Social Life Cycle Impact Assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 11, n. 2, p. 88–97, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1065/lca2005.08.223>

FESCHET, P. *et al.* Social impact assessment in LCA using the Preston pathway. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 2, p. 490–503, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0490-z>

GRI; UN; WBCSD. **SDG Compass – A Guide for Business Action to Advance the Sustainable Development Goals**. 2020. Disponível em: <https://sdgcompass.org/>. Acesso em: 1 dez. 2020.

HANNOUF, M. B. *et al.* Cause-effect chains in S-LCA based on DPSIR framework using Markov healthcare model: an application to “working hours” in Canada. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01900-6>. Acesso em: 8 abr. 2021.

HERRERA ALMANZA, A. M.; CORONA, B. Using Social Life Cycle Assessment to analyze the contribution of products to the Sustainable Development Goals: a case study in the textile sector. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 25, n. 9, p. 1833–1845, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01789-7>

HUNKELER, D. Societal LCA Methodology and Case Study (12 pp). **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 11, n. 6, p. 371–382, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1065/lca2006.08.261>

HUTCHINS, M. J.; SUTHERLAND, J. W. An exploration of measures of social sustainability and their application to supply chain decisions. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 15, Sustainability and Supply Chain Management, p. 1688–1698, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.06.001>

IOFRIDA, N. *et al.* Psychosocial risk factors’ impact pathway for social life cycle assessment: an application to citrus life cycles in South Italy. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, p. 1–14, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1482-4>

JAROSCH, L. *et al.* A Regional Socio-Economic Life Cycle Assessment of a Bioeconomy Value Chain. **Sustainability**, v. 12, n. 3, p. 1259, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12031259>

JØRGENSEN, A.; LAI, L. C. H.; HAUSCHILD, M. Z. Assessing the validity of impact pathways for child labour and well-being in social life cycle assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 15, n. 1, p. 5, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-009-0131-3>

- MAIER, S. D. *et al.* Methodological Approach for the Sustainability Assessment of Development Cooperation Projects for Built Innovations Based on the SDGs and Life Cycle Thinking. **Sustainability**, v. 8, n. 10, p. 1006, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su8101006>
- MANCINI, L.; SALA, S. Social impact assessment in the mining sector: Review and comparison of indicators frameworks. **Resources Policy**, v. 57, p. 98–111, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.02.002>
- MUSAAZI, M. K. *et al.* Quantification of social equity in life cycle assessment for increased sustainable production of sanitary products in Uganda. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, Integrating Cleaner Production into Sustainability Strategies, p. 569–579, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.026>
- NEUGEBAUER, S. *et al.* Impact Pathways to Address Social Well-Being and Social Justice in SLCA—Fair Wage and Level of Education. **Sustainability**, v. 6, n. 8, p. 4839–4857, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su6084839>
- NORRIS, G. A. Social Impacts in Product Life Cycles - Towards Life Cycle Attribute Assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 11, n. 1, p. 97–104, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1065/lca2006.04.017>
- PETTI, L.; SERRELI, M.; CESARE, S. D. Systematic literature review in social life cycle assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, p. 1–10, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1135-4>
- PRESTON, S. H. The Changing Relation between Mortality and Level of Economic Development. **Population Studies**, v. 29, n. 2, p. 231–248, 1975. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2173509>
- RAMOS HUARACHI, D. A. *et al.* Past and future of Social Life Cycle Assessment: Historical evolution and research trends. **Journal of Cleaner Production**, v. 264, p. 121506, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121506>
- REITINGER, C. *et al.* A conceptual framework for impact assessment within SLCA. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 16, n. 4, p. 380–388, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-011-0265-y>
- SALOMON, J. A. **Quality Adjusted Life Years**. In: INTERNATIONAL ENCYCLOPEDIA OF PUBLIC HEALTH. Elsevier, 2017. p. 224–228. E-book. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128036785003684>. Acesso em: 24 set. 2021.
- SEN, A. K. **Development as Freedom**. Illustrated ed. New York: Anchor Books, 2000
- SOLTANPOUR, Y.; PERI, I.; TEMRI, L. Area of protection in S-LCA: human well-being or societal quality. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 24, n. 11, p. 2073–2087, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01620-y>

UDO DE HAES, H. A. Life Cycle Impact Assessment: Striving towards best practice. **Proceedings**, 2002.

UGAYA, C. *et al.* What's up and where to go in Social Life Cycle Impact Assessment Cause-Effect Model Development? **Journal of Cleaner Production**, Under review, 2021.

UN. **Global Sustainable Development Report 2019: The Future is Now – Science for Achieving Sustainable Development**. New York: 2019. *E-book*.

UN. **Homepage | UN Global Compact**. 2020. Disponível em: <https://www.unglobalcompact.org/>. Acesso em: 1 dez. 2020.

UN. **SDG Indicators — SDG Indicators**. 2021. Disponível em: <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/>. Acesso em: 18 mar. 2021.

UNDP. **Human Development Reports**. 2019. Disponível em: <http://hdr.undp.org/en/indicators/68606#>. Acesso em: 20 set. 2019.

UNEP. **Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organizations 2020**. Paris: Benoît Norris, C., Traverso, M., Neugebauer, S., Ekener, E., Schaubroeck, T., Russo Garrido, S., Berger, M., Valdivia, S., Lehmann, A., Finkbeiner, M., Arcese, G., 2020.

UNEP; SETAC. **Guidelines for social life cycle assessment of products**. Paris: United Nations Environment Program SETAC Life Cycle Initiative United Nations Environment Programme, 2009.

UNITED NATIONS. **Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development**. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. 2015.

VERMEULEN, V. Substantiating the rough consensus on concept of sustainable development as point of departure for indicator development. **Handbook of Sustainability Indicators** (S. Bell an, pp. 59–90). Routledge/CRC Press. 2018.

WEIDEMA, B. *et al.* **LCA-based assessment of the Sustainable Development Goals**. 2020. Disponível em: <https://lca-net.com/files/Report-SDGs-Aug-2020.pdf>

WEIDEMA, B. P. The Integration of Economic and Social Aspects in Life Cycle Impact Assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 11, n. 1, p. 89–96, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1065/lca2006.04.016>

WEIDEMA, B. P. The social footprint—a practical approach to comprehensive and consistent social LCA. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, p. 1–10, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1172-z>

WHO. **World Health Organization. The Global Health Observatory. Disability-adjusted life years (DALYs)**. 2021. Disponível em: <https://www.who.int/data/gho/indicator-metadata-registry/imr-details/158>. Acesso em: 24 set. 2021

WILKINSON, R.; PICKETT, K. The spirit level. **Why equality is better for**. 2010.

WU, S. R. *et al.* Causality in social life cycle impact assessment (SLCIA). **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 9, p. 1312–1323, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0915-6>

WULF, C. *et al.* Sustainable development goals as a guideline for indicator selection in Life Cycle Sustainability Assessment. **Procedia CIRP**. 69:59–65. 2018.

## CAPÍTULO III

### 3. DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS DE AICV-S TIPO II: UMA REVISÃO DAS TÉCNICAS DE ANÁLISE MULTIVARIADA

#### Resumo

A elaboração de métodos de Avaliação de Impacto Social do Ciclo de Vida (AICV-S) baseada em cadeias de causa e efeito (Tipo II) é um aspecto de considerável complexidade em ACV Social, visto que nestes métodos se busca o estabelecimento de correlações e causalidade entre diversos indicadores sociais, como forma de representação das vias de impacto. Adicionalmente, nestes métodos é necessária a quantificação do potencial impacto mediante o uso de modelos de caracterização. Como apontado em revisões acerca do tema, os métodos Tipo II apresentam limitações em aspectos como ausência da análise de precedência temporal, falta de clareza na forma como as vias de impacto são apresentadas, em muitos casos ausência de modelos de caracterização e poucos estudos apresentando análise de incerteza e sensibilidade. A partir deste contexto, se observa que o emprego de técnicas que possibilitem a análise e compreensão multivariada e suas relações podem contribuir para o desenvolvimento de métodos de AICV-S mais robustos. Assim, o objetivo desta revisão foi identificar as técnicas de análise multivariada (MAT) com maior potencial de aplicação na elaboração de métodos causa e efeito em AICV-S. Para tanto, primeiramente foram definidas as características comuns presentes nos métodos Tipo II, como forma de delimitar os objetivos deste tipo de pesquisa. Em seguida, a partir da literatura acerca do tema, foram definidos aspectos das MAT a serem analisados, como objetivo da técnica, tipo de relação, abordagem, aplicações realizadas em métodos de AICV-S Tipo II, entre outros. Desta forma, foram analisadas sete MAT: análise fatorial exploratória (EFA); regressão múltipla; análise discriminante múltipla; correlação canônica; análise de variância multivariada (MANOVA); análise de cluster e; modelagem de equações estruturais (SEM). Após a análise das técnicas e sob a luz das características presentes nos métodos Tipo II, foi identificado que as técnicas com maior alinhamento com este tipo de pesquisa seriam as técnicas confirmatórias e preditivas como regressão e modelagem de equações estruturais (CB-SEM e PLS-SEM), as quais podem ser utilizadas para confirmação de vias de impacto e elaboração de modelos de caracterização. Além disso, foi identificado que a análise fatorial exploratória (EFA) possui potencial de aplicação para identificação de vias de impacto. Em relação às limitações práticas para aplicação destas técnicas no contexto dos métodos Tipo II, foi constatado que podem existir restrições quanto ao tamanho da amostra e disponibilidade de dados, que em muitos casos não estão disponíveis no nível das organizações, sendo necessário o uso de dados por setor ou país.

**Palavras-chave:** Avaliação Social do Ciclo de Vida. Métodos causa e efeito. Análise Multivariada.

#### 3.1. INTRODUÇÃO

A mensuração dos impactos sociais relacionados ao ciclo de vida de produtos vem sendo um grande desafio para a ACV-S. Assim, ao longo dos anos foram

desenvolvidas diversas abordagens para lidar com a caracterização dos impactos positivos e negativos relacionados aos produtos, serviços e mais recentemente a organizações, por meio da Avaliação Organizacional Social do Ciclo de Vida (AOCV-S) (UNEP, 2020; WU, R.; YANG; CHEN, 2014). Neste contexto, os métodos de AICV-S apesar de compartilharem do mesmo propósito que é a avaliação dos potenciais impactos sociais no ciclo de vida, são segmentados em diferentes abordagens, seguindo também diferentes perspectivas (UNEP, 2020).

De um lado, os métodos de escala de referência (*reference scale approach* – RS ou Tipo I, como também são chamados), possuem como foco a avaliação da performance ou risco social. Os métodos Tipo I seguem um certo padrão na forma como operam, uma vez que utilizam pontos de referência de desempenho (PRD) para mensurar o desempenho social. Dessa forma, apesar de existirem particularidades na forma como o impacto é caracterizado, geralmente as escalas de referência são baseadas em normas e leis, contexto socioeconômico, julgamento de partes interessadas e especialistas e comparação de alternativas (GARRIDO *et al.*, 2016).

Com efeito, apesar de existirem críticas em relação a certos aspectos dos métodos Tipo I, como a escolha de indicadores e a posição que estes ocupam nas vias de impacto (uma vez que não são claras as relações de causalidade) (GARRIDO *et al.*, 2016), tais métodos são amplamente utilizados em estudos de caso, com os mais diversos produtos (RAMOS HUARACHI *et al.*, 2020).

Por outro lado, os métodos de causa e efeito (*Impact pathway* – conhecidos também como IP ou Tipo II), seguem com foco na avaliação das consequências geradas por potenciais impactos no ciclo de vida, utilizando para tanto as cadeias de causa e efeito (UNEP, 2020). Os métodos Tipo II fazem uso das chamadas vias de impacto (também conhecidas como “mecanismo social”), por meio das quais o impacto é propagado desde os indicadores de inventário até as categorias de dano, afetando assim as Áreas de Proteção (AoP). Este impacto é quantificado por meio dos modelos de caracterização, que possibilitam a mensuração do impacto no ponto médio (impacto intermediário) ou diretamente nas categorias dano (ponto final). Este tipo de abordagem é semelhante à utilizada nos métodos da ACV ambiental (NEUGEBAUER *et al.*, 2017; UNEP, 2020).

Diferente dos métodos Tipo I, os métodos Tipo II partem de diferentes perspectivas e abordagens, não existindo necessariamente um único padrão seguido por estes. Como identificado por Sureau, Neugebauer e Achten (2020), os métodos

Tipo II podem ser classificados em três diferentes grupos: 1) Identificação e proposição de vias de impacto ou estruturas teóricas (*frameworks*); 2) Investigação das vias de impacto; e 3) Aplicações. Essa diversidade de abordagens reflete na maneira como as cadeias de causa e efeito são desenvolvidas e os modelos de caracterização são elaborados.

Assim, os estudos que se encaixam na classificação 1 definem as vias de impacto a partir de revisão de literatura acerca de uma questão social específica (por exemplo, trabalho infantil) o que configura uma via de impacto simples, ou podem envolver diversas questões sociais, com múltiplas vias de impacto. Dessa forma, um traço comum é que estes métodos se baseiam principalmente no conhecimento advindo de diversas áreas da ciência, como as ciências sociais. Os métodos da classificação 2, por sua vez, são focados em vias de impacto já exploradas em outros campos da ciência, porém, utilizam principalmente de técnicas estatísticas, como forma de validar empiricamente as relações que compõem as vias de impacto (com correlações ou causalidade). Na classificação 3, estão posicionados os métodos que buscam aplicar as vias de impacto com fatores de caracterização já calculados na ACV, como por exemplo, os métodos que avaliam os impactos sobre a saúde humana por meio do indicador DALY (anos de vida ajustados por incapacidade) ou QALY (anos de vida ajustados pela qualidade); os métodos que calculam a utilidade e acesso a bens; ou métodos que utilizam indicadores como número de empregos gerados e outros indicadores compostos (SUREAU; NEUGEBAUER; ACHTEN, 2020).

Como constatado pela revisão realizada por Ugaya *et al.* (2021), os métodos Tipo II apresentam limitações em certos aspectos, com poucos métodos incluindo a precedência temporal entre a causa e o efeito (lag temporal), sendo este um requisito para o estabelecimento de causalidade, bem como em muitos casos não são claras as relações ao longo das cadeias de causa e efeito e nas vias de impacto.

Além disso, a revisão mostrou que há uma considerável complexidade na compreensão das cadeias de causa e efeito, bem como uma diversidade na maneira como são apresentadas, sendo que a maior parte dos métodos é focada em questões relacionadas à parte interessada trabalhadores (UGAYA *et al.*, 2021).

Adicionalmente, os autores afirmam que nem todos os métodos Tipo II estão necessariamente prontos para serem aplicados em estudos de caso, uma vez que muitos não apresentam fatores de caracterização e apesar de ser uma etapa opcional



da ACV-S, poucos estudos apresentam análise de incerteza e sensibilidade (UGAYA *et al.*, 2021).

Frente ao atual contexto dos métodos Tipo II, é possível constatar que a modelagem de cadeias de causa e efeito em ACV-S apresenta um significativo grau de complexidade, uma vez que estes métodos têm em conta um grande número de variáveis e muitas relações são estabelecidas entre elas. Assim, a utilização de técnicas que possibilitem a análise e compreensão multivariada e suas relações podem contribuir para o desenvolvimento de métodos de AICV-S mais robustos. Principalmente nas ciências sociais aplicadas, mas também em outras áreas do conhecimento, as técnicas de análise multivariada (MAT) são amplamente utilizadas com esta finalidade. As MAT se referem a um conjunto de técnicas estatísticas para a análise simultânea de variáveis e investigação de indivíduos e objetos, possibilitando assim a elaboração de modelos focados na mensuração, explicação e predição de variáveis (HAIR, 2014b).

Considerando o exposto nesta introdução, se observa um potencial de aplicação das MAT para elaboração de novos métodos de AICV-S Tipo II, uma vez que estas técnicas podem contribuir para compreensão das relações e mensuração dos efeitos que ocorrem nas vias de impacto. Assim, o objetivo desta revisão foi identificar as técnicas MAT com maior potencial de aplicação na elaboração de métodos de causa e efeito em AICV-S.

### 3.2. REFERENCIAL TEÓRICO E MÉTODO DE ANÁLISE

Nesta seção serão abordados dois tópicos principais: na seção 3.2.1 é apresentado um referencial teórico com as classificações das técnicas multivariadas, bem como as formas de seleção das técnicas mais adequadas em função da questão de pesquisa. Na seção 3.2.2 é apresentado o método de análise, no qual são definidas algumas características comuns presentes na modelagem de cadeias de causa e efeito em ACV-S, bem como o método utilizado para a identificação das técnicas multivariadas com potencial de aplicação para o desenvolvimento de métodos Tipo II.

### 3.2.1. Uma Visão Geral Sobre as MAT e Suas Classificações

As MAT podem ser classificadas de acordo com a questão de pesquisa e o tipo de variável que será utilizado. Desta maneira, a questão de pesquisa pode direcionar a forma como as variáveis em estudo são relacionadas, em termos da diferenciação entre grupos de indivíduos, predição, estrutura e eventos que ocorrem no tempo (TABACHNICK; FIDELL, 2014).

Conforme Hair (2014b), a seleção da técnica multivariada mais adequada pode ser baseada na análise de três aspectos relacionados ao objeto da pesquisa e natureza dos dados: se podem ser definidas variáveis dependentes e independentes; quantas variáveis são consideradas como dependentes; e como as variáveis são mensuradas.

Nas relações de dependência, uma variável ou grupo de variáveis é definido como dependente (VD), a ser previsto ou explicado por outras variáveis chamadas de independentes (VI). No caso das relações de interdependência, nenhuma variável (ou grupo de variáveis) é definida como independente ou dependente (HAIR, 2014b).

Acerca da forma de mensuração das variáveis, esta pode ser métrica ou não métrica. Na escala métrica, comumente conhecida como quantitativa, os valores recebidos pela variável remetem a quantidade ou magnitude, sendo representada pelas escalas discreta e contínua. Na escala não métrica, conhecida também como qualitativa, o valor da variável remete a alguma característica não quantificável diretamente (como por exemplo gênero), sendo representada pela escala nominal e ordinal (HAIR, 2014b).

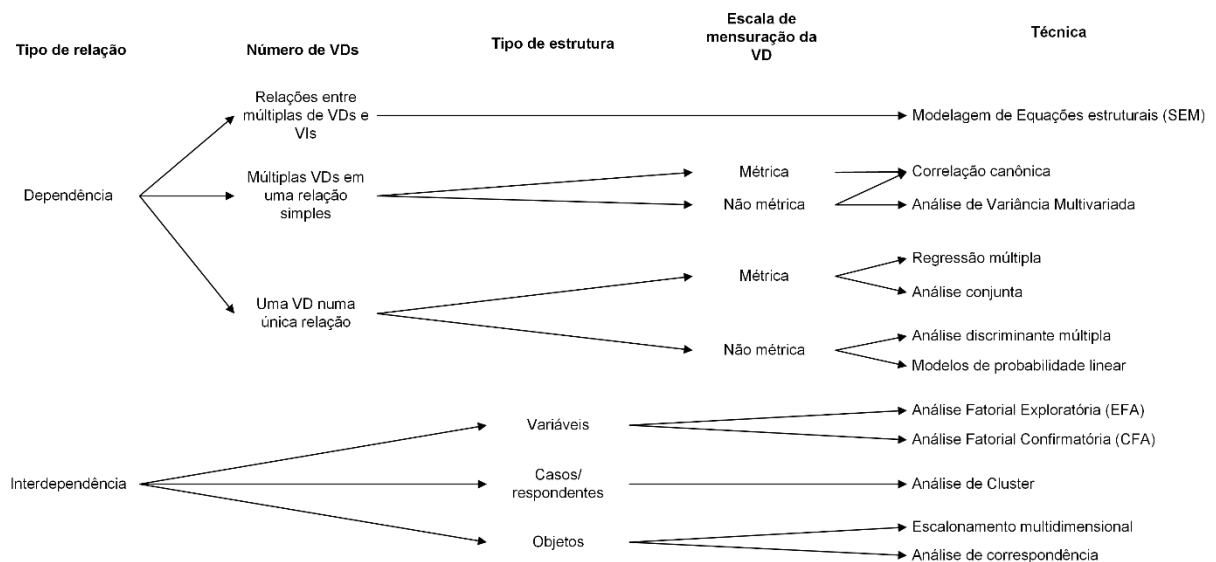
Tabachnick e Fidell (2014), sugerem ainda outros critérios para a classificação das MAT, como o objetivo de cada técnica e como estas atendem a questão de pesquisa. Assim, as técnicas podem ser classificadas de acordo com:

- Nível de relação entre as variáveis – Determinação da força de associação entre VDs e se as variáveis são contínuas ou discretas;
- Significância da diferença entre grupos – Avaliação das diferenças entre grupos de indivíduos e a força da relação entre VDs e VIs;
- Predição de associação a um determinado grupo – Predição da participação de um indivíduo a um determinado grupo a partir de um conjunto de variáveis;

- Estrutura – Identificação de dimensões (estruturas latentes ou fatores) por meio de um conjunto de variáveis observadas ou redução de um conjunto de variáveis;
- Eventos no curso do tempo – Predição do comportamento futuro de uma VD a partir do comportamento de uma ou mais VIs, com base em uma série temporal.

De modo a facilitar a identificação da MAT mais adequada, Hair (2014b) propõe uma árvore de decisão (Figura 5), com aspectos chave para a escolha da técnica para cada tipo de pesquisa.

**Figura 5 - Árvore de decisão para seleção das técnicas de análise multivariada**



**Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Hair (2014b)**

### 3.2.2. Características da Modelagem de Cadeias de Causa-Efeito Sociais

Como forma de identificar quais MAT possuem maior aplicabilidade para os métodos Tipo II, é importante definir as características deste tipo de estudo. Neste sentido, com base em revisões a respeito do estado da arte dos métodos de AICV-S (WU, R.; YANG; CHEN, 2014; CHHIPI-SHRESTHA; HEWAGE; SADIQ, 2015; SUREAU; NEUGEBAUER; ACHTEN, 2020; UGAYA *et al.*, 2021) é possível determinar algumas características comuns presentes nestes métodos como:

- As cadeias de causa e efeito são compostas por vias de impacto, representadas por uma ou mais VDs e VIs em uma relação de causalidade;

- b) Os modelos de caracterização são focados na mensuração do efeito de uma (algumas) variável (is) sobre a outra (s), permitindo desta maneira o cálculo do potencial impacto social;
- c) Os métodos Tipo II podem ser baseados em relações já conhecidas em outras áreas da ciência, porém, novas relações podem ser identificadas e novas vias de impacto determinadas.

Tendo em vista estas características, é possível identificar que a pesquisa envolvendo os métodos de causa e efeito é baseada principalmente em relações de dependência entre variáveis, predição de variáveis dependentes e inter-relações entre variáveis, como forma de determinação de vias de impacto. Assim, como meio para identificar as técnicas mais alinhadas com estes objetivos e com maior potencial de implementação, neste artigo as MAT foram caracterizadas em relação aos aspectos apresentados na Tabela 5. Cabe destacar que neste artigo foi realizada uma análise qualitativa das técnicas, não sendo adotada nenhuma forma de pontuação, uma vez que cada técnica possui características únicas e voltadas a objetivos específicos.

**Tabela 5 - Aspectos das MAT analisados nesta revisão**

<b>Aspecto</b>	<b>Característica</b>	<b>Descrição</b>
1. Objetivo da análise	Identificação dos resultados obtidos por meio da aplicação da técnica.	Resultado obtido a partir da aplicação da técnica.
2. Tipo de relação	Dependência Interdependência	Relação estabelecida entre as variáveis consideradas no modelo.
3. Tipo de variável dependente	Métrica Não métrica	Tipo de VD que pode ser utilizada no modelo.
4. Tipo de variável independente	Métrica Não métrica	Tipo de VI que pode ser utilizada no modelo.
5. Abordagem	Exploratória Confirmatória Preditiva	Na abordagem exploratória são avaliadas as interrelações entre as variáveis/ respondentes ou objetos, sem a necessidade dessas relações serem determinadas <i>a priori</i> . A abordagem confirmatória é necessária a especificação das variáveis e das relações, a partir de um conhecimento prévio. A abordagem preditiva é focada na predição de VDs a partir do comportamento das VIs.
6. Número de relações entre variáveis dependentes e independentes	Múltiplas relações entre VDs e VIs Uma VD e várias VIs Múltiplas VDs.	Número de relações de dependência que podem ser estabelecidas no modelo.
7. Estrutura das relações	Variáveis Respondentes Objetos	O modelo possibilita o estabelecimento de relações entre variáveis, respondentes ou objetos.
8. Aplicações realizadas em métodos de AICV-S Tipo II	Métodos de AICV-S que utilizaram a técnica	Métodos Tipo II publicados na literatura internacional com alguma aplicação de MAT.

**Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Hair (2014b) e Tabachnick e Fidell (2014)**

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão abordados dois tópicos: no tópico 3.3.1 será apresentada uma caracterização das principais técnicas multivariadas com base nos aspectos definidos na Seção 3.2.2; no tópico 3.3.2 serão discutidas com maiores detalhes as técnicas identificadas com o maior potencial para aplicação no desenvolvimento de métodos de AICV-S Tipo II.

### 3.3.1. Caracterização das MAT

A análise multivariada é um termo “guarda-chuva” que contempla um amplo conjunto de técnicas estatísticas. Neste escopo, Hair (2014b) destaca algumas técnicas que podem ser consideradas como as mais estabelecidas: análise fatorial exploratória (EFA); regressão múltipla; Análise discriminante múltipla; correlação canônica; análise de variância multivariada (MANOVA); análise de *cluster* e; modelagem de equações estruturais (SEM). Nesta revisão, para estas sete técnicas, foram caracterizados os aspectos definidos na Tabela 5, cujos resultados são apresentados na Tabela 6 a seguir e discutidos nas próximas seções.

**Tabela 6 - Caracterização das MAT**

Técnica	Objetivo da análise	Tipo de relação	Tipo de VD	Tipo de VI	Abordagem	Nº de relações entre variáveis	Estrutura das relações	Aplicações realizadas em métodos de AICV-S
Análise fatorial exploratória (EFA)	Combinação linear de variáveis observadas para representação de fatores ou componentes.	Interdependência	-	-	Exploratória	-	Variáveis	De Araujo, Frega e Ugaya (2021)
Regressão múltipla	Predição do valor de uma VD a partir dos pesos de diversas VIs.	Dependência	Métrica	Métrica	Confirmatória e preditiva	Uma VD e várias VIs	-	Bocoum, Macombe e Revéret (2015)
Análise discriminante múltipla	Predição da participação em grupos (VD) a partir de um conjunto de VIs.	Dependência	Não métrica	Métrica	Confirmatória e preditiva	Uma VD e várias VIs	-	-
Correlação canônica	Maximizar a correlação de uma combinação linear de VDs com uma combinação linear de VIs.	Dependência	Métrica	Métrica	Confirmatória	Múltiplas relações entre VDs e VIs	-	-
Análise de variância multivariada (MANOVA)	Combinação linear de VDs para maximizar a média das diferenças de grupo.	Dependência	Métrica	Não métrica	Exploratória	Múltiplas relações entre VDs e VIs	-	-
Análise de cluster	Classificação de uma amostra de indivíduos e um pequeno número de grupos mutuamente exclusivos, com base nas semelhanças entre os indivíduos.	Interdependência	-	-	Exploratória	-	Casos/ respondentes	-
Modelagem de equações estruturais (SEM)	Combinação linear de VIs observadas e latentes para predição de combinações lineares de VDs observadas e latentes.	Dependência	Métrica	Métrica	Confirmatória e preditiva	Múltiplas relações entre VDs e VIs	-	Wu <i>et al.</i> (2015) Chang <i>et al.</i> (2018) De Araujo, Frega e Ugaya (2021)

**Nota: VD – variável dependente; VI – variável independente.**

**Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Hair (2014b) e Tabachnick e Fidell (2014)**

### 3.3.1.1. Análise fatorial exploratória (EFA)

A análise fatorial exploratória (EFA) é focada principalmente na identificação de estruturas fatoriais e redução de dados, a partir da combinação linear de um conjunto de variáveis observadas (VOs) que irão representar os fatores (ou componentes). Desta forma, a análise fatorial permite a interpretação destes fatores, bem como a determinação das cargas fatoriais, que são a força e direção (positiva ou negativa) da relação estabelecida entre as VOs e os fatores correspondentes (COSTELLO; OSBORNE, 2005; FABRIGAR; WEGENER, 2011).

Nesse sentido, a EFA é utilizada em casos em que não se possui uma clara compreensão de como as variáveis podem estar relacionadas, possibilitando assim o desenvolvimento de hipóteses a partir do resumo de um conjunto de dados (FABRIGAR; WEGENER, 2011; TABACHNICK; FIDELL, 2014).

Outra função da EFA é a redução de dados, por meio da análise de componentes principais (PCA), a qual permite a identificação de variáveis significativas em um conjunto ou gerar um novo conjunto de variáveis menor que o original, porém, ainda mantendo as características destas variáveis.

É importante destacar que existem diferenças entre análise fatorial e a PCA, como a forma que a variância é considerada nas duas abordagens, uma vez que na PCA, é considerada a variância total das VOs, enquanto na análise fatorial é considerada a variância compartilhada (TABACHNICK; FIDELL, 2014). Como argumentado por Costello e Osborne (2005), a PCA é uma técnica de redução de dados enquanto a análise fatorial, por sua vez, é uma técnica para a identificação de variáveis latentes<sup>29</sup> (VL).

A identificação e representação dos fatores e suas relações são feitas por meio do “Modelo de Fatores Comuns”, cuja premissa central é a análise das correlações entre as VOs e como estas se relacionam com os fatores. Dessa forma, o objetivo da análise fatorial é a representação parcimoniosa dessa estrutura de correlações (FABRIGAR; WEGENER, 2011).

Os fatores podem ser representados graficamente com um “diagrama de caminhos”, como apresentado na Figura 6, na qual os fatores são simbolizados por círculos, as variáveis observadas são representadas pelos quadrados e a relação

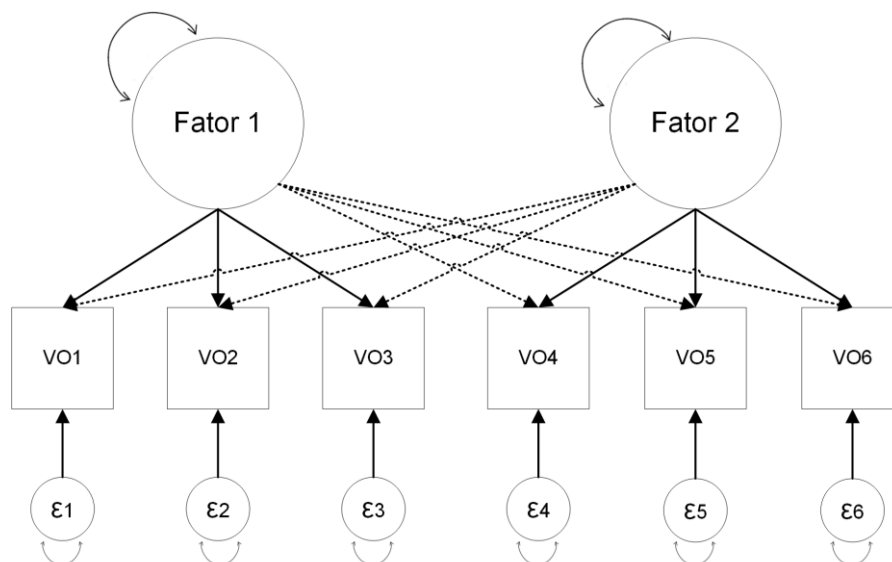
---

<sup>29</sup> Variáveis não observadas diretamente, representando algum constructo teórico (por exemplo, motivação, habilidade verbal, etc...) (BYRNE, 2013).



linear entre elas e os fatores são representados pelas setas. Neste exemplo da Figura 6, o Fator 1 é representado pelas VOs 1, 2 e 3; sendo que o Fator 2 é representado pelas VOs 4, 5 e 6.

**Figura 6 - Diagrama de caminhos representando dois fatores em uma EFA.**



**Fonte: Adaptado de Fabrigar e Wegener (2011).**

Na ACV-S a EFA foi aplicada por De Araujo, Frega e Ugaya (2021), em um estudo no qual foi analisado um conjunto de indicadores representando as subcategorias de ACV-S. Os autores identificaram a existência de estruturas fatoriais e correlações entre estas, para representação de potenciais categorias de impacto social.

### 3.3.1.2. Regressão múltipla

O modelo de regressão linear simples é uma técnica utilizada para analisar a relação entre duas variáveis, uma VD ( $y$ ) e uma VI ( $x$ ), assim, por meio deste modelo busca-se explicar  $y$  em termos de  $x$ . Em sua forma clássica o modelo pode ser escrito como apresentado na Equação 1 (WOOLDRIDGE, 2015).

Equação 1

$$y = \beta_0 + \beta_x + \mu$$

Além das variáveis  $y$  e  $x$ , o modelo também traz um termo de erro ( $\mu$ ), que se refere a outros fatores que afetam  $y$  que não estejam contidos em  $x$ . Nesta equação também são apresentados o intercepto ( $\beta_0$ ) e o coeficiente angular ( $\beta_x$ ) (WOOLDRIDGE, 2015).

