

“Os princípios da Indústria 4.0 e os impactos na sustentabilidade da cadeia de valor empresarial.”



José Marcelo Barbosa Palma

Mestrando em Engenharia de Produção e Manufatura



SUSTAINABLE BUSINESS LABORATORY

LABORATÓRIO DE NEGÓCIOS SUSTENTÁVEIS

PROF. DRA. IEDA KANASHIRO MAKYIA

PROF. DR. FRANCISCO I. GIOCONDO CÉSAR

Autores:

PALMA, J. M. B. ^{a*}, BUENO, U. S. ^a, STOROLLI, W. G. ^a, SCHIAVUZZO, P. L. ^a, CESAR, F. I. G. ^{a,b}, MAKIYA, I. K. ^a

a. Faculdade de Ciências Aplicadas, UNICAMP, Limeira

b. Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de São Paulo, IFSP, Piracicaba

Apresentação

1. Resumo
2. Introdução
3. Referencial Teórico
4. Metodologia
5. Relações entre a Indústria 4.0 e a sustentabilidade
6. Discussão
7. Considerações

1- Resumo:

Diversas restrições ainda são impostas para que a sustentabilidade avance em todos os níveis.

- A busca por soluções necessita de esforços de integração e grandes alterações em produtos, processos e no comportamento das pessoas que operam em redes de alta complexidade.

1- Resumo:

Com o avanço de novas tecnologias, principalmente aquelas provenientes da Indústria 4.0 (I.4.0), esta gera:

- Um alto nível de conectividade entre os processos.
- A ampliação de produtos customizados.
- Profundas alterações nos ambientes organizacionais e na sociedade, contribuindo para o panorama de sustentabilidade.

1- Resumo:

Este estudo pretende avaliar:

- Como os princípios da I.4.0 podem auxiliar no avanço das estratégias de sustentabilidade.
- A relação entre a sustentabilidade e os princípios da Indústria 4.0

2- Introdução:

Desde a revolução industrial, a **produção industrial** tem sido uma das **principais atividades econômicas** da sociedade moderna; ela tem carregado consigo um **grande impacto ao meio ambiente em termos globais** (Olivier et al., 1996).

Revolução Industrial

*Alteração de sistemas tecnológicos de produção,
principalmente nas circunstâncias de trabalho.*

Impacta nas economias e na sociedade.

2- Introdução:

Ocorre a sensibilização da sociedade sobre questões ambientais,

Sustentabilidade

Esforço em minimizar os impactos negativos nas relações **ambientais, sociais e econômicas**, e se além às questões de alteração do clima, poluição e utilização dos recursos sem restrições (Sarkis, 2001).

2- Introdução:

Indústria 4.0 (I.4.0)

A I.4.0 é a combinação de máquinas inteligentes, produção, processos e sistemas que formam uma rede sofisticada interconectada.

Enfatiza a ideia da **coerência, digitalização e ligação** de todas as unidades produtivas em uma economia, criando a **virtualização do mundo real** em um grande sistema de informação (Shafiq et al., 2015).

3- Referencial Teórico

3.1. Cenário evolutivo da sustentabilidade

A Gestão das Operações
(*Operation Management* – OM)



A OM sustentável deve ajudar as empresas a se tornarem ágeis, adaptáveis e alinhadas em balancear o planeta e as relações humanas com a rentabilidade (Kleindorfer et al., 2005).

