

## **A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E A INTEGRAÇÃO DO ODS 12 NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

**VALÉRIO VITOR BONELLI**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO - PUC/SP

**NEUSA MARIA BASTOS FERNANDES DOS SANTOS**

PONTIFICA UNIVERSIDADE CATOLICA DE SÃO PAULO

# A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E A INTEGRAÇÃO DO ODS 12 NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

## Introdução

O conceito de sustentabilidade ampliou-se de preservação de recursos naturais para conservação do meio ambiente, redução de custos com energia, investimento em Pesquisa e Desenvolvimento, Responsabilidade Social, inclusão social, geração de emprego e renda, estímulo ao empreendedorismo etc. Mais recentemente, a sustentabilidade passou a ser um parâmetro de avaliação de risco para os bancos comerciais, e não mais um atributo das ações, projetos, produtos e serviços da empresa. Em resumo passou a ser pré-requisito para a sobrevivência e sucesso do negócio.

As transformações sociais, científicas e tecnológicas, ocorridas nas últimas décadas do século passado e que se perpetuam até os dias atuais, são responsáveis pela evolução e pelo desenvolvimento das organizações. Essas mudanças propiciam o surgimento de novas técnicas e processos de produção, tornando o ambiente organizacional mais competitivo, devido à aceleração da globalização econômica.

Surgem, ainda, algumas preocupações que antes passavam mais despercebidas, referentes às questões relacionadas com o meio ambiente. Tais preocupações se intensificaram na década de 60, o que propiciou um novo ciclo social com o aparecimento de consumidores vigilantes quanto à consciência ambiental e responsabilidade social das organizações, de governos mais atuantes, enquanto agentes normativos e reguladores e as organizações, por sua vez, tornaram-se mais conscientes de sua participação viabilizando o desenvolvimento sustentado.

O processo industrial inteligente, na qual toda a cadeia produtiva se desenvolve em linha com o que foi planejado, com processos em funcionamento eficiente, integração de tecnologias físicas e digitais e com produção com alto rendimento há muito tempo faz parte do imaginário de gestores industriais. Este paradigma produtivo, que foi alçado a uma verdadeira revolução, recebeu esse enquadramento por acadêmicos e industriais alemães, especialmente a partir de 2012, com a nomenclatura de Indústria 4.0 ou manufatura avançada.

Diante destas questões, fazemos o seguinte questionamento: Diante dessas mudanças no cenário mundial e empresarial, com os gestores buscando melhorar a performance empresarial, estes podem também aplicar novas tecnologias que proporcionem o desempenho sustentável das atividades organizacionais, reduzindo as possíveis externalidades negativas que o negócio possa causar?

O presente trabalho levanta a importante interação e o alinhamento de uma indústria automatizada, a qual há uma integração entre tecnologias físicas e digitais, denominada indústria 4.0, que alinhada com inovações no processo podem alcançar uma gestão ambientalmente saudável ao longo de todo o ciclo de vida do produto, e com isso reduzir significativamente a emissão de poluentes minimizando seus impactos negativos ao meio ambiente. E que por meio de inovações tecnológicas que além de melhorar processos e produtos em termos de qualidade lucro, permitam também a diminuição dos impactos causados ao meio ambiente, contribuindo com uma melhor condição vida da população.

## 1 - A indústria 4.0 ou a quarta revolução industrial

Segundo Kagermamm et. al. 2013, o termo indústria 4.0 ficou conhecido em 2011, quando uma associação do governo, empresas e academia promoveu a ideia de aprimorar a competitividade da indústria alemã. Deste modo o governo alemão apoiou a iniciativa e anunciou que a Indústria 4.0 seria parte do projeto High-Tech Strategy 2020 for Germany, com o propósito de levar a Alemanha à liderança na inovação tecnológica.