A regressão múltipla é uma extensão da regressão simples, na qual são consideradas no modelo mais de uma VI. Assim, a regressão múltipla é caracterizada como uma técnica de dependência e predição, visto que os valores assumidos pela VD são explicados e podem ser obtidos por meio dos coeficientes das VIs. Na Equação 2 é apresentado um modelo de regressão múltipla (HAIR, 2014).

Equação 2

$$y = \beta_0 + \beta_{x_1}X_1 + \dots + \beta_k + \mu$$

Sendo uma das MAT mais utilizadas nos mais diversos campos da ciência, os modelos de regressão são muito versáteis, com versões adequadas de acordo com o tipo de variável e escala dos dados utilizados, existindo modelos focados em variáveis categóricas ou de intervalo, séries temporais, dados de painel e *cross-section* (ENDERS, 2008; WOOLDRIDGE, 2015).

Dentre os métodos de AICV-S Tipo II, foram desenvolvidos alguns modelos baseados em regressão, tais como Norris (2006) e Feschet *et al.* (2013), os quais utilizaram modelos de regressão simples como forma de mensurar e prever os efeitos do crescimento econômico sobre a saúde da população (representada pela expectativa de vida ao nascer), uma relação conhecida como “Curva Preston”, fazendo referência ao trabalho do demógrafo e sociólogo Samuel Preston. Adicionalmente, é importante destacar que o modelo proposto por Norris (2006) foi baseado em uma regressão com dados *cross section*, enquanto Feschet *et al.* (2013) utilizaram um painel de dados, considerando o *lag* temporal entre a causa e o efeito, sendo que em ambos os casos foram propostos modelos de caracterização baseados nos resultados da regressão.

Outros métodos Tipo II também utilizaram regressão, como Hutchins e Sutherland (2008) e Bocoum, Macombe e Revéret (2015). Em Hutchins e Sutherland (2008), a partir de um modelo de regressão simples, foram mensurados os efeitos do crescimento econômico (representado pelo PIB per capita) sobre a taxa de

mortalidade infantil. No método proposto por Bocoum, Macombe e Revéret (2015) foram analisados os efeitos da distribuição de renda sobre a taxa de mortalidade infantil, sendo estimada a partir de um modelo de regressão múltipla com dados em painel.

### 3.3.1.3. Análise discriminante múltipla

O principal objetivo da Análise discriminante múltipla é prever a qual grupo um determinado objeto pertence (por exemplo pessoa, produto ou empresa), a partir de um conjunto de VIs. Assim, o foco desta técnica é a classificação, sendo utilizada em análises como sucesso ou fracasso de um produto ou empresa ou classificação de estudantes a partir de um teste vocacional (TINSLEY; BROWN, 2000; HAIR, 2014b).

Esta técnica é similar à regressão múltipla, sendo que a função discriminante representa a relação entre uma VD não métrica e um conjunto de VIs métricas. Neste caso, como a técnica é voltada a classificação, a VD é constituída de dois ou mais grupos (como por exemplo, baixo, médio e alto), sendo o objetivo da função discriminante (ou equação de classificação) a maximização da diferença entre grupos (RENCHER; CHRISTENSEN, 2012). Na Equação 3, é representada uma função discriminante (TABACHNICK; FIDELL, 2014).

Equação 3

$$C_j = c_0 + c_{j1}X_1 + c_{j2}X_2 + \dots + c_{jp}X_p$$

Em que:

$C_j$  – Score da função discriminante para o grupo  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ )

$c_0$  – Constante

$c_{jp}$  – Coeficiente (peso) da VI  $p$

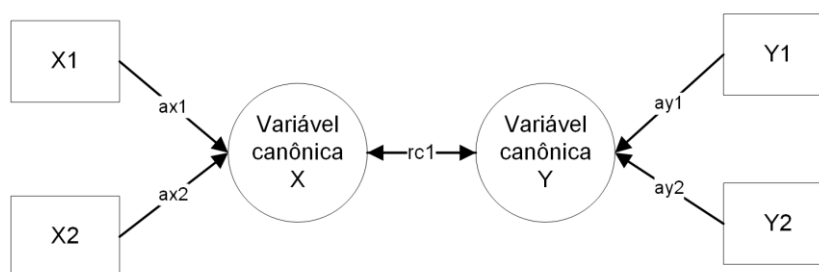
$X_p$  – Valor da VI  $p$

No campo da ACV-S, até o momento, não foram identificados métodos de causa e efeito que aplicaram a técnica.

### 3.3.1.4. Correlação canônica

A correlação canônica pode ser compreendida como uma extensão natural da regressão, uma vez que considera múltiplas VDs (métricas) a serem preditas por múltiplas VIs (métricas), enquanto na regressão é considerada apenas uma VD. Assim, a correlação canônica é voltada à maximização da correlação entre dois conjuntos de variáveis (também conhecidos como “variáveis canônicas”), representadas por meio de uma combinação linear de variáveis observadas (mensuradas), como representado na Figura 7 (TABACHNICK; FIDELL, 2014).

**Figura 7 - Representação em diagrama de uma correlação canônica**



Onde:

$X_i$  - Variável do conjunto X

$Y_i$  - Variável do conjunto Y

$a_{xi}$  - Correlação da variável  $X_i$  com a variável canônica X

$a_{yi}$  - Correlação da variável  $Y_i$  com a variável canônica Y

$rc_1$  - Correlação canônica do primeiro par de variáveis canônicas

**Fonte: Traduzido pelo autor a partir de Tabachnick e Fidell (2014)**

Assim, a correlação canônica é uma técnica mais generalista e que serve de base para outras MAT com objetivos mais específicos, uma vez que não possui restrição quanto ao número de VDs e VIs no modelo (HAIR, 2014b), com maior aplicação em pesquisas em que se busca compreender se e como os dois conjuntos de variáveis estão relacionados (por exemplo um conjunto representando a propaganda de um produto e o outro o nível de satisfação). No entanto, como apontado por Tabachnick e Fidell (2014), poucas questões de pesquisa são respondidas diretamente pela correlação canônica, sendo utilizadas geralmente técnicas mais específicas.

Adicionalmente, é significativo destacar que a correlação canônica é limitada ao estabelecimento de uma relação simples entre VDs e VIs ao mesmo tempo, se

diferenciando de técnicas como a modelagem de equações estruturais (SEM), a qual possibilita a análise de múltiplas relações ao mesmo tempo.

Para a correlação canônica também não foram identificadas aplicações no desenvolvimento de métodos de causa e efeito em AICV-S.

### 3.3.1.5. Análise de variância multivariada (MANOVA)

A MANOVA é a versão multivariada da análise de variância (ANOVA), uma vez que permite a análise das relações entre múltiplas VIs não métricas com duas ou mais VDs métricas, a qual possibilita a análise da diferenciação entre grupos a partir de uma combinação linear de VDs, como forma de separar os grupos da melhor maneira possível (RENCHEER; CHRISTENSEN, 2012). Assim, esta técnica é utilizada amplamente em pesquisas e experimentos controlados, que se busca compreender como o comportamento das VDs é alterado em função de mudanças nas VIs, porém é utilizada também em pesquisas baseadas em *surveys*, as quais se busca comparar diferenças entre grupos de indivíduos (HAIR, 2014b).

Na MANOVA, a diferença entre grupos é avaliada por meio de um teste de hipóteses, o qual a hipótese nula ( $H_0$ ) é de que os vetores com as médias das múltiplas VDs através dos grupos são iguais, ou seja, vem de uma mesma população, como representado na Figura 8.

**Figura 8 - Teste da hipótese nula em uma MANOVA**

$$H_0 = \begin{bmatrix} \mu_{11} \\ \mu_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \mu_{p1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_{12} \\ \mu_{22} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \mu_{p2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_{1k} \\ \mu_{2k} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \mu_{pk} \end{bmatrix}$$

Onde:

$\mu_{pk}$  - média da variável  $p$ , no grupo  $k$

**Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Rencher e Christensen (2012) e Hair (2014)**

É importante destacar que tanto a MANOVA quanto a análise discriminante utilizam uma função discriminante, sendo consideradas técnicas espelhadas. Em

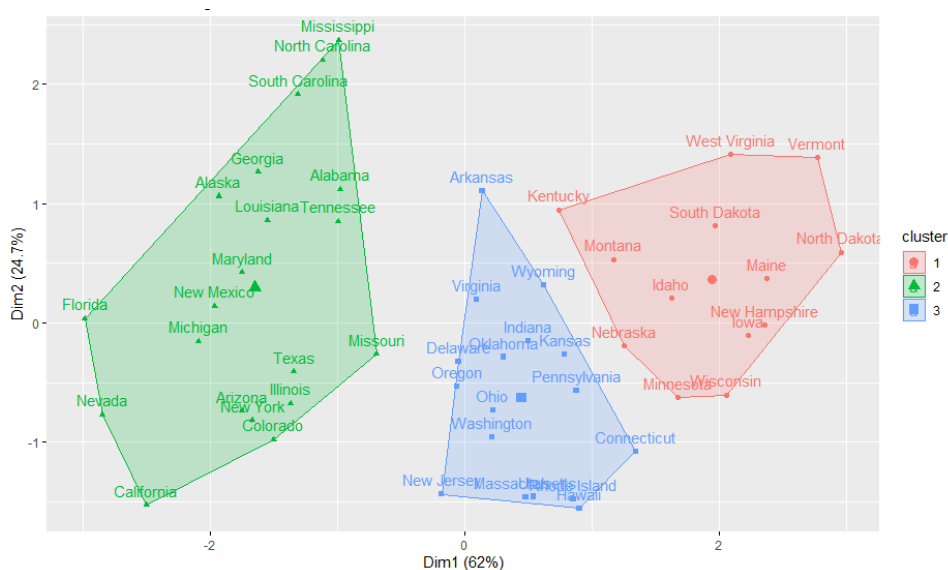
suma, as VDs da MANOVA são utilizadas como VIs na análise discriminante, ao passo que a VD da análise discriminante é considerada como uma VI na MANOVA (HAIR, 2014).

Assim como a análise discriminante e a correlação canônica, não foram identificados métodos de AICV-S utilizando a MANOVA.

### 3.3.1.6. Análise de *cluster*

O objetivo da análise de *cluster* é a classificação de indivíduos ou objetos semelhantes (em função de suas características) em subgrupos homogêneos mutuamente exclusivos (ou seja, o indivíduo/ objeto só pode estar em um único subgrupo ao mesmo tempo). Assim, a análise de *cluster* possui a característica exploratória, uma vez que os grupos não são previamente definidos, sendo identificados por meio da análise. Dessa forma, esta técnica é empregada principalmente em pesquisas que buscam compreender a taxonomia, a simplificação de um conjunto de dados ou identificação de relações (RENCHE; CHRISTENSEN, 2012, HAIR, 2014b).

**Figura 9 - Representação gráfica de três *clusters* obtidos por meio do algoritmo *k-means* (não hierárquico)**



Fonte: Autoria própria

Na análise de *cluster*, a similaridade (ou proximidade) entre objetos/ indivíduos é calculada a partir de pares, baseada no perfil de cada observação ao longo das características observadas. Esta similaridade pode ser calculada de diversas formas, sendo as mais comuns as medidas de correlação e as medidas de distância (HAIR, 2014b).

Nas medidas de correlação, se busca estabelecer correlações entre pares de observações por meio da identificação de padrões de cada observação ao longo das variáveis (HAIR, 2014b).

Em contraste, as medidas de distância são utilizadas como forma de mensurar a similaridade. Na prática são utilizadas diversas medidas de distância, sendo as mais utilizadas a distância Euclidiana, a distância Euclidiana absoluta, a distância Manhattan e a distância Minkowski. Apesar destas medidas apresentarem especificidades na forma como são calculadas, todas são voltadas a identificação da distância entre duas observações, quanto maior a distância, menor a proximidade e maior a dissimilaridade entre as observações (IZENMAN, 2008; RENCHER; CHRISTENSEN, 2012; HAIR, 2014b).

A partir da matriz de similaridade é aplicado algum método de agrupamento, sendo estes classificados em dois grupos: métodos hierárquicos e métodos não hierárquicos. Os métodos hierárquicos podem ser aglomerativos ou divisivos. Nos métodos aglomerativos, cada observação começa como seu próprio *cluster*, os quais são aglomerados sucessivamente até que sobre apenas um único *cluster*. Nos métodos divisivos é realizado o oposto, todas as observações começam em um único *cluster* que são sucessivamente divididos até que cada um deles seja um *cluster* de um único membro. Os métodos não hierárquicos, por sua vez, dividem o conjunto de dados em um número pré-determinado de *clusters*, sem uma relação hierárquica, sendo as observações dentro de cada *cluster* similares, enquanto as observações de *clusters* diferentes são dissimilares (IZENMAN, 2008; RENCHER; CHRISTENSEN, 2012; HAIR, 2014b).

Adicionalmente, não foram identificados métodos de AICV-S Tipo II que utilizaram a análise de *cluster*.

### 3.3.1.7. Modelagem de equações estruturais

O termo modelagem de equações estruturais se refere a uma família de técnicas estatísticas com objetivo de explicar as relações entre múltiplas VDs e VIs simultaneamente, abrangendo assim as técnicas de análise fatorial confirmatória (CFA) e a modelagem de equações estruturais (SEM) (HAIR, 2010; KLINE, 2016).

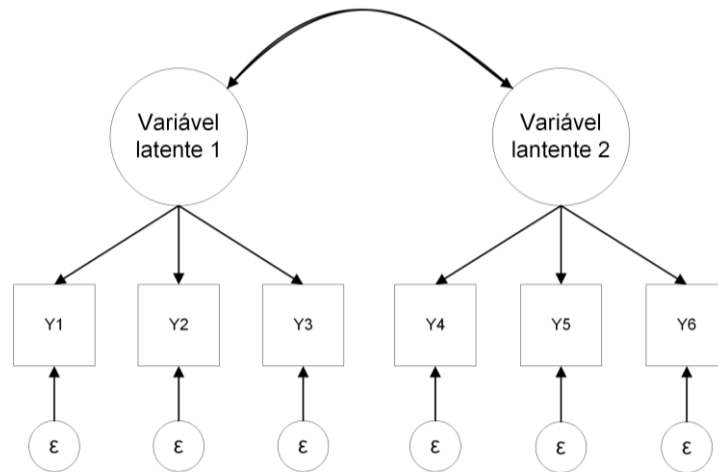
A partir de uma abordagem confirmatória (um modelo teórico pré-estabelecido e que será submetido à teste) as equações estruturais possibilitam à análise das relações entre variáveis latentes (VL), as quais representam dimensões que não podem ser mensuradas diretamente por uma variável, sendo assim obtidas por meio da combinação linear de um conjunto de variáveis observadas (VO) (BYRNE, 2013), similar aos fatores obtidos na análise fatorial exploratória.

Neste contexto, a CFA atua como modelo de mensuração, avaliando quão bem as VOs estão relacionadas umas com as outras e com os fatores, bem como possibilita avaliar como os fatores estão correlacionados (THOMPSON, 2004; HAIR, 2014b). A CFA também é uma técnica confirmatória, ou seja, ela requer uma base empírica (que pode ser obtida por meio da EFA) ou teórica para a especificação dos fatores e das VOs. Dessa forma, a CFA é utilizada nas etapas de validação e executada posteriormente as etapas exploratórias (BROWN, 2014).

A CFA além de uma técnica confirmatória para os resultados obtidos na EFA, pode ser utilizada em uma etapa inicial dos modelos estruturais, que são compostos por duas partes principais: o modelo de mensuração (CFA) e o modelo estrutural (SEM). O modelo estrutural é originário de uma teoria estrutural, na qual são definidas relações de dependência entre as variáveis latentes. Desta forma, o modelo estrutural possibilita o estabelecimento de relações de causalidade, enquanto o modelo de mensuração é limitado a correlação (Figura 10) (BROWN, 2014; HAIR, 2014b).



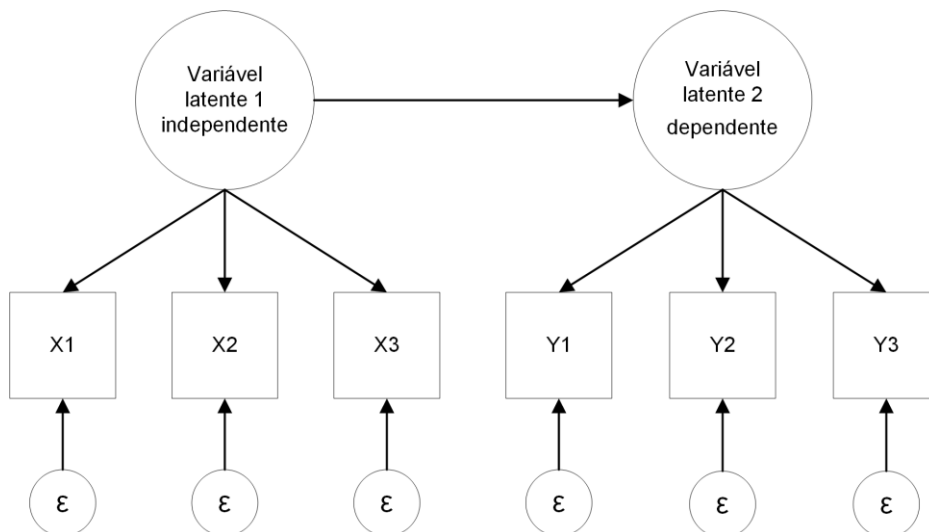
**Figura 10 - Diagrama de caminhos de uma CFA (modelo de mensuração).**



**Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Brown (2014)**

Dessa forma, é possível passar de um modelo de mensuração (Figura 10) para um modelo estrutural, representado na Figura 11, na qual a VL 1 (independente) causa a VL 2 (dependente). Neste caso, a correlação entre fatores deu lugar a uma relação de dependência (representada pela seta partindo da VL1 em direção a VL 2).

**Figura 11 - Diagrama de caminhos do SEM (modelo estrutural)**



**Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Kline (2016)**

Na ACV-S, alguns métodos Tipo II utilizaram o SEM como técnica para validação de vias de impacto sociais e elaboração de cadeias de causa e efeito (WU *et al.*, 2015; CHANG *et al.*, 2018; DE ARAUJO; FREGA; UGAYA, 2021). No modelo proposto por Wu *et al.* (2015), utilizando o SEM baseado em Mínimos Quadrados

Parciais (PLS-SEM) e o SEM baseado em covariância (CB-SEM), foram analisadas possíveis vias de impacto relacionando o desempenho econômico de países e seus efeitos sobre a saúde humana. Chang *et al.* (2018), por meio do PLS-SEM, analisaram uma via de impacto relacionando a conclusão do ensino superior com o bem-estar infantil. De Araujo, Frega e Ugaya (2021), por meio do CB-SEM e PLS-SEM, validaram duas vias de impacto partindo das dimensões "Economia e competitividade" e "Acesso à água, saneamento e prevenção de conflitos" e seus efeitos sobre a saúde humana, bem como elaboraram um modelo de caracterização baseado nos coeficientes do PLS-SEM.

### 3.3.2. Aplicabilidade Para os Métodos de AICV-S Tipo II

A partir das características de pesquisa dos Métodos Tipo II (seção 3.2.2) e da caracterização das MAT (seção 3.3.1) identificou-se que as técnicas focadas no estabelecimento de relações de dependência e predição de variáveis, como a regressão múltipla, correlação canônica e a modelagem de equações estruturais demonstram um significativo potencial de aplicação no desenvolvimento de novos métodos, uma vez que permitem o estabelecimento de correlação e causalidade estatística, bem como predição. A correlação canônica também permite o estabelecimento de relações de dependência, contudo, se observa que o SEM traz maiores possibilidades para os modelos, uma vez que permite a análise de múltiplas relações de dependência simultaneamente, enquanto a correlação canônica possibilita apenas a análise de uma relação por vez. Adicionalmente, técnicas de interdependência como a EFA, podem auxiliar na identificação de variáveis correlatas, bem como na identificação de estruturas fatoriais.

Dentre as demais MAT analisadas, as técnicas voltadas para a classificação de indivíduos/ objetos em grupos ou discriminação de grupos, como a análise de *cluster*, MANOVA e análise discriminante, embora possam auxiliar na análise da amostra de dados, principalmente na identificação de subgrupos homogêneos e análise de características, ainda não apresentam uma aplicabilidade muito clara para a elaboração de métodos de avaliação de impacto em ACV-S, tendo em vista as características deste tipo de pesquisa, como apresentado na seção 3.2.2.

Algumas formas de regressão foram utilizadas em métodos Tipo II principalmente como um meio para confirmação de vias de impacto únicas e obtenção de modelos de caracterização (NORRIS, 2006; HUTCHINS; SUTHERLAND, 2008; FESCHET *et al.*, 2013; BOCOUM; MACOMBE; REVÉRET, 2015). Os modelos estruturais foram aplicados para validação empírica de vias de impacto múltiplas (WU, *et al.*, 2015; CHANG *et al.*, 2018; DE ARAUJO; FREGA; UGAYA, 2021) e também para obtenção de um modelo de caracterização (DE ARAUJO; FREGA; UGAYA, 2021). Além destas técnicas, a análise fatorial exploratória (EFA) foi utilizada por De Araujo, Frega e Ugaya (2021), como técnica exploratória para identificação de potenciais categorias de impacto social.

Assim, apesar do significativo potencial da regressão múltipla, SEM e EFA para o desenvolvimento de novos métodos Tipo II, principalmente em termos de identificação e validação empírica das vias de impacto e obtenção de modelos de caracterização, é importante destacar que estas técnicas apresentam certas restrições práticas para sua aplicação, como o tamanho de amostra e pressupostos que devem ser considerados (Tabela 7). Estas restrições acabam refletindo em suas aplicações nos modelos Tipo II, uma vez que para a estimativa dos modelos são utilizados dados genéricos (como Produto Interno Bruto per capita, expectativa de vida ao nascer, entre outros indicadores), com amostras com variados números de observações<sup>30</sup> (usualmente maiores que 40) e geralmente em nível de país ou setor, o que estabelece limitações em termos de aplicação destes modelos em alguns estudos de caso, sendo necessárias adaptações quando aplicados no contexto específico (NORRIS, 2006; HUTCHINS; SUTHERLAND, 2008; FESCHET, *et al.*, 2013; BOCOUM; MACOMBE; REVÉRET, 2015; WU, *et al.*, 2015; DE ARAUJO; FREGA; UGAYA, 2021).

Como apresentado na Tabela 7, principalmente a regressão múltipla e o SEM apresentam requisitos consideráveis para sua aplicação, enquanto a EFA é um pouco mais flexível nestes aspectos.

---

<sup>30</sup> 126 países em Norris (2006); 176 países em Hutchins e Sutherland (2008); 107 países em Feschet *et al.* (2013); 40 países em Bocoum, Macombe e Revéret (2015); 181 países em Wu *et al.* (2015); 189 países em De Araujo, Frega e Ugaya (2021).

**Tabela 7 - Questões práticas para aplicação da regressão múltipla, SEM e EFA**

<b>Técnica</b>	<b>Pressupostos</b>	<b>Tamanho da amostra</b>
Regressão múltipla	Normalidade Linearidade Homoscedasticidade Ausência de multicolinearidade Independência dos termos de erro (WOODRIDGE, 2015)	A depender do nível de significância, número de VIs e do poder preditivo (TABACHNICK E FIDELL, 2014).
SEM	Normalidade Linearidade Ausência de multicolinearidade (HAIR, 2014b)	A depender da normalidade dos dados, técnica de estimação, complexidade do modelo, dados faltantes e variância de erro médio dos indicadores (HAIR, 2014b).
EFA	Não obrigatório, mas contribuem para melhores resultados: Normalidade Linearidade Homoscedasticidade Homogeneidade da amostra (HAIR, 2014b; TABACHNICK E FIDELL, 2014)	Preferível uma amostra de 100 observações ou maior (indicada uma taxa de 10 observações: 1 variável) (FABRIGAR; WEGENER, 2011; HAIR, 2014b; TABACHNICK E FIDELL, 2014).

**Fonte:** Elaborado pelo autor a partir de Fabrigar e Wegener (2011), Hair (2014b), Tabachnick e Fidell (2014) e Woodridge (2015)

A qualidade da estimativa dos modelos que utilizam a regressão está diretamente relacionada ao cumprimento dos pressupostos, no entanto, existem diversos testes para o diagnóstico de problemas quando algum dos pressupostos não é atendido, bem como meios para contornar estas situações, como por exemplo, a transformação de variáveis, o uso de outras variações dos modelos de regressão ou ainda o uso de formas especializadas de regressão para análise de variáveis não-métricas (HAIR, 2014b). O tamanho de amostra é um aspecto muito variável nos modelos que utilizam regressão, dessa forma não existe uma regra específica para determinar uma amostra ideal, a qual é afetada diretamente pelo nível de significância, número de VIs e poder preditivo esperado (TABACHNICK; FIDELL, 2014).

Os modelos que utilizam o SEM (especificamente o CB-SEM) também devem seguir pressupostos similares aos da regressão múltipla, no entanto, caso os pressupostos não sejam atendidos podem ser utilizados meios para lidar com estes problemas, como por exemplo a transformação de variáveis ou inclusão de termos no modelo (como quadrados, raízes ou transformação log) e reamostragem (BYRNE, 2013; TABACHNICK; FIDELL, 2014). O SEM é uma técnica que demanda amostras consideráveis (> 100 observações), dado o significativo número de variáveis observadas consideradas no modelo, além da normalidade e linearidade destas variáveis. Nesse sentido, é recomendado que modelos com 5 ou menos variáveis latentes, representadas por cerca de três variáveis observadas, apresentem ao menos

uma amostra de 100 observações, número que vai aumentando conforme mais variáveis latentes e variáveis observadas vão sendo incluídas (HAIR, 2014b). Adicionalmente, versões do SEM como o PLS-SEM (baseado em Mínimos Quadrados Parciais), não apresenta requisitos de distribuição, sendo uma técnica não-paramétrica, permitindo o uso de variáveis quase métricas (escala ordinal), bem como apresenta bom poder estatístico com amostras relativamente pequenas, sendo indicada para o uso em situações as quais os pressupostos do CB-SEM não são atendidos e se busca a utilização dos scores em análises subsequentes (HAIR; RINGLE; SARSTEDT, 2011; HAIR, 2014a; HAIR *et al.*, 2019).

A EFA é uma técnica que não apresenta pressupostos muito restritivos para sua aplicação, no entanto, a presença de normalidade e linearidade dos dados utilizados podem contribuir para a obtenção de melhores resultados (TABACHNICK; FIDELL, 2014). Em relação à amostra, esta pode variar de acordo com a comunalidade (variância total compartilhada de uma variável com as demais), sendo que amostras com comunalidades altas ( $> 0,70$ ) e com 3 a 5 variáveis por fator podem ser obtidas com cerca de 100 observações, no entanto este número pode aumentar em função de baixa comunalidade ( $< 0,40$ ) (FABRIGAR; WEGENER, 2011).

### 3.4. CONCLUSÕES

A partir desta revisão foi possível concluir que as MAT podem ser ferramentas de apoio para o desenvolvimento de novos métodos de AICV-S, contribuindo para uma maior robustez e redução das incertezas na maneira como as cadeias de causa e efeito e modelos de caracterização sociais são obtidos.

Dessa forma, concluiu-se que as técnicas exploratórias, como a análise fatorial exploratória (EFA), podem ser aplicadas para identificação de vias de impacto por meio da análise de variáveis correlatas, permitindo assim a identificação de variáveis latentes, que posteriormente podem ser confirmadas por meio de outras técnicas, tais como a análise fatorial confirmatória (CFA) e a modelagem de equações estruturais (SEM).

A modelagem de equações estruturais (SEM) pode auxiliar na validação e confirmação das vias de impacto já exploradas pelas publicações em ACV-S ou em estudos relacionados às ciências sociais, pois avalia as relações de causa e efeito dentro das vias de impacto e permite o estabelecimento de variáveis latentes que

podem ser consideradas como categorias de impacto, como já demonstrado em aplicações anteriores na ACV-S. Adicionalmente variantes como o PLS-SEM podem ser utilizadas para finalidades preditivas.

As técnicas de regressão simples e múltipla podem ser utilizadas para a validação e confirmação das vias de impacto, bem como a elaboração de modelos de caracterização, uma vez que possibilita a predição de variáveis dependentes. Além disso, devido à diversidade de modelos de regressão, esta técnica pode ser muito flexível em termos do uso de variáveis métricas e não métricas, assim como dados *cross section*, painel e séries temporais.

Em relação às limitações práticas para aplicação destas técnicas, se observa que uma das principais restrições é em relação ao tamanho da amostra e disponibilidade de dados, visto que principalmente a EFA e o SEM são técnicas que demandam amostras de tamanho considerável e que em muitas vezes não estão disponíveis no nível das organizações.

## REFERÊNCIAS

BOCOUM, I.; MACOMBE, C.; REVÉRET, J.-P. Anticipating impacts on health based on changes in income inequality caused by life cycles. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 3, p. 405–417, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0835-x>

BROWN, T. A. **Confirmatory factor analysis for applied research**. Guilford Publications, 2014.

BYRNE, B. M. **Structural equation modeling with EQS: Basic concepts, applications, and programming**. Routledge, 2013.

CHANG, Y.-J. *et al.* Application Options of the Sustainable Child Development Index (SCDI)-Assessing the Status of Sustainable Development and Establishing Social Impact Pathways. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 7, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph15071391>

CHHIPI-SHRESTHA, G. K.; HEWAGE, K.; SADIQ, R. ‘Socializing’ sustainability: a critical review on current development status of social life cycle impact assessment method. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 17, n. 3, p. 579–596, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10098-014-0841-5>

COSTELLO, A. B.; OSBORNE, J. W. Best practices in exploratory factor analysis: Four recommendations for getting the most from your analysis. **Practical assessment, research & evaluation**, v. 10, n. 7, p. 1–9, 2005.

DE ARAUJO, J. B.; FREGA, J. R.; UGAYA, C. M. L. From social impact subcategories to human health: an application of multivariate analysis on S-LCA. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01935-9>. Acesso em: 18 jun. 2021.

ENDERS, W. **Applied econometric time series**. John Wiley & Sons, 2008.

FABRIGAR, L. R.; WEGENER, D. T. **Exploratory factor analysis**. Oxford University Press, 2011.

FESCHET, P. *et al.* Social impact assessment in LCA using the Preston pathway. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 2, p. 490–503, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0490-z>

GARRIDO, S. R. *et al.* A literature review of type I SLCA—making the logic underlying methodological choices explicit. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, p. 1–13, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1067-z>

HAIR, J. F. (org.). **A primer on partial least squares structural equations modeling (PLS-SEM)**. Los Angeles: SAGE, 2014a.

HAIR, J. F. (org.). **Multivariate data analysis**. 7. ed., Pearson new internat. eded. Harlow: Pearson, 2014b. (Pearson custom library).

HAIR, J. F. *et al.* When to use and how to report the results of PLS-SEM. **European Business Review**, v. 31, n. 1, p. 2–24, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/EBR-11-2018-0203>

HAIR, J. F.; RINGLE, C. M.; SARSTEDT, M. PLS-SEM: Indeed a Silver Bullet. **Journal of Marketing Theory and Practice**, v. 19, n. 2, p. 139–152, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.2753/MTP1069-6679190202>

HUTCHINS, M. J.; SUTHERLAND, J. W. An exploration of measures of social sustainability and their application to supply chain decisions. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 15, Sustainability and Supply Chain Management, p. 1688–1698, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.06.001>

IZENMAN, A. J. Modern multivariate statistical techniques. **Regression, classification and manifold learning**, v. 10, p. 978–0, 2008.

KLINE, R. B. **Principles and practice of structural equation modeling**. Fourth editioned. New York: The Guilford Press, 2016. (Methodology in the social sciences).

NEUGEBAUER, S. *et al.* Calculation of Fair wage potentials along products' life cycle – Introduction of a new midpoint impact category for social life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 1221–1232, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.172>

NORRIS, G. A. Social Impacts in Product Life Cycles - Towards Life Cycle Attribute Assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 11, n. 1, p. 97–104, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1065/lca2006.04.017>

RAMOS HUARACHI, D. A. *et al.* Past and future of Social Life Cycle Assessment: Historical evolution and research trends. **Journal of Cleaner Production**, v. 264, p. 121506, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121506>

RENCHER, A.; CHRISTENSEN, W. **Methods of Multivariate Analysis**. John Wiley & Sons, Inc. 2012.

SUREAU, S.; NEUGEBAUER, S.; ACHTEN, W. M. J. Different paths in social life cycle impact assessment (S-LCIA)—a classification of type II impact pathway approaches. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 25, n. 2, p. 382–393, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01693-9>

TABACHNICK, B. G.; FIDELL, L. S. **Using multivariate statistics**. Pearson new international edition, sixth editioned. Harlow: Pearson, 2014.

THOMPSON, B. **Exploratory and confirmatory factor analysis: Understanding concepts and applications**. American Psychological Association, 2004.

TINSLEY, H. E. A.; BROWN, S. D. (org.). **Handbook of applied multivariate statistics and mathematical modeling**. San Diego: Academic Press, 2000.