3- Referencial Teórico

3.2. Indústria 4.0 (I.4.0)

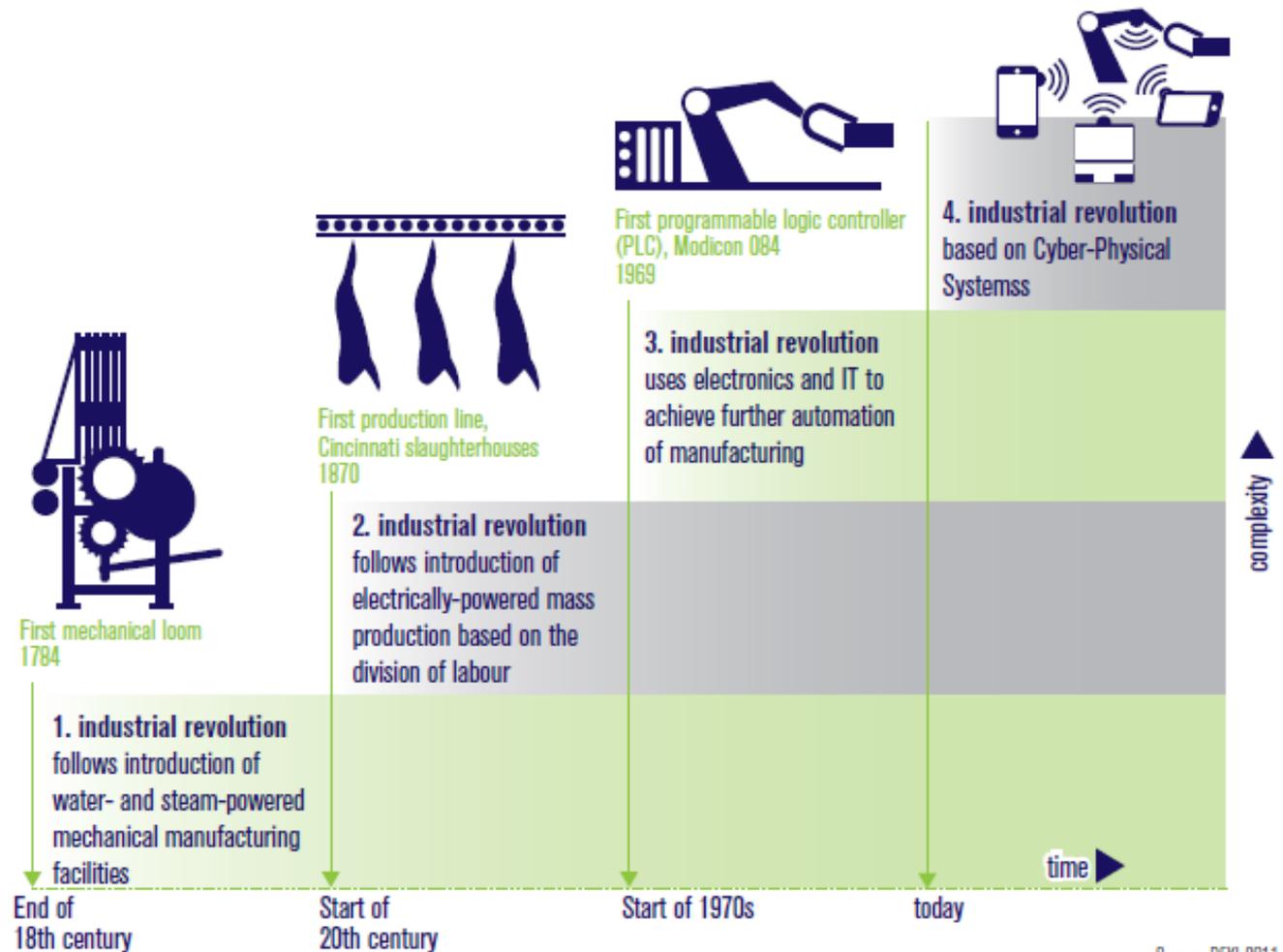
Voltada originalmente para o setor industrial, a **I.4.0** está em diversos setores da economia para integrar e assimilar conceitos como:

- Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*),
- Internet dos Serviços (*Internet of Services – IoS*),
- Internet dos Dados (*Internet of Data – IoD*),
- Sistemas de Produção Ciber-Físicos (*Cyber Physical Systems – CPS*),
- Produtos Inteligentes etc.

(Shafiq et al., 2015).

