



RELISE

AVALIAÇÃO DA ADEQUAÇÃO DOS MÉTODOS MCDA PARA A AGREGAÇÃO EM ACV-SOCIAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA¹

ASSESSMENT OF THE SUITABILITY OF MCDA METHODS FOR AGGREGATION IN S-LCA: A SYSTEMATIC REVIEW

José Eric da Silva Queiroz²

Breno Barros Telles do Carmo³

RESUMO

Considerando que a sustentabilidade tem estimulado organizações e governos a desenvolverem ferramentas capazes de subsidiar o processo de tomada de decisão para alcançar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), a Avaliação Social do Ciclo de Vida (ACV-Social), por meio de pesquisas, tem-se apresentado com grande capacidade e potencial promissor. Todavia, esta ferramenta por possuir característica subjetiva carece de metodologias capazes de desafiar etapas de agregação e ponderação em múltiplos critérios. Esta pesquisa aborda uma das lacunas metodológicas listada pela Organização das Nações Unidas (ONU), que é a consideração da ACV-Social nas tomadas de decisão. Baseado nesse contexto, o objetivo desta revisão sistemática da literatura é identificar, caracterizar e analisar pesquisas que aplicaram a Análise de Decisão Multicritério (MCDA) como metodologia de apoio a tomada de decisão em estudos da ACV-Social. Nesta revisão foram identificados 284 artigos, dos quais 30 foram considerados relevantes, em sua maioria publicados nos últimos anos, sendo o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) o mais utilizado. Como conclusão, tem-se que as crescentes pesquisas da ACV-Social ainda carecem de aprimoramento metodológico, pois pesquisadores escolhem métodos de forma aleatória, sem justificativa ou critério adequado.

Palavras-chave: ACV-Social, tomada de decisão, MCDA.

¹ Recebido em 12/08/2025. Aprovado em 18/09/2025. DOI: doi.org/10.5281/zenodo.21246013

² Universidade Federal Rural do Semi-Árido. j.ericqueiroz@gmail.com

³ Universidade Federal do Ceará. brenobarros@ufc.br



RELISE

179

ABSTRACT

Considering that sustainability has encouraged organizations and governments to develop tools capable of supporting the decision-making process to achieve the Sustainable Development Goals (SDGs), Social Life Cycle Assessment (S-LCA), through research, has shown great capacity and promising potential. However, this tool, due to its subjective nature, lacks methodologies capable of tackling aggregation and weighting steps across multiple criteria. This research addresses one of the methodological gaps listed by the United Nations Environment Programme (UNEP), which is the consideration of S-LCA in decision-making. Based on this context, the objective of this systematic literature review is to identify, characterize, and analyze research that has applied Multicriteria Decision Analysis (MCDA) as a methodology to support decision-making in S-LCA studies. In this review, 284 articles were identified, of which 30 were considered relevant, mostly published in recent years, with the Analytic Hierarchy Process (AHP) method being the most used. In conclusion, the growing research on S-LCA still requires methodological improvement, as researchers often choose methods randomly, without adequate justification or criteria.

Keywords: S-LCA, decision-making, MCDA.

INTRODUÇÃO

A busca pela sustentabilidade, que equilibra as dimensões ambiental, social e econômica, tornou-se um imperativo global. Nesse cenário, governos, empresas e organizações buscam ferramentas eficazes para subsidiar a tomada de decisões estratégicas e operacionais. A Organização das Nações Unidas (ONU), por meio dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabeleceu uma agenda global para o planejamento de ações sustentáveis, impulsionando a necessidade de metodologias robustas para mensurar o progresso e os impactos (UNEP, 2020). Dentre as diversas ferramentas desenvolvidas, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) emerge como um dos principais instrumentos para essa finalidade.

A ACV é uma metodologia abrangente, baseada nos princípios do Life Cycle Thinking, que permite avaliar os impactos de um produto, serviço ou processo, do "berço ao túmulo" — ou seja, desde a extração da matéria-prima



RELISE

até o descarte final (SHAHID, 2017). O objetivo é identificar pontos críticos e oportunidades de melhoria ao longo de toda a cadeia de valor, visando a criação de produtos que sejam, ao mesmo tempo, ecologicamente corretos, socialmente justos e economicamente viáveis. A metodologia da ACV é rigidamente estruturada em quatro fases, conforme estabelecido pela ABNT (2014): (i) definição do objetivo e escopo; (ii) inventário, para a coleta de dados; (iii) avaliação de impacto; e (iv) interpretação dos resultados.

No entanto, a dimensão social da sustentabilidade, abordada pela Avaliação Social do Ciclo de Vida (ACV-Social), é a mais recente e a menos consolidada no meio científico. As primeiras diretrizes foram publicadas em 2009 pela UNEP, e a metodologia continua em processo de refinamento. Em suas últimas diretrizes de 2020, a UNEP destacou dez lacunas prioritárias a serem solucionadas até 2030, convidando pesquisadores a contribuir com a aplicação e demonstração de métodos. A presente revisão sistemática se alinha com a lacuna de número 8, que foca na aplicação da ACV-Social no processo de tomada de decisão, tanto na indústria quanto em políticas públicas.

Diferentemente das avaliações ambientais ou econômicas, a ACV-Social lida com uma característica intrinsecamente mais subjetiva. Os critérios de avaliação são frequentemente baseados na percepção de diversos stakeholders sobre seis categorias de impacto: trabalhadores, consumidores, comunidade local, atores da cadeia de valor, sociedade e crianças (EKENER; HANSSON e GUSTAVSSON, 2018; GOMPF; TRAVERSO e HETTERICH, 2021).

A UNEP (2020) estabeleceu 42 subcategorias para orientar a avaliação, mas a tarefa de identificar, agregar e ponderar esses indicadores em um estudo de caso é complexa. A definição de pesos, por exemplo, é crucial para uma avaliação agregada e para a criação de frameworks de decisão (CARMO; MARGNI e BAPTISTE, 2017; YANG et al., 2017), mas é um processo que depende fortemente do conhecimento de especialistas (SUREAU et al., 2019), o



RELISE

que pode ser considerado uma limitação metodológica. Além disso, a correta identificação e seleção desses stakeholders são de extrema importância para a validade da avaliação (SAJID e LYNCH, 2018).

Apesar da reconhecida importância da ACV-Social, a complexidade de múltiplos critérios, a diversidade de partes interessadas e as diferenças culturais e contextuais continuam a ser fatores limitantes. O meio científico ainda carece de metodologias robustas capazes de integrar os diversos indicadores sociais para auxiliar de forma eficaz na tomada de decisão. No entanto, a Análise de Decisão Multicritério (MCDA) tem se mostrado uma ferramenta vantajosa para preencher essa lacuna (GOMPF; TRAVERSO; HETTERICH, 2021). O MCDA oferece uma abordagem estruturada para a tomada de decisão, que engloba a definição de decisores, a seleção de critérios e alternativas, a realização de análises de sensibilidade e a comunicação transparente dos resultados (DA SILVA et al., 2023; NETO, ALENCAR e VÁSQUEZ, 2023).

O MCDA é uma metodologia que lida de forma eficaz com problemas complexos de decisão, permitindo a avaliação de múltiplas alternativas com base em diversos critérios, mesmo que conflitantes (TZENG e HUANG, 2011). Além disso, ela é capaz de modelar a subjetividade humana de forma transparente e estruturada (BELTON e STEWART, 2002), o que a torna particularmente adequada para a ACV-Social. Zanghelini, Cherubini e Soares (2018) reforçam que o MCDA é capaz de identificar, ponderar e agregar categorias de impacto, subsidiando análises e o processo de tomada de decisão. Du, Dias e Freire (2019) concluíram que o MCDA é valioso, especialmente nas fases de agregação e análise de resultados da ACV-Social. Pesquisadores têm aplicado o MCDA em uma variedade de problemas, desde a criação de novos frameworks até a avaliação de estudos de caso.

Uma revisão sistemática recente de Neto, Alencar e Vásquez (2023), focada em ambientes construídos, reforça a importância do MCDA na ACV-



RELISE

Social, mas também destaca a necessidade de uma seleção criteriosa dos métodos. Eles apontam para a distinção fundamental entre métodos compensatórios e não compensatórios, alertando para o risco de *trade-offs* inadequados (por exemplo, compensar a falta de segurança no trabalho com um excelente conforto térmico para os usuários). Essa observação ressalta um problema persistente na literatura: a falta de justificativa e fundamentação na escolha do método MCDA. Muitos pesquisadores parecem escolher métodos baseados na familiaridade, e não na sua adequação ao problema.