UGAYA, C. *et al.* What's up and where to go in Social Life Cycle Impact Assessment Cause-Effect Model Development? **Journal of Cleaner Production**, Under review, 2021.

UNEP. **Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organizations 2020**. Paris: Benoît Norris, C., Traverso, M., Neugebauer, S., Ekener, E., Schaubroeck, T., Russo Garrido, S., Berger, M., Valdivia, S., Lehmann, A., Finkbeiner, M., Arcese, G., 2020.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory econometrics: A modern approach**. Nelson Education, 2015.

WU, R.; YANG, D.; CHEN, J. Social Life Cycle Assessment Revisited. **Sustainability**, v. 6, n. 7, p. 4200–4226, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su6074200>

WU, S. R. *et al.* Causality in social life cycle impact assessment (SLCIA). **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 9, p. 1312–1323, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0915-6>



## CAPÍTULO IV

#### 4. DAS SUBCATEGORIAS DE IMPACTO SOCIAL À SAÚDE HUMANA: UMA APLICAÇÃO DA ANÁLISE MULTIVARIADA DE DADOS NA ACV-S<sup>31</sup>

##### Resumo

Esta pesquisa propõe o método SMiLe (*Social Metric for Life Cycle*), desenvolvido para identificação de potenciais vias de impacto a partir de correlações entre as subcategorias e seus efeitos sobre a categoria de ponto final saúde humana. Utilizou-se a análise multivariada de dados no contexto da ACV-S para obtenção das vias de impacto e o modelo de caracterização. O método proposto foi desenvolvido em três etapas: I) definição da Área de Proteção (AoP); II) seleção da técnica para a estimação; III) desenvolvimento da cadeia causa e efeito e modelo de caracterização. Para a etapa I, foi definido o bem-estar como AoP e como categoria de ponto final a saúde humana, representada pelo indicador Expectativa de Vida ao Nascer (LEX). Como técnicas para a estimação, a análise fatorial exploratória (EFA), a modelagem de equações estruturais baseada em covariância (CB-SEM), e a modelagem de equações estruturais baseada em mínimos quadrados parciais (PLS-SEM) foram utilizadas nas etapas exploratória (análise das relações entre os indicadores que representam as subcategorias), confirmatória (validação das vias de impacto) e preditiva (obtenção do modelo de caracterização). Nas três técnicas de estimação foram utilizados indicadores socioeconômicos de 189 países para representação das subcategorias. Como resultado da coleta de dados, foi possível desenvolver uma base de dados com 21 indicadores, representando 15 subcategorias relacionadas a quatro partes interessadas, incluindo dados de diversas fontes internacionais, tais como o *World Bank* e a *International Labour Organization*. A partir dos resultados da EFA e do CB-SEM foi possível identificar e confirmar que as subcategorias utilizadas neste estudo estavam organizadas em dois fatores (dimensões sociais) relacionados com "Economia e competitividade" e "Acesso à água, saneamento e prevenção de conflitos". Por meio do PLS-SEM, foi identificada uma forte correlação entre estas dimensões sociais e a Expectativa de Vida ao Nascer. Como conclusões, a partir do uso de indicadores sociais relacionados às subcategorias e as técnicas de análise multivariada de dados, como a EFA e o SEM, foi possível identificar e estimar duas vias de impacto, "Economia e competitividade" e "Acesso à água, saneamento e prevenção de conflitos" relacionados com a categoria de ponto final saúde humana. Além disso, os resultados do PLS-SEM apresentados neste estudo podem ser utilizados como modelo de caracterização, permitindo obter os efeitos de cada via de impacto sobre a expectativa de vida ao nascer. Os avanços futuros incluem a possibilidade de identificação de novas vias de impacto a partir das subcategorias, com o uso de técnicas exploratórias e avanços metodológicos em vias já identificadas.

---

<sup>31</sup> Artigo publicado em 16/06/2021.

**Palavras-chave** Avaliação de Impacto Social do Ciclo de Vida. análise multivariada de dados. análise fatorial exploratória. modelagem de equações estruturais. Tipo II. ACV-S. Expectativa de vida ao nascer.

#### 4.1. INTRODUÇÃO

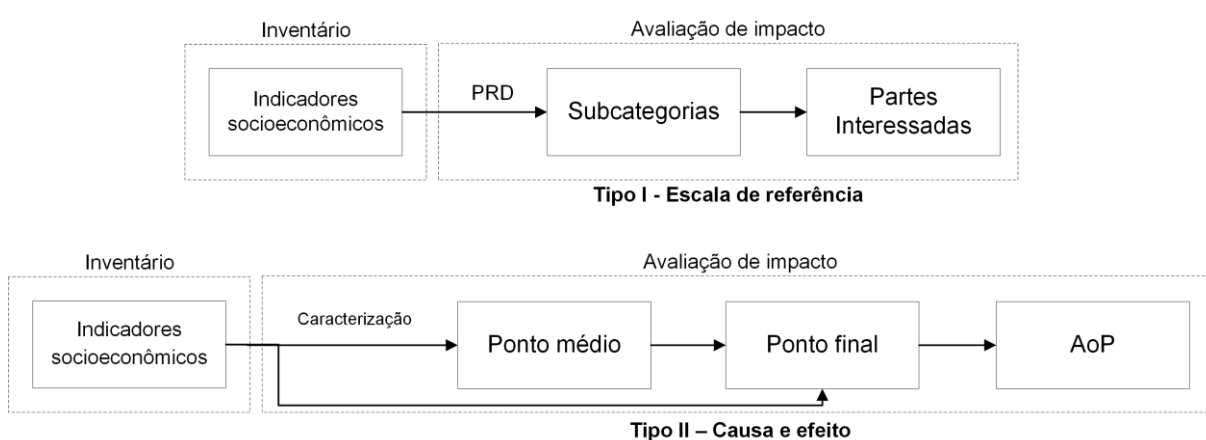
A Avaliação Social do Ciclo de Vida (ACV-S) é uma técnica destinada à avaliação dos potenciais impactos sociais (positivos e negativos) relacionados ao ciclo de vida de produtos e serviços, abrangendo desde a extração de matérias-primas até o final da vida útil do produto. Esta técnica torna possível a identificação de pontos críticos e impactos associados às cadeias de valor e partes interessadas, auxiliando o processo de tomada de decisão e melhorias no desempenho social das organizações, conseqüentemente, o bem-estar das partes interessadas (UNEP, 2020). Considerada uma técnica recente, com os primeiros estudos publicados em meados de 2006 e a primeira versão das Diretrizes em 2009 (UNEP; SETAC, 2009), muitos avanços foram observados em apenas uma década de pesquisa na área, principalmente no desenvolvimento de métodos de Avaliação de Impacto Social do Ciclo de Vida (AICV-S).

Várias abordagens foram utilizadas para compreender e identificar as vias de impacto social e como as cadeias de causa e efeito sociais são estabelecidas. Estas abordagens são baseadas no uso de indicadores socioeconômicos para representação de temas sociais específicos. Indicadores representativos são utilizados em diferentes níveis relacionados ao contexto específico (diretamente relacionados a um processo/ atividade específica em uma organização ou contexto específico). Outros, por sua vez, são baseados no uso de indicadores que representam um contexto genérico (não diretamente relacionados a uma situação específica, geralmente representando um setor/ país) com o uso de variáveis macroeconômicas (WU, R.; YANG; CHEN, 2014; CHHIPI-SHRESTHA; HEWAGE; SADIQ, 2015; SUREAU; NEUGEBAUER; ACHTEN, 2020).

Os métodos de AICV-S são geralmente classificados em duas abordagens, Tipo I (escala de referência) e Tipo II (causa e efeito), como representado na Figura 12. Os métodos Tipo I visam principalmente avaliar o desempenho ou risco social no ciclo de vida, utilizando como forma de mensuração os chamados pontos de referência de desempenho (PRD) (UNEP, 2020). Diferente dos métodos

convencionais de ACV, esta abordagem não utiliza cadeias de causa e efeito e fatores de caracterização. O desempenho social é avaliado por indicadores socioeconômicos que representam questões sociais específicas, geralmente, as subcategorias listadas pela UNEP e SETAC (2013) (as quais são definidas como atributos ou temas socialmente significativos), relacionadas a grupos de partes interessadas (indivíduo ou grupo que são afetados por quaisquer atividades ou decisões de uma organização).

**Figura 12 - AICV-S com escala de referência e causa e efeito**



**Fonte: Elaborado pelo autor a partir de UNEP (2020) e Wu, Yang e Chen (2014)**

Seguindo outra abordagem, os métodos classificados como Tipo II são similares à abordagem clássica da ACV. Por meio da cadeia causa e efeito, possibilitam o cálculo do potencial impacto social no nível da categoria de impacto (ponto médio) ou categoria de dano (ponto final) (UDO DE HAES *et al.*, 2002). Para facilitar a compreensão dos conceitos relacionados às cadeias de causa e efeito, na Figura 13, são apresentadas as principais definições adotadas nas novas Diretrizes para ACV-S (UNEP 2020), as quais foram seguidas por este trabalho, que incluem a via de impacto (ou mecanismo social), categoria de impacto, subcategoria, indicador de categoria, categorias de ponto médio e final e Área de Proteção.

**Figura 13 - Termos e conceitos relacionados às cadeias de causa-efeito de acordo com o UNEP (2020)**

Termo	Definição
<b>Mecanismo social</b> <b>Via de impacto</b>	Uma via de impacto que cobre a propagação da cadeia de causa e efeito desde os resultados sociais do inventário até o impacto, especificado por (sub) categorias de impacto social.
<b>Categoria de impacto</b>	Classe que cobre certas questões sociais de interesse para as partes interessadas e tomadores de decisão. Na prática, as categorias de impacto são agrupamentos lógicos de resultados da ACV-S (subcategoria).
<b>Subcategoria</b>	Constituinte de uma categoria de impacto que é atribuída a um grupo de partes interessadas
<b>Indicador de categoria de impacto</b>	Indicador que representa um impacto (social), ligado a uma categoria de impacto específica
<b>Categoria de ponto médio</b>	Impacto no meio da cadeia de causa e efeito relacionado a uma questão social, que pode ser representada por um indicador de ponto médio
<b>Categoria de ponto final</b>	Impacto no final da cadeia causa e efeito relacionado a uma questão social, que pode ser representada por um indicador de ponto final
<b>Área de Proteção (AoP)</b>	Um estado que se deseja manter ou proteger e que possui um valor reconhecível para a sociedade, no contexto específico da avaliação da sustentabilidade

**Fonte: Elaborado pelo autor a partir de UNEP (2020)**

Ainda acerca dos métodos Tipo II, a comunidade de ACV-S ainda não definiu uma abordagem padrão para identificação e quantificação dos mecanismos sociais. Além disso, muitas das subcategorias listadas pela UNEP (2020) ainda não foram incluídas nas cadeias de causa e efeito como parte do mecanismo social, possibilitando verificar a propagação dos efeitos. Neste sentido, observa-se uma diversidade de abordagens utilizadas nos métodos Tipo II, classificadas em abordagens qualitativas, quantitativas e baseadas em regressão (UNEP, 2020).

A abordagem qualitativa, também conhecida como identificação/ proposta de vias de impacto ou *frameworks* (SUREAU; NEUGEBAUER; ACHTEN, 2020), baseia-se no conhecimento prévio de outras áreas da ciência, principalmente as ciências sociais, para determinar as cadeias de causa e efeito. Assim, estes métodos não utilizam necessariamente modelagem matemática ou estatística para avaliar as relações entre as variáveis que compõem as vias de impacto, sendo uma abordagem utilizada por Brent e Labuschagne (2006), Dreyer, Hauschild e Schierbeck (2006), Jørgensen, Lai e Hauschild (2010), Reitinger *et al.* (2011) e Neugebauer *et al.* (2014,

2017), entre outros. De modo geral, estes métodos possuem múltiplas vias de impacto, cobrindo assim várias questões sociais (WU, R.; YANG; CHEN, 2014), o que é refletido na conexão com subcategorias nas cadeias de causa e efeito.

Assim, são observadas as relações das subcategorias com as vias de impacto em vários métodos. Neugebauer *et al.* (2014; 2017) apresentaram duas vias de impacto partindo de salário justo (ponto médio) até o bem-estar econômico e danos à saúde humana (ponto final). No estudo de Brent e Labuschagne (2006), é observada a inclusão de subcategorias como saúde e segurança, salários, migração, geração de empregos e acesso a recursos materiais, as quais estão integradas em um *framework* representando a sustentabilidade social. Jørgensen, Lai e Hauschild (2010) propõem vias de impacto para o trabalho infantil. Ao mesmo tempo, Reitinger *et al.* (2011) conectam as subcategorias em um *framework* teórico e normativo para a ACV-S, porém, não necessariamente estabelecendo vias de impacto.

Em outra direção, entre os métodos quantitativos e baseados em regressão, alguns estudos utilizam abordagens já estabelecidas na ACV ambiental, como Weidema (2006) e Baumann *et al.* (2013). Por outro lado, também foram propostos métodos baseados no uso de técnicas estatísticas, tais como regressão (NORRIS, 2006; FESCHET *et al.*, 2013; BOCOUM; MACOMBE; REVÉRET, 2015), razão de chances (IOFRIDA *et al.*, 2018), e modelagem de equações estruturais (WU *et al.*, 2015; CHANG *et al.*, 2018), como forma de estimação das relações causais e correlações entre indicadores socioeconômicos, de modo a identificar como ocorre o mecanismo social (SUREAU; NEUGEBAUER; ACHTEN, 2020). Recentemente, Hannouf *et al.* (2021) apresentaram uma nova abordagem baseada no DPSIR *Framework* (*driver-pressure-state-impact-response*) e modelos de Markov. É perceptível que os métodos quantitativos e baseados em regressão também se baseiam em conhecimentos previamente estabelecidos; entretanto, existe uma preocupação com a validação matemática das relações entre os indicadores que compõem as vias de impacto. Esta validação é feita geralmente por meio de correlações ou causalidade<sup>32</sup> estatística, como a "Curva Preston" (NORRIS, 2006;

---

<sup>32</sup> A correlação pode ser definida como uma relação entre duas variáveis não manipuladas experimentalmente, não necessariamente incorrendo em uma relação causal. A causalidade é entendida como uma relação de precedência temporal não espúria entre duas variáveis (KENNY, 1979).

FESCHET *et al.*, 2013), que relaciona a expectativa de vida da população com o desempenho do Produto Interno Bruto.

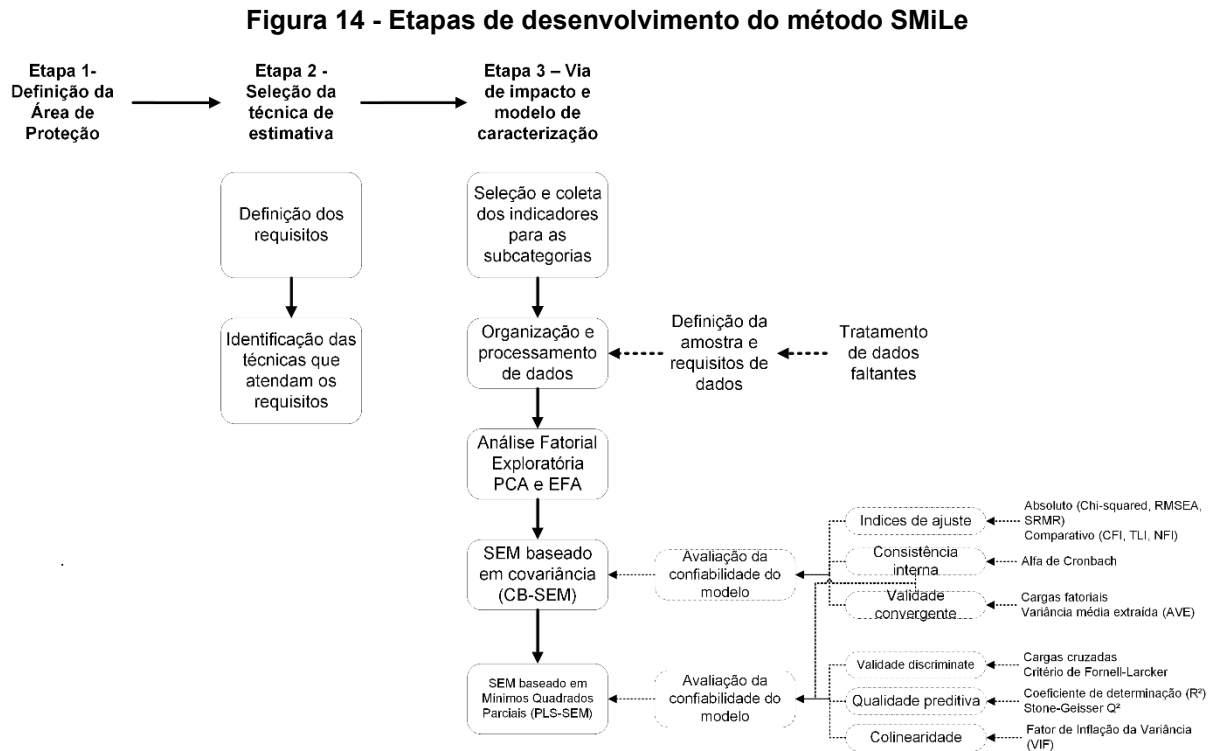
Em relação à conexão das subcategorias com as cadeias de causa e efeito, pode-se observar que os métodos quantitativos e baseados em regressão consideram principalmente apenas uma ou algumas subcategorias no mecanismo social, uma vez que geralmente apresentam uma única via de impacto relacionada a uma determinada questão social. Neste sentido, existem alguns métodos focados na mensuração os danos à saúde humana, como os baseados em DALY (anos de vida ajustados por incapacidade) (BAUMANN *et al.*, 2013); ou QALY (anos de vida ajustados pela qualidade) (WEIDEMA, 2006; HANNOUF *et al.*, 2021). Outros são direcionados para mensuração dos efeitos do PIB *per capita* dos países sobre a expectativa de vida da população (NORRIS, 2006; FESCHET *et al.*, 2013; WU *et al.*, 2015) (a "Curva de Preston", mencionada anteriormente). Outras abordagens como Bocoum, Macombe e Revéret (2015) e Chang *et al.* (2018), por sua vez, são direcionadas para impactos na saúde e bem-estar da criança. O primeiro baseado no chamado "*Wilkinson Pathway*", como forma de medir os impactos da distribuição de renda sobre a mortalidade infantil, e o segundo baseado no "*Sustainable Child Development Index (SCDI)*", por meio da qual foi estimada uma via de impacto relacionando o nível de educação (ponto médio e ponto final) ao bem-estar infantil (AoP).

Assim, embora várias subcategorias estejam conectadas as vias de impacto, especialmente as relacionadas às partes interessadas trabalhador e comunidade local, muitas ainda não foram relacionadas a algum mecanismo social. Diante das limitações relacionadas ao uso de subcategorias nas cadeias de causa e efeito, foi identificada a possibilidade de elaboração de um novo método Tipo II. O método SMiLe (*Social Metric for Life Cycle*) foi desenvolvido para identificação de potenciais vias de impacto a partir de correlações entre as subcategorias e seus efeitos sobre a categoria de ponto final saúde humana, mediante o uso de técnicas de análise multivariada e dados genéricos.

#### 4.2. VIAS DE IMPACTO E DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE CARACTERIZAÇÃO

As etapas de desenvolvimento do método SMiLe consistiram na definição da Área de Proteção (Seção 4.2.1), seleção da técnica de estimação (Seção 4.2.2) e

elaboração das vias de impacto e modelo de caracterização (Seção 4.2.3), como apresentado na Figura 14.



Fonte: Autoria própria

#### 4.2.1. Etapa 1 – Definição da Área de Proteção (AoP)

Como descrito nas Diretrizes para a ACV-S (UNEP; SETAC, 2009), o principal objetivo da ACV-S é promover melhorias sociais ao longo do ciclo de vida, com foco no bem-estar humano. Assim, como Soltanpour *et al.* (2019) identificaram, existe um consenso entre vários métodos de que o bem-estar humano seria o AoP para a ACV-S, uma expansão das AoPs da ACV ambiental (saúde humana, recursos naturais, ambiente natural e *man-made environment*). No entanto, a definição do que seria "bem-estar" ainda é um conceito amplamente discutido. Por um lado, pode ser caracterizado como "bem-estar subjetivo", sendo um conceito mais voltado às preferências subjetivas dos indivíduos, abrangendo aspectos como satisfação, felicidade e autopercepção de saúde. Em contraste, o bem-estar pode ser compreendido como algo mais tangível e objetivo e voltado à posse material, abarcando assim aspectos como a distribuição de renda. Neste contexto, Soltanpour *et al.* (2019) argumentam que a AoP para a ACV-S deveria ser mais abrangente,



contemplando as relações entre as partes interessadas, como essas relações ocorrem e como elas mudam em decorrência de alterações nos sistemas de produtos.

Em outra perspectiva, Schaubroeck e Rugani (2017), com base em uma visão antropocêntrica da sustentabilidade, propõem que o bem-estar seria a AoP para Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (ASCV). Neste sentido, o bem-estar abrangeria as AoPs de saúde e a felicidade, a primeira vinda da esfera ambiental e a segunda da esfera social.

Na ACV-S, observa-se que usualmente os impactos potenciais sobre o bem-estar humano são mensurados em relação à saúde humana. Assim, alguns métodos empregam métricas como QALY, utilizado por Weidema (2006) e Hannouf *et al.* (2021), e o DALY utilizado por Baumann *et al.* (2013). Outros métodos, tais como Norris (2006), Feschet *et al.* (2013), e Wu *et al.* (2015) utilizam a Expectativa de Vida ao Nascer (LEX) como um indicador de saúde humana, baseados na Curva de Preston. Também seguindo esta linha Bocoum, Macombe e Revéret (2015), baseados no *Wilkinson Pathway*, utilizam a Taxa de Mortalidade Infantil (TMI).

Neste contexto, Schaubroeck e Rugani (2017), a partir de uma discussão acerca das métricas existentes para medir o bem-estar humano, concluem que WELBY (anos de vida ajustados pelo bem-estar) seria a medida mais apropriada para avaliar o bem-estar no contexto da sustentabilidade. Ainda assim, apesar de sugerirem o uso deste indicador, os autores argumentam que o WELBY ainda carece de avanços metodológicos, ressaltando que no momento, as escalas baseadas em QALY seriam as mais apropriadas.

Por outro lado, Canning (2012) traz uma comparação entre DALY, QALY e LEX como indicadores para a saúde humana. Em seu estudo, o autor destaca que o LEX ainda é um indicador razoável para mensuração da saúde da população. Apesar das limitações deste indicador ao considerar os anos perdidos devido à incapacidade (como o DALY) ou os anos de qualidade de vida (como o QALY), existe uma relação linear significativa entre LEX e DALY, quando a expectativa de vida aumenta, os anos de vida saudável aumentam proporcionalmente. Em relação ao QALY, podem existir variações no ajuste para cada incapacidade entre países, caso isso ocorra, em dois países com o mesmo nível de incapacidade, podem existir estimativas diferentes para o estado de saúde da população. Ademais, o LEX foi definido como um indicador para longevidade, no Relatório de Desenvolvimento Humano 1990 (UN, 1991), e também

um dos componentes do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), disponível para 268 países, bem como um período de ao menos 60 anos (WORLD BANK, 2018).

A partir desta discussão, concluiu-se que, embora a saúde não represente o bem-estar em sua totalidade, ela é uma parte essencial e pode ser considerada ao menos no nível da categoria de dano (ponto final). Com relação às métricas que podem ser utilizadas para medir a saúde humana, observou-se que o LEX como indicador apesar de possuir limitações ainda apresenta pontos positivos, como a disponibilidade, temporal e geográfica.

#### 4.2.2. Etapa 2 -Seleção da técnica de estimação

A partir das revisões dos métodos de AICV-S Tipo II (WU, R.; YANG; CHEN, 2014; CHHIPI-SHRESTHA; HEWAGE; SADIQ, 2015; ARAUJO; UGAYA, 2017; SUREAU; NEUGEBAUER; ACHTEN, 2020), foi possível identificar que a modelagem das cadeias causa e efeito apresenta um nível significativo de complexidade. As vias de impacto abrangem diversas questões sociais relacionadas ao bem-estar humano, representadas por múltiplas variáveis dependentes e independentes em uma relação de causalidade. Por exemplo, Weidema (2006) propõe uma cadeia de causa e efeito com seis categorias de pontos finais, representando diferentes aspectos da vida humana, tais como saúde, autonomia, igualdade de oportunidades, entre outros.

Assim, é fundamental compreender como tais questões sociais podem estar relacionadas, principalmente como o mecanismo social ocorre, mais especificamente:

- Os indicadores possuem alguma correlação significativa, indicando alguma relação entre eles;
- Um grupo de indicadores representa alguma dimensão social (constructos/ fatores) e;
- Existem relações de dependência ou interdependência entre tais dimensões.

Um estudo anterior realizado por Araujo e Ugaya (2018) demonstrou que este tipo de análise pode ser baseado em uma abordagem exploratória e posteriormente confirmatória e preditiva. A abordagem exploratória consiste na análise da estrutura de um determinado conjunto de variáveis (indicadores) e suas inter-relações (correlações) para identificação de grupos de variáveis altamente inter-relacionadas. Estes conjuntos de variáveis, também conhecidos como fatores (ou constructos),

podem representar "dimensões" dentro do conjunto de dados, sendo utilizados como base para o desenvolvimento de novos indicadores compostos. Além disso, os fatores podem ser organizados em uma estrutura causal, com relações de dependência entre eles, servindo como base para a elaboração de novas hipóteses (TABACHNICK; FIDELL, 2014). Deve-se notar que a análise exploratória não requer que as hipóteses sejam definidas *a priori*, pois procura compreender a estrutura do conjunto de dados a partir da análise das inter-relações entre as variáveis.

Por outro lado, a abordagem confirmatória consiste na validação de hipóteses definidas *a priori*, com base em conhecimentos teóricos pré-existentes, ou a partir de uma análise exploratória. A abordagem confirmatória inclui a especificação de todos os aspectos do modelo, tais como os fatores, as variáveis e as inter-relações entre estes fatores (BROWN, 2014; HAIR, 2014b). Assim, esta abordagem é geralmente utilizada em estágios mais avançados do desenvolvimento do modelo estatístico, após a análise exploratória.

Por sua vez, a abordagem preditiva refere-se à predição de variáveis dependentes com base no comportamento de variáveis independentes (tais como os modelos baseados em regressão). Estas variáveis são determinadas a partir de um modelo previamente validado ou de um modelo teórico (HAIR, 2014b). A abordagem preditiva é comumente realizada após a análise confirmatória quando o modelo já foi testado e as hipóteses validadas.

Assim, foi necessário selecionar as técnicas que atendessem à proposta deste estudo. Nesse sentido, foi definido um conjunto de requisitos para a escolha de tais técnicas, as quais deveriam:

- a. Permitir a identificação de dimensões sociais (constructos/ fatores);
- b. Permitir a estimação de causalidade/ correlação entre múltiplas variáveis dependentes e independentes;
- c. Permitir a predição do efeito de uma (algumas) variável(eis) sobre outra(s).

Considerando estes requisitos e com base no estudo de Araujo e Ugaya (2018), as técnicas de análise multivariada (MAT) foram selecionadas, pois abrangem a análise simultânea de múltiplas variáveis, possibilitando a definição de relações de causalidade, correlação e predição (HAIR, 2014b).

A Tabela 8 apresenta um resumo das MAT especificando os requisitos atendidos por cada técnica com o tipo de variável que pode ser utilizada no modelo e se foram implementadas anteriormente nos estudos AICV-S.

**Tabela 8 - Resumo das MAT que atenderam aos requisitos**

Etapa	Requisitos	Tipo de variável	Técnica selecionada	Aplicações no campo da ACV-S
Elaboração da cadeia de causa e efeito	Identificação de estruturas fatoriais (constructos/ fatores)	Métrica	Análise Fatorial Exploratória (EFA)	-
	Estimação da causalidade/ correlação entre múltiplas variáveis dependentes e independentes	Métrica	Modelagem de Equações Estruturais - <i>Covariance-based</i> (CB-SEM)	Wu et al. (2015)
Elaboração dos fatores de caracterização	Predição do efeito de uma (algumas) variável (s) sobre a outra (s).	Métrica	Regressão simples e múltipla	Norris (2006) Hutchins e Sutherland (2008) Feschet et al. (2013) Bocoum, Macombe e Revéret (2015)
			Modelagem de Equações Estruturais - <i>Partial Least Squares</i> (PLS -SEM)	Wu et al. (2015) Chang et al. (2018a)

**Fonte: Elaborado pelo autor com base na árvore de decisão proposta por Hair (2014a)**

A EFA é uma técnica exploratória focada principalmente na identificação de fatores e redução de dados por meio do agrupamento de variáveis correlatas. Nas ciências relacionadas ao comportamento humano, muitas vezes existem questões teóricas que não podem ser observadas diretamente sem perda de informação; estes fenômenos são conhecidos como fatores (ou constructos). Por não serem observados e conseqüentemente não mensurados, estes fatores são relacionados às variáveis observadas (indicadores) como um meio de possibilitar sua medição indireta, servindo assim como indicadores para representação do fator correspondente (BYRNE, 2013). Desta forma, a técnica EFA é utilizada nos casos em que não há um entendimento claro de como as variáveis podem estar relacionadas, permitindo assim o desenvolvimento de hipóteses a partir do resumo de um conjunto de dados (FABRIGAR; WEGENER, 2011; TABACHNICK; FIDELL, 2014). Assim, a EFA foi utilizada neste estudo como uma técnica exploratória para identificação da existência de correlações (e possivelmente fatores) entre os indicadores que representam as subcategorias. Assim, possibilitando a identificação de dimensões sociais,

consideradas como potenciais categorias de ponto médio. Ademais, com base nos resultados da EFA, podem ser elaboradas hipóteses acerca de como os fatores poderiam estar organizados nas vias do impacto.

A modelagem de equações estruturais baseada em covariância (CB-SEM), por sua vez, é uma técnica confirmatória, ou seja, diferente da EFA, requer que sejam definidas hipóteses a serem validadas, permitindo a análise de estruturas teóricas, que representam relações causais por meio de variáveis e observações (BYRNE, 2013). Os modelos baseados em SEM consistem em duas partes principais: o modelo de mensuração e o modelo estrutural. No modelo de mensuração, são especificados os indicadores relacionados a cada fator; no modelo estrutural, são definidas as relações entre os fatores (THOMPSON, 2004; BROWN, 2014; HAIR, 2014b). Para este trabalho, a técnica CB-SEM contribuiu para confirmar as dimensões sociais, validando os resultados da etapa exploratória.

Este processo de validação consistiu no desenvolvimento de hipóteses para as vias de impacto a partir dos resultados obtidos por meio da EFA. Estas hipóteses foram então submetidas a uma nova estimativa com um novo conjunto de dados, junto com o algoritmo do CB-SEM. Para garantir a confiabilidade, os resultados desta nova estimativa foram avaliados por meio de um conjunto específico de métricas (uma descrição detalhada é apresentada na seção 4.2.3.4). Além disso, por meio do modelo estrutural, é possível a mensuração dos efeitos entre os fatores, nesta pesquisa, os efeitos de potenciais categorias de impacto de ponto médio sobre a categoria de ponto final saúde humana.

Além da técnica CB-SEM um segundo tipo de modelagem de equações estruturais pode ser utilizado em conjunto com o primeiro, baseado em mínimos quadrados parciais (PLS-SEM), permitindo a estimação do modelo estrutural, além do modelo preditivo (HAIR; RINGLE; SARSTEDT, 2011). As principais diferenças entre as técnicas CB-SEM e PLS-SEM estão relacionadas com seus objetivos e como a estimativa é realizada. Como mencionado anteriormente, a técnica CB-SEM é orientada para uma abordagem confirmatória, focada na validação de teorias e hipóteses. Para este fim, a estimativa do modelo é realizada utilizando Máxima Verossimilhança, de modo a encontrar os parâmetros que maximizem a probabilidade de que o modelo especificado produza os dados observados. O PLS-SEM, por sua vez, visa a predição e o desenvolvimento de novas teorias. A estimativa do PLS-SEM é realizada por meio do método dos Mínimos Quadrados Ordinários, cujo objetivo é

explicar o máximo possível a variância do fator dependente a partir dos fatores independentes, minimizando os resíduos (HAIR; RINGLE; SARSTEDT, 2011; HAIR, 2014a, 2014b).

Nesta pesquisa, a técnica PLS-SEM foi utilizada para estimação de um modelo estrutural e preditivo baseado nos fatores validados com a técnica CB-SEM, como forma de estimar a Expectativa de Vida ao nascer (LEX) a partir das categorias de ponto médio (fatores).

Ademais, cabe destacar que como esta pesquisa partiu de uma análise focada na identificação de fatores e estruturas fatoriais, optou-se pelo uso da modelagem de equações estruturais, ao invés da regressão, utilizada em alguns métodos Tipo II, como apontado na Tabela 8.