3- Referencial Teórico

Figure 1:
The four stages of
the Industrial Revolution



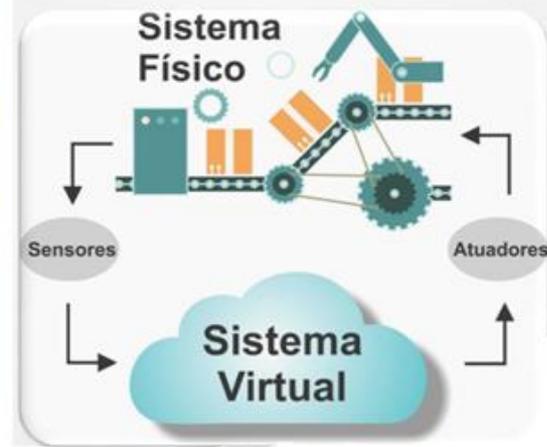
3- Referencial Teórico

3.2. Indústria 4.0 (I.4.0)

A 4ª Revolução Industrial, acontecendo nos dias atuais, baseia-se nos Sistemas Ciber-Físicos (CPS) (Kagermann et al., 2013)



Sistemas Cyber-físicos



3- Referencial Teórico

3.3. Princípios da I.4.0

PRINCÍPIOS DA I 4.0

CARACTERÍSTICAS

| | |
|--------------------------|--|
| 1- Interoperabilidade | É a capacidade de um sistema se comunicar de forma transparente com outro sistema, semelhante ou não; |
| 2- Virtualização | É a capacidade de um sistema monitorar processos físicos de forma virtual |
| 3- Descentralização | É a capacidade de um sistema de tomar decisões próprias, através de computadores embarcados conversando com o sistema CPS; |
| 4-Operação em Tempo Real | É o rastreamento e análise contínua da operação, reagindo rapidamente contra algum desvio; |
| 5-Orientação a Serviços | É a disponibilidade dos serviços da empresa também para outros participantes do processo, interna e externamente, através da IoS (Internet, Tecnologia de produção, Personalização etc.); |
| 6- Sistema Modular | Significa flexibilidade em se adaptar às mudanças de requisitos, substituindo ou expandindo módulos individuais, facilmente adaptados em casos de flutuações sazonais ou mudança de características do produto, baseados em interfaces padronizadas de software e hardware |

4- Método

Pesquisa bibliográfica exploratória, qualitativa.

Pesquisa bibliográfica exploratória porque avança sobre um ambiente ainda pouco conhecido, em fase embrionária de implementação;

Bases de dados: Emerald, Web of Science e Science Direct.

Universo de 140 artigos científicos contemporâneos, no período de 2008 a 2016.

Palavra-chave “*Industry 4.0*”, foram selecionados 35 com o cruzamento dos termos “*sustainability of value chain*”, “*sustainable*” e “*environment*”.

3 artigos apresentaram maior aderência e consistência com a proposta.

5- Relações entre a Indústria 4.0 e a sustentabilidade

Quadro 1 – Principais autores e suas alegações a respeito dos impactos da I.4.0 na sustentabilidade na cadeia de valor

5- Relações entre a Indústria 4.0 e a sustentabilidade

| Tópico | Exemplos de Impacto da I.4.0 na sustentabilidade, observados pelos autores | Observação |
|---------------|--|--|
| (a) | Aumento médio de eficiência dos recursos de 3,3 % a.a. em todos os setores da Indústria (PWC, 2015) | Eficiência na utilização de recursos |
| (b) | A produção de peças sobressalentes, usando impressão 3D, reduz as práticas logísticas e o impacto ambiental através da economia de energia e dos combustíveis utilizados para o transporte e distribuição das peças e economia de material (Gerlitz, 2015) | Economia de combustíveis e recursos em geral |
| (c) | O desempenho da eficiência social é sustentado pela geração e exploração de serviços, tais como: digitalização e inovação aberta em casos de integração de design em processos de desenvolvimento (Gerlitz, 2015) | Desempenho da eficiência e igualdade social, trabalho etc. |
| (d) | O design como ferramenta e processo pode agilizar o desempenho das cadeias de fornecimento e de valor, reduzir as interações logísticas e tornar as atividades adicionais redundantes, com implicações positivas para o ambiente, garantindo ao mesmo tempo a eficiência social e ambiental de uma empresa (Gerlitz, 2015) | Interação logística e eficiência social e ambiental |
| (e) | A I.4.0 irá direcionar e resolver alguns desafios mundiais atuais, tais como, recursos e eficiência energética, produção urbana e mudança demográfica (Kagermann et al, 2013) | Recursos e eficiência energética, produção urbana e mudança no hábito da população, tais como menos lixo e mais reciclagem |
| (f) | A I.4.0 permite que o trabalho seja organizado de tal forma que considere as mudanças demográficas e fatores sociais. Sistemas de assistência inteligentes da I.4.0 liberarão os trabalhadores de executarem tarefas rotineiras, permitindo-os focar em atividades criativas e de valor agregado (Kagermann et al, 2013) | Emprego e qualidade do trabalho |

5- Relações entre a Indústria 4.0 e a sustentabilidade

O Quadro 2 apresentará a correlação entre os princípios da I.4.0 e os impactos na sustentabilidade descritos pelos autores, conforme os tópicos da Quadro 1.