Conforme OLIVEIRA (2017), a indústria 4.0 (ou quarta revolução industrial) seria a sucessora das três revoluções anteriores, a saber: Primeira era: utilização de máquinas a vapor como propulsor da indústria (século XVIII); Segunda era: utilização da eletricidade (final do século XIX) e; Terceira era: Automação (a partir o século XX). No século XXI, em um contexto de globalização produtiva das empresas transnacionais, e o desenvolvimento das telecomunicações e tecnologias da informação, surgiram derivados como sensores, sistemas e *softwares*. Para Coelho (2016, p. 15), assim podem ser descritas as etapas das quatro revoluções industriais:

**Figura 1. Revoluções industriais – etapas**



Fonte: OLIVEIRA (2017), Apud Coelho, 2016, p. 15.

A indústria 4.0 é classificada de acordo com a utilização nas etapas da cadeia produtiva, que inclui os processos, o desenvolvimento de processos, o desenvolvimento de produtos ou de novos modelos de negócios e projetos aplicados na indústria. Há uma classificação exemplificativa das aplicações da indústria 4.0, nas etapas da cadeia produtiva industrial é elencada na tabela a seguir:

**Tabela 1. Etapas da cadeia produtiva e exemplos de tecnologias da indústria 4.0**

<b>Etapas da cadeia produtiva</b>	<b>Exemplos de tecnologias da Indústria 4.0</b>
Processos	Automação digital sem sensores.
	Automação digital com sensores para controle de processo.
	Monitoramento e controle remoto da produção com sistemas.
	Automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais e linhas flexíveis.
Desenvolvimento de processos	Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento de produtos e manufatura de produtos.

	Manufatura aditiva, prototipagem rápida ou impressão 3D.
	Simulações/análise de modelos virtuais (elementos finitos e fluidodinâmicos computacionais).
Desenvolvimento de produtos / novos modelos de negócios	Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados ( <i>Big Data</i> ).
	Utilização de serviços em nuvem associados ao produto.
	Incorporação de serviços digitais nos produtos (por exemplo, a “Internet das Coisas”).
Projetos na indústria	Manufatura por computador.

Fonte: OLIVEIRA (2017)

Uma análise da relação entre a indústria e infraestrutura já fora empreendida por Oliveira (2017). Neste tocante, o autor destaca as externalidades e complementaridades que ocorrem entre os setores industriais, dentre eles a manufatura avançada e infraestrutura, o que inclui, por exemplo, o setor logístico.

O uso das tecnologias exemplificadas na Tabela 1 geram impactos na eficiência das etapas da cadeia produtiva, influenciando inclusive no desempenho em questões de sustentabilidade. As atuais tecnologias utilizadas na indústria 4.0 tendem, por exemplo, a um menor consumo de energia ou até mesmo o uso intensivo de energias renováveis, além da busca pela redução no consumo de água e na emissão de gases (ALKAYA; BOGURCU; ULUTAS; DEMIRER, 2015).

No artigo “*Manufacturing’s next act*”, publicado em 2015 pela consultoria privada internacional Mckinsey,(Oliveira, 2017), são identificadas oito áreas básicas da criação de valor (*value drivers*) na indústria e seus respectivos fatores impulsionadores (*Industry 4.0 levers*) pertencentes à indústria 4.0.

OLIVEIRA (2017), destaca, dentre as áreas de criação de valor para as indústrias temos fatores como recursos e processos, utilização de ativos, serviços, etc. Quanto aos fatores impulsionadores temos, por exemplo: controle de processos avançados, manutenção remota, consumo inteligente de energia, dentre outros destacados na figura 2.

**Figura 2. Criação de valor na indústria e fatores impulsionadores – indústria 4.0: compasso digital.**



Fonte: extraído de CORNELIUS; DOMINIK – McKinsey, 2015, p. 2.

## 2 - A Estratégia dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

Trata-se de uma coalisão que reúne organizações representativas da sociedade civil, do setor privado, de governos locais e da academia com o propósito de ampliar e qualificar o debate a respeito dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e de mobilizar, discutir e propor meios de implementação efetivos para essa agenda.

Esta iniciativa nasceu da necessidade de engajar e conscientizar atores-chave da sociedade a respeito de seu papel e dos esforços necessários para que o cumprimento da Agenda 2030 seja bem sucedido.