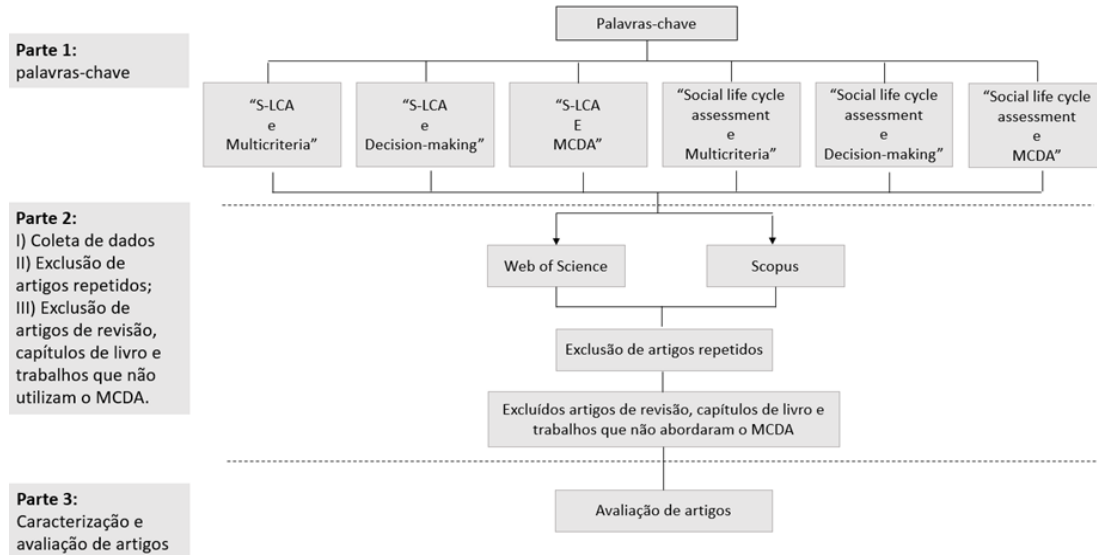
Diante das lacunas identificadas, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão sistemática da literatura para identificar e analisar pesquisas científicas que utilizam o MCDA como ferramenta de tomada de decisão na ACV-Social. Espera-se, com a caracterização desses estudos e dos métodos aplicados, promover uma discussão sobre a necessidade de uma seleção mais rigorosa e fundamentada dos métodos MCDA em estudos de ACV-Social, contribuindo assim para o aprimoramento metodológico e o preenchimento de uma das lacunas prioritárias definidas pela UNEP.

MÉTODO

A revisão sistemática dessa pesquisa apresenta-se como avaliação do atual cenário científico da consideração do uso do MCDA como ferramenta de tomada de decisão na ACV-Social. Para isso, a metodologia desta revisão foi desenvolvida em três partes: i) definição de palavras-chaves para pesquisa nas bases de dados; ii) coleta de dados (artigos encontrados) e aplicação de filtros para seleção de trabalhos; e iii) caracterização e análise dos artigos selecionados. A figura 01 apresenta o fluxo e etapas que foram aplicadas para definição dos artigos.



Figura 1. Etapas da revisão sistemática de artigos selecionados que abordavam o MCDA na ACV-Social.



A etapa 01 consistiu na definição de palavras-chaves a serem utilizadas nas bases de dados da Web of Science e Scopus para identificação dos artigos. Para a coleta dos artigos, optou-se por palavras-chaves que tinham relação com trabalhos da ACV-Social, MCDA e tomada de decisão, por meio do uso de operadores da lógica de busca booleana. Nesta perspectiva, para o levantamento bibliográfico, foram utilizadas as seguintes palavras-chaves: i) "SLCA" AND "Multicriteria"; ii) "SLCA" AND "Decision-making"; iii) "SLCA" AND "MCDA"; iv) "Social Life Cycle Assessment" AND "Multicriteria"; v) "Social Life Cycle Assessment" AND "Decision-making"; vi) "Social Life Cycle Assessment" AND "MCDA".

Estas palavras-chaves foram definidas no intuito de identificar todos os trabalhos que utilizaram os métodos MCDA para ponderar e agregar as performances nas categorias da ACV-Social, tendo em vista que os métodos MCDA, também, são amplamente utilizadas também na Avaliação de Ciclo de Vida Ambiental (ACV-Ambiental) e na Avaliação de Ciclo de Vida Econômica (ACV-Econômica). Além disso, há estudos também que, aplicaram a ACV em



RELISE

seus três pilares consecutivamente, objetivando uma avaliação da sustentabilidade.

Em seguida, após identificado o número de artigos, na segunda etapa, foram definidos os critérios de avaliação para filtrar e excluir artigos do levantamento bibliográfico que não tinham relação com a temática deste estudo. Assim, foram aplicados os seguintes critérios para filtragem da coleta de dados: i) exclusão de artigos repetidos encontrados entre as bases Web of Science e Scopus; ii) exclusão de artigos de capítulos de livro; iii) exclusão de artigos de revisão da literatura; e, iv) exclusão de artigos em revistas sem impacto definido.

Foi definida a exclusão de artigos de revisão da literatura deste estudo, tendo em vista que esta pesquisa se trata da aplicação do multicritério na agregação e/ou ponderação que está associado a aplicação prática de estudos de caso e, também, no desenvolvimento de metodologias e *frameworks* da ACV-Social. Para isso, foi feita a leitura dos artigos para verificação dos trabalhos que de fato utilizavam os métodos MCDA na fase de agregação, e assim obter uma seleção dos artigos potenciais. Além disso, foram excluídos também deste levantamento bibliográfico, trabalhos que haviam sido publicados em revistas sem fator de impacto.

A aplicação de filtros se deu no propósito da obtenção de um quantitativo líquido do número de artigos a serem considerados para captação de possíveis lacunas metodológicas, limitações, descobertas e considerações identificadas nos estudos de ACV-Social.

A etapa 03 consistiu na leitura dos artigos para caracterização do método aplicado, identificando os autores envolvidos, a universidade e país de origem, e ano de publicação. Em seguida foi feita uma análise dos artigos selecionados a partir dos seguintes critérios de avaliação: i) possui valor numérico; ii) compensação entre critérios; iii) justificativa do método escolhido; iv) tamanho da amostra; v) perfil dos decisores; vi) resultados satisfazem a compreensão de



RELISE

decisores. O quadro 1 a seguir apresenta os critérios pré-definidos e suas respectivas descrições.

Quadro 1. Descrição dos subcritérios de avaliação

Critérios	Descrição dos critérios
Valores numéricos	valores numéricos são utilizados e considerados na ACV-Social para apresentação de resultados, e também como parâmetro em escalas e sistemas de pontuações (UNEP, 2020).
Compensação entre critérios	A compensação entre critérios e as características do método que justificaram sua escolha devem ser consideradas. A compensação entre critérios não é aceita e nem prevista nos estudos de ACV-Social, o que evidencia a importância da escolha do método MCDA (UNEP, 2020).
Justificativa do método escolhido	A escolha do método MCDA deve estar relacionada ao tipo de problema de decisão, a partir das suas principais características, vantagens e desvantagens (ROY; SŁOWIŃSKI, 2013)
Tamanho da amostra	Produz dados para obtenção real local do retrato da percepção sobre questões específicas do problema (UNEP, 2020).
Perfil dos decisores	As preferências e pesos adotados em estudos de ACV-Social são utilizadas a partir de dados existentes em base de dados ou preferências expressas das partes interessadas a partir de valores do perfil de decisores (UNEP, 2020).
Feedback dos resultados satisfazem a compreensão de decisores	A exibição dos resultados é fundamental em estudos de ACV-Social, pois está relacionada à capacidade de apresentação dos resultados, sugestões e melhorias potenciais. Favorecem a tomada de decisão estejam de acordo com a definição de objetivo e escopo (UNEP, 2020).

Para a avaliação dos artigos nos critérios supracitados foram adotados dois descritores objetivos de avaliação: “Sim”, para os trabalhos que satisfazem as exigências do critério, e “Não”, para os que não satisfazem. Estes descritores servirão para a avaliação dos artigos selecionados e auxiliará na análise comparativa, fundamentando a definição do método MCDA escolhido.

Por fim, foi realizada uma discussão dos trabalhos nos critérios definidos, com o intuito de caracterizar o estado da arte atual das pesquisas da ACV-Social que utilizaram as abordagens MCDA na fase de ponderação/agregação. Além disso, esta caracterização auxiliará na discussão das principais lacunas e limitações percebidas.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

As palavras-chaves selecionadas foram utilizadas nas bases de dados Scopus e Web of Science com o auxílio de operadores booleanos. Nesta coleta de dados inicial, foram identificados um total de 284 artigos, que foram tabulados em uma planilha eletrônica. Em seguida, foram aplicados filtros para delimitação dos artigos que possuíam correlação com o objetivo dessa pesquisa. Considerando que palavras-chaves diferentes encontraram com duplicidade trabalhos, e, também, esta duplicidade ocorria em cada base de dados, o primeiro filtro aplicado foi a eliminação de trabalhos repetidos. Após isso, obteve-se um resultado de 122 artigos.

Considerando que o propósito desse trabalho é a identificação de artigos com aplicações metodológicas de estudos de caso da ACV-Social na fase de agregação e ponderação das subcategorias de impacto, foram definidos outros filtros para eliminação de artigos de revisão de literatura, pois não abordam estudos de caso aplicados, e trabalhos de capítulos de livro ou revistas científicas sem impacto ou relevância definida. Assim, do quantitativo de 122 artigos, obteve-se um resultado líquido de 30 artigos potenciais.

Após esta delimitação, foi feita uma leitura dos trabalhos e identificado as seguintes características dos trabalhos: i) autores; ii) ano de publicação; iii) método MCDA. A seguir será apresentado quadro 2 com os resultados obtidos da coleta de dados conforme caracterização estabelecida.



