



# ECONOMIA CIRCULAR E TRANSFORMAÇÃO DIGITAL COMO INICIATIVAS PARA SUSTENTABILIDADE

PROF. DR. RENAN CARRIÇO PAYER (UFRJ)



# III SEMINÁRIO em SISTEMAS de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Iniciativas para Sustentabilidade e  
Excelência Operacional

Journal of Cleaner Production 466 (2024) 142850



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Cleaner Production

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jclepro](http://www.elsevier.com/locate/jclepro)



## Framework to supporting monitoring the circular economy in the context of industry 5.0: A proposal considering circularity indicators, digital transformation, and sustainability

Renan Carriço Payer<sup>\*</sup>, Osvaldo Luiz Gonçalves Quelhas, Níssia Carvalho Rosa Bergiante

*Production Engineering, Fluminense Federal University (Brazil), 156 Passo da Pátria St, Niterói, RJ, 24210240, Brazil*

### ARTICLE INFO

Handling Editor: Panos Seferlis

#### Keywords:

*Circular economy  
Digital transformation  
Sustainability  
Circularity indicators  
Industry 5.0  
Strategic options Development and analysis (SODA).*

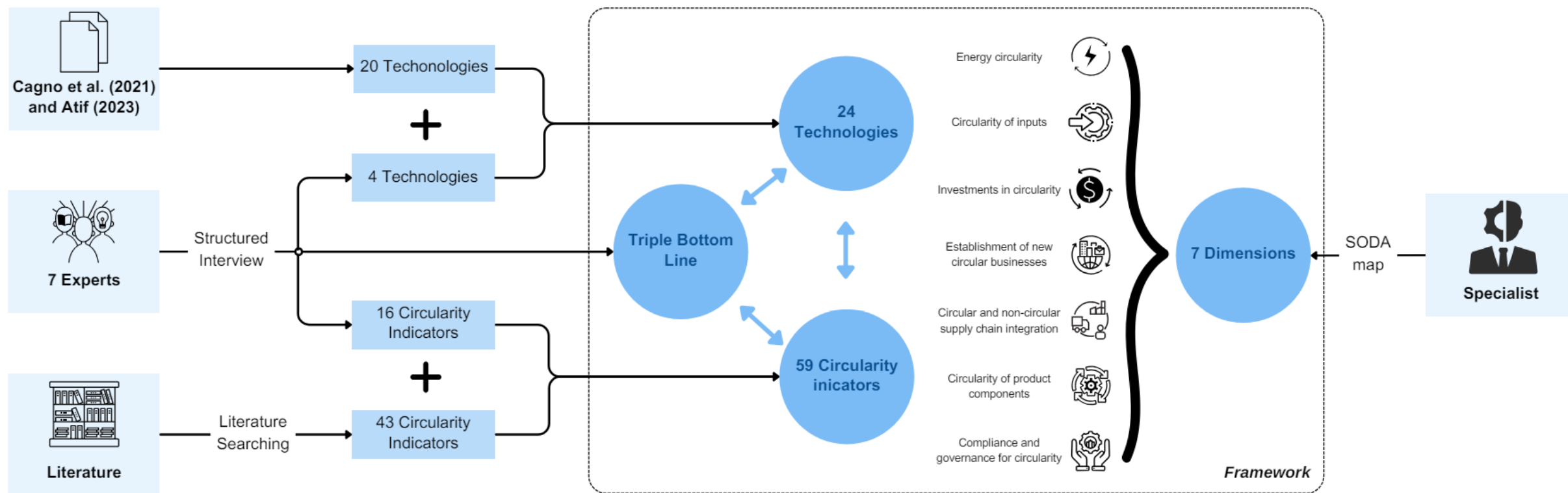
### ABSTRACT

Digital transformation can contribute to the increasing circular economy in organizations, facilitating their adherence to the economic, social, and environmental pillars of sustainability and, therefore, to the Industry 5.0 paradigm. In this context, this work proposes a framework for holistically addressing these themes with tools (circularity indicators and technological resources) to assist organizations in the manufacturing sector that aim to adopt circular processes with a focus on the pillars of sustainability. To elaborate the framework, the SODA (Strategic Options Development and Analysis) method was applied to explore, with the help of the interviewed specialist, the complexities of the problem studied, enabling the identification of 7 important issues or dimensions on the path to circularity. To shape the framework, 7 experts were interviewed (one for each dimension) to validate and classify the circularity indicators (prospected in the literature and added by them), correlating them to the spheres of sustainability and digital transformation technologies. The results of the framework analysis showed that achieving circularity demands the consideration of the following factors: the circularity of energy aiming at its efficiency, circularity of inputs for better use of resources, investments in circularity for process optimization, establishment of new circular businesses taking advantage of the good experiences obtained, circular and non-circular supply chain integration, compliance and governance for circularity meeting the expectations of stakeholders and the relevance of feasibility studies to technical, economic and environmental to implement circularity of product components.