Chefes de Estado, de governo e altos representantes reuniram-se de 25 a 27 de setembro de 2015 na sede das Nações Unidas em Nova York para deliberar sobre os novos objetivos do desenvolvimento sustentável global, considerando os pilares dos objetivos do desenvolvimento do milênio cuja agenda venceu no final de 2015. Após a análise de relatórios de especialistas que colaboraram com a ação, eles chegaram a 17 objetivos (ODS) e 169 metas a serem atingidas até 2030. Este é um plano ambicioso que visa erradicar a pobreza extrema e acabar com a fome em todos os lugares, combater as desigualdades, construir sociedades pacíficas, proteger os recursos naturais do planeta, englobando as dimensões sociais, econômicas e ambientais.

**Figura 3 – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**



Fonte: [www.pnud.org.br/ods](http://www.pnud.org.br/ods)

Os esforços dos objetivos do desenvolvimento do milênio trouxeram avanços no desenvolvimento e diminuição do número de pessoas na extrema pobreza, além de outros avanços sociais. Nos esforços dos ODS observamos algumas nações colaborando entre si e engajadas nos novos objetivos que estão ancorados em cinco dimensões entrelaçadas:

Pessoas, planeta, prosperidade, paz e parceria. A figura 4 ilustra como tais dimensões estão integradas. A seguir podemos verificar cada uma dessas dimensões.

**Figura 4 - Os 5 P's da Agenda 2030**



Fonte: [www.pnud.org.br/ods.aspx](http://www.pnud.org.br/ods.aspx)

Como Meta, o ítem 12.5, menciona que até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso

#### **Figura 4 - ODS 12: Produção e Consumo Sustentáveis**



O Objetivo 12, define o seguinte:

Implementar o Plano Decenal de Programas sobre Produção e Consumo Sustentáveis, com todos os países a tomar medidas, e os países desenvolvidos assumindo a liderança, tendo em conta o desenvolvimento e as capacidades dos países em desenvolvimento;

Até 2030, alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais;

Até 2030, reduzir para metade o desperdício de alimentos per capita a nível mundial, de retalho e do consumidor, e reduzir os desperdícios de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento, incluindo os que ocorrem pós-colheita;

Incentivar as empresas, especialmente as de grande dimensão e transnacionais, a adotar práticas sustentáveis e a integrar informação sobre sustentabilidade nos relatórios de atividade;

Promover práticas de compras públicas sustentáveis, de acordo com as políticas e prioridades nacionais;

Até 2030, garantir que as pessoas, em todos os lugares, tenham informação relevante e consciencialização para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida em harmonia com a natureza;

Apoiar países em desenvolvimento a fortalecer as suas capacidades científicas e tecnológicas para mudarem para padrões mais sustentáveis de produção e consumo.

Desenvolver e implementar ferramentas para monitorizar os impactos do desenvolvimento sustentável para o turismo sustentável, que gera empregos, promove a cultura e os produtos locais.

O ODS 12 aborda a produção e o consumo sustentáveis, com foco em ações globais (12.1) e locais, como alcançar o uso eficiente de recursos naturais (12.2), reduzir

o desperdício de alimentos (12.3), manejar resíduos químicos de maneira responsável (12.4).

Neste objetivo, também estão incluídos o cuidado com resíduos sólidos (12.5), a diminuição da emissão de poluentes (12.4), foco desse trabalho.

### **3 – A inovação e as iniciativas sustentáveis nas empresas**

A tecnologia deve ser entendida como o emprego de ferramentas, matérias, máquinas, conhecimentos, habilidades e processos, incluindo a manipulação social das forças energéticas em função do atendimento às necessidades humanas.

O uso de novas técnicas sempre esteve presente na evolução da espécie humana. Com o uso de novos instrumentos e materiais, o homem trocou a base biológica de manipulação de instrumentos (uso das mãos especialmente) para uma base cultural e social (cérebro). A manipulação que o homem faz dos recursos à sua volta é o indício direto do estágio de sua evolução. O uso desses recursos fez com que, paulatinamente, a espécie humana fosse dominando as outras espécies.