Quadro 2. Identificação dos artigos potenciais que utilizaram o MCDA na ACV-Social

Autores	Método MCDA	Título
Nieder-Heitmann; Haigh; Görgens, 2019	AHP	Life cycle assessment and multi-criteria analysis of sugarcane biorefinery scenarios: Finding a sustainable solution for the South African sugar industry
Gompf; Traverso; Hetterich, 2021	AHP	Using analytical hierarchy process (AHP) to introduce weights to social life cycle assessment of mobility services
Kolotzek et al., 2018	AHP	A company-oriented model for the assessment of raw material supply risks, environmental impact and social implications
Wilken et al., 2020	PROMETHEE II	Multidimensional assessment of passenger cars: Comparison of electric vehicles with internal combustion engine vehicles
Rafiaani et al., 2020	TOPSIS	Identifying Social Indicators for Sustainability Assessment of CCU Technologies: A Modified Multi-criteria Decision Making
Cardoso et al., 2018	PROMETHEE II	Economic, environmental, and social impacts of different sugarcane production systems
Do Carmo et al., 2021	PROMSORT	Participatory approach for pertinent impact subcategory identification: Local community
Wang et al., 2019	TOPSIS	Comprehensive Evaluation of the Sustainable Development of Battery Electric Vehicles in China
Xu et al., 2017	AHP	Life Cycle Sustainability Assessment of Chemical Processes: A Vector-Based Three-Dimensional Algorithm Coupled with AHP
Zheng et al., 2019	AHP + VIKOR	Life-cycle sustainability assessment of pavement maintenance alternatives: Methodology and case study
Zhou et al., 2019	AHP	Model development of sustainability assessment from a life cycle perspective: A case study on waste management systems in China
Eagan; Weinberg, 1999	AHP	Application of analytic hierarchy process techniques to streamlined life-cycle analysis of two anodizing processes
Halog; Manik, 2011	AHP	Advancing Integrated Systems Modelling Framework for Life Cycle Sustainability Assessment
Tavakoli; Barkdoll, 2020	BLISS METHOD	Blended Lifecycle Integrated Social System Method
Mattila et al., 2018	AHP	Evaluating social sustainability of bioeconomy value chains through integrated use of local and global methods
Féon et al., 2021	DEX METHOD	DEXiAqua, a Model to Assess the Sustainability of Aquaculture Systems: Methodological Development and Application to a French Salmon Farm
Alidoosti et al., 2021	BEST WORST METHOD (BWM)	Social sustainability of treatment technologies for bioenergy generation from the municipal solid waste using best worst method

continua



Quadro 2. Identificação dos artigos potenciais que utilizaram o MCDA na ACV-Social - continuação

Autores	Método MCDA	Título
Opher; Shapira; Friedler, 2018	AHP	A comparative social life cycle assessment of urban domestic water reuse alternatives
De Luca et al., 2015	AHP	Social life cycle assessment and participatory approaches: A methodological proposal applied to citrus farming in Southern Italy
De Luca et al., 2018	AHP	Evaluation of sustainable innovations in olive growing systems: A Life Cycle Sustainability Assessment case study in southern Italy
Ren et al., 2015	AHP + VIKOR	Prioritization of bioethanol production pathways in China based on life cycle sustainability assessment and multicriteria decision-making
Subramanian et al., 2018	MAVT	Assessing the social impacts of nano-enabled products through the life cycle: the case of nano-enabled biocidal paint
Balasbaneh; Marsono, 2020	AHP + COOPRAS	Applying multi-criteria decision-making on alternatives for earth-retaining walls: LCA, LCC, and S-LCA
Balasbaneh; Yeoh; Zainal Abidin, 2020	TOPSIS + AHP	Life cycle sustainability assessment of window renovations in schools against noise pollution in tropical climates
Balasbaneh et al., 2021	AHP + COPRAS technique	Applying three pillar indicator assessments on alternative floor systems: life cycle study
Du; Dias; Freire, 2019	VIP Analisis (tipo II)	Robust multi-criteria weighting in comparative LCA and S-LCA: A case study of sugarcane production in Brazil
Kouloumpis; Azapagic, 2018	FUZZY + FELICITA	Integrated life cycle sustainability assessment using fuzzy inference: A novel FELICITA model
Liu; Qian, 2019	AHP + ELECTRE	Towards sustainability-oriented decision making: Model development and its validation via a comparative case study on building construction methods
Muhammad Anwar; Alvarado; Hsu, 2021	AHP	A socio-eco-efficiency analysis of water and wastewater treatment processes for refugee communities in Jordan
Zira et al., 2020	AHP	Social life cycle assessment of Swedish organic and conventional pork production

Como pode ser observado, os trabalhos coletados são recentes, dado que, dos 30 trabalhos, 25 são dos últimos 5 anos de publicação, referente ao período de 2018-2022, o que reforça o fato da ACV-Social ainda ser um tema fértil que demanda esforços de pesquisa, em que abordagens metodológicas ainda estão sendo discutidas, havendo pouca consolidação metodológica.



RELISE

Outro ponto que pode ser observado é a correlação do método MCDA aplicado e sua localização geográfica. As abordagens aplicadas de um determinado país não possuem uma grande variabilidade, concentram a maior parte de seus esforços em métodos específicos, provavelmente pela familiaridade dos pesquisadores, fato que pode ser percebido também em países que possuem um maior número de publicações como China, Alemanha, EUA, Itália e Malásia. Além disso, é percebido também que a grande maioria das publicações ficou concentrada nos continentes europeu e asiático.

O método AHP, apesar de sua popularidade, fato que também foi evidenciado no presente estudo com a concentração do maior número de publicações, tem sido bastante criticado na literatura com a apresentação de pontos negativos do método, como a sua característica compensatória entre critérios (BANA E COSTA; VANSNICK, 2008). O Brasil, sendo único representante da América do Sul, foi o país que representou a maior concentração de métodos MCDA da escola francesa, com dois artigos que aplicaram métodos da família PROMETHEE, o estudo de Cardoso et al. (2018) aplicou o método PROMETHEE para ranqueamento de alternativas, e Carmo et al. (2021) com o uso do PROMSORT para classificação e seleção de subcategorias de impacto.

A fase da coleta de dados dos artigos obteve o seguinte resultado de concentração dos métodos aplicados: AHP - 13 artigos (43,33%); TOPSIS - 2 artigos (6,67%); PROMETHEE - 2 artigos (6,67%); PROMSORT - 1 artigo (3,33%); BLISS METHOD - 1 artigo (3,33%); DEX METHOD - 1 artigo (3,33%); VIP ANALISYS - 1 artigo (3,33%); BEST WORST METHOD - 1 artigo (3,33%); MAVT - 1 artigo (3,33%). Outros artigos foram elaborados a partir da combinação de métodos: AHP e VIKOR - 2 artigos (6,67%); AHP e COOPRAS - 2 artigos (6,67%); AHP e ELECTRE - 1 artigo (3,33%); AHP e TOPSIS - 1 artigo (3,33%) e; FUZZY e FELICITA - 1 artigo (3,33%).



RELISE

Ao todo, como pode ser observado, o método AHP possui 19 registros (63,33%), sendo 13 com aplicação única, e 6 combinados a outros métodos. Vale destacar que o AHP, por ter um sistema de ponderação próprio, possui maior flexibilidade e pode ser utilizado de forma combinada a outros métodos, como foi utilizado juntamente ao COPRAS, VIKOR, ELECTRE e TOPSIS. Os trabalhos que utilizaram estes métodos em sua maioria não justificaram adequadamente sua aplicação, tendo sua escolha de forma aleatória ou por maior intimidade dos autores ao método escolhido.

A família PROMETHEE teve 3 aplicações (2 PROMETHEE II e 1 PROMSORT), tendo sido aplicadas no Brasil e Alemanha. Os demais métodos em sua maioria apresentaram apenas uma aplicação. Vale ressaltar que, métodos foram desenvolvidos nestes estudos para se apresentarem como alternativa MCDA para a ACV-Social, caso do DEX METHOD.

As revistas de publicação das quais foram retiradas essa revisão sistemática teve maior concentração em 3: i) 7 publicações na The International Journal of Life Cycle Assessment; ii) 7 publicações na Journal of Cleaner Production; e iii) 4 publicações na Sustainability. Estas revistas, consideradas de alto impacto, concentram 60% dos trabalhos que utilizaram o MCDA na ACV-Social, o que evidencia a relevância dos presentes estudos para o meio científico.

Com base na análise da literatura, os estudos selecionados demonstram uma diversidade de abordagens e aplicações do MCDA na ACV-Social. A seguir, será apresentado de forma sucinta o contexto e a problemática da tomada de decisão de cada um dos artigos selecionados nesta revisão sistemática, ilustrando como diferentes métodos foram empregados para avaliação de impactos.

Nieder-Heitman, Haigh e Gorgens (2019) utilizaram o método AHP para auxiliar na avaliação da sustentabilidade. Os parâmetros foram normalizados e



RELISE

ponderados por meio do método AHP para auxiliar na tomada de decisão sustentável (integrando os pilares do ACV-Ambiental, ACV-Custo e ACV-Social) em uma indústria açucareira sul africana. Como parâmetro ambiental foram considerados a pegada de carbono e a escassez de água, os parâmetros do custo foram a rentabilidade, investimento total de capital, custo total de produção e nível de prontidão tecnológica, e no âmbito social foi considerado apenas a criação de emprego.

Gompf, Traverso e Hetterich (2021), fizeram uma avaliação da sustentabilidade social de serviços de mobilidade. Esta pesquisa utilizou o método AHP na ponderação participativa de 27 subcritérios em 5 categorias de avaliação (consumidores, comunidade local, atores da cadeia de valor, trabalhadores e sociedade). 48 especialistas de diferentes grupos participaram da pesquisa, que apesar de discordâncias no julgamento de valor, resultou em algumas orientações claras como a necessidade de melhoria da qualidade do ar e segurança dos usuários.

Kolotzek et al. (2018) propõem um modelo de avaliação de apoio à tomada de decisão para a sustentabilidade em um contexto corporativo, incluindo em sua análise o aspecto social. Foi aplicado o método AHP na ponderação de indicadores que foram sugeridos por especialistas da academia e indústria. Para validação do modelo, foi aplicado um estudo de caso para seleção de tecnologia de capacitores.