# III SEMINÁRIO em SISTEMAS de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Iniciativas para Sustentabilidade e  
Excelência Operacional





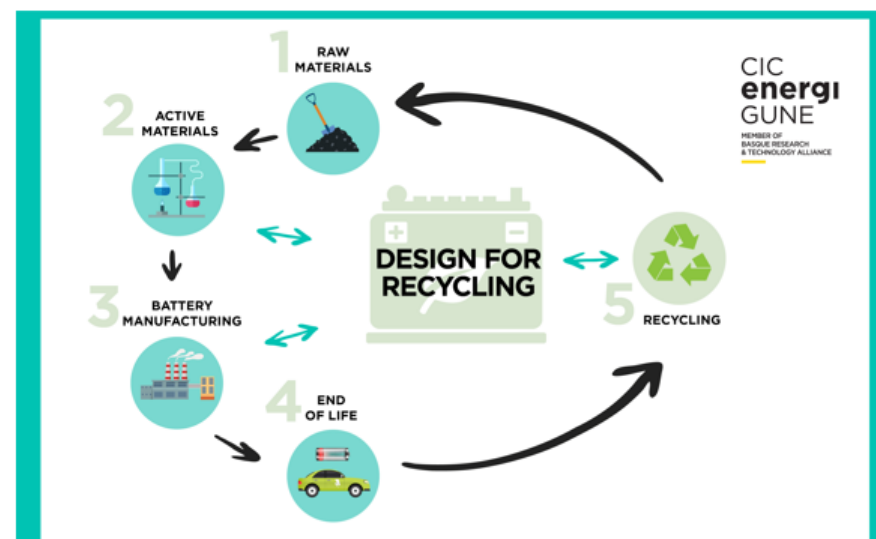
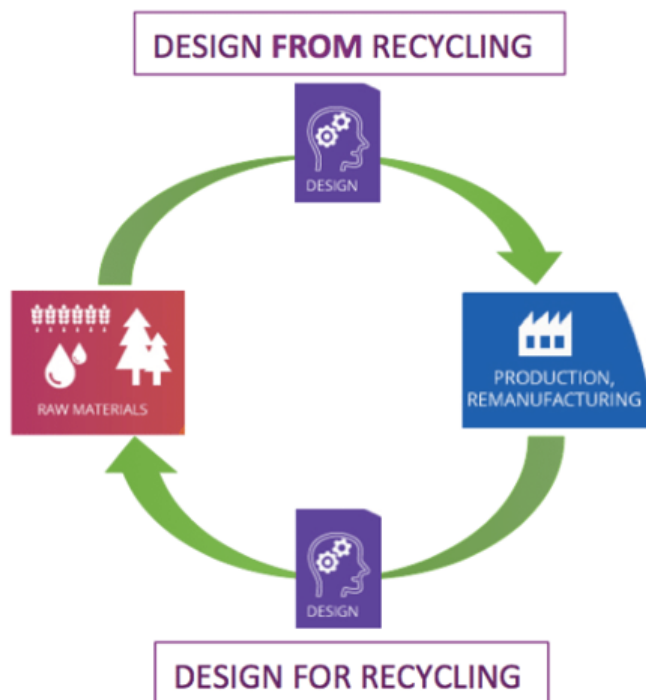
### III SEMINÁRIO em SISTEMAS de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Iniciativas para Sustentabilidade e  
Excelência Operacional

## Estudo de Caso



Volkswagen





### III SEMINÁRIO em SISTEMAS de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

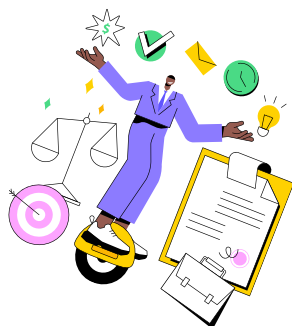
Iniciativas para Sustentabilidade e  
Excelência Operacional

## RESILIÊNCIA

- Aumento de incertezas e constantes mudanças exigem resiliência das organizações.
- Importante o planejamento para lidar com possíveis interrupções em toda a cadeia de valor.