Essa habilidade tecnológica estabeleceu uma relação dialética com outras formas da cultura: linguagem, organização, solidariedade, sentido de espaço e tempo, etc. Nesse processo, a espécie humana passa a ter uma relação cada vez mais complexa e intensa com os recursos naturais e energéticos à sua volta (LEIS, 1999 apud ROCHA, 2011).

Como estratégia do desenvolvimento econômico para o século XXI, Sachs (2008, p. 255) diz que poderá ser um século de prosperidade compartilhada, caracterizada por um estreitamento da diferença de renda entre os países ricos e os pobres, não devido a um declínio da renda nas sociedades mais ricas, mas pelo rápido avanço por parte dos pobres. Não significando, porém, o fim de um imenso sofrimento da miséria, mas a tendência de um mundo mais seguro e mais democrático, com rendas crescentes servindo de base à estabilidade política com sociedades mais abertas. O compartilhamento de uma economia global em crescimento teria talvez como consequência a diminuição dos conflitos entre as classes e etnias nos grupos de renda e cultura, diminuindo êxodos.

Essa é uma hipótese fundamental a partir da qual se acredita que a prosperidade pode ser difundida para todos os cantos do mundo, tendo em vista que os países ricos são ricos porque adotaram tecnologias avançadas, por exemplo, no campo da geração de energia, medicina, transporte, construção, saneamento, tecnologia de informação e outras. Essas tecnologias avançadas podem ser igualmente adotadas nos países atualmente pobres. Observa Sachs (2008, p. 56), que a tecnologia tem a maravilhosa propriedade de ser não-competitiva; cada pessoa, empresa, ou país, pode adotá-la sem limitar a capacidade de outros também a adotarem.

A destinação dos resíduos gerados pela sociedade se torna mais complexa à medida que aumentam a população, o nível de industrialização e o consumo de material. Como consequência, para se enfrentar a carência de locais adequados para lançar esses resíduos, iniciou-se a busca por soluções mais eficazes do que a sua dispersão no meio ambiente. Em vez de simplesmente dispor seus resíduos, passou-se a procurar

alternativas mais lógicas que se proponham a tratar, reaproveitar, minimizar ou até eliminar a geração dos resíduos, contribuindo, cada uma dessas alternativas, em escala crescente, para a solução efetiva do problema. Segundo (BONELLI 2002), essas soluções são escolhidas a partir de abordagens distintas, observadas sob os seguintes ângulos:

- Minimizar – abordagem preventiva, orientada para reduzir o volume e o impacto causado pelos resíduos. Em casos excepcionais, pode-se eliminar completamente a geração do resíduo;
- Valorizar – abordagem orientada para extrair valores materiais ou energéticos que contribuam para reduzir os custos de destinação dos resíduos e, em alguns raros casos, gerem receitas superiores a esses custos;
- Reaproveitar – abordagem corretiva, orientada para trazer de volta ao ciclo produtivo matérias-primas, substâncias e produtos extraídos dos resíduos;
- Dispor – abordagem passiva, orientada para conter os efeitos dos resíduos, mantendo-os sob controle, em locais que devem ser monitorados;

As abordagens pelo reaproveitamento, por sua vez, podem ter três enfoques distintos:

- Reciclagem, quando há o reaproveitamento cíclico de matérias-primas de fácil purificação como, por exemplo, papel, vidro, alumínio, etc.;
- Recuperação, no caso de extração de algumas substâncias dos resíduos, como, por exemplo, óxidos, metais, etc.;
- Reutilização ou reuso, quando o reaproveitamento é direto, sob a forma de um produto, tal como as garrafas retornáveis e certas embalagens reaproveitáveis.