Impacto Positivo (+)

Indica que o princípio favorece a Sustentabilidade (TBL);

Impacto Negativo (-)

Indica que o princípio não colabora na obtenção do desenvolvimento sustentável.

5- Relações entre a Indústria 4.0 e a sustentabilidade

Quadro 2 – Correlação entre os princípios da I.4.0 e os impactos na sustentabilidade da cadeia de valor empresarial (Quadro 1).

| Princípios da I.4.0 | (a) | (b) | (c) | (d) | (e) | (f) |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Interoperabilidade | (+) | (+) | (+) | (+) | (+) | (+) |
| Modularidade | (+) | (+) | (-) | (+) | (+) | (-) |
| Operação em Tempo Real | (+) | (+) | (+) | (+) | (+) | (+) |
| Descentralização | (+) | (+) | (+) | (+) | (+) | (-) |
| Orientação a Serviços | (+) | (+) | (+) | (+) | (+) | (+) |
| Virtualização | (+) | (+) | (+) | (+) | (+) | (+) |

Emprego e qualidade do trabalho.

6- Discussão

6.1. *Interoperabilidade*

- Aumentará o uso eficiente de energia:
 - **Correções imediatas** nos processos da cadeia de valor estarão
 - As interconexões **minimizarão o uso incorreto de materiais e o desperdício** e rejeitos de produtos;
 - Impacto positivo do **ponto de vista logístico e produtivo**, otimizando todo o processo.

6- Discussão

6.2. Modularidade

- Economia no uso de recursos e na melhoria da eficiência energética, **impacto na mão de obra e qualidade do trabalho.**
- Máquinas se auto-adequarão para as variáveis e alterações necessárias, facilitando melhorias fundamentais para os processos industriais

6.3. Operação em tempo real

- Melhoria da eficiência energética,
- Rastreamento e análise permanente e constante, reagindo rapidamente contra qualquer alteração ou desvio.

6- Discussão

6.4. *Descentralização*

- Economia no uso de recursos e na melhoria da eficiência energética, impacto nas decisões.
- Os processos da cadeia de valor estarão tomando decisões para execução das atividades.
- O sistema toma decisões próprias, através de computadores embarcados conversando com o sistema CPS.
- Possuem a capacidade de responder com flexibilidade para interrupções e falhas de fornecedores, por exemplo permitindo a auto-adequação e tomadas de decisões autônomas.

6- Discussão

6.5. *Orientação a Serviços*

- Economia no uso de recursos e na melhoria da eficiência energética.
- O cliente pode definir o seu produto através do uso de *softwares* de simulação e identificar melhor suas necessidades e redefinições.
- Fábricas inteligentes permitem que requisitos do cliente final sejam atendidos, indicando que mesmo itens pontuais podem ser manufaturados de forma rentável.