#### 4.2.3. Etapa 3 – Elaboração das vias de impacto e modelo de caracterização

Para elaboração das vias de impacto e obtenção de um modelo de caracterização, foi utilizada uma abordagem focada na identificação de fatores (estruturas subjacentes às quais os indicadores representando as subcategorias podem ser relacionados), o que permite a identificação de novas vias de impacto e até mesmo a validação de vias já conhecidas. Nesta abordagem, os fatores foram considerados categorias de ponto médio. O indicador expectativa de vida ao nascer (LEX) foi determinado como um indicador da categoria de ponto final da saúde humana relacionado à AoP bem-estar humano; neste sentido, os efeitos dos fatores sobre o LEX foram analisados.

Para este fim, o desenvolvimento das vias de impacto e do modelo de caracterização foi realizado em quatro sub etapas:

- A. Seleção e coleta de indicadores para representação das subcategorias;
- B. Organização e processamento de dados;
- C. Aplicação da análise fatorial exploratória (EFA) utilizando os indicadores coletados na sub etapa A.;
- D. Aplicação da modelagem de equações estruturais (SEM) para validação e estimação de um modelo estrutural baseado nos fatores identificados na sub etapa C; e obtenção de um modelo de caracterização por meio dos coeficientes de regressão do PLS-SEM.

#### 4.2.3.1. A. Seleção e coleta de indicadores

Cada subcategoria pode ser representada por um indicador ou conjunto de indicadores socioeconômicos, dessa forma, foi necessário coletar e selecionar indicadores para cada subcategoria. Assim, esta sub etapa foi baseada parcialmente no trabalho de Juchen e Ugaya (2017). Os autores coletaram dados para um indicador selecionado por subcategoria em nível de país a partir das fontes sugeridas pelas Fichas Metodológicas para as Subcategorias em ACV-S (UNEP; SETAC, 2013), possibilitando a representação de diferentes condições sociais, como nos estudos de Norris (2006), Feschet *et al.* (2013) e Bocoum, Macombe e Revéret (2015).

Juchen e Ugaya (2017) identificaram indicadores apenas para 17 das 31 subcategorias listadas em UNEP e SETAC (2013). Dessa forma, foi necessário realizar uma coleta complementar para identificação de indicadores para as subcategorias faltantes, seguindo a definição conceitual apresentada em UNEP e SETAC (2013). As principais fontes utilizadas para esta nova coleta foram as bases de dados para ACV-S, como o *Product Social Impact Life Cycle Assessment Database* (PSILCA) (CIROTH; EISFELDT, 2017), o *Social Hotspot Database* (SHDB, 2018), e as bases de dados do *World Bank* (2019d) e da *International Labour Organization* (2019).

Ao final da coleta, 112 potenciais indicadores foram identificados, contabilizados os indicadores coletados por Juchen e Ugaya (2017) e os indicadores encontrados na coleta complementar. Após a coleta, foi necessária a organização, processamento e avaliação desses indicadores para identificar se atendiam aos requisitos de dados e poderiam ser utilizados com as técnicas EFA, CB-SEM e PLS-SEM. Este processo é descrito nas seções seguintes.

#### 4.2.3.2. B. Organização e processamento dos dados

Para padronização da amostra, foi utilizada uma lista com 189 países (Tabela A11 do Apêndice A). Além disso, também foram definidos três requisitos de dados, de modo a garantir a qualidade temporal, das fontes e da completeza:

- i. Como requisito temporal, foram definidos os dados disponíveis para os anos de 2017 e 2018. Este período foi selecionado pois foram os anos que apresentaram os dados mais recentes no momento em que a coleta foi

realizada. Adicionalmente, foram necessárias duas amostras diferentes, uma para a etapa exploratória (EFA) e outra para a etapa confirmatória e preditiva (CB-SEM e PLS-SEM);

- ii. As fontes de dados deveriam ser agências internacionais ou nacionais, ou em última instância institutos de pesquisa, e os dados serem representativos por país;
- iii. Como completeza, foi mensurada a quantidade de dados faltantes por indicador, sendo estabelecido como critério de corte os indicadores que apresentaram taxas de dados faltantes superiores a 30% da amostra. De acordo com Hair (2014a), mesmo com níveis consideráveis de dados faltantes ainda é possível a utilização do indicador e se obter uma amostra completa por meio da imputação múltipla de dados (MI)<sup>33</sup>.

Ao final da análise dos indicadores coletados em relação aos requisitos de dados, bem como a remoção de indicadores duplicados (indicadores da mesma fonte utilizados em diferentes bases de dados), foi identificado que 21 indicadores relacionados a 15 subcategorias foram os mais adequados e poderiam ser utilizados juntamente com as técnicas estatísticas, os quais são apresentados na Tabela 11 (Seção 4.3 Resultados e Discussão). Os indicadores removidos durante a organização e processamento são apresentados na Tabela A12 do apêndice A.

Para avaliação da qualidade dos dados e rastreamento de possíveis fontes de incerteza nos indicadores selecionados, foi utilizada uma Matriz Pedigree adaptada para ACV-S (Tabela 9). Por meio desta matriz, foram avaliados cinco critérios para cada indicador, com cinco níveis, quanto mais próximo de 1, melhor era a qualidade do indicador:

- Confiabilidade da fonte - avaliada em dois níveis, indicadores fornecidos por fontes oficiais foram avaliados como de melhor qualidade;
- Conformidade da completeza - a conformidade de cada indicador foi avaliada em termos da quantidade de dados faltantes. Assim, foi considerado que os indicadores com taxas mais baixas de dados faltantes possuíam melhor qualidade;

---

<sup>33</sup> Mais detalhes sobre como o processo de Imputação Múltipla é realizado podem ser encontrados em Graham (2009), Baraldi e Enders (2010) e Hair (2014b).



- Conformidade temporal - neste critério, a melhor qualidade foi atribuída aos indicadores que apresentaram dados mais próximos do requisito temporal (2017 e 2018);
- Conformidade com a subcategoria de acordo com as Fichas Metodológicas - neste critério, foi avaliado o quanto o indicador estava alinhado com a definição de sua respectiva subcategoria de acordo com as Fichas Metodológicas (UNEP; SETAC, 2013). Os indicadores sugeridos nas Fichas Metodológicas foram avaliados como de melhor qualidade.

**Tabela 9 - Matriz Pedigree utilizada neste estudo**

Critério	1	2	3	4	5
Confiabilidade da fonte	Estudos estatísticos de fontes governamentais ou de organizações internacionais.	Estudos estatísticos de institutos ou similares.	-	-	-
Conformidade da completeza	Todos os dados necessários para o estudo por país.	Até 5% de dados faltantes para a amostra de países.	De 6% a 10% de dados faltantes para a amostra de países.	De 11% a 20% de dados faltantes para a amostra de países.	De 21% a 30% de dados faltantes para a amostra de países.
Conformidade temporal	Diferença de 1 ano em relação ao requisito estabelecido quanto ao escopo temporal dos dados.	2 anos de diferença em relação ao requisito estabelecido sobre o escopo temporal dos dados.	3 anos de diferença em relação ao requisito estabelecido sobre o escopo temporal dos dados.	5 anos de diferença em relação ao requisito estabelecido sobre o escopo temporal dos dados.	Diferença de mais de 5 anos em relação ao requisito estabelecido sobre o escopo temporal dos dados.
Conformidade com a subcategoria de acordo com as Fichas Metodológicas (UNEP; SETAC, 2013)	Indicador sugerido pelas Fichas Metodológicas.	Indicador muito similar ao sugerido pelas Fichas Metodológicas.	Indicador pouco similar ao sugerido pelas Fichas Metodológicas, porém alinhado com a subcategoria.	Indicador diferente do sugerido pelas Fichas Metodológicas e parcialmente alinhado com a subcategoria.	Indicador diferente do sugerido pelas Fichas Metodológicas e não alinhado com a subcategoria.

**Nota: Os resultados da análise da qualidade dos dados para os indicadores utilizados são apresentados na Tabela A1 do Apêndice A**

**Fonte: Elaborado pelo autor baseado na matriz proposta por Ciroth e Einsfeldt (2017), com adaptações para melhor adequação aos dados utilizados neste estudo**

Adicionalmente, como mencionado no requisito de completeza, para obtenção de uma amostra completa, foi necessário realizar a imputação de dados com os 21 indicadores selecionados. Este procedimento foi necessário uma vez que os indicadores ainda apresentavam consideráveis taxas de dados faltantes (ver Tabela

A1 do Apêndice A). Para este fim, a imputação múltipla por "*Predictive Mean Matching*" (LITTLE, 1988) foi utilizada por meio do pacote "MICE" disponível para o *software R v.3.6.1*.

#### 4.2.3.3. C. Aplicação da análise fatorial exploratória (EFA) utilizando os indicadores selecionados na sub etapa B

A partir dos 21 indicadores selecionados na sub etapa B (Tabela 11), foi realizada uma EFA para identificar se estes indicadores estavam organizados em fatores que representavam dimensões socioeconômicas (potenciais categorias de impacto).

Nesta sub etapa, foi realizada uma avaliação preliminar da matriz de indicadores como forma de verificar se esta era apropriada para a realização da EFA. Para este fim, são recomendados o Teste de Esfericidade de Bartlett e o Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) (Tabela 10). O teste de esfericidade de Bartlett é utilizado para identificar se a matriz de dados apresenta correlações significativas entre ao menos alguns dos indicadores. Um teste de hipótese é então aplicado, sendo a hipótese nula de que os indicadores não estão correlacionados (HAIR, 2014b). O teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) fornece a Medida de Adequação de Amostra (MSA), avaliando a proporção comum de variância entre todos os indicadores da matriz de dados, a partir da qual é fornecido um índice que varia de 0 a 1, no qual valores acima de 0,5 são considerados aceitáveis (HAIR, 2014b).

Além desses testes, duas outras análises preliminares foram realizadas para determinar quantos potenciais fatores estavam presentes na matriz de indicadores, o *Scree test* e a Análise Paralela (Tabela 10). Ambos os testes são utilizados para determinar o número de fatores a serem retidos por meio dos autovalores, também conhecidos como "raízes latentes" que representam a variância total de cada fator. Para o *Scree test* é analisado o gráfico de autovalores em relação ao número de fatores, sendo retidos os fatores anteriores ao ponto de "quebra" do gráfico. No caso da Análise Paralela são retidos os fatores que apresentem autovalor igual ou superior a 1. (THOMPSON, 2004; COSTELLO; OSBORNE, 2005; HAIR, 2014b).

**Tabela 10 - Testes para avaliação da adequação da matriz de indicadores para a EFA**

Teste	Objetivo	Avaliação	Resultado desejado
Teste de Esfericidade de Bartlett	Identificar se a matriz de correlação apresenta correlações significativas entre ao menos algumas das variáveis.	$H_0$ as variáveis da matriz não são correlacionadas	Rejeitar $H_0$ no nível de significância 0,05
Teste Kaiser-Meyer-Olkin de adequação da amostra (KMO)	Medida calculada para toda a matriz de correlação e para cada variável individual avaliando a adequação da aplicação da análise fatorial.	Índice de 0 a 1, mais próximo de 1 indica melhor ajuste	Valores acima de 0,6
Análise Paralela	Identificação do número de fatores a serem retidos	Análise de raízes latentes (autovalores)	Retidos os fatores com autovalores iguais ou acima de 1
<i>Scree Test</i>	Identificação do número de fatores a serem retidos	Análise do <i>screeplot</i>	Retidos os fatores a partir do ponto de "quebra"

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Thompson (2004), Costello e Osborne (2005) e Hair (2014b)

Após a identificação do número de fatores a serem extraídos, foi aplicada como análise preliminar a técnica de análise de componentes principais (PCA), com o objetivo de identificar quais indicadores estavam relacionados a cada fator. Esta relação foi analisada por meio das chamadas "cargas fatoriais". Quanto maiores forem essas cargas (positivas ou negativas), maior será a correlação entre o indicador e o respectivo fator, sendo consideradas cargas significativas maiores que 0,5, embora cargas de 0,3 a 0,4 sejam consideradas minimamente aceitáveis (HAIR, 2014b).

A PCA é uma técnica muito semelhante à EFA, ambas utilizadas para identificação de fatores. Entretanto, elas são diferentes em termos teóricos, já que a PCA é classificada como uma técnica de redução de dados, enquanto a EFA é focada na identificação de dimensões a partir dos dados. Matematicamente há também diferenças em como a variância dos indicadores é considerada na análise. Na PCA, a variância total dos indicadores que compõem os fatores é considerada, na EFA, a variância compartilhada (TABACHNICK; FIDELL, 2014).

Embora seja esperado certo grau de multicolinearidade (correlação muito alta entre variáveis independentes) entre os indicadores relacionados a um mesmo fator (no caso de fatores reflexivos), optou-se pela análise e remoção de indicadores que apresentavam casos muito graves de multicolinearidade. Para identificação destes casos foi calculado o Fator de Inflação da Variância (VIF) para os indicadores de cada

fator. Valores altos de VIF ( $> 10$ ) indicam casos graves de multicolinearidade, mas é recomendado pela literatura que situações de VIF  $> 5$  já apresentam problemas (HAIR, 2014b).

Após esta análise preliminar, foi aplicada a técnica de análise fatorial exploratória (EFA), utilizando a estimação por Máxima Verossimilhança. Na EFA, as relações entre indicadores e fatores são representadas por meio das cargas fatoriais e interpretadas da mesma forma que na PCA. Além disso, para maximizar as altas correlações e minimizar as baixas correlações entre os fatores e os indicadores, foi utilizada a rotação oblíqua dos fatores "oblimin". Este tipo de rotação é mais indicado em estudos nos quais se busca estabelecer correlações entre os fatores. Além disso, nos casos em que os fatores não estão correlacionados, os resultados obtidos com rotações oblíquas são semelhantes àqueles produzidos com rotações ortogonais (por exemplo, rotação varimax), que produzem fatores não correlacionados (COSTELLO; OSBORNE, 2005).

Os fatores resultantes identificados por meio da técnica EFA e outros detalhes das análises descritas nesta sub etapa são apresentados e discutidos na seção 4.3.2.

#### 4.2.3.4. D. Aplicação da modelagem de equações estruturais (SEM)

Para validação dos fatores identificados na etapa exploratória, por meio da técnica EFA (Figura 18, Seção 4.3.2) e estimação do modelo estrutural e preditivo, foram utilizadas as técnicas CB-SEM e PLS-SEM. A partir dos fatores identificados por meio da EFA foram elaboradas hipóteses, representando as vias de impacto social (as hipóteses são apresentadas na seção 4.3. Resultados e discussão, Figura 19 e Figura 20).

Após determinação do modelo de mensuração e estrutural e realização da estimação por meio do CB-SEM e PLS-SEM, de modo a garantir a confiabilidade do modelo, foi necessário avaliar os resultados destas estimativas mediante alguns índices e testes. Neste sentido, é recomendado pela literatura que três aspectos principais nos modelos SEM sejam avaliados: consistência interna, validade convergente e validade discriminante. Além destes aspectos, também são analisados

os chamados índices de ajuste (*fit indices*)<sup>34</sup>, aplicáveis para o CB-SEM. Para o modelo estrutural foram avaliados o tamanho e significância dos coeficientes de caminho (HAIR, 2014b; TABACHNICK; FIDELL, 2014).

A consistência interna refere-se a quanto às variáveis relacionadas a um determinado fator estão correlacionadas, o que pode ser avaliado por meio do Alfa de Cronbach. De acordo com a literatura, este índice é uma medida de confiabilidade baseada nas relações entre as variáveis, sendo um índice que varia de 0 a 1, considerados como valores aceitáveis acima de 0,7 (HAIR; RINGLE; SARSTEDT, 2011; HAIR, 2014a).

A validade convergente representa quanto da variância dos indicadores relacionados ao mesmo fator é compartilhada, ou seja, quanto os indicadores convergem. A validade convergente pode ser avaliada por meio das cargas fatoriais e por meio da Variância Média Extraída (AVE). Como nas técnicas PCA e EFA, para as cargas fatoriais, quanto maior as cargas das variáveis com um determinado fator, maior a validade convergente. Conforme a literatura, as cargas fatoriais superiores a 0,5 são consideradas significativas. O AVE é calculado a partir da soma dos quadrados das cargas fatoriais dividido pelo número de variáveis associadas a um determinado fator. Assim, o valor do AVE representa o quanto o fator explica a variância das variáveis, sendo aceitos valores acima de 0,5, o que indica que o fator explica ao menos metade da variância (HAIR; RINGLE; SARSTEDT, 2011; HAIR, 2014a).

A validade discriminante refere-se à distinção entre fatores, ou seja, se um fator pode ser considerado único e não parte de outro. Para avaliação da validade discriminante, as cargas cruzadas entre indicadores e fatores foram analisadas. Neste sentido, os indicadores devem possuir cargas mais significativas com os fatores para os quais foram determinados do que com os outros fatores. Adicionalmente, foram avaliadas as correlações entre os fatores, as quais deveriam ser menores do que a raiz quadrada dos AVE dos fatores (critério de Fornell–Larcker) (HAIR; RINGLE; SARSTEDT, 2011; HAIR, 2014a).

Em relação aos índices de ajuste utilizados no CB-SEM, é avaliado o quanto o modelo é adequado aos dados, sendo classificados em ajuste absoluto e ajuste

---

<sup>34</sup> Para mais detalhes sobre as métricas utilizadas para avaliação da confiabilidade dos modelos SEM e índices de ajuste, recomenda-se consultar Hair et al. (2011), Hair (2014b) e Tabachnick e Fidell (2014).

incremental (ou comparativo). Assim, estes índices são utilizados para analisar o quão bem o modelo especificado consegue reproduzir a matriz de covariância observada (HAIR, 2014b; TABACHNICK; FIDELL, 2014).

Os índices de ajuste absoluto avaliam o quanto o modelo especificado reproduz os dados observados, fornecendo uma medida de quão bem a teoria se encaixa nos dados da amostra. Neste estudo, foram utilizados a estatística Qui-quadrado, o *Root Mean Square Error of Approximation* (RMSEA) e o *Standardized Root Mean Residual* (SRMR) (HAIR, 2014b; TABACHNICK; FIDELL, 2014).

Os índices de ajuste incremental, por sua vez, avaliam quão bem o modelo estimado se encaixa em algum modelo base alternativo, chamado modelo nulo, no qual é assumido que todas as variáveis observadas não estão correlacionadas. Assim, o *Comparative Fit Index* (CFI), *Tucker Lewis Index* (TLI) e *Normed Fit Index* (NFI), também recomendados pela literatura, foram utilizados neste estudo (BROWN, 2014; TABACHNICK; FIDELL, 2014).

Para a técnica PLS-SEM a qualidade preditiva do modelo foi avaliada por meio do Coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e do  $Q^2$  Stone-Geisser. O  $R^2$  varia de 0 a 1, representando o quanto da variância da variável (ou fator) dependente é explicada pelas variáveis (ou fatores) independentes. O  $Q^2$  é um parâmetro adicional para a análise de precisão preditiva, assim, modelos que apresentam um  $Q^2$  superior a zero indicam uma boa relevância preditiva. Este parâmetro é obtido por meio do processo de *Blindfolding*<sup>35</sup> e a diferença entre os valores reais da amostra e os valores previstos pelo PLS-SEM. Adicionalmente, para o PLS-SEM foi verificada a colinearidade entre os fatores independentes por meio da análise do VIF (HAIR, 2014a).

O método de estimação utilizado neste estudo foi a Máxima Verossimilhança para o CB-SEM e os Mínimos Quadrados Parciais para o PLS-SEM. Durante a estimação também foi realizada a reamostragem *Bootstrap* com 5.000 repetições para o CB-SEM e PLS-SEM, para avaliar a significância e a incerteza dos coeficientes e não atendimento da premissa de normalidade do CB-SEM (HAIR; RINGLE; SARSTEDT, 2011; BYRNE, 2013).

Assim, ao final desta etapa, os fatores foram validados utilizando o CB-SEM. Também, por meio do PLS-SEM, foi possível desenvolver um modelo estrutural

---

<sup>35</sup> O *Blindfolding* é uma técnica de reuso da amostra, na qual algumas observações da amostra original da variável endógena são descartadas, então o algoritmo PLS-SEM reestima essas observações com base nas observações disponíveis (HAIR, 2014a).

representando uma cadeia causa e efeito com duas vias de impacto e um modelo de caracterização baseado nos coeficientes do PLS-SEM.

A implementação das técnicas estatísticas e testes mencionados nas seções 4.2.3.3. e 4.2.3.4. foram realizadas utilizando pacotes disponíveis para a linguagem R v3.6.1, descritos com mais detalhes na Tabela A10 do Apêndice A.

### 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, serão apresentados os resultados obtidos na Etapa 3 (seção 4.2.3), que consistem na coleta e processamento de dados, aplicação da EFA, aplicação das técnicas de modelagem de equações estruturais (CB-SEM e PLS-SEM), e o modelo de caracterização.

#### 4.3.1. Coleta, organização e processamento dos dados

A maioria dos indicadores coletados representava países, regiões e continentes e estavam disponíveis em diferentes conjuntos de dados. Neste aspecto, foi necessária a padronização dos dados da amostra utilizando uma mesma lista de países (seção 4.2.3.2).

Após a padronização da amostra, os indicadores foram avaliados quanto ao cumprimento dos requisitos de dados (detalhados na seção 4.2.3.2). No final desta etapa, foram selecionados os indicadores que melhor atenderam aos requisitos, resultando em uma base de dados com 21 indicadores representando 15 subcategorias (Tabela 11). Destes indicadores, dez atenderam a todos os requisitos de dados, enquanto os demais não atenderam ao requisito de disponibilidade de temporal, como os indicadores das subcategorias Benefícios Sociais/ Seguridade Social, Acesso a Recursos Materiais, entre outros (ver análise da qualidade dos dados no Apêndice A – Tabela A1). Além disso, é importante ressaltar que, devido à disponibilidade e completeza dos dados, a maioria dos indicadores selecionados foram diferentes dos sugeridos pelas Fichas Metodológicas, mas ainda alinhados com a definição das respectivas subcategorias, conforme UNEP e SETAC (2013).

Complementarmente, durante a coleta, houve o cuidado de evitar a sobreposição de indicadores, evitando assim a dupla contagem, apesar de terem sido utilizados alguns indicadores compostos. Na etapa de aplicação da EFA, a análise de

multicolinearidade foi realizada utilizando o VIF (descrito na seção 4.2.3.3). Assim, os indicadores de um mesmo fator que apresentavam problemas muito graves de multicolinearidade foram removidos.

Com relação ao requisito de completeza, foi identificado que a maioria dos indicadores coletados apresentava consideráveis taxas de dados faltantes (superiores a 35%). Assim, devido a indisponibilidade de dados, 16 subcategorias não puderam ser incluídas na base de dados, o que afetou diretamente todas as subcategorias da parte interessada consumidor e a maioria da parte interessada trabalhador (resultando na exclusão de subcategorias como Liberdade de Associação e Negociação Coletiva, Saúde e Segurança, entre outras). Ademais, mesmo entre os indicadores selecionados (Tabela 11), foram encontradas consideráveis lacunas de dados, com uma ausência de dados principalmente para países da África e da América do Sul. Após análise da completeza e seleção dos indicadores, foi aplicada a imputação múltipla para eliminação dos dados faltantes e obtenção de uma amostra completa.



Tabela 11 - Indicadores que atenderam aos requisitos de dados

Parte Interessada	Subcategoria	Indicador	Códigos	Unidade	Indicador sugerido pela UNEP/ SETAC (2013)	Período	Fonte
Trabalhador	Salário justo	<i>Minimum wage for a full-time worker</i>	MWF	US\$/ mês	Substituído	2016 a 2018	World Bank (2019a)
	Oportunidades iguais/ Discriminação	<i>Gender inequality index</i>	GII	Índice	Substituído	1995; 2000; 2005; 2010-2017	UNDP (2019)
		<i>Global gender gap index</i>	GGI	Índice	Substituído	2007 a 2018	World Economic Forum (2019)
	Benefícios sociais/ Seguridade social	<i>Public social protection expenditure [all functions] as a percent of GDP</i>	PSE	%	Substituído	2000 a 2013	International Labour Organization (2019) <sup>1</sup>
		<i>Public health expenditure as a percent of GDP</i>	PHE	%	Substituído	2000 a 2011	International Labour Organization (2019) <sup>1</sup>
	<i>Total health expenditure as a percent of GDP</i>	THE	%	Substituído	2000 a 2011	International Labour Organization (2019) <sup>1</sup>	
Comunidade Local	Acesso a fontes materiais	<i>Access to improved drinking water source</i>	AIW	%	Substituído	1992, 1997, 2001, 2002, 2006, 2007, 2011, 2012, 2013 a 2015	FAO (2019)
	Acesso a fontes imateriais	<i>Freedom of expression score</i>	FES	Score	Sim	2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018	BTI Project (2019)
	Deslocalização e migração	<i>International migrant stock as a percentage of the total population</i>	IMS	%	Substituído	1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2017	UN (2019)
	Condições de vida saudável	<i>Sanitation coverage "at least basic"</i>	SAC	%	Substituído	2000 a 2015	WHO e UNICEF (2019)
		<i>DALY estimates</i>	DAL	Anos	Sim	2010, 2015, 2016	WHO (2019b)
		<i>Drinking water coverage "at least basic"</i>	DWC	%	Substituído	2000 a 2015	WHO e UNICEF (2019)
	Engajamento com a comunidade	<i>Transparency of government policymaking</i>	TGP	Score	Sim	2007 a 2018	WEF (2019)
	Emprego local	<i>Unemployment rate</i>	UNP	%	Sim	1991 a 2019	International Labour Organization (2019) <sup>1</sup>
Condições de vida segura	<i>Global Peace Index</i>	GPI	Índice	Substituído	2009 a 2018	Vision of Humanity (2019)	
Sociedade	Contribuição para o desenvolvimento econômico	<i>GDP per capita, PPP</i>	GDP	US\$/ PPC	Substituído	1990 a 2018	World Bank (2019b)
	Prevenção e mitigação de conflitos armados	<i>State fragility index</i>	SFI	Índice	Substituído	1995 a 2017	CSP (2019)
		<i>Corruption Perception Index</i>	CPI	Índice	Sim	2010 a 2018	Transparency International (2019)
Corrupção	<i>Control of Corruption Index</i>	CCI	Score	Substituído	1996 a 2017	World Bank (2019c)	
Atores da cadeia de valor	Competição justa	<i>Global Competitiveness Index</i>	GCI	Índice	Substituído	2007 a 2018	WEF (2018a)
	Respeito aos direitos de propriedade intelectual	<i>Intellectual property protection</i>	IPP	Score	Substituído	2007 a 2018	WEF (2018b)

Nota 1: Os indicadores PSE, PHE, THE e UNP foram coletados por meio do pacote R "Rilostat"

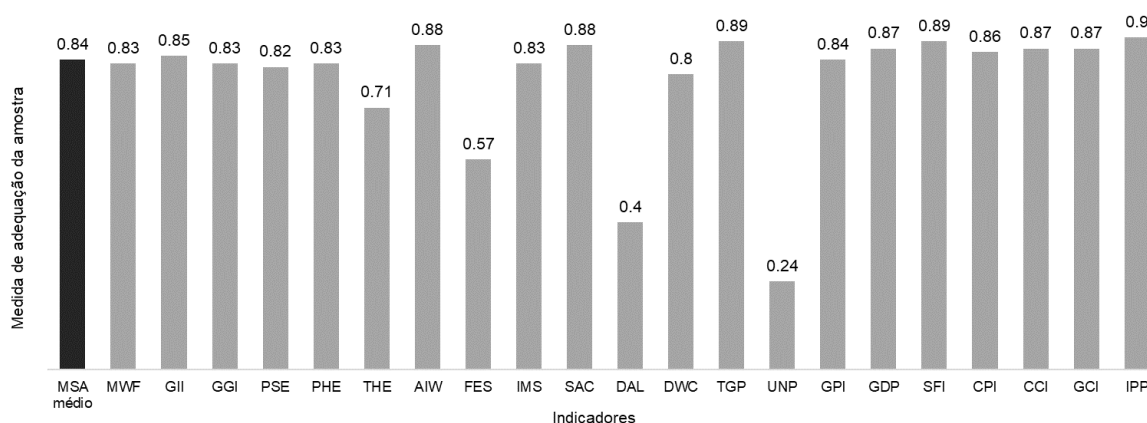
Nota 2: Mais detalhes dos indicadores utilizados, tais como estatística descritiva e análise da qualidade dos dados, são apresentados na Tabela A1 do Apêndice A. A descrição detalhada dos indicadores é apresentada na Tabela A2 Apêndice A

#### 4.3.2. Resultados da aplicação da EFA

Nesta etapa, foi realizada uma análise exploratória para identificar se os indicadores apresentados na Tabela 11 estavam organizados em fatores, considerados neste estudo como potenciais categorias de impacto.

Com base nestes indicadores foi composta uma matriz inicial de dados para um ano de cada indicador (especificada na Tabela A1 do Apêndice A). Esta matriz foi posteriormente submetida ao Teste KMO e Teste de Esfericidade de Bartlett como forma de avaliar se a matriz de dados era adequada para a análise fatorial exploratória (EFA). Por meio do Teste KMO (Figura 15), foi possível concluir que a matriz de dados apresentava uma boa Medida de Adequação da Amostra (MSA) ( $> 0,80$ ). Ainda assim, alguns indicadores apresentaram um MSA muito baixo, tais como DAL (*Disability Adjusted Life Years estimates*) e UNP (*Unemployment rate*). Neste caso, é recomendada pela literatura a remoção destes indicadores da matriz (HAIR, 2014b). Após a remoção dos indicadores DAL e UNP foi realizado um novo teste KMO, o qual apresentou uma melhor MSA geral para a matriz de dados (0,86). Com relação ao teste de Esfericidade de Bartlett, a matriz foi apropriada para a EFA, sendo rejeitada a hipótese nula, com um nível de 0,05 de significância (mais detalhes estão disponíveis na Tabela A3 do Apêndice A).

**Figura 15 - Resultados do Teste KMO para a matriz inicial de dados**



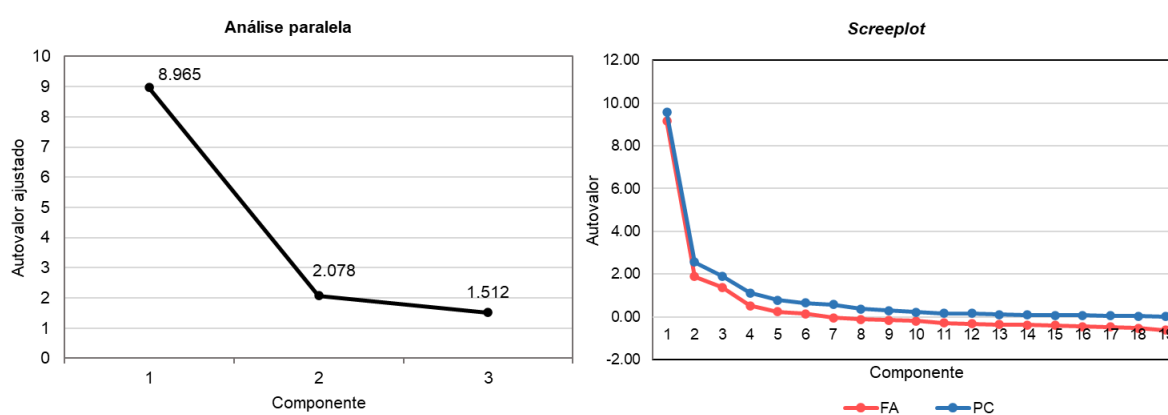
**Nota 1:** Para facilitar a visualização dos resultados foram utilizados códigos para representar os indicadores. A relação entre os indicadores e respectivos códigos está disponível na Tabela 12.

**Nota 2:** Níveis da Medida de Adequação de Amostra (MSA):  $>0,80$  (meritório);  $\geq 0,70$  (médio);  $\geq 0,60$  (mediocre);  $\geq 0,50$  (ruim);  $< 0,50$  (inaceitável) (Hair 2014a).

Fonte: Autoria própria

Após o ajuste da matriz de indicadores, de acordo com os testes de adequação da amostra, foram realizadas a Análise Paralela e o *Scree test* para identificação do número de fatores a serem extraídos. Para ambas as análises, o número de fatores é indicado pelos autovalores, considerados significativos os que apresentam autovalores acima de um. Como apresentado na Figura 16, os resultados indicaram três fatores com autovalores maiores que um em ambos os testes.