As soluções encontradas para encaminhar adequadamente os problemas ambientais obedecem, portanto, a uma sequência lógica e natural, expressa pelas seguintes providências:

1. Minimização da geração de resíduos através de modificações no processo produtivo, ou pela adoção de tecnologias limpas, mais modernas e que permitam, em alguns casos, eliminar completamente a geração de materiais nocivos;
2. Reprocessamento dos resíduos gerados, transformando-os novamente em

- matérias-primas, ou utilizando-os para gerar energia;
3. Reutilização dos resíduos gerados por uma indústria como matéria-prima para outra indústria;
  4. Separação de substâncias nocivas das não nocivas, reduzindo o volume total de resíduo que deva ser tratado ou disposto de forma controlada;
  5. Processamento físico, químico ou biológico do resíduo, de forma a torná-lo menos perigoso ou até inerte, possibilitando sua utilização como material reciclável;
  6. Incineração, com o correspondente tratamento dos gases gerados e a disposição adequada das cinzas resultantes;
  7. Disposição dos resíduos em locais apropriados, projetados e monitorados de forma a assegurar que não venham, no futuro, a contaminar o meio ambiente.

Algumas atitudes de ordem eminentemente prática ajudam a equacionar os problemas acarretados pela geração dos resíduos e contribuem para a escolha da solução mais adequada em cada caso:

- Redução das quantidades de resíduos evitando misturar materiais contaminados, que irão requerer tratamento ou disposição especial, com matérias não contaminados, que poderão ser reaproveitados;
- Secagem ou desidratação dos resíduos, reduzindo seu volume e seus custos de transporte, facilitando assim a disposição das frações secas;
- Extração, por processos físicos, químicos ou biológicos de frações valiosas contidas nos resíduos, reduzindo os custos de destinação das frações remanescentes.

De outra parte, alguns fatores que não são de ordem técnica afetam também a escolha da solução. São eles:

- a) Fatores econômicos: custo da tecnologia e dos investimentos necessários; valor dos materiais recuperados; comparação entre os custos de tratamento e de disposição final, etc.;
- b) Fatores de imagem da empresa: soluções mais limpas, mesmo que sejam mais dispendiosas;
- c) Decisão de não depender de aterros ou do processamento de seus resíduos por terceiros (Bonelli, 2002).

A seguir temos exemplos de cases de sucesso de gerenciamento de resíduos que contemplam as abordagens acima descrita:

**Termotécnica:** Trata-se de uma empresa química e a maior produtora de isopor da América Latina. Como forma de reduzir as emissões de carbono, é a própria empresa catarinense que recolhe e recicla mais de 30% de todo o isopor do país. No total, são 1,2 mil pontos de coletas, 391 cooperativas de reciclagem espalhadas pelo Brasil e parcerias com lojas de varejo. Desde 2007, foram mais de 30 mil toneladas de EPS recicladas pela empresa. Além dessa iniciativa, para a construção civil foi proposta uma nova técnica de construção que incorpora a reutilização do isopor na construção de paredes, contando com o benefício do isolamento acústico.

**Papirus – Matéria-Prima Reciclada:** O processo de produção de um papel cartão começa bem antes da chegada da matéria-prima à fábrica. São muitas pessoas envolvidas no fornecimento de materiais, desde a floresta – que gera celulose (fibra virgem) – até as cooperativas de catadores, que retiram os papéis do meio ambiente, ajudando a tornar o Brasil um dos maiores recicladores de papéis do mundo, com a recuperação de cerca de 60% do que é consumido. Com produção estimada em quase 94 mil toneladas líquidas por ano, a Papirus é uma das empresas que ajudam a colocar o Brasil neste patamar; pioneira no uso de matéria-prima reciclada na produção de papelcartão, há 65 anos, a empresa produz a partir de aparas de papéis selecionados e matéria-prima virgem de origens certificadas e controladas,

**Duratex – Deca:** Trata-se da empresa industrial, fabricante de louças e metais sanitários, com instalações no Estado de São Paulo, também em outros Estados. A empresa adota uma política de tratamento de seus resíduos sempre com a finalidade de melhor aproveitamento do material disposto, e fazendo uso da melhor tecnologia. Na tabela 1 a seguir, podemos visualizar a geração dos resíduos e o destino dado dentro dos conceitos de tecnologia acima descritos.