6- Discussão

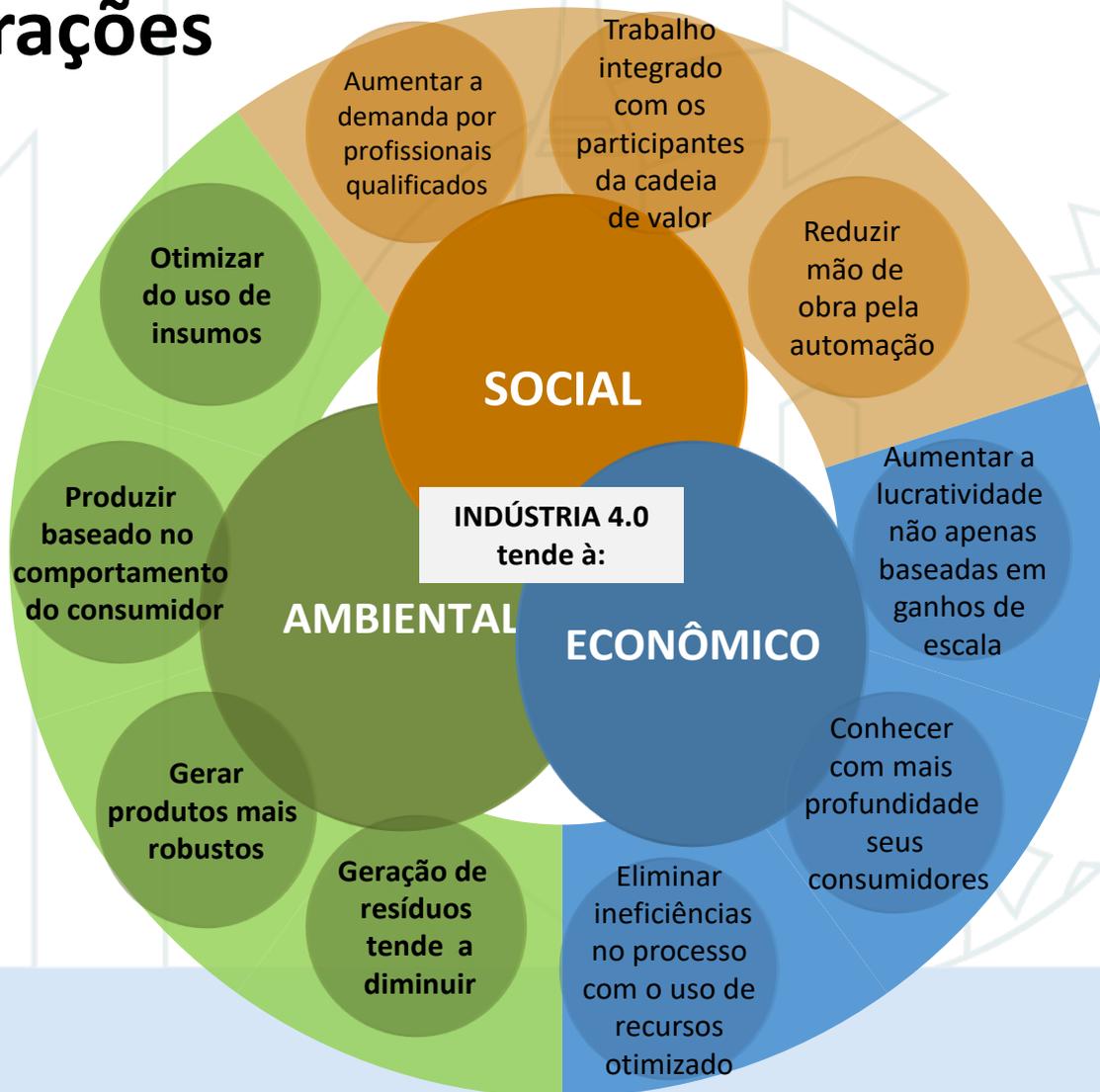
6.6. *Virtualização*

- Economia no uso de recursos e na melhoria da eficiência energética.
- A produção e a movimentação autônoma permitirão que funcionários possam atuar cada vez mais sem necessidade de deslocamentos,
- Atuando a partir de uma única planta específica da corporação, ou até mesmo da própria residência.
- Utilizando óculos de realidade virtual que os conduzirão a salas virtuais de reunião.

7- Considerações

- Os princípios que ainda apresentam desafios são **Modularidade e Descentralização**.
- Devido ao aumento do nível de automação e autoregulação dos processos de forma autônoma (tomada de decisões), **num primeiro momento estes tornam-se ameaças aos postos de trabalho** que de forma geral ainda dependem da intervenção humana (pilar social).
- Estes desafios apresentam maior vulnerabilidade em relação à sustentabilidade e, portanto, devem ser objeto de novos estudos.
- Neste estudo observou-se que, apesar de haver algumas preocupações e necessidade de calcular o balanço energético, de forma geral há entendimento de que a **I.4.0 trará benefícios que ampliarão as condições de sustentabilidade em toda cadeia de valor**.

7- Considerações





Obrigado.

Corresponding author
jmarcelo.palma@gmail.com
j191581@dac.unicamp.br