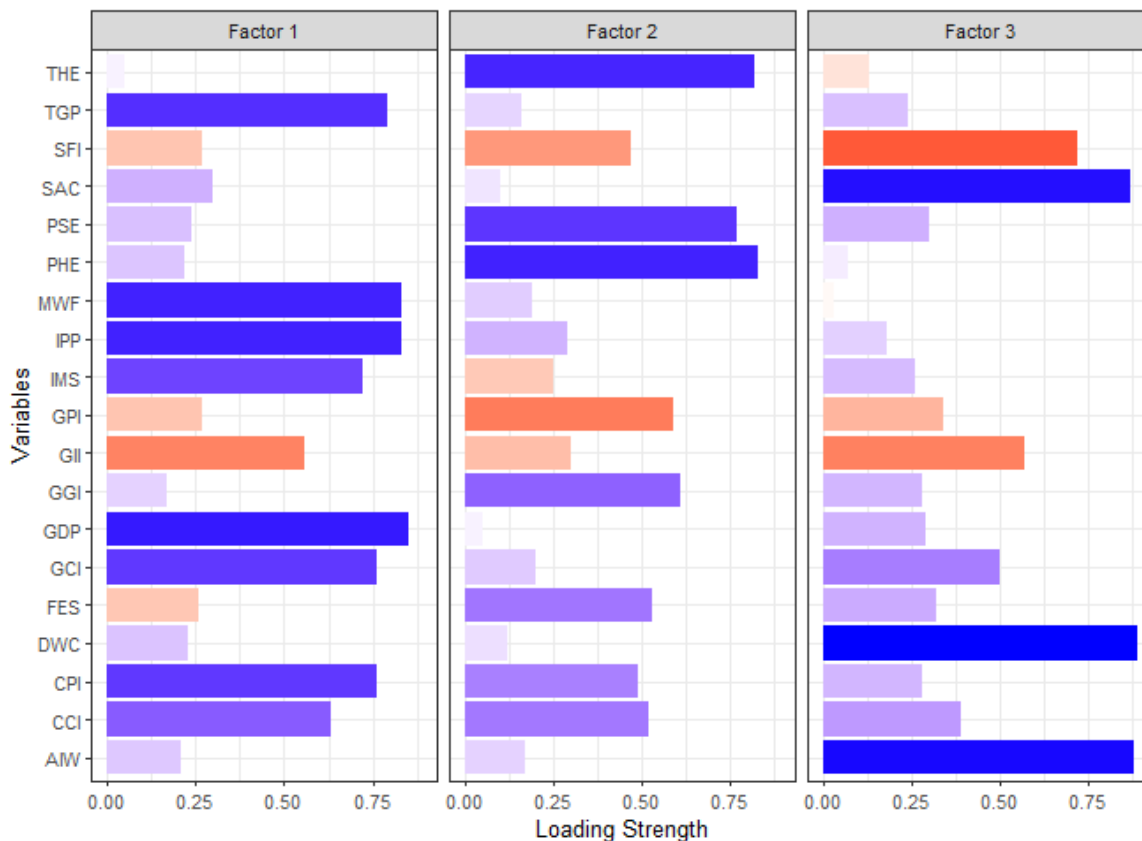
**Figura 16 - Resultados da análise paralela e *Scree test* para retenção de fatores**



**Fonte: Autoria própria**

Uma primeira análise dos fatores foi realizada utilizando-se a análise de componentes principais (PCA), de modo a identificar como os indicadores estavam organizados entre os três fatores identificados por meio da Análise Paralela e do *Scree test*. Na Figura 17, são apresentados os resultados da PCA, na qual as relações entre os indicadores e os fatores são representadas pelas cargas fatoriais (as barras mais longas representam cargas mais altas - as barras azuis representam cargas positivas (correlação positiva) - entre o fator e o indicador; e as barras vermelhas as cargas negativas (correlações negativas)).

**Figura 17 - Cargas fatoriais para a análise de componentes principais (PCA) com rotação varimax**



**Nota: Maiores detalhes sobre a PCA como a matriz com as cargas fatoriais e comunalidades estão disponíveis na Tabela A4 do Apêndice A.**

**Fonte: Autoria própria**

A partir dos resultados da PCA, foi possível identificar a existência de três fatores. O fator 1 apresentou cargas muito relevantes com indicadores relacionados ao contexto econômico, tais como GDP (*GDP per capita*), MWF (*Minimum wage for a full-time worker*), GCI (*Global Competitiveness Index*) e IPP (*Intellectual property protection Index*), e com indicadores de corrupção e transparência, tais como CPI (*Corruption Perception Index*), CCI (*Control of Corruption Index*) e TGP (*Transparency of government policymaking*). Também é importante notar a correlação significativa deste fator com o indicador IMS (*International migrant stock*), representando a migração humana e uma carga negativa razoável com o GII (*Gender inequality index*), representando a desigualdade de oportunidades entre homens e mulheres.

O fator 2 apresentou cargas muito significativas ( $> 0,75$ ) com indicadores relacionados ao gasto público com saúde e benefícios sociais, tais como THE (*Total health expenditure*), PHE (*Public health expenditure*) e PSE (*Public social protection*

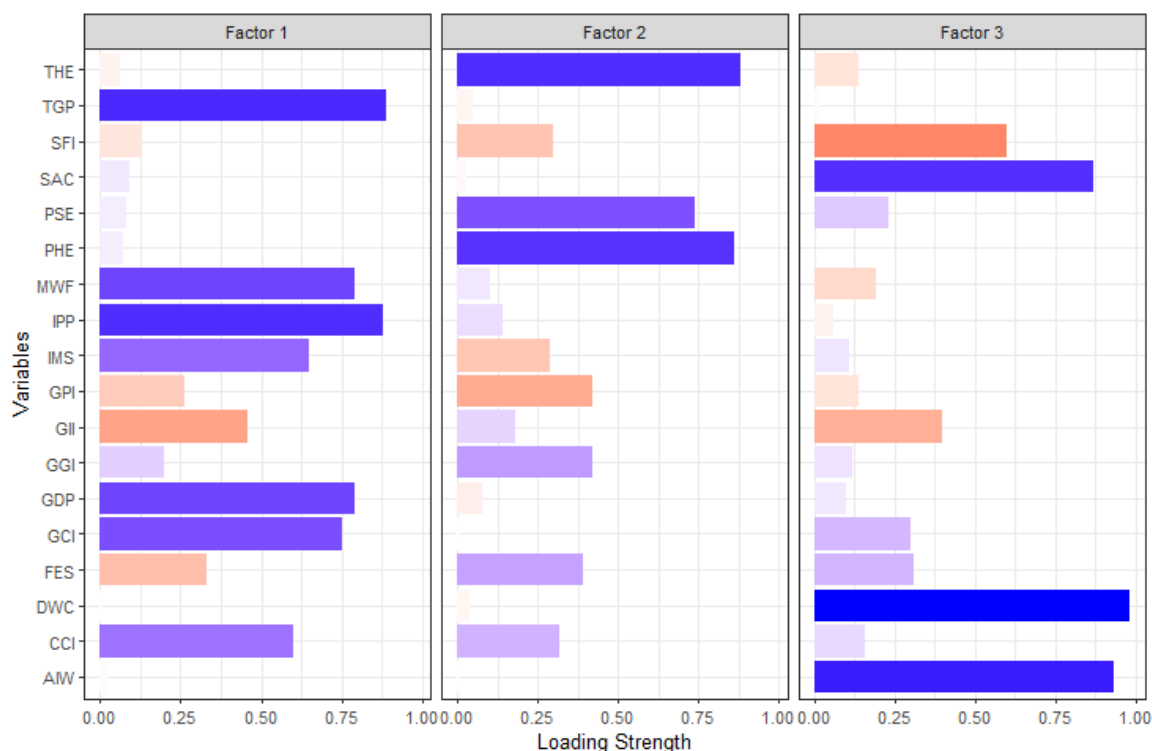
*expenditure*), e cargas medianas com os indicadores relacionados a condições de vida seguras (GPI) e liberdade de expressão (FES).

O fator 3 apresentou cargas significativas (próximas de 0,9) com indicadores relacionados ao acesso a recursos materiais e condições de vida seguras e saudáveis, tais como AIW (*Access to improved drinking water source*), SAC (*Sanitation coverage "at least basic"*), e DWC (*Drinking water coverage "at least basic"*), e uma carga negativa mediana com a prevenção de conflitos armados (SFI - *State Fragility Index*).

Para análise de multicolinearidade, os resultados apontaram que no Fator 1 o indicador CPI apresentou um VIF >10, indicando um caso grave de multicolinearidade, enquanto os outros indicadores apresentaram um VIF < 9. Assim, após a remoção do indicador CPI, foi observada uma redução do VIF dos demais indicadores. Para os fatores 2 e 3 não foram identificados casos graves de multicolinearidade. Mais detalhes dos resultados estão disponíveis na Tabela A5 do Apêndice A.

Após a PCA e o VIF, foi aplicada a análise fatorial exploratória (EFA), cujos fatores e cargas são apresentados na Figura 18 e Tabela 12. Os resultados da EFA foram muito semelhantes aos obtidos com a PCA, com apenas algumas pequenas mudanças nas cargas fatoriais. Por meio da rotação oblíqua, a EFA permite identificar correlações entre os fatores, possibilitando assim a identificação de um potencial modelo estrutural. Portanto, como apresentado na Tabela 12, são observadas correlações razoáveis entre os fatores 1 e 3 (0,52), indicando uma possível relação positiva; para o fator 2, apenas correlações fracas foram observadas com os outros fatores.

**Figura 18 - Cargas fatoriais para a Análise Fatorial Exploratória (EFA) com rotação oblimin**



**Nota 1: Maiores detalhes como a matriz de cargas não rotacionadas e rotacionadas e as communalidades estão disponíveis na Tabela A6 do Apêndice A.**

**Nota 2: Barras mais longas representam cargas mais altas - as barras azuis representam cargas positivas (correlação positiva) - entre o fator e a variável; e as barras vermelhas as cargas negativas (correlações negativas).**

**Fonte: Autoria própria**

**Tabela 12 - Correlações entre os fatores (EFA)**

	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Fator 1	1		
Fator 2	0.31	1	
Fator 3	0.52	0.32	1

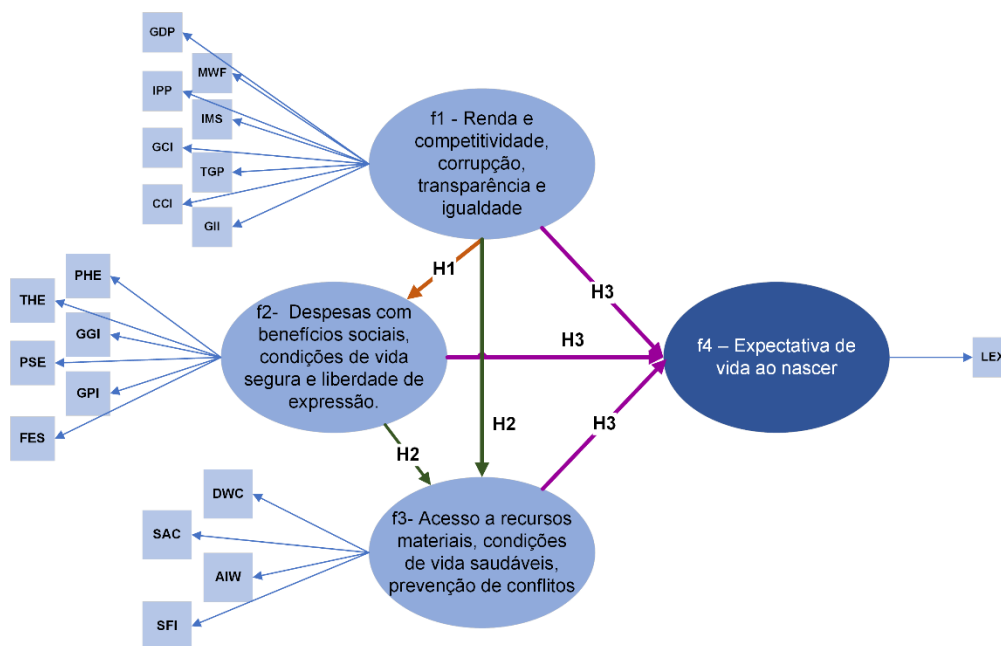
**Fonte: Autoria própria**

#### 4.3.3. Resultados da aplicação do SEM

Com base nos fatores identificados por meio da aplicação da EFA, foram elaboradas sete hipóteses para o modelo estrutural (Figura 19 e Figura 20). Estas hipóteses representam as dimensões sociais (fatores), consideradas neste estudo como categorias de ponto médio e as vias de impacto (H1 a H7), as quais foram submetidas a teste e validação por meio da aplicação das técnicas SEM (CB-SEM e PLS-SEM).

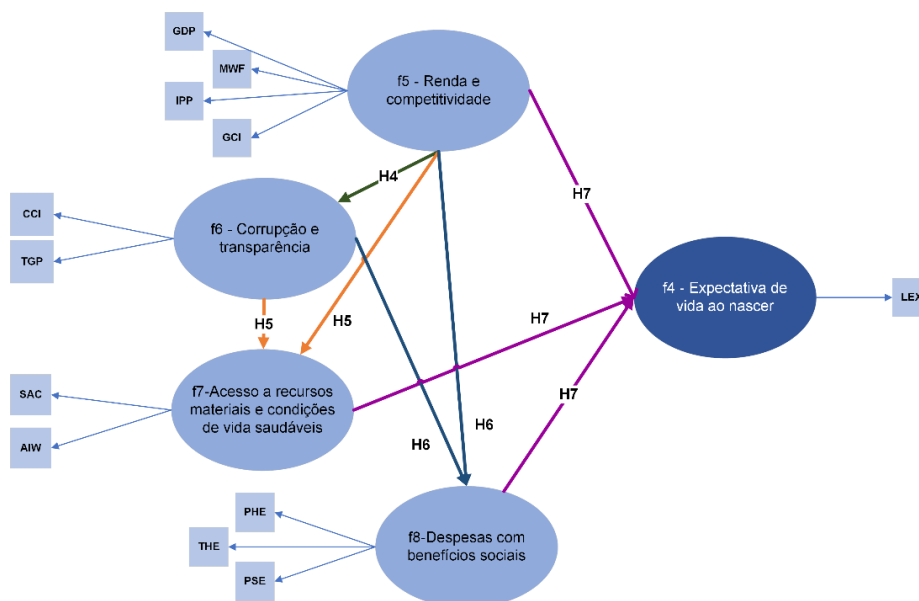
As hipóteses foram testadas em dois grupos diferentes; no Grupo 1 (Figura 19), os fatores foram mantidos como identificados na EFA. No Grupo 2 (Figura 20), os fatores identificados por meio da EFA foram desagregados para uma representação mais clara das dimensões sociais. Em ambos os grupos, potenciais relações foram definidas entre os fatores representadas pelos caminhos.

**Figura 19 - Hipóteses do Grupo 1**



Fonte: Autoria própria

**Figura 20 - Hipóteses do Grupo 2**



Fonte: Autoria própria

Para as aplicações do CB-SEM e PLS-SEM uma nova matriz de dados com amostras para um ano de cada indicador foi composta, com dados de um ano diferente do utilizado na EFA (especificado na Tabela A1 do Apêndice A). Adicionalmente, devido às diferenças nas escalas dos indicadores, foi necessário padronizá-los, colocando todos em uma mesma escala, de modo a serem considerados igualmente no modelo. Para isto, foi aplicada uma padronização Z- Score<sup>36</sup>.

Após a realização do CB-SEM e PLS-SEM os resultados da estimação para os modelos com ambos os grupos de hipóteses foram avaliados quanto à consistência interna, validade convergente, validade discriminante e índices de ajuste (descritos na Seção 4.2.3.4). Os modelos com as hipóteses de ambos os grupos foram avaliados em dois estágios: 1) validação dos fatores e modelo de mensuração com o CB-SEM; 2) Validação do modelo estrutural e preditivo com o PLS-SEM. Neste sentido, é importante destacar que foi possível utilizar o CB-SEM apenas para a validação dos fatores, não sendo possível se obter um bom ajuste quando estimado o modelo estrutural. Neste caso, para estimação e validação do modelo estrutural e do modelo preditivo, foi utilizado o PLS-SEM.

Para o modelo com as hipóteses do Grupo 1, a princípio foram identificados problemas na validade convergente, tais como baixa Variância Média Extraída (AVE) (fator f2). Além disso, os índices de ajuste absoluto/ incremental não alcançaram um bom desempenho (fator f1, fator f2), falhando em testes como Qui-quadrado e com valores altos de RMSEA e SRMR. Assim, por meio de testes com o modelo, identificou-se que não foi possível a obtenção de bons índices de ajuste para o fator 1 enquanto os indicadores CCI (*Control of Corruption Index*) e TGP (*Transparency of government policymaking*) eram definidos no modelo. Neste caso, optou-se por remover estes dois indicadores. Para o fator 2, foram identificadas cargas fatoriais baixas para os indicadores GPI (*Global Peace Index*) e FES (*Freedom of expression score*). A carga fatorial do indicador GPI (0,516) estava próxima do limite mínimo aceitável para o CB-SEM (0,5) (HAIR, 2014b). Além disso, o indicador FES apresentou uma carga fatorial bem abaixo do limite aceitável (0,340). Em ambos os casos é recomendada a remoção destes indicadores do modelo (Hair 2014b).

---

<sup>36</sup> A padronização Z-score é descrita de acordo com a seguinte equação:  $Z_i = \frac{X_i - \bar{X}}{S}$ , Onde: Zi – Valor padronizado; Xi – valor original;  $\bar{X}$  – média da amostra; S – desvio-padrão da amostra.



Após estas alterações no fator f1 e fator f2 do modelo com as hipóteses do Grupo 1, resultados aceitáveis foram obtidos para consistência interna, validade convergente e índices de ajuste, estes resultados são apresentados na Figura 21 (mais detalhes dos resultados do CB-SEM são apresentados na Tabela A7 do apêndice A).

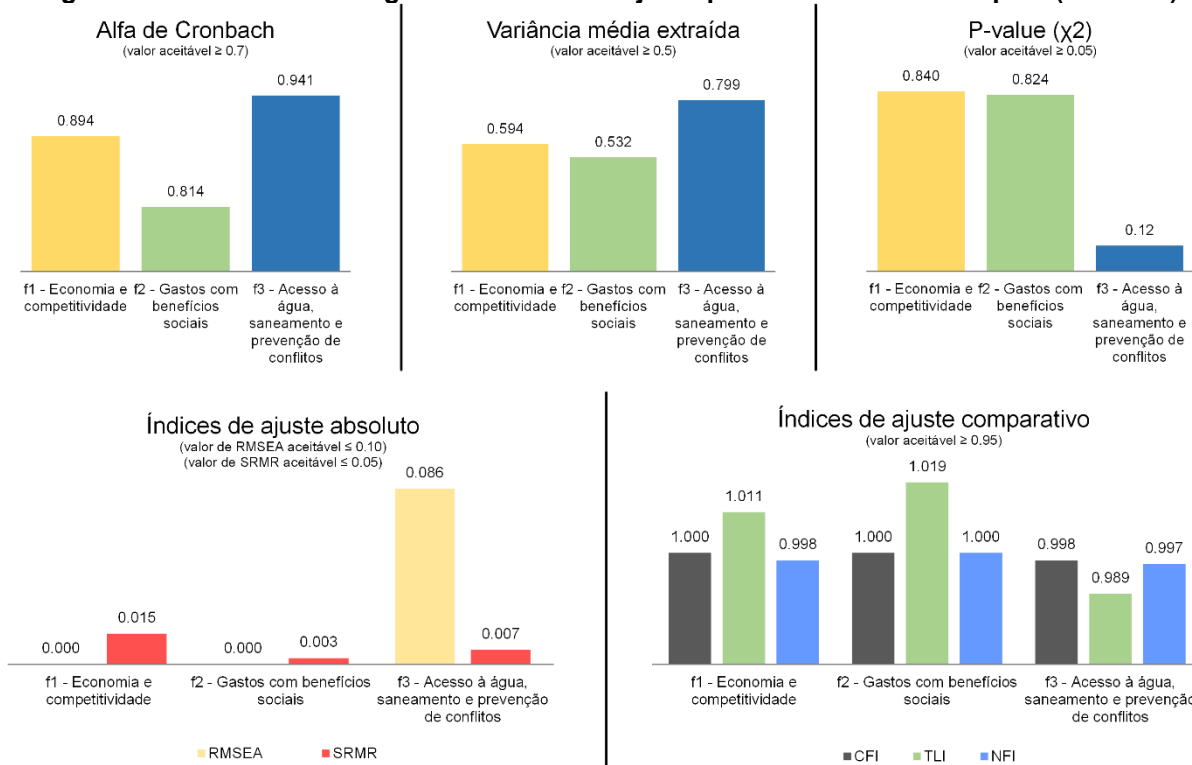
Como pode ser observado na Figura 21, por meio do Alfa de Cronbach, os três fatores apresentaram boa consistência interna, com valores acima de 0,80, apontando que os indicadores possuem uma correlação consistente com os respectivos fatores. Quanto à validade convergente, também foi constatado um bom desempenho por meio das cargas fatoriais (todas acima de 0,5) e com AVE acima de 0,5 para os três fatores. Em relação aos índices de ajuste, os fatores com as hipóteses do Grupo 1 apresentaram bons índices absolutos, sendo aceita a hipótese nula do Teste Qui-quadrado, RMSEA abaixo de 0,10 e SRMR abaixo de 0,5, indicando um bom ajuste. Também foram observados resultados consistentes para os índices incrementais, com os índices CFI, TLI e NFI, apresentando valores acima de 0,95, indicando um bom ajuste em comparação com o modelo nulo. A partir destes resultados, foi possível validar os três fatores definidos no modelo com as hipóteses do Grupo 1, o que também possibilitou uma identificação mais clara das dimensões sociais. Assim, os fatores também foram renomeados como "f1 Economia e competitividade", "f2 Gastos com benefícios sociais" e "f3 Acesso à água, saneamento e prevenção de conflitos".

Para a validade discriminante, analisada a partir dos resultados do PLS-SEM, foram verificadas as cargas cruzadas e aplicado o critério de Fornell-Larcker (Tabela A8 do Apêndice A). Assim, não foram identificados casos de indicadores apresentando uma carga fatorial maior com um fator diferente do definido nas hipóteses. Para o critério de Fornell-Larcker, a raiz dos AVE de todos os fatores foram maiores do as correlações entre estes.

Para o modelo com as hipóteses do Grupo 2, mesmo após a remoção de indicadores e retestes, não foi obtido um bom ajuste para os fatores f6, f7 e f8, os quais não apresentaram um bom desempenho nos índices de ajuste absoluto (teste Qui-quadrado, RMSEA e SRMR). Somente o fator "f5 Renda e Competitividade" foi validado, apresentando uma validade convergente consistente, com cargas fatoriais superiores a 0,6 para todos os indicadores, alfa de Cronbach 0,87 e AVE de 0,65. Adicionalmente, o fator f5 apresentou um bom resultado nos índices de ajuste, sendo aceita a hipótese nula do teste Qui-quadrado, RMSEA de 0,04; SRMR de 0,006, CFI

0,99, TLI 0,99. Assim, as hipóteses H4 a H7 foram rejeitadas devido aos fatores não serem validados, impossibilitando o desenvolvimento de um modelo estrutural baseado nestas hipóteses.

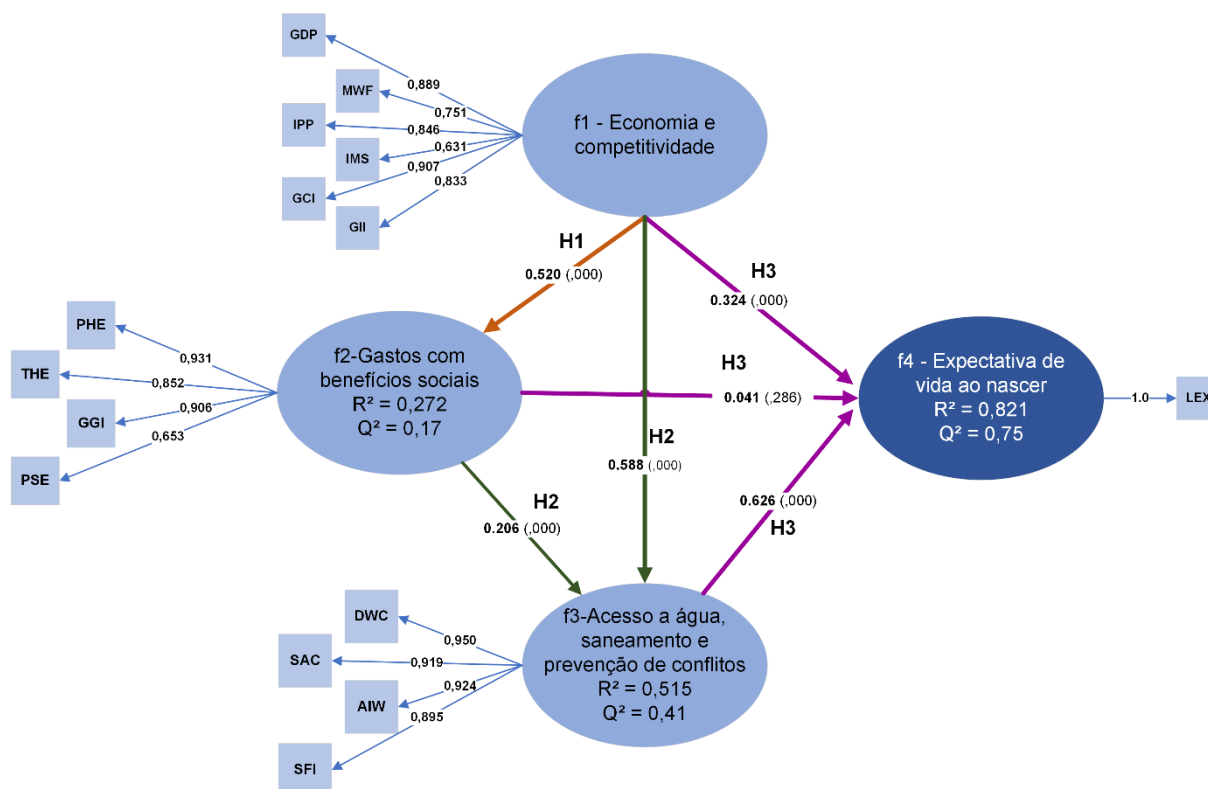
**Figura 21 - Validade convergente e índices de ajuste para os fatores do Grupo 1 (CB-SEM)**



**Nota: Maiores detalhes como a significância e os valores do teste Qui-quadrado estão disponíveis na Tabela A7 do Apêndice A.**

**Fonte: Autoria própria**

Figura 22 - Modelo estrutural com os fatores validados (PLS-SEM)



**Nota 1:** Nos coeficientes de caminho estão representados os efeitos diretos com o respectivo valor-p.

**Nota 2:** O sinal dos indicadores SFI e GII foram revertidos para que os fatores apresentassem apenas cargas positivas, seguindo o sentido dos demais indicadores de seus respectivos fatores.

**Nota 3:** Para as cargas fatoriais, caminhos e  $R^2$ , foi utilizada a média da validação por Bootstrap.

**Nota 4:** Maiores detalhes dos resultados do PLS-SEM como os testes de consistência interna, validade convergente, validade discriminante, efeitos totais e o modelo de regressão entre os fatores estão disponíveis na Tabela A8 do Apêndice A.

Fonte: Autoria própria.

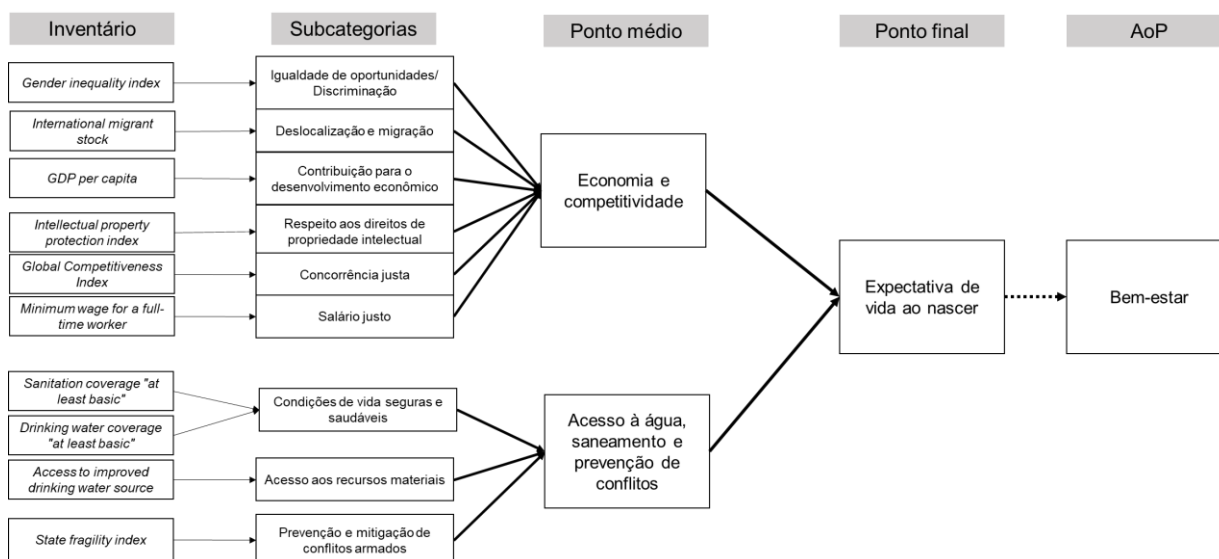
A partir dos resultados do modelo estrutural, obtidos por meio da técnica PLS-SEM (Figura 22), foi possível aceitar as hipóteses H1 e H2, e somente a hipótese H3 foi rejeitada. Para hipótese H1, foi observado um efeito direto considerável do fator f1 sobre o fator f2 (0,520) ( $R^2$  0,272), assim, constatou-se um efeito direto significativo partindo da economia e competitividade para os gastos com benefícios sociais. Para a hipótese H2, identificou-se um efeito direto considerável do fator f1 para o fator f3 (0,588) (efeito total de 0,694) e um efeito direto menor do fator f2 para o fator f3 (0,205) (efeito total 0,206); considerando as regressões do modelo estrutural (Tabela A8 – Apêndice A), ambas as relações foram significativas no nível 0,05, assim como um  $R^2$

de 0,515. Adicionalmente, não foram identificados problemas de colinearidade, sendo observados valores de VIF menores do que 2.

Em relação à hipótese H3, foram observados dois efeitos diretos relevantes do fator f1 (0,324) (efeito total de 0,779) e do fator f3 (0,625) (efeito total 0,626) para LEX, ambos significativos no nível 0,05. Para a relação do fator f2 com LEX, observou-se um efeito direto menor (0,040) (efeito total de 0,169) e não significativo no nível de 0,05. Nesta relação, também não foram identificados problemas de colinearidade, sendo observados valores de VIF menores do que 3. Assim, apesar de não ser identificado um efeito significativo de f2 sobre LEX, ainda se observou um  $R^2$  de 0,821 e  $Q^2$  de 0,75. Dessa forma, a hipótese H3 não pode ser aceita, uma vez que não foi totalmente atendida pelos resultados do modelo, com apenas os fatores f1 e f3 demonstrando uma relação direta e significativa com LEX.

A partir dos resultados do modelo estrutural, foi possível identificar duas vias de impacto, partindo de "Economia e competitividade" e "Acesso à água, saneamento e prevenção de conflitos" até o ponto final "Expectativa de vida ao nascer", conforme apresentado na Figura 23.

**Figura 23 - Vias de impacto identificadas**



- Legenda:**
- ➔ Relações quantificadas nesta pesquisa.
  - ➔➔ Relação baseada na literatura.

Fonte: Autoria própria

Como nos trabalhos de Norris (2006) e Feschet *et al.* (2013), foi possível identificar uma via de impacto ligando o desempenho da economia com o LEX.

Adicionalmente, além da relação entre PIB e LEX (curva de Preston), foi identificada uma correlação entre uma dimensão socioeconômica com LEX, composta de indicadores que representam as subcategorias ligadas a parte interessada trabalhador, tais como Salário Justo e Igualdade de Oportunidades; concorrência Justa e Respeito aos direitos de propriedade intelectual (Atores da Cadeia de Valor), juntamente com indicadores das subcategorias Deslocalização e migração (comunidade local) e contribuição para o desenvolvimento econômico (sociedade).

Outra via de impacto também foi identificada, relacionando o acesso à água, saneamento e prevenção de conflitos com o LEX. Um resultado semelhante ao observado no estudo de Wu *et al.* (2015), no qual foi apresentada uma via de impacto baseada no acesso à saúde (população com acesso à água e saneamento) com efeitos sobre a saúde, representado pelo LEX.

Ademais, é importante destacar que o fator "Gastos com benefícios sociais" não apresentou uma relação direta significativa com o LEX, o que pode indicar que o efeito dos gastos com saúde sobre a LEX não ocorre ao mesmo tempo, mas ao longo dos anos, uma vez que esta análise foi realizada com dados de um único ano, não é possível se observar este efeito de maneira clara.

#### 4.3.4. Modelo de caracterização

O modelo de caracterização para o método SMiLe foi obtido a partir dos scores do PLS-SEM para cada fator e cada país (valor padronizado da combinação linear de indicadores utilizados para a mensuração do fator). Para a estimativa deste score, são utilizados os pesos de cada indicador com o respectivo fator, o qual multiplicado pelo valor padronizado de cada indicador (z-score).

Para obtenção do modelo preditivo final, foi realizada uma nova estimação do modelo estrutural PLS-SEM sem o fator f2 (que não apresentou uma relação direta significativa com LEX), sendo mantidos apenas os fatores f1 e f3 (os resultados são apresentados na Tabela A9 do Apêndice A). Assim, por meio do modelo estrutural reestimado, foram estabelecidas as equações 4 e 5, que apresentam os coeficientes de cada indicador (pesos) com o respectivo fator, possibilitando estimar o score de cada fator por país.