Wilken et al. (2020) propõem uma avaliação da sustentabilidade em sistemas de acionamento de veículos convencionais (veículo de motor a combustão) e movido a eletricidade. Apesar da existência de estudos que avaliam o impacto ambiental, os autores consideram necessário uma avaliação integrada que inclua os aspectos sociais e econômicos para uma visão global e transparente, e para isso foi aplicado o método PROMETHEE, que a partir da avaliação de preferências e uso de limiares conclui que veículos de bateria



RELISE

elétrica obtiveram resultados mais satisfatórios em comparação com os veículos de motor a combustão e bateria mista.

Rafiaani et al. (2020) destacam a ausência de estudos de impacto social em tecnologias de captura e utilização de carbono (CCU) - utilizadas no propósito de capturar resíduos de CO₂ para utilização no desenvolvimento de novos produtos e materiais. Desse modo, a pesquisa propõe identificar indicadores sociais por meio do uso do método TOPSIS, para determinação empírica de indicadores relevantes para avaliação de impactos sociais de empresas europeias que operam com CCU. Assim, por meio da utilização de questionários, 33 especialistas avaliaram subcategorias de impactos propostas pela UNEP de 3 grupos de stakeholders: trabalhadores, consumidores e comunidade local. Os autores consideram que a partir da seleção de subcategorias, novas pesquisas poderão ser desenvolvidas para coleta de dados e avaliação dos impactos sociais, e promoverão que produtores identifiquem riscos potenciais de suas atividades produtivas, auxiliando na promoção de melhoria de processos.

Cardoso et al. (2018) propõem uma avaliação integrada da produção de cana de açúcar, tendo em vista o avanço tecnológico e a mecanização do processo produtivo. Assim, se faz necessária a avaliação das vantagens e desvantagens do uso de equipamentos em processos como plantio, pré-colheita, colheita e recuperação, isto considerando os aspectos não só ambientais, mas também sociais e econômicos. Na avaliação, os cenários manuais associaram uma maior criação de empregos e menores taxas de retorno com maiores custos de produção, enquanto os cenários de mecanização tiveram menores custos de produção de biomassa e maiores taxas de retorno do etanol. Com o uso do método PROMETHEE II foi concluído que os cenários mecanizados obtiveram melhores desempenhos de sustentabilidade.

Do Carmo et al. (2021) apresentam um framework capaz de modelar a subjetividade associada na seleção de subcategorias de impacto da ACV-Social



RELISE

por meio de uma abordagem participativa de stakeholders da categoria Comunidade Local. O estudo foi realizado em uma produtora de polpa de frutas do nordeste brasileiro, que com o uso do PROMSORT classificou as subcategorias pertinentes nos contextos de percepção individual e por consenso.

Wang et al. (2019) também realizaram um estudo da avaliação integrada da sustentabilidade em veículos elétricos, que tem sido uma tendência na China em face do crescimento de veículos e o consequente consumo de energia e poluição ambiental. Após avaliação individual dos pilares por meio do uso da ACV Ambiental, Social e Custeio, foi aplicado o método TOPSIS para auxiliar na tomada de decisão baseado na integração das dimensões. O estudo indicou de forma surpreendente que os veículos convencionais a combustão apresentaram melhores performances em comparação aos veículos de bateria elétrica, isto devido aos veículos elétricos terem um maior consumo de energia na fase de operação, ocasionando em maior impacto ambiental, além do alto custo das baterias.

Xu et al (2017) também propuseram uma metodologia integrada, baseada em vetores, para avaliação da sustentabilidade de processos químicos. As alternativas do problema de decisão foram priorizadas a partir da combinação do desempenho e da atribuição de pesos de critérios nos pilares por meio do método AHP. Para validação da metodologia proposta foi aplicado um estudo de caso para classificação e identificação da escolha sustentável de 3 processos químicos alternativos da produção de amônia.

Zheng et al. (2019) desenvolveram uma metodologia integrada de avaliação da sustentabilidade (ambiental, social e econômica) de pavimentação apropriada por meio da combinação do método AHP-VIKOR. A metodologia proposta aplicou as etapas da ACV, definiu a meta e escopo, e identificou as alternativas de pavimentação. Em seguida foram coletados dados de inventário



RELISE

referente aos pavimentos e modelos de avaliação de impacto foram propostos, e a seleção alternativa apropriada de pavimento sustentável. O método VIKOR foi aplicado para agregação de desempenho das alternativas, enquanto o método AHP foi utilizado na ponderação de critérios das três dimensões. Por fim, na etapa de interpretação foram discutidos os resultados e realizada uma análise de sensibilidade para 21 casos, que constatou o pilar econômico como mais sensível.

Zhou et al. (2019) estabeleceram um novo modelo *environment-energy-economy-society* (3E + S) para avaliação da sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU), em face da urbanização e expansão de cidades. Neste estudo são propostas 4 alternativas de tratamento em um sistema de gestão de RSU, que por meio do método AHP, na ponderação, visa a tomada de decisão de forma integrada. Maiores pesos foram utilizados para garantir condições de vida e acesso aos recursos materiais, reduzindo assim possíveis impactos que são causados pelo homem. O método proposto comprovou sua eficácia após robustez identificada na análise de sensibilidade.

Eagan e Weinberg (1999) utilizam o método AHP na tomada de decisão em um contexto de um processo de fabricação. No estudo o método é aplicado na ponderação de racional de matrizes, por meio da avaliação de especialistas para a agregação de valor a uma abordagem de ACV-Social a dois processos de fabricação: anodização de ácido crômico e ácido bórico/sulfúrico.

Halog e Manik (2011) propõem um framework para avaliação computacional, sistêmica e integrada da sustentabilidade em sistemas de bioenergia. No estudo os autores reforçam a necessidade da integração das ciências sociais a engenharia e tecnologias em problemas de decisão em âmbito de políticas governamentais e corporativas. A pesquisa agrega resultados por meio do uso do método AHP, a partir de julgamentos de valor de stakeholders, e se mostrou eficaz na modelagem e simulação para a tomada de decisão



RELISE

inteligente para compreensão de impactos a partir de problemas climáticos e na análise de estratégias de mitigação de impactos.

Tavakoli e Barkdoll (2020) apresentaram uma estrutura robusta para ACV-Social que combine os aspectos sociais e apoie o processo de tomada para minimização de impactos sociais na indústria e na vida das pessoas. O "Blended Lifecycle Integrated Social System" (BLISS) trata-se de um novo método que é validado em um problema de produção de biocombustíveis de algas, com a integração por meio da ponderação de critérios e a percepção de atores envolvidos em um problema complexo de decisão a partir de múltiplos critérios.

Mattila et al. (2018) propõem a comparação e integração de prioridades locais e globais de bioeconomias, a partir de dados do *Social Hotspots Database* (SHDB), para avaliação da sustentabilidade social em um contexto de impactos de produtos madeireiros finlandeses. Como resultado, podem ser comparados dados locais e globais (fora da Finlândia), que constatou divergências, caso da desigualdade social que teve classificação mais alta nos resultados da SHDB e baixa no ponto de vista das partes interessadas locais.

Feon et al. (2021), por sua vez, abordam um estudo que tem como problema de decisão sistemas de aquicultura. Os autores desenvolveram um modelo de multiatributos denominado DEXiAqua, a partir do software DEXi, para avaliar a sustentabilidade por meio de indicadores técnicos e uso das ferramentas da ACV-ambiental, social e econômica. O método permitiu o uso de indicadores qualitativos e quantitativos, limites e escalas de referências para medição ao fim de cada ramo da árvore de decisão, a partir de dados de entrada de stakeholders. O modelo foi validado por meio do estudo de caso e verificada sua robustez em uma análise de sensibilidade, todavia os autores reforçam a necessidade de estudos em outros contextos e áreas geográficas.

Alidoosti et al. (2021) reforçam a preocupação do negligenciamento da avaliação social em pesquisas científicas, e destacam a importância da esfera



RELISE

social no contexto da bioindústria para a prática sustentável. Desse modo, o estudo propõe um modelo sistêmico de avaliação da sustentabilidade social de tecnologias de tratamento em resíduos sólidos, por meio do método *Best Worst*, que foi aplicado na definição de pesos ideais e no ranqueamento de alternativas a partir da performance da pontuação. A pesquisa foi validada em um estudo de caso na cidade iraniana de Teerã e obteve a tecnologia de fermentação como a melhor ranqueada, enquanto a pirólise com a pior classificação.

Opher, Shapira e Friedler (2018) comparam benefícios e impactos sociais de quatro alternativas de reuso de água doméstica não potável em 3 categorias de stakeholders: consumidor, comunidade local e sociedade. Para isso, foi utilizado o método AHP, que a partir de julgamento de valor de 20 especialistas, subsidiou a elicitación de preferência na atribuição de pesos de 13 subcritérios. Como resultado da pesquisa, o reuso de água mostrou-se socialmente positivo, principalmente quanto à maior participação da comunidade como também na promoção do compromisso público com a economia da água e paisagem urbana.

De Luca et al. (2015) citam a ausência da padronização da ACV-Social em contrapartida a outras dimensões como a ACV-Ambiental, a partir disso a pesquisa objetivou o desenvolvimento uma metodologia baseada na abordagem multicritério que com o auxílio do método AHP, e em seguida será aplicada a metodologia proposta a 3 áreas de produção de 3 diferentes sistemas de citricultura na região da Calábria, no sul da Itália, que possui uma grande relevância e interesse social por ser alvo de trabalhadores imigrantes. A partir dos julgamentos de valor de 6 tomadores de decisão podem ser priorizadas estratégias para um planejamento territorial adequado ao contexto local.