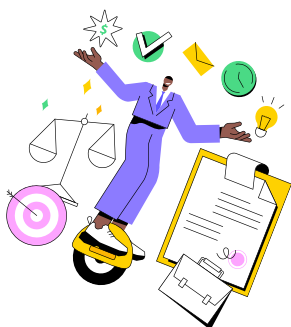
- Tecnologias e metodologias digitais (simulações e modelagem aprimorada por IA) podem ajudar a identificar caminhos alternativos ideais em caso de interrupção.



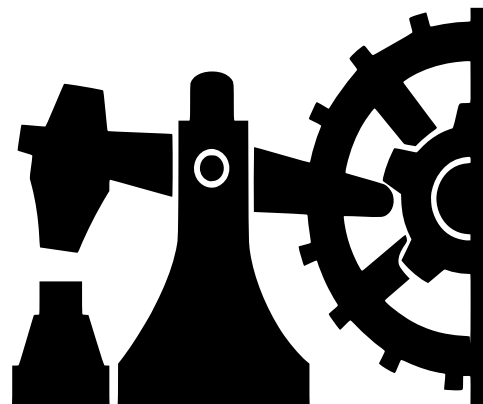




# RESILIÊNCIA



- A escala e a repetição *versus* transformação digital e disrupção.



- Objetivos antifrágéis para prosperar em ambientes incertos.
- O valor da resiliência incorporada ao sistema que pode abraçar a mudança e usá-la para melhorar.
- A importância das tecnologias.

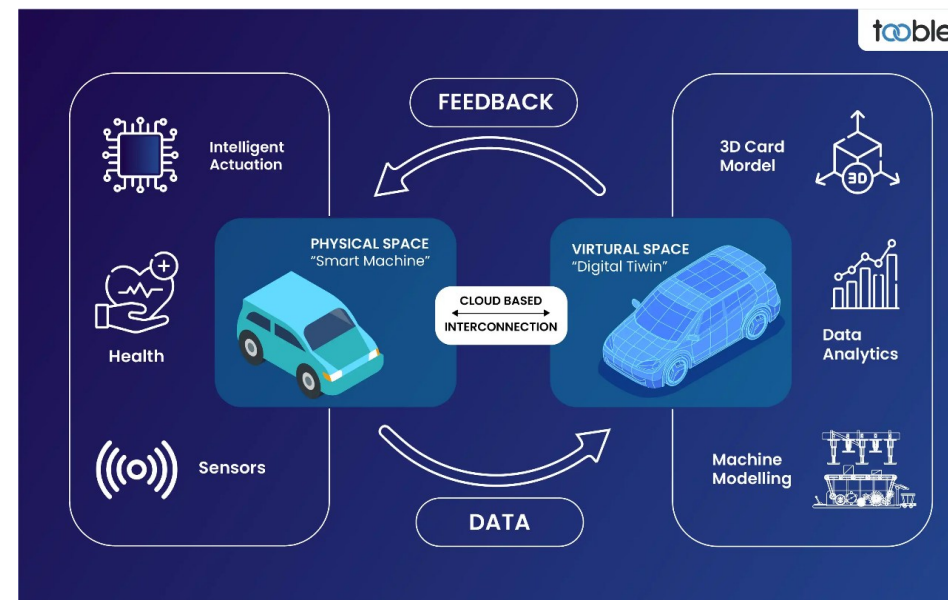


### III SEMINÁRIO em SISTEMAS de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Iniciativas para Sustentabilidade e  
Excelência Operacional

## TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

- A Tecnologia não é uma coisa, mas um meio.
- Não se trata apenas de automatizar fábricas, mas transformar indústrias inteiras por meio da integração de tecnologias.
- O papel das tecnologias. Exemplo: **Gêmeos Digitais** para visualização simultânea de bens físicos e informações virtuais de produtos.



# SUSTENTABILIDADE



**III SEMINÁRIO  
em SISTEMAS  
de ENGENHARIA  
DE PRODUÇÃO**  
Iniciativas para Sustentabilidade e  
Excelência Operacional





# EXPERIÊNCIA HUMANA



## III SEMINÁRIO em SISTEMAS de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Iniciativas para Sustentabilidade e  
Excelência Operacional



**Personalização ao criar produtos e serviços  
que atendam às necessidades de cada  
cliente, sem comprometer a  
sustentabilidade da organização**



**Uso da criatividade e inteligência humanas  
em associação com máquinas e sistemas  
de produção avançados no ambiente de  
tecnologias digitais de ponta**



**Versatilidade para lidar com novos  
conhecimentos, habilidades necessárias e  
com tecnologias em constante inovação e  
aperfeiçoamento**