## Equação 4

$$\widehat{F1} = 0,207GDP + 0,144MWF + 0,190IPP + 0,134IMS + 0,263GCI + 0,266GII$$

Onde:

$\widehat{F1}$  – Score estimado para o fator f1 – Economia e competitividade para o país i

GDP – Valor padronizado de *Gross Domestic Product per capita* (PPP) para o país i

MWF - Valor padronizado de *Minimum wage for a full-time worker* para o país i

IPP - Valor padronizado de *Intellectual property protection* para o país i

IMS - Valor padronizado de *International migrant stock* para o país i

GCI - Valor padronizado de *Global Competitiveness Index* para o país i

GII - Valor padronizado de *Gender Inequality Index* para o país i

## Equação 5

$$\widehat{F3} = 0,269DWC + 0,291SAC + 0,247AIW + 0,279SFI$$

Onde:

$\widehat{F3}$  – Score estimado para o fator f3 – Acesso à água, saneamento, e prevenção de conflitos para o país i

DWC - Valor padronizado de *Drinking water coverage* para o país i

SAC - Valor padronizado de *Sanitation coverage* para o país i

AIW - Valor padronizado de *access to improved drinking water source* para o país i

SFI - Valor padronizado de *State fragility index* para o país i

Então, aplicando-se os scores estimados para os fatores f1 e f3 na equação 6, é possível estimar o valor padronizado de LEX para cada país, por meio dos pesos da regressão entre os fatores e o LEX.

Equação 6

$$\widehat{LEX} = -3,68 \times 10^{-17} + 0,34\widehat{F1} + 0,64\widehat{F3} + \varepsilon_i$$

Onde:

$\widehat{LEX}$  – Expectativa de vida (estimada)

Constante ( $\alpha$ ) – Intercepto

$\widehat{F1}$  – Score estimado para o fator f1 – Economia e competitividade para o país i

$\widehat{F3}$  – Score estimado para o fator f3 – Acesso à água, saneamento, e prevenção de conflitos para o país i

$\varepsilon_i$  – Erro de estimação do modelo

Para ilustrar como o cálculo pode ser realizado, é apresentado um exemplo estimando o LEX para o Brasil, utilizando as equações 4, 5 e 6. Na Tabela 13 são apresentados os indicadores para o Brasil e seus respectivos valores padronizados.

**Tabela 13 - Dados do Brasil para a estimativa dos fatores f1 e f3 e LEX**

Indicador	Unidade	Valor original	Média	Desvio padrão	Valor padronizado (z score)
GDP ( <i>GDP per capita</i> , PPP) (WORLD BANK, 2019b)	US\$/ PPP	15662,25	21019,66	22416,05	-0,238998842
MWF ( <i>Minimum wage for a full-time worker</i> ) (WORLD BANK, 2019a)	US\$/ mês	348,9	555,37	823,46	-0,250734705
IPP ( <i>Intellectual property protection</i> ) (WEF, 2018b)	Score	4,052695	4,1477	1,0066	-0,09438507
IMS ( <i>International migrant stock as a percentage of the total population</i> ) (UN, 2019)	%	0,3479	9,58372	14,4934	-0,637243159
GCI ( <i>Global Competitiveness Index</i> ) (WEF, 2018a)	índice	4,056	4,1607	0,6694	-0,156408724
GII ( <i>Gender inequality index</i> ) (UNDP, 2019)	índice	- 0,41	- 0,364	0,1888	-0,243644068
DWC ( <i>Drinking water coverage "at least basic"</i> ) (WHO, 2019a)	%	97,2331	85,8658	17,8015	0,638558548
SAC ( <i>Sanitation coverage "at least basic"</i> ) (WHO, 2019a)	%	85,342	72,8901	29,4045	0,423469197
AIW ( <i>Access to improved drinking water source</i> ) (FAO, 2019)	%	97,5	88,0672	15,1313	0,623396536
SFI ( <i>State fragility index</i> ) (CSP, 2019)	índice	- 6	- 7,6878	5,6222	0,3002066
LEX ( <i>Life Expectancy at birth</i> ) (WORLD BANK, 2018)	Anos	75,72	72,3034	7,5147	0,4546503

**Nota 1: O sinal dos indicadores SFI e GII foram revertidos para que os fatores apresentassem apenas cargas positivas, de modo a seguir os demais indicadores dos respectivos fatores**

**Nota 2: Valores de média e desvio padrão após a imputação de dados**

**Fonte: Autoria própria**

Aplicando-se os valores padronizados dos indicadores para o Brasil nas Equações 4 e 5, é estimado um score de -0,2948 para o fator f1 e um score de 0,5327 para o fator f3. Então, utilizando estes scores na equação 6, se obtém um score de 0,2430 para o LEX, representando uma expectativa de vida ao nascer de 74,12 anos, após reversão da padronização. Como é possível observar, a estimativa não é exata, pois o LEX observado foi de 75,72 anos, enquanto a estimativa foi de 74,12 anos.

Adicionalmente, foi avaliado o desempenho preditivo do modelo a partir da predição *in-sample*, ou seja, utilizando o mesmo conjunto de dados da estimativa dos parâmetros do modelo para a predição, como no exemplo anterior. Assim, utilizando as equações 1, 2 e 3, foi predito o LEX potencial para os 189 países da amostra. Neste aspecto, foi avaliado o erro de predição por meio do RMSE (*Root Mean Square Error*) e do MAE (*Mean Absolute Error*), os quais foram 3,20 e 2,44, respectivamente.

No contexto do ciclo de vida, o método pode ser aplicado para estimação do potencial LEX da população de setores (como os trabalhadores) que fazem parte do



ciclo de vida de um produto em um determinado país. Neste sentido, é possível comparar esta estimativa com um caso de referência (*target*), por exemplo o LEX de um país, como apresentado na Equação 7.

Equação 7

$$\Delta LEX_{Si} = LEX_{Ci} - LEX_{Si}$$

Onde:

$\Delta LEX_{Si}$  – Diferença entre o LEX observado para o país i e o LEX estimado para o setor i

$LEX_{Ci}$  - LEX para o país i

$LEX_{Si}$  – Potencial LEX estimado para o setor i

O  $\Delta LEX_{Si}$  é utilizado para calcular a variação total de anos de vida ( $TLEX_{Si}$ ) para cada setor em relação à produção, obtido por meio da equação 8.

Equação 8

$$TLEX_{Si} = \Delta LEX_{Si} * AM_{Si}$$

Onde:

$TLEX_{Si}$  - Variação total em anos de vida para o setor i

$\Delta LEX_{Si}$  – Diferença entre o LEX estimado para o setor i e o LEX observado para o País i

$AM_{Si}$  – Produção no setor i utilizada para a produção do produto n (em unidade física ou monetária)

Por fim, o TLEX para o ciclo de vida é calculado, considerando a produção total (equação 9) obtendo-se assim a variação de anos de vida para cada unidade produzida no ciclo de vida de um determinado produto.

## Equação 9

$$TLEX_n = \frac{\Sigma TLEX_{Si}}{AM_n}$$

Onde:

TLEX<sub>n</sub> - Variação de anos de vida para cada unidade produzida no ciclo de vida do produto n

ΣTLEX<sub>Si</sub> – Somatório da variação total dos anos de vida para os setores no ciclo de vida do produto n

AM<sub>n</sub> – Produção total do produto n (em unidade física ou monetária)

Aplicando o método em um exemplo hipotético simplificado, se assume o ciclo de vida de um produto Z, com uma produção de 2000 kg, exigindo fluxos intermediários de apenas dois setores X e Y, localizados no Brasil, exigindo respectivamente 1000 kg e 1400 kg de produtos desses setores (neste exemplo também poderiam ser utilizados os valores monetários ao invés da massa). Utilizando as equações 1, 2 e 3 e os indicadores para cada setor (uma vez que, em geral, os indicadores utilizados neste modelo estão disponíveis apenas no nível país/ setor), se supõe que um LEX de 70 anos foi estimado para o setor X e 72 anos para o setor Y.

Em seguida, utilizando como caso de referência o LEX observado para o Brasil em 2018 (75,72 anos), calcula-se ΔLEX<sub>Si</sub> (equação 7), que é respectivamente 5,72 para o setor X e 3,72 para o setor Y. Por meio da equação 8, se obtém a variação total de anos de vida (TLEX<sub>Si</sub>) para cada setor referente à produção, neste exemplo, 5.720 para o setor X e 5.208 para o setor Y. A partir do TLEX<sub>Si</sub> para cada setor, a produção total do produto Z e utilizando-se a equação 9, a variação do LEX para todo o ciclo de vida (TLEX<sub>n</sub>) é calculada por unidade do produto Z, neste caso, 5,4 anos por kg.

Esta abordagem pode ser empregada para comparação de cenários com diferentes condições sociais e como elas afetam a variação potencial na expectativa de vida. Também é importante observar que este método foi desenvolvido para estimar os potenciais impactos por país ou setor, dependendo da disponibilidade de dados. Assim, são necessários avanços para a estimativa no nível do produto ou da organização.

#### 4.4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, foi possível concluir que o uso das técnicas de análise multivariada apoiou o desenvolvimento do método SMiLe, especialmente na identificação e validação de vias de impacto e mensuração de seus efeitos. Por meio da técnica PLS-SEM, foram desenvolvidos fatores de caracterização para ACV-S para a categoria de ponto final saúde humana, representada pelo indicador expectativa de vida ao nascer, relacionada com a Área de Proteção Bem-estar Humano.

A partir da análise de 21 indicadores socioeconômicos, relacionados a 15 subcategorias, e por meio da análise fatorial exploratória, foi possível identificar três dimensões socioeconômicas (fatores), a saber "Economia e competitividade", "Gastos com benefícios sociais" e "Acesso à água, saneamento e prevenção de conflitos".

Assim, mediante o uso do CB-SEM e do PLS-SEM, foi possível validar e confirmar a existência de duas vias de impacto, "Economia e competitividade" e "Acesso à água, saneamento e prevenção de conflitos". Embora a existência de uma correlação entre o desempenho econômico e competitividade com a saúde corrobore com outras publicações em ACV-S, foi identificada outra via de impacto relacionada à saúde, representando os efeitos do acesso a recursos materiais, tais como água e saneamento e prevenção de conflitos. Outro resultando importante do método SMiLe foi o uso do PLS-SEM, possibilitando a inclusão de múltiplos indicadores de subcategoria resultando em múltiplas vias de impacto para a ACV-S.

As principais dificuldades para o uso deste método estão relacionadas à disponibilidade de dados, devido à falta de dados genéricos em nível de país para diversas subcategorias. Este é especialmente o caso da parte interessada consumidor, uma vez que os dados são limitados às bases de dados internacionais, geralmente restritos a cada país quando existem. Dessa forma, a falta de dados foi muito comum, reduzindo não apenas a quantidade de subcategorias, mas também o número de países utilizados no desenvolvimento do método.

Este cenário pode ser considerado um obstáculo ao desenvolvimento de novos métodos de AICV-S baseados em um contexto global, uma vez que não foi possível a inclusão de muitas subcategorias. Os indicadores que não foram validados poderiam ser conectados a outras áreas de proteção e categorias de dano, tais como a felicidade. Adicionalmente, a aplicação em estudos de caso pode ajudar a

compreender melhor o poder preditivo do modelo, utilizando-se dados fora da amostra (*out-of-sample*).

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, J. B. de; UGAYA, C. Áreas de proteção e cadeia de causa-efeito: uma revisão sobre a AICV-S. *In: I WORKSHOP DE ACV DA UFABC: VISÃO SOCIAL, AMBIENTAL E ECONÔMICA*, 2017. **I Workshop de ACV da UFABC: Visão Social, Ambiental e Econômica**. 2017.

ARAUJO, J. B. de; UGAYA, C. M. L. Development of S-LCIA models: a review of multivariate data analysis methods. *In: 6TH SOCIAL LCA CONFERENCE*, 2018, Pescara (Italy). **Social LCA People and Places for Partnership**. Pescara (Italy): FruitTrop, 2018. p. 67–71. Disponível em: [www.fruitrop.com/content/download/44031/.../file/Thema%204%20taille%20mini.pdf](http://www.fruitrop.com/content/download/44031/.../file/Thema%204%20taille%20mini.pdf)

BARALDI, A. N.; ENDERS, C. K. An introduction to modern missing data analyses. **Journal of School Psychology**, v. 48, n. 1, p. 5–37, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2009.10.001>

BAUMANN, H. *et al.* Does the Production of an Airbag Injure more People than the Airbag Saves in Traffic? **Journal of Industrial Ecology**, v. 17, n. 4, p. 517–527, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jiec.12016>

BOCOUM, I.; MACOMBE, C.; REVÉRET, J.-P. Anticipating impacts on health based on changes in income inequality caused by life cycles. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 3, p. 405–417, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0835-x>

BRENT, A.; LABUSCHAGNE, C. Social Indicators for Sustainable Project and Technology Life Cycle Management in the Process Industry. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 11, n. 1, p. 3–15, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1065/lca2006.01.233>

BROWN, T. A. **Confirmatory factor analysis for applied research**. [S. l.]: Guilford Publications, 2014.

BTI PROJECT. **BTI 2018 - Transformation Index**. 2019. Disponível em: <https://www.bti-project.org/en/meta/downloads.html>. Acesso em: 15 jul. 2021.

BYRNE, B. M. **Structural equation modeling with EQS: Basic concepts, applications, and programming**. Routledge, 2013.

CANNING, D. Progress in Health around the World. **The Journal of Development Studies**, v. 48, n. 12, p. 1784–1798, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00220388.2012.663907>

CHANG, Y.-J. *et al.* Application Options of the Sustainable Child Development Index (SCDI)-Assessing the Status of Sustainable Development and Establishing Social

Impact Pathways. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 7, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph15071391>

CHHIPI-SHRESTHA, G. K.; HEWAGE, K.; SADIQ, R. 'Socializing' sustainability: a critical review on current development status of social life cycle impact assessment method. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 17, n. 3, p. 579–596, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10098-014-0841-5>

CIROTH, A.; EISFELDT, F. **PSILCA –A Product Social Impact Life Cycle Assessment database. Database version 2.1**. 2017. Disponível em: [https://www.openlca.org/wp-content/uploads/2017/12/PSILCA\\_documentation\\_update\\_PSILCA\\_v2\\_final.pdf](https://www.openlca.org/wp-content/uploads/2017/12/PSILCA_documentation_update_PSILCA_v2_final.pdf)

COSTELLO, A. B.; OSBORNE, J. W. Best practices in exploratory factor analysis: Four recommendations for getting the most from your analysis. **Practical assessment, research & evaluation**, v. 10, n. 7, p. 1–9, 2005.

CSP. **INSCR Data Page**. 2019. Disponível em: <http://www.systemicpeace.org/inscrdata.html>. Acesso em: 15 jul. 2021.

DREYER, L.; HAUSCHILD, M.; SCHIERBECK, J. A Framework for Social Life Cycle Impact Assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 11, n. 2, p. 88–97, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1065/lca2005.08.223>

FABRIGAR, L. R.; WEGENER, D. T. **Exploratory factor analysis**. Oxford University Press, 2011.

FAO. **AQUASTAT database**. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/aquastat/statistics/query/index.html;jsessionid=BA8AD82C45F296D555581FE3ED82F47F>. Acesso em: 15 jul. 2021.

FESCHET, P. *et al.* Social impact assessment in LCA using the Preston pathway. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 2, p. 490–503, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0490-z>

GRAHAM, J. W. Missing data analysis: Making it work in the real world. **Annual review of psychology**, v. 60, p. 549–576, 2009.

HAIR, J. F. (org.). **A primer on partial least squares structural equations modeling (PLS-SEM)**. Los Angeles: SAGE, 2014a.

HAIR, J. F. (org.). **Multivariate data analysis**. 7. ed., Pearson new internat. eded. Harlow: Pearson, 2014b. (Pearson custom library).

HAIR, J. F.; RINGLE, C. M.; SARSTEDT, M. PLS-SEM: Indeed a Silver Bullet. **Journal of Marketing Theory and Practice**, v. 19, n. 2, p. 139–152, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.2753/MTP1069-6679190202>

HANNOUF, M. B. *et al.* Cause-effect chains in S-LCA based on DPSIR framework using Markov healthcare model: an application to “working hours” in Canada. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01900-6>. Acesso em: 8 abr. 2021.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. **Bulk download facility – ILOSTAT**. 2019. Disponível em: <https://ilostat.ilo.org/data/bulk/>. Acesso em: 15 jul. 2021.

IOFRIDA, N. *et al.* Psychosocial risk factors' impact pathway for social life cycle assessment: an application to citrus life cycles in South Italy. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, p. 1–14, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1482-4>

JØRGENSEN, A.; LAI, L. C. H.; HAUSCHILD, M. Z. Assessing the validity of impact pathways for child labour and well-being in social life cycle assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 15, n. 1, p. 5, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-009-0131-3>

JUCHEN, R. T.; UGAYA, C. M. L. Base de dados genéricos para avaliação social de produtos e organizações. *In*: XXII SICITE, 2017, Londrina - Paraná. **Anais [...]**. Londrina – Paraná. 2017.

KENNY, D. A. **Correlation and Causality**. New York: Wiley, 1979.

LARNTZ, K.; PERLMAN, M. D. A simple test for the equality of correlation matrices. **Rapport technique, Department of Statistics, University of Washington**, v. 141, 1985.

LITTLE, R. J. Missing-data adjustments in large surveys. **Journal of Business & Economic Statistics**, v. 6, n. 3, p. 287–296, 1988.

NEUGEBAUER, S. *et al.* Calculation of Fair wage potentials along products' life cycle – Introduction of a new midpoint impact category for social life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 1221–1232, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.172>

NEUGEBAUER, S. *et al.* Impact Pathways to Address Social Well-Being and Social Justice in SLCA—Fair Wage and Level of Education. **Sustainability**, v. 6, n. 8, p. 4839–4857, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su6084839>

NORRIS, G. A. Social Impacts in Product Life Cycles - Towards Life Cycle Attribute Assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 11, n. 1, p. 97–104, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1065/lca2006.04.017>

ONU. **Member States | United Nations**. 2018. Disponível em: <https://www.un.org/about-us/member-states>. Acesso em: 15 ago. 2021.

REITINGER, C. *et al.* A conceptual framework for impact assessment within SLCA. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 16, n. 4, p. 380–388, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-011-0265-y>

SCHAUBROECK, T.; RUGANI, B. A Revision of What Life Cycle Sustainability Assessment Should Entail: Towards Modeling the Net Impact on Human Well-Being. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, n. 6, p. 1464–1477, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jiec.12653>

SHDB. **Social Hotspot Database - SHDB**. 2018. Disponível em: <https://www.socialhotspot.org/>. Acesso em: 19 nov. 2018.

SOLTANPOUR, Y.; PERI, I.; TEMRI, L. Area of protection in S-LCA: human well-being or societal quality. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 24, n. 11, p. 2073–2087, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01620-y>

SUREAU, S.; NEUGEBAUER, S.; ACHTEN, W. M. J. Different paths in social life cycle impact assessment (S-LCIA)—a classification of type II impact pathway approaches. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 25, n. 2, p. 382–393, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01693-9>

TABACHNICK, B. G.; FIDELL, L. S. **Using multivariate statistics**. Pearson new international edition, sixth editioned. Harlow: Pearson, 2014. (Always learning).

THOMPSON, B. **Exploratory and confirmatory factor analysis: Understanding concepts and applications**. American Psychological Association, 2004.

TRANSPARENCY INTERNATIONAL. **Corruption Perceptions Index 2018**. 2019. Disponível em: <https://www.transparency.org/cpi2018>. Acesso em: 15 jul. 2021.

UDO DE HAES, H. *et al.* **Life cycle impact assessment: Striving towards best practice**. Pensacola FL, USA: SETAC, 2002.

UN, U. N. **Human Development Report 1990**. New York: Oxford University Press, 1991. *E-book*.

UNDP. **Human Development Reports**. 2019. Disponível em: <http://hdr.undp.org/en/indicators/68606#>. Acesso em: 15 jul. 2021.

UNEP. **Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organizations 2020**. Paris: Benoît Norris, C., Traverso, M., Neugebauer, S., Ekener, E., Schaubroeck, T., Russo Garrido, S., Berger, M., Valdivia, S., Lehmann, A., Finkbeiner, M., Arcese, G., 2020.

UNEP; SETAC. **Guidelines for social life cycle assessment of products**. Paris: United Nations Environment Program SETAC Life Cycle Initiative United Nations Environment Programme, 2009.

UNEP/SETAC. **The Methodological Sheets for Subcategories in Social Life Cycle Assessment (S-LCA)**. Paris: United Nations Environment Program SETAC Life Cycle Initiative United Nations Environment Programme, 2013.

UNITED NATIONS. **United Nations Population Division | Department of Economic and Social Affairs**. 2019. Disponível em: <https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/data/estimates2/estimates17.asp>. Acesso em: 21 out. 2018.

VISION OF HUMANITY. **Global Peace Index**. 2019. Disponível em: <https://www.visionofhumanity.org/maps/#/>. Acesso em: 15 jul. 2021.

WEF. **Global Competitiveness Index 2017-2018**. 2019. Disponível em: <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-index-2017-2018/competitiveness-rankings/#series=EOSQ049>. Acesso em: 15 jul. 2021.

WEF. **Global Competitiveness Index. World Economic Forum.** 2018a. Disponível em: <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2015-2016/downloads/>. Acesso em: 15 jul. 2021.

WEF. **Intellectual property protection. World Economic Forum.** 2018b. Disponível em: <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2015-2016/downloads/>. Acesso em: 15 jul. 2021.

WEIDEMA, B. P. The Integration of Economic and Social Aspects in Life Cycle Impact Assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 11, n. 1, p. 89–96, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1065/lca2006.04.016>

WHO; UNICEF. **Home | JMP.** 2019. Disponível em: <https://washdata.org/data>. Acesso em: 15 jul. 2021.

WHO. **Global health estimates: Leading causes of DALYs.** 2019b. Disponível em: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/global-health-estimates-leading-causes-of-dalys>. Acesso em: 15 jul. 2021.

WORLD BANK. **Doing Business Data.** 2019a. Disponível em: <https://www.doingbusiness.org/en/reports/global-reports/doing-business-2018>. Acesso em: 15 jul. 2021.

WORLD BANK. **GDP per capita, PPP (current international \$) | Data.** 2019b. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.CD>. Acesso em: 15 jul. 2021.

WORLD BANK. **Life expectancy at birth, total (years) | Data.** 2018. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.LE00.IN?view=chart>. Acesso em: 15 jul. 2021.

WORLD BANK. **WGI 2019 Interactive > Home.** 2019c. Disponível em: <https://info.worldbank.org/governance/wgi/#home>. Acesso em: 15 jul. 2021.

WORLD BANK. **World Bank Open Data | Data.** 2019d. Disponível em: <https://data.worldbank.org/>. Acesso em: 19 out. 2018.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Global Gender Gap Report 2018.** 2019. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-global-gender-gap-report-2018/>. Acesso em: 15 jul. 2021.

WU, R.; YANG, D.; CHEN, J. Social Life Cycle Assessment Revisited. **Sustainability**, v. 6, n. 7, p. 4200–4226, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su6074200>

WU, S. R. *et al.* Causality in social life cycle impact assessment (SLCIA). **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 9, p. 1312–1323, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0915-6>



## CAPÍTULO V

## 5. DISCUSSÃO GERAL

O método desenvolvido nesta pesquisa teve como foco principal a identificação de potenciais vias de impacto a partir de correlações entre as subcategorias e seus efeitos sobre a categoria de ponto final saúde humana. Nesse sentido, o método SMiLe, assim como outras abordagens Tipo II (como Neugebauer *et al.* (2014) e Hannouf *et al.* (2021)), buscou o estabelecimento de conexões entre as subcategorias da ACV-S com as vias de impacto em uma cadeia de causa e efeito. Assim, apesar do objetivo similar a outros métodos já existentes, se observa uma significativa contribuição desta proposta para a avaliação de impacto em ACV-S, haja vista que as duas vias de impacto identificadas, incorporaram indicadores relacionados a 9 das 40 subcategorias da ACV-S (Figura 23, p. 122), bem como possibilitou a identificação de relações entre estes indicadores, o agrupamento em categorias de impacto (representadas pelos fatores), e um modelo quantitativo de caracterização, o qual permite a mensuração dos potenciais impactos no nível de categoria de dano.

Esta abrangência de subcategorias consideradas também é refletida na relação do método proposto com os ODS, uma vez foram abordadas questões relacionadas a cinco dos ODS. Nesse sentido, o método aborda diretamente questões sociais relacionadas ao ODS 3 (Boa saúde e bem-estar), uma vez que o bem-estar humano foi considerado como uma AoP e a saúde como categoria de dano. Além disso, o método também pode ser relacionado ao ODS 5 (Igualdade de Gênero), visto que incorpora indicadores relacionados a subcategoria “oportunidades iguais/discriminação”; ao ODS 6 (Água Potável e Saneamento), por meio das subcategorias “acesso a fontes materiais” e “condições de vida saudável e segura”, sendo considerados indicadores para o acesso a fontes de água potável; ao ODS 10 (Redução das Desigualdades), a partir da subcategoria “deslocalização e migração”; e ao ODS 16 (Paz, Justiça e Instituições Eficazes), sendo considerada no modelo a subcategoria “prevenção de conflitos armados”. Ainda assim, cabe destacar que o método pode ser aplicado para o desenvolvimento de novas vias de impacto com questões relacionadas a outros ODS e metas não abordadas nesta pesquisa (como as possibilidades indicadas na seção 2.3.2), a depender da disponibilidade de dados.

Em relação a aplicação das técnicas de análise multivariável (MAT) no contexto da AICV-S Tipo II, para o método SMiLe, foi realizada uma inédita análise exploratória de indicadores das subcategorias, utilizando a Análise Fatorial Exploratória (EFA). Como apresentado no Capítulo IV, os resultados desta análise (após a etapa de validação) serviram de base para a elaboração das vias de impacto e posteriormente do modelo de caracterização. Para validação das vias de impacto, o método proposto nesta tese seguiu uma abordagem similar a outros métodos Tipo II que utilizaram a Modelagem de Equações Estruturais (SEM) (WU *et al.*, 2015; CHANG *et al.*, 2018). Para o modelo de caracterização, os scores dos fatores e os coeficientes de caminho do PLS-SEM foram utilizados para a predição de potenciais impactos no ciclo de vida, expandindo as práticas adotadas pelos métodos que propuseram o uso das equações de regressão como modelo de caracterização (NORRIS, 2006; FESCHET *et al.*, 2013; BOCOUM; MACOMBE; REVÉRET, 2015), visto que o PLS-SEM possibilita a análise de múltiplas relações de dependência simultaneamente. Além disso, cabe destacar que as técnicas baseadas em SEM permitem a análise da incerteza relacionada as cargas fatoriais, aos pesos das variáveis e coeficientes de caminho, assim, por meio de reamostragem *bootstrap* foi possível a elaboração de intervalos de confiança para estes parâmetros.

Ainda acerca deste aspecto, apesar de sua grande utilidade para a elaboração de métodos de AICV-S (especialmente métodos quantitativos), existem limitações práticas para o uso das MAT. Neste sentido, como relatado no Capítulo IV, foram enfrentadas limitações principalmente em termos de disponibilidade de dados genéricos no nível de países, para a representação das subcategorias. Esta limitação foi refletida no número de subcategorias consideradas no método, haja vista que muitas subcategorias da parte interessada Trabalhador não puderam ser incluídas, bem como nenhuma das subcategorias da parte interessada Consumidor.

Esta situação pode ser atribuída especialmente a indisponibilidade de indicadores para algumas subcategorias e de consideráveis taxas de dados faltantes para muitos dos indicadores encontrados (como apresentados na Tabela A12 do Apêndice A), inviabilizando a obtenção de uma amostra de tamanho satisfatório e que pudesse ser utilizada para a elaboração do método. Esta indisponibilidade também acabou por inviabilizar a implementação de uma análise temporal, uma vez que muitos dos indicadores estavam disponíveis apenas para anos específicos, não sendo

analisado assim o *lag* temporal na cadeia de causa e efeito, uma prática recomendada por Ugaya *et al.* (2021) para os métodos de AICV-S Tipo II.

Em relação às duas vias de impacto identificadas no método SMiLe, foram obtidos resultados semelhantes a outros métodos Tipo II. Nesse sentido, como em Norris (2006) e Feschet *et al.* (2013), foi identificada uma via de impacto representado uma forte relação direta entre o desempenho econômico e a expectativa de vida da população. Este resultado também se assemelha ao método proposto por Wu *et al.* (2015), no entanto, os autores identificaram que este seria um efeito indireto, passando do desempenho econômico para os gastos com saúde, dos gastos com saúde para o acesso a saúde, e chegando assim aos resultados na saúde da população. A partir dos resultados obtidos nesta tese, não foi identificada uma relação direta significativa entre os gastos com benefícios sociais (incluindo os gastos com saúde) com a expectativa de vida, indicando que este poderia ser um efeito indireto, como constatado por Wu *et al.* (2015), ou até mesmo um efeito não imediato, que ocorre ao longo do tempo.

Acerca da segunda via de impacto, foi observada uma forte relação direta entre o acesso a recursos materiais e a prevenção de conflitos com a expectativa de vida. Uma via de impacto similar foi identificada por Wu *et al.* (2015), considerando o acesso à água potável e saneamento, juntamente com a taxa de imunização, como componentes da categoria de impacto “acesso à saúde”, no entanto, os autores não incluíram no modelo indicadores relacionados à subcategoria prevenção de conflitos armados, como realizado nesta tese.

Por fim, embora o método desenvolvido esteja pronto para a aplicação no nível de países, é necessária a aplicação e teste da abordagem em estudos de caso mais regionalizados (no nível de estados e municípios, ou setores e organizações), como forma de identificar possíveis limitações (além das constatadas nesta tese), bem como adaptações e aspectos a serem melhorados.

## REFERÊNCIAS

- BOCOUM, I.; MACOMBE, C.; REVÉRET, J.-P. Anticipating impacts on health based on changes in income inequality caused by life cycles. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 3, p. 405–417, 2015.
- CHANG, Y.-J. et al. Application Options of the Sustainable Child Development Index (SCDI)-Assessing the Status of Sustainable Development and Establishing Social Impact Pathways. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 7, 2018.
- FESCHET, P. et al. Social impact assessment in LCA using the Preston pathway. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 18, n. 2, p. 490–503, 2013.
- HANNOUF, Marwa B. et al. Cause-effect chains in S-LCA based on DPSIR framework using Markov healthcare model: an application to “working hours” in Canada. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01900-6>. Acesso em: 8 abr. 2021.
- NEUGEBAUER, S. et al. Impact Pathways to Address Social Well-Being and Social Justice in SLCA—Fair Wage and Level of Education. **Sustainability**, v. 6, n. 8, p. 4839–4857, 2014.
- NORRIS, G. A. Social Impacts in Product Life Cycles - Towards Life Cycle Attribute Assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 11, n. 1, p. 97–104, 2006.
- UGAYA, C. et al. What’s up and where to go in Social Life Cycle Impact Assessment Cause-Effect Model Development? **Journal of Cleaner Production**, n. Under review, 2021.
- WU, S. R. et al. Causality in social life cycle impact assessment (SLCIA). **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 9, p. 1312–1323, 2015.

## CAPÍTULO VI

## 6. CONCLUSÃO GERAL

O desenvolvimento de novos métodos de AICV-S baseados na abordagem causa e efeito ainda é um horizonte com grande potencial de desenvolvimento na ACV Social, visto que as raízes e as consequências de diversos impactos sociais ainda não são claros. Assim, ao longo desta tese, foram identificados e propostos caminhos que podem contribuir para o aperfeiçoamento desta abordagem.

Como exposto e discutido no Capítulo II, as cadeias de causa e efeito sociais possuem muitas conexões com os ODS, o que demonstra que a técnica está diretamente alinhada com o desenvolvimento sustentável em um nível global, porém, ainda próxima das organizações e do ciclo de vida de produtos. Essa relação evidencia a ACV-S como uma técnica para a identificação de pontos críticos e de melhoria social no ciclo de vida, contribuindo assim para o processo de tomada de decisão e para a produção e consumo sustentáveis do ponto de vista social. Adicionalmente, a relação dos métodos Tipo II com os ODS ainda pode ser expandida, visto que muitas metas podem ser incluídas nos métodos já existentes ou apoiarem o desenvolvimento de novos métodos, bem como utilizadas como referência para a definição das subcategorias adicionadas nas Diretrizes para ACV-S 2020.

Como analisado no Capítulo III, as técnicas de análise multivariada possuem potencial de aplicação como ferramenta para a elaboração das cadeias de causa e efeito e modelos de caracterização em ACV-S. Como constatado, principalmente as técnicas voltadas ao estabelecimento de relações de dependência, como a regressão múltipla e a modelagem de equações estruturais podem auxiliar na quantificação e compreensão dos efeitos que ocorrem ao longo das vias de impacto, ao passo que também podem contribuir para a obtenção de modelos de caracterização. Ademais, técnicas exploratórias como a EFA podem auxiliar na identificação de relações ainda não mapeadas, contribuindo assim para o desenvolvimento de novas vias de impacto.