De Luca et al. (2018) apresentam uma metodologia participativa e multicritério para integração da ACV-Econômica e ACV-Social em um cultivo de azeitonas da Calábria no sul da Itália. Para esse estudo foi adotado o limite do



RELISE

sistema do “berço ao portão da fazenda”, 1 hectare como unidade funcional, e a participação de 15 especialistas de três diferentes grupos: i) pesquisadores, ii) técnicos, e iii) produtores. Desse modo com o uso do método AHP e a aplicação de questionários semiestruturados com os especialistas descritos, foram obtidos resultados que apresentaram uma maior atenção a aspectos ambientais e sociais, principalmente a respeito da toxicidade e saúde do trabalhador, sendo recomendada a redução ou eliminação de produtos químicos no controle de pragas devido à possibilidade de desenvolvimento de doenças mortais.

Ren et al. (2015) desenvolvem uma metodologia genérica de tomada de decisão integrada da sustentabilidade, combinando o MCDA com os pilares da ACV em um estudo de caso da produção de bioetanol na China. Para integração, foi aplicada as técnicas AHP e VIKOR combinadas, a primeira na determinação de pesos e a segunda na classificação de alternativas sustentáveis, além disso foi aplicado o método *Fuzzy* para redução da incerteza e uma análise de sensibilidade para avaliação da robustez dos dados obtidos. O resultado do trabalho apresentou o cenário de produção de bioetanol a base de mandioca mais sustentável em relação ao milho e trigo.

Subramanian et al. (2018) apresentam um *framework* capaz de integrar os desempenhos sociais e avaliar os impactos de produtos nano-habilitados. Por meio do método MAVT é feita a normalização, ponderação, agregação e classificação das pontuações em 15 indicadores sociais nas categorias da comunidade local e trabalhadores. Como resultado principal do estudo de caso, a tinta n-CuO apresentou resultados mais favoráveis aos trabalhadores, com altos benefícios. Além disso, o autor conclui reforçando a importância do uso da ACV-Social no âmbito empresarial para o *benchmark* e na avaliação da pegada social dos seus produtos fabricados.

Balasbaneh e Marsono (2020) abordam uma avaliação para a tomada de decisão sustentável, considerando os aspectos ambientais, sociais e



RELISE

econômicos de diferentes paredes de concreto que são utilizadas em residências na Malásia. Dos aspectos sociais, os autores consideraram as categorias da comunidade local, sociedade e trabalhadores. Assim, com o auxílio da combinação dos métodos AHP e COPRAS foi feita a priorização a partir de uma matriz de decisão com 3 alternativas de parede de concreto e 2 de parede de pedra que foram avaliadas em critérios nos 3 pilares da sustentabilidade por 45 especialistas. No aspecto social, a parede de RMW apresentou os resultados mais adequados, com menores escores agregados em todas as categorias de avaliação. Por fim, os autores concluíram que a metodologia foi eficiente e abrangente, e poderá ser utilizada em outros países e contextos em condições climáticas semelhantes ao da Malásia.

Balasbaneh, Yeoh e Zainal Abidin (2020) também realizaram um estudo da avaliação de impactos na área da construção civil em uma cidade da Malásia, para isso realizam uma avaliação da sustentabilidade de janelas em escolas e suas implicações na poluição sonora e emissão de carbono. O estudo de caso apresenta um contexto escolar em que a poluição sonora é superior ao limite aceitável de 55dB e considera três outras alternativas de janelas. Após aplicação da ACV nas dimensões social, econômico e ambiental foram percebidos resultados conflitantes e para auxiliar na tomada de decisão foi aplicado o método combinado AHP e TOPSIS para uma avaliação integrada da sustentabilidade, que obteve como resultado a janela de vidro duplo sendo a mais sustentável, que coincidiu com o resultado de melhor desempenho da ACV-Social. Os autores concluíram que a metodologia proposta pode auxiliar projetistas e decisores políticos e proprietários na tomada de decisão sustentável em problemas associados a barreiras acústicas.

Balasbaneh et al. (2021) propõem uma avaliação abrangente da sustentabilidade de diferentes sistemas de piso a partir de uma abordagem multicritério. A matriz de decisão do problema proposto tem como alternativas os



RELISE

pisos de telha cerâmica, laminado, concreto e madeira. No aspecto social o trabalho realizou uma avaliação nas categorias trabalhadores, comunidade local, sociedade e consumidores, com o auxílio de 45 especialistas. O resultado da avaliação integrada da sustentabilidade apontou o sistema de piso de madeira o mais sustentável, todavia na análise de sensibilidade outras alternativas foram melhor ranqueadas o que indica que com a mudança na ponderação a prioridade se altera e o resultado final pode ser fortemente influenciado nesta fase. Os autores concluem sugerindo o uso da metodologia em países com contextos climáticos e culturais semelhantes aos da Malásia, que foi objeto da pesquisa.

Du, Dias e Freire (2019) realizaram uma pesquisa de avaliação de impactos ambientais e sociais na produção de cana-de-açúcar no Brasil. Para auxiliar na tomada de decisão foi aplicado o método VIP Análisis para classificar a melhor alternativa entre a colheita manual e mecanizada, isto a partir de julgamento de valor de 7 especialistas, entre eles pesquisadores e profissionais experientes do setor canavieiro brasileiro. Após agregação e ponderação estocásticos de critérios, a colheita mecânica se mostrou mais vantajosa em comparação com a manual, sendo sugerida uma mecanização acelerada em áreas como Norte e Nordeste do Brasil que tem um menor nível mecanização, isso em virtude desta alternativa apresentar menor impacto ambiental e causar impactos sociais positivos por meio do aumento da renda, reduzindo a desigualdade social e proporcionando salários justos. Os autores por fim concluem enfatizando a relevância metodológica do trabalho na análise comparativa dos impactos ambientais e sociais em estudos de ACV, mesmo em situações em que decisores têm seus julgamentos e vetores de ponderação diversos.

Kouloumpis e Azapagic (2018) desenvolveram um modelo a partir do método FELICITA (*Fuzzy Evaluation for Life Cycle Integrated Sustainability Assessment*) para avaliação da sustentabilidade, por meio da lógica *Fuzzy*. Para



RELISE

isso, na metodologia proposta é aplicada a um estudo de caso de alternativas de geração de eletricidade: carvão, gás natural, nuclear, vento do mar, energia solar fotovoltaica. Para a coleta de julgamento de valor foi aplicado uma escala *likert* de cinco pontos variando de “muito ruim” a “muito bom”, que por meio do método FELICITA classificou a energia nuclear como melhor opção, isso em face do forte desempenho obtido nos aspectos ambientais e sociais. A metodologia proposta permitiu solucionar problemas complexos de diferentes indicadores de sustentabilidade, que por meio do *Fuzzy* possibilita a redução da incerteza e subjetividade humana no processo de tomada de decisão.

Liu e Qian (2019) desenvolveram uma pesquisa para auxiliar tomadas de decisões sustentáveis no âmbito da indústria da construção, de modo que integre os impactos ambientais e socioeconômicos. Diante disso, a pesquisa apresenta uma metodologia por meio do MCDA para escolher a alternativa mais sustentável entre três projetos estruturais (construção volumétrica pré-fabricada e pré-acabada, semi pré-fabricado e projeto convencional). O método AHP foi utilizado para estabelecimento de peso, e o *Fuzzy ELECTRE III* para determinação do ranking das alternativas a serem priorizadas. A partir do julgamento de valor de 103 especialistas em 8 critérios de avaliação, o projeto semi pré-fabricado foi o melhor classificado, e os autores concluem demonstrando a viabilidade da metodologia proposta em problemas complexos de múltiplos critérios e alternativas.

Muhammad Anwar, Alvarado e Hsu (2021) apresentam um *framework* a partir do MCDA para o tratamento de água e águas residuais a partir de um estudo de caso de 3 cenários na Jordânia. Com o julgamento de 8 especialistas em critérios dos pilares ambiental, social (apenas as categorias da comunidade local e consumidores) e econômico, e após ponderação por meio do método AHP, o cenário 3, que incorpora a reutilização de águas efluentes não potáveis no longo prazo, mostrou-se o mais sustentável, divergindo de outras



abordagens, o que fortalece a necessidade de inclusão do aspecto social na tomada de decisão.

Zira et al. (2020) aplicaram a ACV-Social para analisar os riscos de impactos sociais negativos em sistemas de produção de carne suína sueca. Para isso, a pesquisa engloba os trabalhadores, agricultores, comunidade local, porcos, consumidores e sociedade como partes interessadas na avaliação de dois diferentes sistemas de produção: produção orgânica e convencional. A inclusão de agricultores e suínos como parte interessada se deve por estes atores serem participantes centrais da produção da carne suína. Com a participação do julgamento de valor de 10 especialistas e após ponderação por meio do método AHP, obteve como resultado que as categorias trabalhadores e sociedade têm maior risco de impactos sociais negativos em sistemas de produção orgânica, enquanto as demais categorias tiveram maiores riscos em sistemas convencionais. Além disso, o estudo concluiu também que os sistemas de produção orgânica e convencional sueca tiveram menores riscos de impactos negativos do que a média europeia.

Caracterização dos estudos

Para caracterização dos trabalhos obtidos na coleta de dados, a partir da leitura, foram aplicados os critérios de avaliação presentes no quadro 1, e foram estabelecidos descritores objetivos. Foi adotado o “x” para exibição dos trabalhos que satisfazem e estão de acordo com os critérios estabelecidos, a seguir será apresentado quadro resumo dos resultados obtidos, a partir da definição dos seguintes critérios: S1 - valores numéricos; S2 - compensação critérios; S3 - justifica o método; S4 – amostra; S5 – perfil dos decisores; S6- feedback de resultados.



RELISE

Quadro 3. Caracterização dos trabalhos nos critérios estabelecidos

Autores	S1	S2	S3	S4	S5	S6
NIEDER-HEITMANN; HAIGH; GÖRGENS, 2019	x				x	
GOMPF; TRAVERSO; HETTERICH, 2021	x			x	x	
KOLOTZEK et al., 2018	x			x	x	
WILKEN et al., 2020	x	x				
RAFIAANI et al., 2020	x		x	x	x	
CARDOSO et al., 2018	x	x				
DO CARMO et al., 2021	x	x	x		x	
WANG et al., 2019	x				x	
XU et al., 2017	x					
ZHENG et al., 2019	x			x	x	
ZHOU et al., 2019	x					
EAGAN; WEINBERG, 1999	x					
HALOG; MANIK, 2011	x					
TAVAKOLI; BARKDOLL, 2020	x				x	
MATTILA et al., 2018	x		x			
FÉON et al., 2021	x	x		x	x	
ALIDOOSTI et al., 2021	x			x	x	
OPHER; SHAPIRA; FRIEDLER, 2018	x			x	x	
DE LUCA et al., 2015	x			x	x	
DE LUCA et al., 2018	x			x	x	
REN et al., 2015	x					
SUBRAMANIAN et al., 2018	x					
BALASBANEH; MARSONO, 2020	x			x	x	
BALASBANEH; YEOH; ZAINAL ABIDIN, 2020	x			x	x	
BALASBANEH et al., 2021	x			x	x	
DU; DIAS; FREIRE, 2019	x			x	x	
KOULOUMPIS; AZAPAGIC, 2018	x					
LIU; QIAN, 2019	x			x	x	
MUHAMMAD ANWAR; ALVARADO; HSU, 2021	x			x	x	
ZIRA et al., 2020	x			x	x	

S1 - valores numéricos; S2 - compensação critérios; S3 - justifica o método; S4 – amostra; S5 – perfil dos decisores; S6- feedback de resultados.

A partir da exibição do Quadro 3, e da visualização do comportamento da avaliação dos artigos nos critérios, foram descritas, abaixo, as principais percepções e inferências referentes aos dados obtidos.

Valores numéricos

Os valores numéricos em estudos de ACV-Social quantificam a percepção e julgamento de valor dos decisores participantes por meio de números para representar resultados realísticos, em sua maioria por meio de



RELISE

metodologias de escalas, e sistemas de ponderação de critérios. Nesta revisão de literatura, foi percebido que todos os trabalhos em sua totalidade trouxeram os dados de julgamento de valor dos decisores.

Há diversos sistemas de pontuação para representar o julgamento de valor de especialistas que pode ser utilizado para medir o desempenho nas subcategorias de impacto, Carmo et al. (2017) apresentam sistemas de classificação ordinal a partir de níveis qualitativos (A, B, C e D) e escalas cardinais podendo ser considerado também níveis de pontuações negativos (por exemplo [-10; 10]). Além disso, em sua pesquisa esclarece que algumas pontuações podem ter funções personalizadas de pontuação, com distâncias entre números não lineares, podendo apresentar características côncavas e convexas.

Diversos sistemas de pontuação são utilizados na ACV-Social, incluindo o uso de cores para simplificar a avaliação: verde para positivo, vermelho para negativo e cinza para neutro. Contudo, o sistema mais consolidado para estudos do tipo 1 é a escala de referência de 5 pontos (1 a 5) para representar o desempenho social dos subcritérios de impacto. Estudos do tipo 2 também empregam valores numéricos nas correlações de causa e efeito, quantificando as consequências sociais através de *midpoints* e *endpoints*. (NEUGEBAUER, 2016).

Considerando a complexidade dos problemas e fenômenos sociais, também podem ser utilizados valores numéricos para ponderação e agregação de resultados nas subcategorias na Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida Social (AICV-Social), fase 3 da avaliação de impactos, e, também, em análises de sensibilidade, redução da incerteza e outras explorações que possam ser adotadas ao longo do estudo (UNEP, 2020).

Halog e Manik (2011) apresentam uma modelagem dinâmica com o esboço de valores numéricos de uma avaliação combinada dos pilares



RELISE

ambiental, econômico e social, representando a classificação da avaliação da importância em uma série de critérios, bem como o consenso obtido a partir da avaliação. Zheng et al. (2019), além da classificação a partir do resultado numérico, trazem a representação de gráficos demonstrativos dos resultados e uma análise de sensibilidade para investigação da influência dos pesos dos subcritérios da decisão para consistência dos resultados e conferência dos subcritérios e dimensões mais sensíveis diante das preferências de julgamento de valor dos decisores.

Compensação entre critérios

Conforme estabelecido nas diretrizes da UNEP (2020), a compensação entre critérios não é aceita e nem prevista, em virtude dos impactos negativos que a compensação pode ocasionar na priorização equivocada de alternativas no processo de tomada de decisão. A característica da compensação de critérios, que está presente em alguns métodos MCDA, é bastante criticada por especialistas da área por suavizar impactos negativos de alternativas que são desvantajosas em determinados aspectos.

Como pode ser observado no quadro 3, apenas 4 trabalhos utilizaram métodos que são expressamente classificados como não compensatórios: Wilken et al. (2020), Cardoso et al. (2018), Do Carmo et al. (2021) e Féon et al. (2021), o que evidencia a necessidade do uso adequado dos métodos em estudos da ACV-Social, já que a compensação entre critérios é uma característica metodológica expressamente não aceita nas diretrizes da UNEP.

Baseado nas próprias características matemáticas e metodológicas dos métodos MCDA e com o auxílio da *MCDA Methods Selection Software (MCDA-MSS)* desenvolvido por Cinelli et al. (2018), que trata-se de um *software* gratuito desenvolvido para auxiliar analistas a selecionar métodos relevantes para muitos problemas de decisão, que por meio de um conjunto de questões interativas



RELISE

indica um subconjunto de métodos pertinentes, foi possível identificar estudos que utilizaram métodos não compensatórios.

Como dito anteriormente, a maioria dos estudos utilizou o método AHP que possui como uma das principais desvantagens a compensação que torna incoerente a sua escolha em face da recomendação das próprias diretrizes da UNEP. Os estudos de Wilken et al. (2020), Cardoso et al. (2018) e do Carmo et al. (2021) utilizaram extensões da família PROMETHEE em seus problemas de decisão, que por especialistas da área é consolidado por não apresentar características compensatórias. Além desses 3 estudos, Feon (2021) utilizou o Dex Method que é caracterizado pelo MCDA-MSS como nulo no que se refere a compensação entre critérios. Como pode ser observado, a maioria dos estudos vão de encontro às próprias diretrizes da ACV-Social, pois utilizam aleatoriamente métodos sem avaliar a sua adequabilidade ao problema de decisão e ao contexto a que está inserido.

Justifica o método escolhido

De acordo com Roy e Słowiński (2013), a aleatoriedade não deve ser adotada para a escolha adequada do MCDA, já que o contexto de decisão, escalas de preferência, compensação, vantagens, desvantagens e outras características são de suma importância para a escolha adequada do método.

Como pode ser observado, apenas 3 trabalhos justificaram sua escolha por meio de comparações entre métodos. Rafiaani et al. (2020) apresentou como justificativa as principais vantagens do método TOPSIS, sendo necessário um maior aprofundamento teórico para a escolha adequada, por meio de comparações das principais vantagens e desvantagens do método em relação aos demais aplicados por especialistas em estudos de ACV-Social. Matilla et al. (2018) apresentaram vantagens dos métodos AHP e MAUT no apoio de processos de tomada de decisão com exemplificação de cenário, destacam



RELISE

características como o uso de escalas e quantificação de impactos sociais, e a possibilidade de inclusão de outros critérios além dos sociais na avaliação da sustentabilidade em cadeias de valor.

Carmo et al. (2021), apesar de não comparar os métodos MCDA, entre os trabalhos desta revisão sistemática foi o que melhor justificou sua escolha pelo método PROMSORT, apontando 5 justificativas: i) método não compensatório entre critérios; ii) parâmetros intuitivos para o decisor; iii) possibilidade de hesitação do decisor; iv) possibilidade de escalas numéricas e verbais; e v) utiliza limites de preferência e alternativas de referências. Além disso, considerando que o propósito da pesquisa é a classificação e seleção de subcategorias de impacto, o artigo estabelece uma classificação gráfica e visual simplificada, facilitando a interpretação dos resultados.

A ACV-Social por possuir características de participação da sociedade e *stakeholders*, não prever a compensação entre critérios, e estar associada a problemas de natureza complexa e subjetiva, devendo selecionar ferramentas de apoio à tomada de decisão de forma não aleatórias e capazes de modelar a subjetividade. Assim, justificar a escolha do método MCDA que se adequa ao problema de decisão em estudos da ACV-Social, é de suma importância para atender aos requisitos previstos nas diretrizes da UNEP e garantir a eficácia da pesquisa.

Tamanho da amostra

Como falado anteriormente, dados da ACV-Social são coletados a partir de julgamento de valor, principalmente quando não há base de dados globais para o problema de decisão, neste caso para um processo de tomada de decisão confiável, é necessário que dados realísticos sejam utilizados para orientar o processo de tomada de decisão, principalmente em situações em que há interesses conflitantes das partes interessadas.