Como apresentado no Capítulo IV, o uso das técnicas multivariadas (EFA e SEM) para a análise dos indicadores representando 15 subcategorias possibilitou a elaboração do método SMiLe. Dessa forma, foi confirmada a existência de duas vias de impacto, "Economia e competitividade" e "Acesso à água, saneamento e prevenção de conflitos", e seus efeitos sobre a expectativa de vida ao nascer, representando a categoria de dano "saúde humana". Além disso, por meio do PLS-SEM foi obtido um modelo de caracterização, que pode ser aplicado para a predição

de potenciais impactos sociais considerando diferentes contextos. Embora o método apresente limitações e necessite de avanços em termos de aplicabilidade no contexto específico, se observa um significativo potencial de melhoria e a possibilidade do uso deste método para elaboração de novas vias de impacto e modelos de caracterização.

Assim, a partir dos resultados obtidos, foi possível aceitar a hipótese levantada por esta tese, sendo possível a elaboração de um método de AICV-S baseado em múltiplas vias de impacto, representando as subcategorias, com um modelo de caracterização. O qual permitiu o estabelecimento de relações entre os indicadores de inventário, subcategorias e a AoP bem-estar, como forma de mensuração dos potenciais impactos sociais relacionados ao ciclo de vida de produtos, especificamente sobre a categoria de dano saúde humana.

Como principais limitações desta pesquisa, cabe destacar que a disponibilidade de indicadores para representação das subcategorias em nível de países, bem como as consideráveis taxas de dados faltantes nos indicadores coletados, acabou por limitar a abrangência do modelo, visto que cerca de 16 subcategorias não puderam ser incluídas na análise. Este também pode ser apontado como um aspecto limitante para aplicação de técnicas como a EFA e o SEM no contexto da ACV-S, em virtude de ambas demandarem amostras de tamanho considerável.

Como recomendações para pesquisas futuras, identificou-se que muitas metas dos ODS que tratam de questões dentro do escopo da ACV-S, podem servir de referência para o desenvolvimento de novos métodos do Tipo II ou até mesmo o aprimoramento dos métodos existentes, bem como servirem de base para a definição de algumas subcategorias.

Também é recomendada a aplicação das técnicas de análise multivariada para o desenvolvimento de novos métodos de AICV-S baseados na abordagem causa e efeito, como foi o caso do método proposto nesta tese e de outros métodos citados nesta pesquisa. Nesse sentido, se observa o potencial de uso destas técnicas para a validação empírica das vias de impacto, obtenção de modelos de caracterização e identificação de novas relações ainda não documentadas.

Recomenda-se o teste e aplicação do método SMiLe em estudos de caso, de modo a identificar as limitações práticas do método. Por fim, sugere-se também a aplicação da abordagem utilizada neste método para a identificação e validação



empírica de vias de impacto, tal como a obtenção de modelos de caracterização para as subcategorias e categorias de dano não abordadas nesta tese.

**APÊNDICE A – Material suplementar do Capítulo IV**

Tabela A1 - Estatísticas descritivas dos indicadores utilizados

(continua)

Subcategoria	Indicador	Unidade	Código	Período utilizado na análise fatorial exploratória (EFA)						Fonte	Qualidade dos dados (Matriz pedigree)
				Ano	Dados faltantes	Média	Desvio padrão	Coef. variação	Normalidade (Shapiro-wilk) (valor-p)		
Salário Justo	<i>Minimum wage for a full-time worker</i>	US\$/ mês	MWF	2017	21%	512,856	640,437	1,248	2,94e-16	World Bank (2019a)	(1; 5; 1; 1)
Oportunidades iguais/ Discriminação	<i>Gender inequality index</i>	Índice de 0 (igualdade perfeita) a 1 (completamente desigual).	GII	2017	21%	0,34694	0,190	0,546	0,0009755	UNDP (2019)	(1; 4; 1; 2)
	<i>Global gender gap index</i>	Índice de 0 (completa desigualdade) a 1 (plena igualdade).	GGI	2018	31%	0,700	0,058	0,083	0,7207***	World Economic Forum (2019)	(1; 5; 1; 2)
Benefícios sociais/ Seguridade social	<i>Public social protection expenditure [all functions] as a percent of GDP</i>	%	PSE	2010	30%	10,517	8,216	0,781	2,826e-09	International Labour Organization (2019)	(1; 5; 5; 1)
	<i>Public health expenditure as a percent of GDP</i>	%	PHE	2011	8%	4,134	2,522	0,610	1,97e-10	International Labour Organization (2019)	(1; 3; 5; 1)
	<i>Total health expenditure as a percent of GDP</i>	%	THE	2011	10%	6,904	3,074	0,445	7,795e-09	International Labour Organization (2019)	(1; 3; 5; 1)
Acesso a fontes materiais	<i>Access to improved drinking water source</i>	%	AIW	2015	15%	89,223	14,271	0,160	6,097e-15	FAO (2019)	(1; 4; 3; 3)
Acesso a fontes imateriais	<i>Freedom of expression score</i>	Score de 1 (liberdade de expressão é negada) a 10 (liberdade de expressão é garantida)	FES	2018	35%	5,522	2,334	0,423	0,0005533	BTI Project (2019)	(2; 5; 1; 1)
Deslocalização e migração	<i>International migrant stock as a percentage of the total population</i>	%	IMS	2017	9%	9,833	14,793	1,504	2,2e-16	UN (2019)	(1; 3; 2; 1)
Condições de vida saudável	<i>Sanitation coverage "at least basic"</i>	%	SAC	2015	8%	74,697	29,083	0,389	6,52e-14	WHO e UNICEF (2019)	(1; 3; 3; 3)
	<i>DALY estimates</i>	Anos	DAL	2016	14%	14229,132	51525,602	3,621	2,2e-16	WHO (2019b)	(1; 4; 2; 1)
	<i>Drinking water coverage "at least basic"</i>	%	DWC	2015	8%	86,514	17,676	0,204	3,334e-15	WHO e UNICEF (2019)	(1; 3; 3; 3)
Engajamento com a comunidade	<i>Transparency of government policymaking</i>	Score de 1 (impossível) a 7 (extremamente fácil).	TGP	2017-2018	35%	4,174	0,863	0,206	0,005835	WEF (2019)	(1; 5; 1; 1)
Emprego local	<i>Unemployment rate</i>	%	UNP	2018	9%	6,983	5,135	0,735	1,885e-10	International Labour Organization (2019)	(1; 3; 1; 1)
Condições de vida segura	<i>Global Peace Index</i>	Índice de 1 (maior paz) a 5 (menor paz)	GPI	2018	28%	2,049	0,482	0,235	4,197e-05	Vision of Humanity (2019)	(2; 5; 1; 2)

Contribuição para o desenvolvimento econômico	<i>GDP per capita, PPP</i>	US\$/ PPC	GDP	2018	19%	21115,356	23342,755	1,105	1,14e-13	World Bank (2019b)	(1; 4; 1; 1)
Prevenção e mitigação de conflitos armados	<i>State fragility index</i>	Índice de 1 (sem fragilidade) a 25 (extrema fragilidade).	SFI	2017	31%	8,538	5,530	0,647	5,782e-05	CSP (2019)	(1; 5; 2; 3)
Corrupção	<i>Corruption Perception Index</i>	Índice de 0 (altamente corrupto) a 100 (sem corrupção)	CPI	2018	35%	46,715	18,737	0,401	2,224e-06	Transparency International (2019)	(1; 5; 1; 1)
	<i>Control of Corruption Index - WGI</i>	Índice de -2,5 (governança fraca) a 2,5 (governança forte)	CCI	2017	7%	-0,0836	0,995	-11,894	4,885e-06	World Bank (2019c)	(1; 3; 2; 1)
Concorrência justa	<i>Global Competitiveness Index</i>	Índice de 1 (pior) a 7 (melhor)	GCI	2017-2018	35%	4,312	0,680	0,157	0,06206*	WEF (2018a)	(1; 5; 1; 1)
Respeito aos direitos de propriedade intelectual	<i>Intellectual property protection</i>	Score de 1 (de forma alguma) a 7 (em grande medida).	IPP	2017-2018	35%	4,319	0,960	0,222	8,931e-05	WEF (2018b)	(1; 5; 1; 1)

Nota: Níveis de significância para o teste de normalidade: \*\*\* 1%. \*\* 5%. \* 10%.

Subcategoria	Indicador	Unidade	Código	Período utilizado no CB SEM/ PLS SEM					Normalidade (Shapiro-wilk) (valor-p)	Fonte	Qualidade dos dados (Matriz pedigree)
				Ano	Dados faltantes	Média	Desvio padrão	Coef. variação			
Salário Justo	<i>Minimum wage for a full-time worker</i>	US\$/ mês	MWF	2018	22%	529,77	809,393	1,527	2.2e-16	World Bank (2019a)	(1; 5; 1; 1)
Oportunidades iguais/ Discriminação	<i>Gender inequality index</i>	Índice de 0 (igualdade perfeita) a 1 (completamente desigual).	GII	2016	20%	0,353	0,190	0,538	0.001071	UNDP (2019)	(1; 4; 1; 2)
	<i>Global gender gap index</i>	Índice de 0 (completa desigualdade) a 1 (plena igualdade).	GGI	2016	32%	0,698	0,055	0,079	0.4539***	World Economic Forum (2019)	(1; 5; 1; 2)
Benefícios sociais/ Seguridade social	<i>Public social protection expenditure [all functions] as a percent of GDP</i>	%	PSE	2009	30%	10,517	8,216	0,781	2.845e-08	International Labour Organization (2019)	(1; 5; 5; 1)
	<i>Public health expenditure as a percent of GDP</i>	%	PHE	2010	7%	4,113	2,499	0,608	4.976e-09	International Labour Organization (2019)	(1; 3; 5; 1)
	<i>Total health expenditure as a percent of GDP</i>	%	THE	2010	8%	6,845	2,876	0,420	2.357e-06	International Labour Organization (2019)	(1; 3; 5; 1)
Acesso a fontes materiais	<i>Access to improved drinking water source</i>	%	AIW	2012	13%	88,249	14,876	0,169	1.495e-14	FAO (2019)	(1; 4; 3; 3)
Acesso a fontes imateriais	<i>Freedom of expression score</i>	Score de 1 (liberdade de expressão é negada) a 10 (liberdade de expressão é garantida)	FES	2016	35%	5,655	2,267	0,240	0.0004633	BTI Project (2019)	(2; 5; 1; 1)
Deslocalização e migração	<i>International migrant stock as a percentage of the total population</i>	%	IMS	2015	9%	9,789	14,736	1,505	2.2e-16	UN (2019)	(1; 3; 2; 1)

Condições de vida saudável	<i>Sanitation coverage "at least basic"</i>	%	SAC	2014	8%	74,281	29,192	0,393	9.175e-14	WHO e UNICEF (2019)	(1; 3; 3; 3)
	<i>Drinking water coverage "at least basic"</i>	%	DWC	2014	8%	86,184	17,921	0,208	4.588e-15	WHO e UNICEF (2019)	(1; 3; 3; 3)
Engajamento com a comunidade	<i>Transparency of government policymaking</i>	Score de 1 (impossível) a 7 (extremamente fácil).	TGP	2016-2017	35%	4,255	0,838	0,197	0.01253	WEF (2019)	(1; 5; 1; 1)
Condições de vida segura	<i>Global Peace Index</i>	Índice de 1 (maior paz) a 5 (menor paz)	GPI	2017	28%	2,047	0,491	0,240	1.398e-05	Vision of Humanity (2019)	(2; 5; 1; 2)
Contribuição para o desenvolvimento econômico	<i>GDP per capita, PPP</i>	US\$/ PPC	GDP	2017	11%	20946,451	21944,304	1,048	1.156e-13	World Bank (2019b)	(1; 4; 1; 1)
Prevenção e mitigação de conflitos armados	<i>State fragility index</i>	Índice de 1 (sem fragilidade) a 25 (extrema fragilidade).	SFI	2016	31%	8,984	5,563	0,619	9.845e-05	CSP (2019)	(1; 5; 2; 3)
Corrupção	<i>Control of Corruption Index</i>	Índice de -2,5 (governança fraca) a 2,5 (governança forte)	CCI	2016	7%	-0,076	1.000	-13,155	3.327e-06	World Bank (2019c)	(1; 3; 2; 1)
Concorrência justa	<i>Global Competitiveness Index</i>	Índice de 1 (pior) a 7 (melhor)	GCI	2016-2017	35%	4,297	0,660	0,153	0.02022	WEF (2018)	(1; 5; 1; 1)
Respeito aos direitos de propriedade intelectual	<i>Intellectual property protection</i>	Score de 1 (de forma alguma) a 7 (em grande medida).	IPP	2016-2017	35%	4,324	0,984	0,227	4.108e-05	WEF (2018)	(1; 5; 1; 1)
Categoria de ponto final	<i>Life Expectancy at birth</i>	Anos	LEX	2017	9%	72,025	7,714	0,107	1.676e-05	World Bank (2018)	(1; 3; 1; NA)

**Nota: Níveis de significância para o teste de normalidade: \*\*\* 1%. \*\* 5%. \* 10%.**

Tabela A2 - Descrição dos indicadores utilizados

Parte Interessada	Subcategoria	Indicator	Acrônimo	Descrição	Fonte
Trabalhadores	Salário Justo	<i>Minimum wage for a full-time worker</i>	MWF	Indicador utilizado pela base de dados para ACV Social PSILCA. Salário mínimo médio (em US\$) pago aos trabalhadores em tempo integral por país.	World Bank (2019a)
		<i>Gender inequality index</i>	GII	Indicador utilizado pela base de dados para ACV Social SHDB. Indicador composto que reflete a desigualdade na conquista entre homens e mulheres em três dimensões: saúde, empoderamento e mercado de trabalho. Este indicador é mensurado em uma escala de 0 (igualdade perfeita) a 1 (completamente desigual). <i>Indicadores que fazem parte do índice:</i> Saúde: Taxa de mortalidade materna, taxa de natalidade em adolescentes; Empoderamento: população masculina e feminina com ao menos educação secundária, participação de homens e mulheres em cadeiras no parlamento. Mercado de trabalho: Participação de homens e mulheres na força de trabalho.	UNDP (2019)
	Oportunidades iguais/ Discriminação	<i>Global gender gap index</i>	GGI	Indicador utilizado pela base de dados para ACV Social SHDB. Indicador composto que avalia a paridade de gênero em quatro dimensões temáticas: Participação e Oportunidades Econômicas, Nível de instrução, Saúde e Sobrevivência e Empoderamento Político. Este indicador é mensurado em uma escala de 0 (completa desigualdade) a 1 (plena igualdade). <i>Indicadores que fazem parte do índice:</i> Participação e Oportunidade Econômicas: participação da força de trabalho feminina sobre a masculina, igualdade salarial entre mulheres e homens para trabalhos similares, renda feminina estimada sobre o valor masculino, mulheres legisladoras, oficiais superiores e gerentes. sobre o valor masculino, profissionais femininas e técnicas sobre valor masculino. Nível de instrução: taxa de alfabetização feminina sobre o valor masculino, taxa líquida de matrícula feminina primária sobre o valor masculino, taxa líquida de matrícula secundária feminina sobre o valor masculino, taxa bruta de matrícula feminina terciária sobre o valor masculino. Saúde e sobrevivência: Proporção de sexo ao nascer (convertida em proporção de mulheres sobre homens), esperança de vida saudável feminina sobre o valor masculino. Empoderamento político: as mulheres com assentos no parlamento acima do valor masculino, as mulheres a nível ministerial sobre o valor masculino, número de anos com uma chefe de estado feminina (últimos 50 anos) sobre o valor masculino.	World Economic Forum (2019)
		<i>Public social protection expenditure [all functions] as a percent of GDP</i>	PSE	Indicador utilizado pela base de dados para ACV Social PSILCA. Percentual do PIB gasto pelos governos com programas de proteção social. Obs.: Este indicador foi coletado por meio de uma API da Organização Internacional do Trabalho com o pacote r "Rilostat". Código do indicador SOC_PEXT_NOC_RT.	International Labour Organization (2019)
	Benefícios sociais/ Seguridade social	<i>Public health expenditure as a percent of GDP</i>	PHE	Percentual do PIB gasto pelos governos com saúde pública. Obs.: Este indicador foi coletado por meio de uma API da Organização Internacional do Trabalho com o pacote r "Rilostat". Código do indicador SOC_HEXU_NOC_RT.	International Labour Organization (2019)
		<i>Total health expenditure as a percent of GDP</i>	THE	Percentual do PIB gasto pelos setores público e privado com saúde. Obs.: Este indicador foi coletado por meio de uma API da Organização Internacional do Trabalho com o pacote r "Rilostat". Código do indicador SOC_HEXU_NOC_RT.	International Labour Organization (2019)

Parte Interessada	Subcategoria	Indicator	Acrônimo	Descrição	Fonte
	Acesso a fontes materiais	<i>Access to improved drinking water source</i>	AIW	Indicador utilizado pelas bases de dados para ACV Social SHDB e PSILCA. Percentual da população total que utiliza fontes de água aprimorada. Uma fonte "aprimorada" é aquela que provavelmente fornecerá água "segura", como uma conexão doméstica, um poço, etc.	FAO (2019)
	Acesso a fontes imateriais	<i>Freedom of expression score</i>	FES	<p>O <i>Freedom of expression score</i> é um dos indicadores que fazem parte do <i>Transformation Index</i> (BTI) calculado pela Fundação Bertelsmann Stiftung, relacionado ao critério <i>Political Participation</i>. Este score é representado por uma escala de 1 (A liberdade de expressão é negada) a 10 (A liberdade de expressão é garantida contra interferências ou restrições governamentais). O score é obtido a partir da avaliação de um painel de especialistas, considerando os seguintes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• se a constituição garante a liberdade de expressão, e se as leis foram aplicadas;</li> <li>• se indivíduos, organizações ou mídia foram assediados ou fisicamente ameaçados pelo Estado ou por grupos de interesse influentes e se ocorreram casos de agressão contra a mídia dissidente ou jornalistas;</li> <li>• se o Estado pratica a censura, ou se os jornalistas praticam a autocensura; se foram promulgados códigos penais, leis de segurança ou penalidades por difamação de oficiais do Estado para intimidação da opinião dissidente;</li> <li>• se a legislação sobre liberdade de informação estava em vigor e era eficaz;</li> <li>• se a estrutura do sistema de mídia prevê uma pluralidade de opiniões.</li> </ul>	BTI Project (2019)
Comunidade local	Deslocalização e migração	<i>International migrant stock as a percentage of the total population</i>	IMS	Indicador utilizado pela base de dados para ACV Social PSILCA. Percentual de pessoas nascidas em um país diferente daquele em que vivem, incluindo refugiados. Os dados utilizados para estimação do estoque internacional de migrantes em um determinado momento são obtidos principalmente a partir de censos populacionais. As estimativas são derivadas dos dados da população nascida no exterior - pessoas que residem em um país, mas nasceram em outro país.	UN (2019)
		<i>Sanitation coverage "at least basic"</i>	SAC	Indicador utilizado pela base de dados para ACV Social PSILCA. Percentual da população que utiliza ao menos serviços de saneamento básico, ou seja, instalações de saneamento que não são compartilhadas com outras famílias. Este indicador abrange tanto as pessoas que utilizam serviços de saneamento básico quanto as que usam serviços de saneamento gerenciado com segurança.	WHO e UNICEF (2019)
	Condições de vida saudável	<i>DALY estimates</i>	DAL	Indicador recomendado pelas Fichas metodológicas (UNEP e SETAC, 2013). Um DALY (anos de vida perdidos por incapacidade) pode ser considerado um ano perdido de vida "saudável". A soma desses DALYs na população, ou o ônus da doença, pode ser pensada como uma medida da lacuna entre o status atual de saúde e uma situação ideal de saúde em que toda a população vive até uma idade avançada, livre de doenças e incapacidades. O indicador é calculado a partir da soma dos indicadores "Anos de Vida Perdidos por Morte Prematura" (YLL), com os "Anos Perdidos Devido à Incapacidade" (YDL).	WHO (2019)
		<i>Drinking water coverage "at least basic"</i>	DWC	Indicador utilizado pela base de dados para ACV Social PSILCA. Percentual de pessoas que utilizam ao menos serviços básicos de água. Serviços básicos de água potável são definidos como água potável de uma fonte melhorada, desde que o tempo de coleta não seja superior a 30 minutos para uma viagem de ida e volta.	WHO e UNICEF (2019)

Parte Interessada	Subcategoria	Indicator	Acrônimo	Descrição	Fonte
	Engajamento com a comunidade	<i>Transparency of government policymaking</i>	TGP	Indicador coletado pelo World Economic Forum por meio da <i>Executive Opinion Survey</i> . Resposta à pergunta da pesquisa: Quão facilitado é para as empresas de seu país obterem informações sobre as mudanças nas políticas e regulamentos governamentais que afetam suas atividades? [1 = impossível; 7 = extremamente fácil].	WEF (2019)
	Emprego local	<i>Unemployment rate</i>	UNP	Indicador utilizado pela base de dados para ACV Social PSILCA. Número de desempregados como porcentagem da força de trabalho. Obs.: Este indicador foi coletado por meio de uma API da Organização Internacional do Trabalho com o pacote r "Rilostat". Código do indicador UNE_2EAP_NOC_RT_A	International Labour Organization (2019)
	Condições de vida segura	<i>Global Peace Index</i>	GPI	Indicador recomendado pelas Fichas metodológicas (UNEP e SETAC, 2013). O <i>Global Peace Index</i> compreende 23 indicadores de ausência de violência ou medo de violência. Todas as pontuações para cada indicador são normalizadas em uma escala de 1 a 5, na qual os indicadores qualitativos são agrupados em cinco agrupamentos e os quantitativos são pontuados de 1 a 5, até a terceira casa decimal. Este indicador é mensurado em uma escala de 1 (maior paz) a 5 (menor paz). <i>Indicadores utilizados:</i> <i>Level of Perceived Criminality in Society; Number of Internal Security Officers and Police per 100,000 People; Number of Homicides per 100,000 People; Number of Jailed Population per 100,000 People; Ease of Access to Small Arms and Light Weapons; Intensity of Organised Internal Conflict; Likelihood of Violent Demonstrations; Level of Violent Crime; Political Instability; Political Terror Scale; Volume of Transfers of Major Conventional Weapons, as recipient (imports) per 100,000 people; Impact of Terrorism; Number Of Deaths From Organised Internal Conflict; Number and Duration of Internal Conflicts; Military Expenditure as a Percentage of GDP; Number of Armed Services Personnel per 100,000 people; Financial Contribution to UN Peacekeeping Missions; Nuclear and Heavy Weapons Capabilities; Volume of Transfers of Major Conventional Weapons as Supplier (Exports) per 100,000 people; Number of Refugees and Internally Displaced People as a Percentage of the Population; Relations with Neighbouring Countries; Number, duration and role in external conflicts; Number Of Deaths From Organised External Conflict.</i>	Vision of Humanity (2019)
	Contribuição para o desenvolvimento econômico	<i>GDP per capita, PPP</i>	GDP	Apresenta valores per capita para o produto interno bruto (PIB) expressos em dólares internacionais atuais convertidos pelo fator de conversão de paridade do poder de compra (PPC).	World Bank (2019b)
Sociedade	Prevenção e mitigação de conflitos armados	<i>State fragility index</i>	SFI	Indicador utilizado pela base de dados para ACV Social SHDB. O <i>State Fragility Index</i> é calculado pelo <i>Center for Systemic Peace</i> , uma ONG sem fins lucrativos. O índice é mensurado em uma escala que vai de 0 (sem fragilidade) a 25 (extrema fragilidade). Este índice é calculado a partir da agregação dos scores de oito indicadores, codificados em escala categórica (1 a 5), representando as dimensões: Segurança, política, economia e social. Indicadores que fazem parte do índice: <i>Total residual war; State Repression; Regime/Governance Stability; Regime/Governance Inclusion; Gross Domestic Product per Capita; Share of Export Trade in Manufactured Goods; Human Capital Development; Human Capital Care.</i>	CSP (2019)



Parte Interessada	Subcategoria	Indicator	Acrônimo	Descrição	Fonte
		<i>Corruption Perception Index</i>	CPI	<p>Indicador utilizado pela base de dados para ACV Social SHDB.</p> <p>O <i>Corruption Perception Index</i> é calculado pela ONG <i>Transparency International</i>. O índice é mensurado em uma escala de 0 (altamente corrupto) a 100 (sem corrupção), sendo obtido a partir da padronização e agregação de indicadores relacionados a percepção de empresários e especialistas dos países sobre o nível de corrupção no setor público. Os indicadores são obtidos a partir de 13 fontes diferentes: <i>African Development Bank Country Policy and Institutional Assessment 2018; Bertelsmann Stiftung Sustainable Governance Indicators 2020; Bertelsmann Stiftung Transformation Index 2020; Economist Intelligence Unit Country Risk Service 2020; Freedom House Nations in Transit 2020; Global Insight Country Risk Ratings 2019; IMD World Competitiveness Center World Competitiveness Yearbook Executive Opinion Survey 2020; Political and Economic Risk Consultancy Asian Intelligence 2020; The PRS Group International Country Risk Guide 2020; World Bank Country Policy and Institutional Assessment 2019; World Economic Forum Executive Opinion Survey 2019; World Justice Project Rule of Law Index Expert Survey 2020; Varieties of Democracy (V-Dem v. 10) 202.</i></p>	Transparency (2019)
	Corrupção	<i>Control of Corruption Index - WGI</i>	CCI	<p>Indicador utilizado pela base de dados para ACV Social SHDB.</p> <p>O <i>Control of Corruption Index</i> é calculado pelo World Bank e faz parte <i>Worldwide Governance Indicators (WGI) project</i>. O índice é mensurado em uma escala de desempenho de governança, -2,5 (fraco) a 2,5 (forte) representando até que ponto o poder público é exercido para fins privados, incluindo formas pequenas e grandes de corrupção, bem como a "captura" do Estado pelas elites e pelos interesses privados. O índice é calculado a partir de 49 indicadores, obtidos a partir das seguintes fontes: <i>African Development Bank Country Policy and Institutional Assessments; Afrobarometer; Asian Development Bank Country Policy and Institutional Assessments; Business Enterprise Environment Survey; Bertelsmann Transformation Index; Freedom House Countries at the Crossroads; European Bank for Reconstruction and Development Transition Report; Economist Intelligence Unit Riskwire &amp; Democracy Index; Freedom House; Transparency International Global Corruption Barometer Survey; World Economic Forum Global Competitiveness Report; Global Integrity Index; Gallup World Poll; Heritage Foundation Index of Economic Freedom; Heritage Foundation Index of Economic Freedom; IFAD Rural Sector Performance Assessments; iJET Country Security Risk Ratings; Institutional Profiles Database; IREEP African Electoral Index; Latinobarometro; International Research and Exchanges Board Media Sustainability Index; International Budget Project Open Budget Index; World Bank Country Policy and Institutional Assessments; Political Economic Risk Consultancy Corruption in Asia Survey; Political Risk Services International Country Risk Guide; Reporters Without Borders Press Freedom Index; US State Department Trafficking in People report; Vanderbilt University Americas Barometer; Varieties of Democracy Project; Institute for Management and Development World Competitiveness Yearbook; World Justice Project Rule of Law Index; Global Insight Business Conditions and Risk Indicators</i></p>	World Bank (2019c)
Atores da cadeia de valor	Concorrência justa	<i>Global Competitiveness Index</i>	GCI	<p>O <i>Global Competitiveness Index</i> (GCI) é calculado pelo World Economic Forum. O índice é mensurado em um score de 1 (pior) a 7 (melhor) sendo uma média ponderada de diversos componentes diferentes, cada um medindo um aspecto da competitividade. Os componentes estão agrupados em 12 categorias, representadas por 105 indicadores (obtidos por meio da <i>Executive Opinion Survey</i> e outras fontes). As categorias consideradas são: Instituições, Infraestrutura, Ambiente macroeconômico, Saúde e educação primária, Ensino superior e treinamento, Eficiência no mercado de mercadorias, Eficiência no mercado de trabalho, Desenvolvimento do mercado financeiro, Disponibilidade tecnológica, Tamanho do mercado, Sofisticação nos negócios, Inovação.</p>	WEF (2018a)

<b>Parte Interessada</b>	<b>Subcategoria</b>	<b>Indicator</b>	<b>Acrônimo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Fonte</b>
	Respeito aos direitos de propriedade intelectual	<i>Intellectual property protection</i>	IPP	Indicador coletado pelo World Economic Forum por meio da <i>Executive Opinion Survey</i> . Resposta à pergunta da pesquisa: "Em seu país, até que ponto a propriedade intelectual é protegida"? [1 = de forma alguma; 7 = em grande medida].	WEF (2018b)
Categoria de Ponto Final		<i>Life Expectancy at birth</i>	LEX	A expectativa de vida ao nascer indica o número de anos que um recém-nascido viveria se os padrões predominantes de mortalidade no momento de seu nascimento permanecessem os mesmos ao longo de sua vida.	World Bank (2018)

**Tabela A3 - Resultados do Teste de esfericidade de Bartlett e Teste KMO**

<i>Kaiser-Meyer-Olkin factor adequacy (KMO)</i>										
<i>Overall MSA</i>	<i>MSA for each item</i>									
	MWF	GII	GGI	PSE	PHE	THE	AIW	FES	IMS	SAC
0,85	0,83	0,85	0,83	0,82	0,83	0,71	0,88	0,57	0,83	0,88
	DWC	TGP	GPI	GDP	SFI	CPI	CCI	GCI	IPP	
	0,8	0,89	0,84	0,87	0,89	0,86	0,87	0,87	0,9	

<i>Bartlett's Test of Sphericity</i>	
chisq	4194,751
df	171
p-value	0

**Tabela A4 - Matriz de cargas fatoriais rotacionadas – Análise de Componentes Principais**

<i>Standardized loadings - Rotated matrix (varimax)</i>				
	RC1	RC2	RC3	<i>Communality</i>
MWF	0,83	0,19	-0,03	0,72
GII	-0,56	-0,30	-0,57	0,74
GGI	0,17	0,61	0,28	0,48
PSE	0,24	0,77	0,30	0,74
PHE	0,22	0,83	0,07	0,74
THE	0,05	0,82	-0,13	0,70
AIW	0,21	0,17	0,88	0,85
FES	-0,26	0,53	0,32	0,45
IMS	0,72	-0,25	0,26	0,65
SAC	0,30	0,10	0,87	0,85
DWC	0,23	0,12	0,89	0,87
TGP	0,79	0,16	0,24	0,70
GPI	-0,27	-0,59	-0,34	0,54
GDP	0,85	0,05	0,29	0,81
SFI	-0,27	-0,47	-0,72	0,81
CPI	0,76	0,49	0,28	0,89
CCI	0,63	0,52	0,39	0,82
GCI	0,76	0,20	0,50	0,87
IPP	0,83	0,29	0,18	0,81

<i>SS loadings</i>	5,65	4,09	4,3
<i>Proportion Var</i>	0,3	0,22	0,23
<i>Cumulative Var</i>	0,3	0,74	0,52
<i>Proportion Explained</i>	0,4	0,29	0,31
<i>Cumulative Proportion</i>	0,4	1	0,71

**Tabela A5 - Resultados do Fator de Inflação de Variância (VIF)**

<b>Indicador</b>	<b>VIF</b>	<b>Indicador</b>	<b>VIF</b>	<b>Indicador</b>	<b>VIF</b>
Fator 1		Fator 2		Fator 3	
TGP	4.513	PHE	3,428	DWC	8.596
IPP	6.229	THE	2,530	AIW	6.178
GDP	6.826	GGI	1,644	SAC	5.968
GCI	8.026	PSE	2,743	SFI	2.636
IMS	2.423	GPI	1,597	GII	2.745
CCI	9.730	FES	1,293		
GII	3.544				
CPI	15.178				
MWF	4.299				

**Tabela A6 - Resultados da Análise Fatorial Exploratória**

<i>Standardized loadings - Rotated matrix (oblimin)</i>					<i>Standardized loadings - Unrotated matrix</i>				
	ML1	ML2	ML3	<i>Communality</i>		ML1	ML2	ML3	<i>Communality</i>
MWF	0,79	0,10	-0,19	0,55	MWF	0,53	0,47	-0,21	0,55
GII	-0,46	0,18	-0,40	0,70	GII	-0,83	-0,10	0,00	0,70
GGI	0,20	0,42	0,12	0,34	GGI	0,48	0,20	0,26	0,34
PSE	0,08	0,74	0,23	0,76	PSE	0,64	0,22	0,55	0,76
PHE	0,07	0,86	0,00	0,79	PHE	0,50	0,37	0,64	0,79
THE	-0,06	0,88	-0,14	0,69	THE	0,27	0,38	0,69	0,69
AIW	-0,02	0,01	0,93	0,86	AIW	0,83	-0,42	0,06	0,86
FES	-0,33	0,39	0,31	0,25	FES	0,20	-0,13	0,44	0,25
IMS	0,65	-0,29	0,11	0,46	IMS	0,49	0,12	-0,45	0,46
SAC	0,09	-0,03	0,87	0,83	SAC	0,84	-0,36	-0,01	0,83
DWC	-0,01	-0,04	0,98	0,92	DWC	0,85	-0,46	0,03	0,92
TGP	0,89	-0,05	-0,02	0,75	TGP	0,69	0,39	-0,35	0,75
GPI	-0,26	-0,42	-0,14	0,41	GPI	-0,55	-0,22	-0,24	0,41
GDP	0,79	-0,08	0,10	0,68	GDP	0,70	0,28	-0,33	0,68
SFI	-0,13	-0,30	-0,60	0,69	SFI	-0,79	0,09	-0,22	0,69
CCI	0,60	0,32	0,16	0,75	CCI	0,80	0,32	0,05	0,75
GCI	0,75	0,01	0,30	0,90	GCI	0,90	0,20	-0,24	0,90
IPP	0,88	0,14	-0,06	0,82	IPP	0,75	0,47	-0,20	0,82
<hr/>					<hr/>				
<i>SS loadings</i>	5,05	3,17	3,93		<i>SS loadings</i>	8,22	1,8	2,13	
<i>Proportion Var</i>	0,28	0,18	0,22		<i>Proportion Var</i>	0,46	0,1	0,12	
<i>Cumulative Var</i>	0,28	0,68	0,5		<i>Cumulative Var</i>	0,46	0,68	0,58	
<i>Proportion Explained</i>	0,42	0,26	0,32		<i>Proportion Explained</i>	0,68	0,15	0,18	
<i>Cumulative Proportion</i>	0,42	1	0,74		<i>Cumulative Proportion</i>	0,68	1	0,85	
<hr/>					<hr/>				
<b>With factor correlations of</b>									
	ML1	ML2	ML3						
ML1	1								
ML2	0,31	1							
ML3	0,52	0,32	1						