Mesmo que as diretrizes da ACV-Social não descrevam uma taxa de resposta ou um número adequado de entrevistados, um tamanho de amostra representativo promoverá resultados realísticos no apoio à tomada de decisão. Nesta revisão identificou-se que 16 trabalhos informam o tamanho da amostra: Gompf Traverso e Hetterich (2021), Kolotzek et al. (2018), Rafiaani et al. (2020), Zheng et al. (2019), Féon et al. (2021), Alidoosti et al. (2021), Opher, Shapira e Friedler (2018), De Luca et al. (2015), De Luca et al. (2018), Balasbaneh e Marsono (2020), Balasbaneh, Yeoh e Zainal Abidin (2020), Balasbaneh et al. (2021), Du, Dias e Freire (2019), Liu e Qian (2019), Muhammad Anwar, Alvarado e Hsu (2021) e Zira et al. (2020). Logo, constata-se que parte considerável das pesquisas não destacam o volume de participantes, que é fundamental para a confiabilidade dos dados e, também, na reprodução metodológica da pesquisa em outros contextos sociais e localidades. Além disso, na maioria dos trabalhos não são informados o critério para definição estatística do tamanho da amostra para a coleta de dados.

Zhou et al. (2019) identificam quais as categorias dos decisores entrevistados: comunidade local, sociedade e trabalhadores, mas não apresenta o volume de entrevistados participantes. Ainda que não seja algo expressamente exigido nas diretrizes da ACV-Social, estatisticamente a definição de amostras significativas conduz a estudos seguros e confiáveis. A seguir está apresentado quadro com os artigos que apresentam o quantitativo do tamanho da amostra de entrevistados.

**Quadro 4.** Quantitativo de entrevistados nas pesquisas selecionadas.

Autores das pesquisas	Amostra	Autores das pesquisas	Amostra
Gompf; Traverso; Hetterich, 2021	48	De Luca et al., 2018	15
Kolotzek et al., 2018	25	Balasbaneh; Marsono, 2020	45
Rafiaani et al., 2020	300	Balasbaneh; Yeoh; Zainal Abidin, 2020	45
Zheng et al., 2019	8	Balasbaneh et al., 2021	45
Féon et al., 2021	60	Du; Dias; Freire, 2019	7
Alidoosti et al., 2021	20	Liu; Qian, 2019	103
Opher; Shapira; Friedler, 2018	20	Muhammad Anwar; Alvarado; Hsu, 2021	8
De Luca et al., 2015	10	Zira et al., 2020	10

Das 16 pesquisas, conforme apresentado no quadro acima, 3 pesquisas utilizaram menos de 10 entrevistados, 11 variaram de 10 a 60 entrevistados, e 2 pesquisas passaram de 100 entrevistados. Apesar de algumas pesquisas coletarem um número enxuto de participantes, não necessariamente indica necessidade insuficiente, pois deve estar associado ao universo e circunstâncias do problema de decisão.

A maioria das pesquisas utilizaram amostra intencional para estabelecer critérios específicos, como apresentado no trabalho de De Luca et al (2015). Este tipo de amostra possui a vantagem de ser mais rápido e útil em estudos quantitativos, todavia pode trazer dados genéricos e de maior risco. Em ambos os métodos de amostra, podem ser utilizados métodos que integrem a incerteza associada, que será abordado no tópico a seguir.

Perfil dos decisores

A descrição do perfil de decisores é de suma importância para a reprodução metodológica do método, bem como para a caracterização e



RELISE

confiabilidade de que os dados obtidos retratam fielmente o contexto social da problemática em que as partes interessadas estão envolvidas. O perfil dos decisores retrata o pensamento das categorias em seus julgamentos de valores, abordando as coerências e divergências existentes, por meio da apresentação dos julgamentos de valores. As diretrizes da UNEP (2020) destacam 6 categorias de avaliação de impacto (trabalhadores, consumidores, comunidade local, atores da cadeia de valor, sociedade e crianças) que podem em determinadas situações apresentar resultados confluentes ou adversos.

O critério perfil dos decisores foi identificado em 20 trabalhos, este critério possui sua relevância principalmente por estar prevista nas diretrizes categorias que devem ser incluídas nos estudos de ACV-Social. Diferentemente da maioria dos trabalhos desta revisão que apenas indicam as categorias que participaram da coleta de dados, o estudo de Zira et al. (2020), que categorizou trabalhadores, agricultores, consumidores, comunidade local e sociedade, descreve com maior riqueza de detalhes a escolha dos participantes, como foi o caso dos agricultores que foram considerados como os proprietários de empresa de produção suína, sendo separado dos trabalhadores, a comunidade local que foi definida no raio de 3km das fazendas, os consumidores como as pessoas que se alimentam da carne de porco na Suécia, e a sociedade que foi definida como as pessoas que vivem na área de 2.000km² ao redor de áreas de exploração agrícola.

Nos estudos de ACV-Social as categorias das partes interessadas devem atender as 6 categorias. Todavia, diversas pesquisas não as consideram, pois há a possibilidade de em determinados contextos haver a inexistência de categorias, pois o limite do sistema do produto pode não contemplar a presença de todas as categorias. Outro ponto importante é a descrição adequada dos perfis dos decisores que permite maior segurança na reprodução dos dados,



RELISE

descrevendo com maiores detalhes o processo de categorização dos decisores participantes.

Feedback de resultados

Nenhum dos trabalhos desta revisão de literatura apontou *feedback* dos resultados aos decisores e ou partes interessadas do estudo. A importância do *feedback* de resultados consiste em promover a transparência dos dados e, principalmente, na compreensão e interpretação dos dados para auxiliar no processo de tomada de decisão que tragam benefícios à sociedade local.

A interpretação (fase 4), que pode estar presente no feedback de resultados, trata-se de uma fase iterativa da ACV-Social, em que o resultado dessa fase pode ocasionar a revisão do objetivo e escopo do estudo (fase 1), na coleta de dados (fase 2), avaliação do impacto (fase 3). Além disso, a interpretação dos resultados deve: i) verificar a integridade; ii) checar consistência; iii) verificar a sensibilidade e qualidade dos dados; iv) avaliação da materialidade; e v) conclusões, limitações e recomendações (UNEP, 2020).

Apesar de nenhum trabalho desta revisão sistemática apresentar o feedback de resultados dos especialistas, o estudo de Féon et al. (2021) mostra que na coleta de dados houve discussões entre os especialistas, principalmente por divergirem em suas opiniões, e conclui que futuramente feedbacks serão úteis no aprimoramento e desenvolvimento do modelo. Além disso, os autores acreditam que as discussões realizadas nas oficinas devem existir também junto à comunidade, o que reforça a necessidade da realização de feedbacks estarem presente nos estudos de ACV-Social.

CONCLUSÕES

Apesar dos avanços e de um maior número de pesquisas, a ACV-Social carece de aperfeiçoamento e ainda está muito distante cientificamente da ACV-



RELISE

Ambiental e ACV-Econômica. A UNEP nas últimas diretrizes publicadas, convoca os pesquisadores da área a sanar lacunas, e evidencia a necessidade de avanços metodológicos. Alguns artigos selecionados nesta revisão tinham como foco principal a avaliação da sustentabilidade (os três pilares), sendo a ACV-Social uma avaliação secundária da pesquisa, o que potencializa a escassez e o pouco aprofundamento em face do número reduzido de trabalhos na área, reforçando a necessidade de mais pesquisas para o desenvolvimento de metodologias de avaliação de impactos capazes de promoverem tomadas de decisões para produtos socialmente justos.

O processo de tomada de decisão na ACV-Social para políticas públicas e setores da indústria é uma das principais lacunas científicas que devem ser solucionadas até 2030 (UNEP, 2020). Com isso, as abordagens MCDA têm sido uma das principais ferramentas no auxílio ao processo de tomada de decisão da ACV-Social, principalmente na ponderação e agregação de critérios para avaliação de impactos sociais. Entretanto, pesquisadores têm escolhido métodos de forma aleatória, que, quando selecionados de forma inadequada, podem direcionar a tomadas de decisões equivocadas.

Como pode ser observado, na coleta de dados desta revisão de literatura o método amplamente utilizado foi o AHP, que possui como uma das principais características a compensação entre critérios, característica que não deve estar presente em estudos de ACV-Social, conforme definido pela UNEP. Além disso, são percebidas falhas durante o uso da ACV-Social, que destaca em suas diretrizes a necessidade da fase de interpretação e comunicação de resultados, todavia, ao longo desta revisão, foi percebido que os trabalhos não realizam feedbacks aos participantes após a coleta de dados, para melhor visualização da tomada de decisão dos stakeholders participantes, resumindo esta fase a publicação científica, por meio dos artigos.



RELISE

Devido aos limitados estudos, a ACV-Social ainda está em amplo aperfeiçoamento e desenvolvimento de metodologias eficazes que atendam às exigências das diretrizes. Diante disso, esta revisão de literatura permitirá aos pesquisadores ter uma visão de pesquisas e estado da arte do uso do MCDA na ACV-Social.

Como principais limitações desta pesquisa, evidencia-se o tempo gasto com leitura de artigos que não tinham relação com a temática que não foram filtradas na fase de coleta de dados, e a dificuldade na identificação de informações, tendo em vista que alguns dados estavam presentes em materiais complementares dos artigos e também na exibição de figuras e tabelas, não estando transcritos no corpo do texto.

Apesar dos critérios definidos não serem abrangentes, o presente estudo permitiu uma avaliação global dos trabalhos e identificou discussões e características relevantes para as boas práticas do uso do MCDA na ACV-Social. Como consideração para trabalhos futuros, recomenda-se pesquisas para seleção de critérios de forma sistemática e modelos para avaliação ponderada.

REFERÊNCIAS

ALIDOOSTI, Z. et al. Social sustainability of treatment technologies for bioenergy generation from the municipal solid waste using best worst method. **Journal of Cleaner Production**, v. 288, 15 mar. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. ABNT NBR ISO 14040 Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, p. 1–22, 2014.

BALASBANEH, A. T. et al. Applying three pillar indicator assessments on alternative floor systems: life cycle study. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 26, n. 7, p. 1439–1455, 1 jul. 2021.

BALASBANEH, A. T.; MARSONO, A. K. BIN. Applying multi-criteria decision-making on alternatives for earth-retaining walls: LCA, LCC, and S-LCA.



RELISE

213

International Journal of Life Cycle Assessment, v. 25, n. 11, p. 2140–2153, 1 nov. 2020.

BALASBANEH, A. T.; YEOH, D.; ZAINAL ABIDIN, A. R. Life cycle sustainability assessment of window renovations in schools against noise pollution in tropical climates. **Journal of Building Engineering**, v. 32, 1 nov. 2020.

BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C. A critical analysis of the eigenvalue method used to derive priorities in AHP. **European Journal of Operational Research**, v. 187, n. 3, p. 1422–1428, 16 jun. 2008.

BELTON, V.; STEWART, T. **Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach**. Boston: Springer, 2002. CARDOSO, T. F. et al. Economic, environmental, and social impacts of different sugarcane production systems. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 12, n. 1, p. 68–82, 1 jan. 2018.

CARMO, B. B. T.; MARGNI, M.; BAPTISTE, P. Customized scoring and weighting approaches for quantifying and aggregating results in social life cycle impact assessment. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 22, n. 12, 2017.

CINELLI, M. et al. **MCDA Methods Selection Software (MCDA-MSS)**. 2018. Disponível em: <https://mcda.cs.put.poznan.pl/>. Acesso em: 4 fev. 2025.

DA SILVA, L. B. L. et al. Paradigmas, Métodos e Ferramentas para Modelos de Decisão Multicritério em Sistemas de Manufatura Orientados para a Indústria Sustentável 4.0. **Sustentabilidade**, v. 15, n. 8869, 2023.

DE LUCA, A. I. et al. Social life cycle assessment and participatory approaches: A methodological proposal applied to citrus farming in Southern Italy. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 11, n. 3, p. 383–396, 1 jul. 2015.

DE LUCA, A. I. et al. Evaluation of sustainable innovations in olive growing systems: A Life Cycle Sustainability Assessment case study in southern Italy. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 1187–1202, 10 jan. 2018.

DO CARMO, B. B. T. et al. Participatory approach for pertinent impact subcategory identification: Local community. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 26, n. 5, p. 950–962, 1 maio 2021.



RELISE

DU, C.; DIAS, L. C.; FREIRE, F. Robust multi-criteria weighting in comparative LCA and S-LCA: A case study of sugarcane production in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 218, p. 708–717, 1 maio 2019.

EAGAN, P.; WEINBERG, L. Application of analytic hierarchy process techniques to streamlined life-cycle analysis of two anodizing processes. **Environmental Science and Technology**, v. 33, n. 9, p. 1495–1500, 1 maio 1999.

EKENER, E.; HANSSON, J.; GUSTAVSSON, M. Addressing positive impacts in social LCA — discussing current and new approaches exemplified by the case of vehicle fuels. p. 556–568, 2018.

FÉON, S. LE et al. Dexiaqua, a model to assess the sustainability of aquaculture systems: Methodological development and application to a french salmon farm. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 14, 2 jul. 2021.

GOMPF, K.; TRAVERSO, M.; HETTERICH, J. Using analytical hierarchy process (AHP) to introduce weights to social life cycle assessment of mobility services. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 3, p. 1–10, 1 fev. 2021.

HALOG, A.; MANIK, Y. Advancing integrated systems modelling framework for life cycle sustainability assessment. **Sustainability**, v. 3, n. 2, p. 469–499, 2011.

KOLOTZEK, C. et al. A company-oriented model for the assessment of raw material supply risks, environmental impact and social implications. **Journal of Cleaner Production**, v. 176, p. 566–580, 1 mar. 2018.

KOULOUMPIS, V.; AZAPAGIC, A. Integrated life cycle sustainability assessment using fuzzy inference: A novel FELICITA model. **Sustainable Production and Consumption**, v. 15, p. 25–34, 1 jul. 2018.

LIU, S.; QIAN, S. Towards sustainability-oriented decision making: Model development and its validation via a comparative case study on building construction methods. **Sustainable Development**, v. 27, n. 5, p. 860–872, 1 set. 2019.

MATTILA, T. J. et al. Evaluating social sustainability of bioeconomy value chains through integrated use of local and global methods. **Biomass and Bioenergy**, v. 109, p. 276–283, 1 fev. 2018.

MUHAMMAD ANWAR, S. N. B.; ALVARADO, V.; HSU, S. C. A socio-economic efficiency analysis of water and wastewater treatment processes for refugee



RELISE

communities in Jordan. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 164, 1 jan. 2021.

NETO, G. M. P.; ALENCAR, L. H.; VÁSQUEZ, R. V. Multiple-Criteria Methods for Assessing Social Sustainability in the Built Environment: A Systematic Review. **Sustainability**, v. 15, 23 nov. 2023.

NEUGEBAUER, S. **Enhancing Life Cycle Sustainability Assessment Tiered Approach and new Characterization Models for Social Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing**. 2016. Tese (Doutorado) - Technische Universität Berlin, Berlin, 2016. Disponível em: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-5644>. Acesso em: 4 jan. 2025.

NIEDER-HEITMANN, M.; HAIGH, K. F.; GÖRGENS, J. F. Life cycle assessment and multi-criteria analysis of sugarcane biorefinery scenarios: Finding a sustainable solution for the South African sugar industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 239, 1 dez. 2019.

OPHER, T.; SHAPIRA, A.; FRIEDLER, E. A comparative social life cycle assessment of urban domestic water reuse alternatives. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 23, n. 6, p. 1315–1330, 1 jun. 2018.

RAFIAANI, P. et al. Identifying Social Indicators for Sustainability Assessment of CCU Technologies: A Modified Multi-criteria Decision Making. **Social Indicators Research**, v. 147, n. 1, p. 15–44, 1 jan. 2020.

REN, J. et al. Prioritization of bioethanol production pathways in China based on life cycle sustainability assessment and multicriteria decision-making. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 6, p. 842–853, 26 jun. 2015.

ROY, B.; SŁOWIŃSKI, R. Questions guiding the choice of a multicriteria decision aiding method. **EURO Journal on Decision Processes**, v. 1, n. 1–2, p. 69–97, 2013.

SAJID, Z.; LYNCH, N. Financial modelling strategies for social life cycle assessment: A project appraisal of biodiesel production and sustainability in Newfoundland and Labrador, Canada. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 9, p. 8–10, 2018.



RELISE

216

SHAHID, M. N. Developing and Applying a Social Life Cycle Assessment Framework to Assess the Social Sustainability of Cheese Supply Chains in the UK. n. January, 2017.

SUBRAMANIAN, V. et al. Assessing the social impacts of nano-enabled products through the life cycle: the case of nano-enabled biocidal paint. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 23, n. 2, p. 348–356, 1 fev. 2018.

SUREAU, S. et al. Participation in S-LCA: A methodological proposal applied to belgian alternative food chains (Part 1). **Resources**, v. 8, n. 4, p. 1–24, 2019.

TAVAKOLI, H.; BARKDOLL, B. D. Blended Lifecycle Integrated Social System Method. **International Journal of Environmental Research**, v. 14, n. 6, p. 727–749, 1 dez. 2020.

TZENG, G. H.; HUANG, J. J. **Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications**. 1. ed. Nova York: CRC Press, 2011.

UNEP. Guidelines for SOCIAL LIFE CYCLE ASSESSMENT OF PRODUCTS AND ORGANIZATIONS 2020. **United Nations Environment Programme (UNEP)**, 2020.

WANG, Y. et al. Comprehensive evaluation of the sustainable development of battery electric vehicles in China. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 20, 1 out. 2019.

WILKEN, D. et al. **Multidimensional assessment of passenger cars: Comparison of electric vehicles with internal combustion engine vehicles**. Procedia CIRP. **Anais...Elsevier B.V.**, 2020.

XU, D. et al. Supporting Information Life Cycle Sustainability Assessment of Chemical Processes: A Vector-based Three-dimensional Algorithm Coupled with AHP. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 56, 2017.

YANG, G. LIANG et al. A three-stage hybrid approach for weight assignment in MADM. **Omega (United Kingdom)**, v. 71, p. 93–105, 2017.

ZANGHELINI, G. M.; CHERUBINI, E.; SOARES, S. R. SC. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 609–622, 2018.



RELISE

217

ZHENG, X. et al. Life-cycle sustainability assessment of pavement maintenance alternatives: Methodology and case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 213, p. 659–672, 10 mar. 2019.

ZHOU, Z. et al. Model development of sustainability assessment from a life cycle perspective: A case study on waste management systems in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 210, p. 1005–1014, 10 fev. 2019.

ZIRA, S. et al. Social life cycle assessment of Swedish organic and conventional pork production. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 25, n. 10, p. 1957–1975, 1 out. 2020.