**Tabela A7 - Resultados do CB-SEM**

Fator	Indicadores	Cargas	IC inferior	IC superior	Erro padrão	Alfa de Cronbach	AVE	P(> Z )	P-value (Chi-square)	Chi-square	df	RMSEA	SRMR	CFI	TLI	NFI
f1 - Economia e competitividade	GDP	0,728	0,608	0,848	0,061	0,894	0,594	0,000	0,840	1,423	4	0,000	0,015	1,000	1,011	0,998
	MWF	0,620	0,368	0,871	0,128											
	IPP	0,904	0,862	0,946	0,021											
	IMS	0,530	0,428	0,633	0,052											
	GCI	0,930	0,894	0,966	0,018											
	GII	-0,830	-0,905	-0,754	0,039											
f2 - Gastos com benefícios sociais	PHE	0,896	0,805	0,987	0,046	0,814	0,532	0,000	0,824	0,05	1	0,000	0,003	1,000	1,019	1,000
	THE	0,630	0,457	0,801	0,087											
	PSE	0,809	0,717	0,901	0,047											
	GGI	0,524	0,422	0,626	0,052											
f3 - Acesso a água, saneamento e prevenção de conflitos	DWC	0,943	0,909	0,977	0,017	0,941	0,799	0,000	0,12	2,413	1	0,086	0,007	0,998	0,989	0,997
	SAC	0,922	0,885	0,959	0,019											
	AIW	0,883	0,834	0,932	0,025											
	SFI	-0,823	-0,882	-0,763	0,03											

**Nota: Intervalos de confiança (IC) e erro padrão baseados no bootstrap**

Tabela A8 - Resultados do PLS-SEM

(continua)

Fator	Indicadores	Pesos	Cargas	Pesos da validação por Bootstrap				Cargas da validação por Bootstrap				Alfa de Cronbach	DG. rho	Eig. 1st	Eig. 2nd	AVE	R2 <sup>1</sup>	Q2
				Pesos <sup>1</sup>	Perc. 025	Perc. 975	Erro padrão	Cargas <sup>1</sup>	Perc. 025	Perc. 975	Erro padrão							
f1 - Economia e competitividade	GDP	0,200	0,891	0,198	0,181	0,216	0,01	0,889	0,804	0,942	0,04	0,898	0,923	4,010	0,892	0,663	-	
	MWF	0,151	0,738	0,155	0,101	0,194	0,03	0,751	0,540	0,887	0,10							
	IPP	0,202	0,844	0,199	0,169	0,234	0,02	0,846	0,793	0,890	0,02							
	IMS	0,101	0,632	0,101	0,080	0,123	0,01	0,631	0,544	0,711	0,04							
	GCI	0,263	0,904	0,261	0,228	0,304	0,02	0,907	0,878	0,933	0,01							
GII	0,286	0,831	0,283	0,244	0,335	0,02	0,833	0,780	0,875	0,02								
f2 - Gastos com benefícios sociais	PHE	0,341	0,931	0,342	0,301	0,390	0,02	0,931	0,908	0,949	0,01	0,865	0,910	2,870	0,629	0,712	0,274	0,17
	THE	0,209	0,855	0,208	0,139	0,259	0,03	0,852	0,776	0,905	0,03							
	PSE	0,415	0,905	0,416	0,361	0,486	0,03	0,906	0,883	0,928	0,01							
	GGI	0,196	0,658	0,192	0,120	0,254	0,03	0,653	0,537	0,745	0,05							
f3 - Acesso a água, saneamento e prevenção de conflitos	DWC	0,261	0,950	0,261	0,249	0,274	0,01	0,950	0,932	0,966	0,01	0,941	0,958	3,400	0,281	0,850	0,515	0,41
	SAC	0,282	0,919	0,281	0,269	0,295	0,01	0,919	0,892	0,942	0,01							
	AIW	0,248	0,924	0,248	0,236	0,259	0,01	0,924	0,899	0,946	0,01							
	SFI	0,295	0,895	0,295	0,283	0,309	0,01	0,895	0,866	0,921	0,01							
f4 - Expectativa de vida ao nascer	LEX	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	000	1,000	1,000	1,000	0,00	1	1	1	0	1	0,821	0,75

<sup>1</sup>Nota: Média do bootstrap.

Tabela A8 - Resultados do PLS-SEM

(continua)

Modelo estrutural					
Relações	Efeito direto	Efeito indireto	Total		
f1 -> f2	0,513	0,000	0,513		
f1 -> f3	0,584	0,106	0,690		
f1 -> f4	0,327	0,452	0,779		
f2 -> f3	0,207	0,000	0,207		
f2 -> f4	0,040	0,130	0,170		
f3 -> f4	0,625	0,000	0,625		
Efeito direto validação por Bootstrap					
Relações	Efeito direto (média)	Erro padrão	Perc.025	Perc.975	
f1 -> f2	0,520	0,0652	0,389	0,645	
f1 -> f3	0,588	0,0362	0,515	0,658	
f1 -> f4	0,324	0,0483	0,232	0,417	
f2 -> f3	0,206	0,0407	0,121	0,281	
f2 -> f4	0,041	0,0327	-0,026	0,103	
f3 -> f4	0,626	0,0459	0,536	0,712	
Efeito total validação por Bootstrap					
Relações	Efeito total (média)	Erro padrão	Perc.025	Perc.975	
f1 -> f2	0,521	0,0652	0,389	0,645	
f1 -> f3	0,694	0,0244	0,645	0,741	
f1 -> f4	0,779	0,0198	0,739	0,816	
f2 -> f3	0,205	0,0407	0,121	0,281	
f2 -> f4	0,169	0,0435	0,078	0,250	
f3 -> f4	0,626	0,0459	0,536	0,712	
Coeficiente de determinação (R <sup>2</sup> ) validação por bootstrap					
	Original	Média bootstrap	Erro padrão	Perc.025	Perc.975
F2	0,262	0,263	0,0678	0,150	0,416
F3	0,506	0,508	0,0319	0,451	0,575
F4	0,819	0,821	0,0229	0,774	0,862
Regressões					
F2	Estimativa	Erro padrão	Pr(> t )		
Intercepto	-8,04E-17	0,0628	1,00E+00		
F1	5,13E-01	0,0628	4,75E-14 ***		
F3	Estimativa	Erro padrão	Pr(> t )	VIF	
Intercepto	-2,19E-16	0,0515	1,00E+00		
F1	5,84E-01	0,0599	2,29E-18 ***	1,355	
F2	2,07E-01	0,0599	6,67E-04 ***	1,355	
F4	Estimativa	Erro padrão	Pr(> t )	VIF	
Intercepto	-2,44E-16	0,0312	1,00E+00		
F1	3,27E-01	0,0447	7,18E-12 ***	2,049	
F2	4,02E-02	0,0375	2,86E-01	1,440	
F3	6,25E-01	0,0445	5,57E-31 ***	2,026	

Nota: Níveis de significância: \*\*\* 1%. \*\* 5%. \* 10%.



Tabela A8 - Resultados do PLS-SEM

(continua)

Goodness-of-fit					
0,6217					
Correlações entre os fatores e Critério de Fornell-Larcker*					
	F1	F2	F3	F4	
F1	0,814				
F2	0,512	0,843			
F3	0,690	0,504	0,921		
F4	0,779	0,522	0,871	1,000	
*Valores na diagonal representam a raiz-quadrada da AVE					
Cargas cruzadas					
Indicador	Bloco	f1	f2	f3	f4
GDP	f1	0,891	0,326	0,536	0,630
MWF	f1	0,738	0,347	0,300	0,485
IPP	f1	0,844	0,429	0,506	0,575
IMS	f1	0,632	0,001	0,363	0,389
GCI	f1	0,904	0,480	0,719	0,770
GII	f1	0,831	0,635	0,731	0,773
PHE	f2	0,456	0,931	0,483	0,481
THE	f2	0,278	0,855	0,299	0,293
PSE	f2	0,541	0,905	0,584	0,605
GGI	f2	0,381	0,658	0,190	0,246
DWC	f3	0,616	0,405	0,950	0,803
SAC	f3	0,687	0,434	0,919	0,848
AIW	f3	0,566	0,427	0,924	0,735
SFI	f3	0,661	0,586	0,895	0,813
LEX	f4	0,779	0,524	0,871	1,000

Tabela A9 - Resultados do PLS-SEM (Modelo preditivo)

(continua)

				Pesos da validação por Bootstrap				Cargas da validação por Bootstrap												
Fator	Indicadores	Pesos	Cargas	Pesos <sup>1</sup>	Perc. 025	Perc. 975	Erro padrão	Cargas <sup>1</sup>	Perc. 025	Perc. 975	Erro padrão	Alfa de Cronbach	DG. rho	Eig. 1st	Eig. 2nd	AVE	R2'	Q2		
f1 - Economia e competitividade	GDP	0,208	0,899	0,207	0,193	0,222	0,007	0,898	0,819	0,944	0,032	0,898	0,923	4,010	0,892	0,663	-			
	MWF	0,140	0,739	0,144	0,093	0,181	0,025	0,752	0,551	0,886	0,097									
	IPP	0,193	0,840	0,190	0,161	0,223	0,016	0,842	0,786	0,885	0,026									
	IMS	0,134	0,656	0,134	0,116	0,153	0,009	0,654	0,572	0,728	0,040									
	GCI	0,266	0,900	0,263	0,232	0,305	0,020	0,902	0,874	0,929	0,014									
GII	0,268	0,822	0,266	0,232	0,310	0,021	0,824	0,758	0,872	0,029										
f3 - Acesso a água, saneamento e prevenção de conflitos	DWC	0,269	0,952	0,269	0,256	0,282	0,007	0,952	0,933	0,967	0,009	0,941	0,958	3,400	0,281	0,851	0,471	0,38		
	SAC	0,291	0,922	0,290	0,277	0,306	0,007	0,921	0,896	0,943	0,012									
	AIW	0,247	0,924	0,247	0,232	0,259	0,007	0,924	0,898	0,946	0,012									
	SFI	0,279	0,891	0,279	0,267	0,292	0,006	0,891	0,859	0,918	0,015									
f4 - Expectativa de vida ao nascer	LEX	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	0,000	1	1	1	0	1	0,817	0,71		

<sup>1</sup>Nota: Média do bootstrap

Tabela A9 - Resultados do PLS-SEM (modelo preditivo)

(continua)

Modelo estrutural					
Relações	Efeito direto	Efeito indireto	Total		
f1 -> f3	0,686	0,000	0,686		
f1 -> f4	0,334	0,440	0,774		
f3 -> f4	0,641	0,000	0,641		
Efeito direto validação por Bootstrap					
Relações	Efeito direto (média)	Erro padrão	Perc.025	Perc.975	
f1 -> f3	0,692	0,0243	0,642	0,737	
f1 -> f4	0,329	0,0462	0,240	0,419	
f3 -> f4	0,644	0,0448	0,555	0,730	
Efeito total validação por Bootstrap					
Relações	Efeito total (média)	Erro padrão	Perc.025	Perc.975	
f1 -> f3	0,692	0,0243	0,642	0,737	
f1 -> f4	0,775	0,0199	0,733	0,812	
f3 -> f4	0,644	0,0448	0,555	0,730	
Coeficiente de determinação (R²) - validação por bootstrap					
	Original	Média bootstrap	Erro padrão	Perc.025	Perc.975
F3	0,471	0,471	0,0342	0,411	0,545
F4	0,817	0,817	0,0221	0,771	0,858
Regressões					
F3	Estimativa	Erro padrão	Pr(> t )		
Intercepto	9,88E-17	0,0532	1,00E+00		
F1	6,86E-01	0,0532	1,18E-27 ***		
F4	Estimativa	Erro padrão	Pr(> t )	VIF	
Intercepto	3,68E-17	0,0314	1,00E+00		
F1	3,34E-01	0,0432	6,57E-13 ***	1,890	
F3	6,41E-01	0,0432	1,97E-33 ***	1,890	
Nota: Níveis de significância: *** 1%. ** 5%. * 10%.					
Goodness-of-fit					
0,6892					

**Tabela A9 - Resultados do PLS-SEM (Modelo preditivo)**

<b>Correlações entre os fatores e Critério de Fornell-Larcker*</b>			
	F1	F3	F4
F1	0,814		
F3	0,686	0,922	
F4	0,774	0,871	1,000

**\*Valores na diagonal representam a raiz-quadrada da AVE**

<b>Cargas cruzadas</b>				
<b>Indicador</b>	<b>Bloco</b>	<b>f1</b>	<b>f3</b>	<b>f4</b>
GDP	f1	0,899	0,536	0,630
MWF	f1	0,739	0,300	0,485
IPP	f1	0,840	0,505	0,575
IMS	f1	0,656	0,364	0,389
GCI	f1	0,900	0,718	0,770
GII	f1	0,822	0,730	0,773
DWC	f3	0,614	0,952	0,803
SAC	f3	0,685	0,922	0,848
AIW	f3	0,564	0,924	0,735
SFI	f3	0,657	0,891	0,813
LEX	f4	0,774	0,870	1,000

(fim)

Tabela A10 - Pacotes R utilizados

<b>Pacote</b>	<b>Versão</b>	<b>Técnica</b>
mice	3.6.0	<i>Multiple imputation by Predictive Mean Matching</i>
		<i>Bartlett Sphericity Test</i>
		<i>Kaiser-Meyer-Olkin Test (KMO)</i>
psych	1.8.12	<i>Scree test</i>
		<i>Principal Component Analysis</i>
		<i>Exploratory Factor Analysis</i>
paran	1.5.2	<i>Paralell analysis</i>
car	3.0-3	<i>Variance Inflation Factor (VIF)</i>
lavaan	0.6-5	<i>Covariance Based SEM</i>
plspm	0.4.9	<i>Partial Least Squares SEM</i>
plsdepot	0.1.17	<i>Stone-Geisser Q<sup>2</sup></i>

Tabela A11 - Lista de países utilizada na amostra

(continua)

Afghanistan	Dominica	Luxembourg	Sao Tome and Principe
Albania	Dominican Republic	Madagascar	Saudi Arabia
Algeria	Ecuador	Malawi	Senegal
Andorra	Egypt, Arab Rep.	Malaysia	Serbia
Angola	El Salvador	Maldives	Seychelles
Antigua and Barbuda	Equatorial Guinea	Mali	Sierra Leone
Argentina	Eritrea	Malta	Singapore
Armenia	Estonia	Marshall Islands	Slovak Republic
Australia	Ethiopia	Mauritania	Slovenia
Austria	Fiji	Mauritius	Solomon Islands
Azerbaijan	Finland	Mexico	Somalia
Bahamas, The	France	Micronesia (Federated States of)	South Africa
Bahrain	Gabon	Monaco	South Sudan
Bangladesh	Georgia	Mongolia	Spain
Barbados	Germany	Montenegro	Sri Lanka
Belarus	Ghana	Morocco	Sudan
Belgium	Greece	Mozambique	Suriname
Belize	Grenada	Myanmar	Swaziland
Benin	Guatemala	Namibia	Sweden
Bhutan	Guinea	Nauru	Switzerland
Bolivia	Guyana	Nepal	Syrian Arab Republic
Bosnia and Herzegovina	Haiti	Netherlands	Tajikistan
Botswana	Honduras	New Zealand	Tanzania
Brazil	Hungary	Nicaragua	Thailand
Brunei Darussalam	Iceland	Niger	The former Yugoslav Republic of Macedonia
Bulgaria	India	Nigeria	Timor-Leste
Burkina Faso	Indonesia	Norway	Togo
Burundi	Iran, Islamic Rep.	Oman	Tonga
Cabo Verde	Iraq	Pakistan	Trinidad and Tobago
Cambodia	Ireland	Palau	Tunisia
Cameroon	Israel	Panama	Turkey
Canada	Italy	Papua New Guinea	Turkmenistan
Central African Republic	Jamaica	Paraguay	Tuvalu
Chad	Japan	Peru	Uganda
Chile	Jordan	Philippines	Ukraine
China	Kazakhstan	Poland	United Arab Emirates
Colombia	Kenya	Portugal	United States
Comoros	Kiribati	Qatar	Uruguay

Congo, Dem. Rep.	Korea, Dem. People's Rep.	Republic of Korea	Uzbekistan
Congo, Rep.	Kuwait	Republic of Moldova	Vanuatu
Costa Rica	Kyrgyzstan	Romania	Venezuela, RB
Cote d'Ivoire	Latvia	Russian Federation	Vietnam
Croatia	Lebanon	Rwanda	Yemen, Rep.
Cuba	Lesotho	Saint Kitts and Nevis	Zambia
Cyprus	Liberia	Saint Lucia	Zimbabwe
Czech Republic	Libya	Saint Vincent and the Grenadines	
Denmark	Liechtenstein	Samoa	
Djibouti	Lithuania	San Marino	

**Nota: Baseada na lista de países membros da ONU**

Tabela A12 – Indicadores removidos após análise dos requisitos de dados

(continua)

Parte Interessada	Subcategoria	Indicador	Base de dados para ACV-S que utiliza o indicador	Motivo da exclusão	Fonte	
Trabalhador	Liberdade de associação e negociação coletiva	<i>Collective bargaining coverage rate (%)</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 70%), para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019)	
		<i>Trade union density rate (%)</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 80%), para o ano mais completo, considerando a amostra.	(OECD, 2019b)	
		<i>Right of association (ra_g/ ra_m)/</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 70%), para o ano mais completo, considerando a amostra.	(OECD, 2019a)	
		<i>Right of collective bargaining (rcb_g/ rcb_m)</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 70%), para o ano mais completo, considerando a amostra.	(OECD, 2019a)	
		<i>Right to strive (rs_g/ rs_m)</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 70%), para o ano mais completo, considerando a amostra.	(OECD, 2019a)	
		<i>Risk of not having freedom of association rights</i>	SHDB	Dados qualitativos não codificados	(ITUC, 2019)	
		<i>Risk of not having collective bargaining rights</i>	SHDB	Dados qualitativos não codificados	(ITUC, 2019)	
			<i>Risk of not having right to strive</i>	SHDB	Dados qualitativos não codificados	(ITUC, 2019)
		Trabalho infantil	<i>Children in employment, work only, male (% of female children in employment, ages 7-14)</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 80%) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(WORLD BANK, 2019a)
			<i>Children in employment, work only, female (% of female children in employment, ages 7-14)</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 80%) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(WORLD BANK, 2019c)
			<i>Children in employment, work only, total (% of children ages 7-14)</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 80%) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(WORLD BANK, 2019b)
			<i>Percentage of children aged 5-14 years engaged in child labour</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 40 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(UNICEF, 2019)
			<i>Proportion of children engaged in economic activity (%) (id: SDG_A871_SEX_AGE_RT_A)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 80%) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)
		Salário justo	<i>Mean real monthly earnings of employees, annual growth -- Local currency (id: EAR_MREE_NOC_GR)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 60 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)
	<i>Living wage, per month (USD/ EUR)</i>		PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 60 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(WAGE INDICATOR, 2019)	
	<i>Minimum wage, per month (USD/ EUR)</i>		PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 60 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(WAGE INDICATOR, 2019)	
	Horas de trabalho	<i>Mean weekly hours actually worked per employed person</i>	SHDB	Alta taxa de dados faltantes (> 40 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)	
		<i>Employment by sex, age and working time arrangement (thousands) (id: EMP_TEMP_SEX_AGE_JOB_NB)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 60 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)	



Parte Interessada	Subcategoria	Indicador	Base de dados para ACV-S que utiliza o indicador	Motivo da exclusão	Fonte
		<i>Employment by sex and weekly hours actually worked (thousands) (id: EMP_TEMP_SEX_HOW_NB_A)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 60 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)
		<i>Mean weekly hours usually worked per employed person by sex (id: HOW_UEMP_SEX_NB_A)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 60 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)
		<i>Mean weekly hours usually worked per employee by sex (id: HOW_UEES_SEX_NB_A)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 60 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)
	Trabalho forçado	<i>Goods Produced by Child Labor or Forced Labor - United States Department of Labor</i>	PSILCA	Dados qualitativos não codificados	(ILAB, 2019)
	Oportunidades iguais/ discriminação	<i>SIGI index</i>	SHDB	Alta taxa de dados faltantes (> 40 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(SIGI, 2018)
		<i>Gender wage gap (%) (id: EAR_GGAP_NOC_RT_A)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 60 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)
		<i>Cases of non-fatal occupational injury by economic activity</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 70 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019c)
		<i>DALYs due to indoor and outdoor air and water pollution</i>	PSILCA	Dado disponível apenas para o ano de 2004.	(WHO, 2019)
		<i>Severe Injury Reports</i>	PSILCA	Dado referente apenas a empresas dos Estados Unidos da América	(DOL, 2019b)
		<i>Workers affected by natural disasters (%)</i>	PSILCA	Indicador pouco alinhado com as Fichas metodológicas para ACV-S (UNEP, SETAC; 2013)	(CRED, 2019)
	Saúde e segurança	<i>Non-fatal occupational injuries per 100'000 workers (id: SDG_N881_SEX_MIG_RT_A)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 80 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)
		<i>Fatal occupational injuries per 100'000 workers (id: SDG_F881_SEX_MIG_RT_A)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 80 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)
		<i>Non-fatal occupational injuries per 100'000 workers (id: INJ_IRNF_NOC_RT_A)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 70 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)
		<i>Fatal occupational injuries per 100'000 workers (id: INJ_IRFA_NOC_RT_A)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 70 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)
		<i>Cases of fatal occupational injury by sex and migrant status</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 60 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)
		<i>Evidence of violations of laws and employment regulations - Cases per 1000 employees</i>	PSILCA	Dado referente apenas a empresas dos Estados Unidos da América.	(DOL, 2019a)
		<i>Population not receiving Social Protection (%) (id: per_nprog.overlap_pop_tot)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 80 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(WORLD BANK, 2019d)
	Benefícios sociais/ seguridade social	<i>Public health expenditure as a percent of General Government Expenditure (%) (id: SOC_EGGE_NOC_RT_A)</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 40 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)
		<i>Public social protection expenditure on benefits as a percent of GDP by age (%) (id: SOC_EBEN_AGE_RT_A)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 70 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)

Parte Interessada	Subcategoria	Indicador	Base de dados para ACV-S que utiliza o indicador	Motivo da exclusão	Fonte
		<i>Public social protection expenditure on benefits for the working age as a percent of GDP (%) (id: SOC_EBEW_NOC_RT_A)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 80 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)
		<i>Public social protection expenditure [excluding health care] as a percent of GDP (%) (id: SOC_PEXN_NOC_RT_A)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 35 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)
		<i>Public social protection expenditure on benefits for children as a percent of GDP (%) (id: SOC_EBEC_NOC_RT_A)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 70 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)
		<i>SDG indicator 1.3.1 - Proportion of population covered by social protection floors/systems (%) (id: SDG_0131_SEX_SOC_RT_A)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 40 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)
		<i>Social health protection coverage as a percent of total population (%) (id: SOC_HCOV_NOC_RT_A)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 70 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(ILO, 2019a)
	Acesso a fontes materiais	<i>Total renewable water resources</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 80 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(FAO, 2019)
		<i>Extraction of material resources (ton of raw material extracted)</i>	PSILCA	Indicador pouco alinhado com as Fichas metodológicas para ACV-S (UNEP, SETAC; 2013)	(MATERIAL FLOWS, 2019)
	Deslocalização e migração	<i>Net migration rate</i>	PSILCA	Indicador pouco alinhado com as Fichas metodológicas para ACV-S (UNEP, SETAC; 2013)	(CIA, 2019)
Comunidade local	Condições de vida saudável	<i>Contribution of the sector to environmental load</i>	PSILCA	Indicador pouco alinhado com as Fichas metodológicas para ACV-S (UNEP, SETAC; 2013)	(EORA, 2019)
	Herança cultural	<i>List of Intangible Heritage in Urgent Need of Safeguarding</i>	-	Dados qualitativos não codificados	(UNESCO, 2019a)
	Respeito aos direitos dos nativos	<i>Presence of indigenous population</i>	PSILCA SHDB	Dados qualitativos não codificados	(ILO, 2019b)
		<i>Human rights issues faced by indigenous peoples</i>	PSILCA SHDB	Dados qualitativos não codificados	(ONU, 2021)
		<i>Adult illiteracy (15+ years) total (%)</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 70 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(UNESCO, 2019b)
		<i>Adult illiteracy (15+ years), male (%)</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 70 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(UNESCO, 2019b)
		<i>Adult illiteracy (15+ years) female (%)</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 70 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(UNESCO, 2019b)
		<i>Youth illiteracy rate total (%)</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 70 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(UNESCO, 2019b)
		<i>Youth illiteracy rate male (%)</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 70 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(UNESCO, 2019b)
Sociedade	Contribuição para o desenvolvimento econômico				

Parte Interessada	Subcategoria	Indicador	Base de dados para ACV-S que utiliza o indicador	Motivo da exclusão	Fonte
		<i>Youth illiteracy rate female (%)</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 70 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(UNESCO, 2019b)
		<i>Public spending on total education (% of total public spending) (id: 4.1_TOTAL.EDU.SPENDING)</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 70 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(WORLD BANK, 2019d)
		<i>Government expenditure on education as a percentage of GDP (%)</i>	PSILCA	Alta taxa de dados faltantes (> 40 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(UNESCO, 2019b)
	Prevenção e mitigação de conflitos armados	<i>Conflict Barometer</i>	SHDB	Dados qualitativos não codificados	(HIIK, 2018)
	Competição justa	<i>Presence of anti-competitive behaviour or violation of anti-trust and monopoly legislation (Cases per 10,000 employees)</i>	PSILCA	Indicador referente apenas aos USA. Indicador qualitativo não codificado.	(FTC, 2019)
Atores da cadeia de valor	Promoção da responsabilidade social	<i>number of companies that are members of UN Global Compact per 100,000 employees</i>	PSILCA	Não foram identificados dados anuais.	(UN, 2021)
		<i>SA8000 Certified Organisations</i>	-	Alta taxa de dados faltantes (> 70 %) para o ano mais completo, considerando a amostra.	(SAAS, 2021)

## FONTES CITADAS NA TABELA A12

CIA. **Net migration rate - The World Factbook**. 2019. Disponível em: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/field/net-migration-rate/country-comparison>. Acesso em: 12 jul. 2021.

CRED. **EM-DAT | The international disasters database**. 2019. Disponível em: <https://www.emdat.be/index.php>. Acesso em: 12 jul. 2021.

DOL. **Data Catalog - Enforcement Data | U.S.Department of Labour**. 2019a. Disponível em: [https://enforcedata.dol.gov/views/data\\_catalogs.php](https://enforcedata.dol.gov/views/data_catalogs.php). Acesso em: 12 jul. 2021.

DOL. **Occupational Safety and Health Administration | U.S.Department of Labour**. 2019b. Disponível em: <https://www.osha.gov/data>. Acesso em: 12 jul. 2021.

EORA. **The Eora Global Supply Chain Database**. 2019. Disponível em: <https://worldmrio.com/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

FAO. **Total renewable water resources - AQUASTAT database**. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/aquastat/statistics/query/index.html;jsessionid=07A550C9C3790C98403309A4F34FB488>. Acesso em: 12 jul. 2021.

FTC. **Cases and Proceedings - Federal Trading Commission**. 2019. Disponível em: <https://www.ftc.gov/enforcement/cases-proceedings>. Acesso em: 12 jul. 2021.

HIK. **Conflict Barometer**. 2018. Disponível em: <https://hiik.de/conflict-barometer/bisherige-ausgaben/?lang=en>. Acesso em: 12 jul. 2021.

ILAB. **List of Goods Produced by Child Labor or Forced Labor | U.S. Department of Labor**. 2019. Disponível em: <https://www.dol.gov/agencies/ilab/reports/child-labor/list-of-goods>. Acesso em: 12 jul. 2021.

ILO. **Collective bargaining coverage rate (%)**. 2019. Disponível em: <https://ilostat.ilo.org/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

ILO. **Ilostat Bulk Download Facility. Package R “Rilostat”**. 2019a. Disponível em: <https://ilostat.ilo.org/data/bulk/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

ILO. **Ratifications of ILO conventions: Ratifications by Convention**. 2019b. Disponível em: [https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:11300:0::NO::P11300\\_INSTUMENT\\_ID:312314](https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:11300:0::NO::P11300_INSTUMENT_ID:312314). Acesso em: 12 jul. 2021.

ILO. **Safety and health at work**. 2019c. Disponível em: <https://ilostat.ilo.org/topics/safety-and-health-at-work/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

ITUC. **ITUC Global Rights Index 2019**. 2019. Disponível em: <https://www.ituc-csi.org/ituc-global-rights-index-2019>. Acesso em: 12 jul. 2021.

MATERIAL FLOWS. **Extraction of material resources (ton of raw material extracted)**. 2019. Disponível em: <http://www.materialflows.net/visualisation-centre/country-profiles/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

OECD. **OECD/AIAS ICTWSS database - OECD**. 2019a. Disponível em: <https://www.oecd.org/employment/ictwss-database.htm>. Acesso em: 12 jul. 2021.

OECD. **Trade Union Dataset**. 2019b. Disponível em: <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TUD>. Acesso em: 12 jul. 2021.

ONU. **United Nations For Indigenous Peoples**. 2021. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/indigenouspeoples/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

SAAS. **SA8000 Certified Organisations, Pie Chart, by Country | Social Accountability Accreditation Services**. 2021. Disponível em: [http://www.saasaccreditation.org/SA8000\\_Certified\\_Organisations\\_Pie\\_Chart\\_by\\_Country](http://www.saasaccreditation.org/SA8000_Certified_Organisations_Pie_Chart_by_Country). Acesso em: 12 jul. 2021.

SIGI. **SIGI index**. 2018. Disponível em: <https://www.genderindex.org/ranking/>. Acesso em: 24 ago. 2018.

UN. **Our Participants | UN Global Compact**. 2021. Disponível em: <https://www.unglobalcompact.org/what-is-gc/participants>. Acesso em: 12 jul. 2021.

UNESCO. **The List of Intangible Cultural Heritage in Need of Urgent Safeguarding**. 2019a. Disponível em: <https://ich.unesco.org/en/publications-of-the-lists-00492>. Acesso em: 12 jul. 2021.

UNESCO. **UIS Statistics**. 2019b. Disponível em: [http://data.uis.unesco.org/Index.aspx?DataSetCode=EDULIT\\_DS](http://data.uis.unesco.org/Index.aspx?DataSetCode=EDULIT_DS). Acesso em: 12 jul. 2021.

UNICEF. **Percentage of children aged 5-17 years engaged in child labour (by sex)**. 2019. Disponível em: <https://data.unicef.org/topic/child-protection/child-labour/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

WAGE INDICATOR. **Salaries**. 2019. Disponível em: <https://wageindicator.org/salary>. Acesso em: 12 jul. 2021.

WHO, W. H. O. **Estimated deaths & DALYs attributable to selected environmental risk factors, by WHO Member State**. 2019. Disponível em: [http://www.who.int/entity/quantifying\\_ehim-pacts/countryprofilesebd2004-rev.xls?ua=1](http://www.who.int/entity/quantifying_ehim-pacts/countryprofilesebd2004-rev.xls?ua=1). Acesso em: 12 jul. 2021.

WORLD BANK. **Children in employment, study and work, male (% of male children in employment, ages 7-14) | Data**. 2019a. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/SL.TLF.0714.SW.MA.ZS?view=map>. Acesso em: 12 jul. 2021.

WORLD BANK. **Children in employment, total (% of children ages 7-14) | Data**. 2019b. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/SL.TLF.0714.ZS>. Acesso em: 12 jul. 2021.

WORLD BANK. **Children in employment, work only, female (% of female children in employment, ages 7-14) | Data**. 2019c. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/SL.TLF.0714.WK.FE.ZS>. Acesso em: 12 jul. 2021.

WORLD BANK. **World Bank Open Data | Package R “wbstats”**. 2019d. Disponível em: <https://data.worldbank.org/>. Acesso em: 12 jul. 2021.