Tabela 1 – Tabela de resíduos e suas destinações (Externa)

Área Geradora	Resíduo	Destino/Tratamento
Afinação	Lixas usadas	Coprocessamento
Afinação	Pó de latão-processo	Reciclagem
Ambulatório	Lixo Ambulatorial	Descontaminação e Aterro Sanitário

Fundição	Areia de Fundição usada	Reaproveitamento em forno siderúrgico
Fundição	Areia Shell usada	Recuperação
Fundição	Borra com Grafite Fundição	Coprocessamento
Fundição	Borra de Bronze	Beneficiamento
Fundição	Borra de Latão	Beneficiamento
Fundição	Escória de Bronze	Beneficiamento
Fundição	Escória do Forno Rotativo	Beneficiamento
Fundição	Óxido de Zinco	Recuperação
Fundição	Resíduo de Jateamento de Bronze	Recuperação
Fundição	Resíduo de Jateamento de Latão	Recuperação
Fundição	Escória com resíduos de tijolo	Beneficiamento
Galvanoplastia	Hidróxido de Níquel	Recuperação
Galvanoplastia	Lodo de Galvanoplastia	Recuperação
Galvanoplastia	Solventes sujos	Coprocessamento
Galvanoplastia	Sucata de Bombonas plásticas (Contaminado)	Coprocessamento
Pintura	Borra de Tinta	Coprocessamento
Polimento	Pó de polimento	Reaproveitamento em forno siderúrgico
Polimento	Roda de Polimento usada	Coprocessamento
Polimento	Toco de massa	Reciclagem
Restaurante	Óleo vegetal do Restaurante (usado)	Reciclagem
Todas	Lâmpadas Fluorescentes Queimada	Reciclagem
Todas	Lixo Geral	Descontaminação e Aterro Sanitário
Todas	Madeira	Reciclagem
Todas	Óleo Lubrificantes Usados	Rerrefino
Todas	Papel/Madeira/EPI/Panos	Coprocessamento
Todas	Pilhas e Baterias usadas	Recuperação
Todas	Sucata de Borracha (pneu e Outros)	Coprocessamento
Todas	Sucata de Ferro	Reciclagem
Todas	Sucata de Fio de Cobre (Metais não ferrosos)	Reciclagem
Todas	Sucata de Papel e Papelão	Reciclagem
Todas	Sucata de Plástico	Reciclagem

Todas	Terra, areia, serragem, material de absorção e de varrição contaminados	Aterro Sanitário
Usinagem	Borra Oleosa (emulsões)	Coprocessamento
Usinagem	Emulsão aquosa de óleos solúveis	Coprocessamento

Fonte: Informações fornecidas pela empresa

O foco da pesquisa, teve como base a frase que menciona que até 2030, as organizações devem alcançar a gestão o ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente; e até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reutilização. Com isso surge o alinhamento da indústria 4.0 com novas tecnologias que possam proporcionar o desempenho sustentável das atividades.

### **Considerações finais**

O artigo buscou compreender o conceito da indústria 4.0, sendo considerada uma quarta revolução industrial, e significa uma indústria automatizada, na qual há uma integração entre tecnologias físicas e digitais, os meios de fabricação e os produtos permitindo que, decorrentes da troca de informações entre eles, decisões de produção sejam tomadas de maneira autônoma pelas ferramentas e sistemas da fábrica.

Com o avanço de novas tecnologias, principalmente aquelas provenientes da Indústria 4.0 (I.4.0), um alto nível de conectividade entre os processos favorece a ampliação de produtos customizados e outros elementos que sugerem profundas alterações nos ambientes organizacionais e na sociedade, contribuindo para o panorama de sustentabilidade. Essa tecnologia deve ser entendida como o emprego de ferramentas, matérias, máquinas, conhecimentos, habilidades e processos. A modernidade tecnológica avançada necessariamente precisa vir acompanhada de ferramentas que solucionem problemas, usando de criatividade também para diminuir e eliminar potenciais impactos negativos ao meio ambiente, contribuindo significativamente com bem estar da população.

Como recomendações para futuras pesquisas, sugere-se a ampliação, com a inclusão de outros itens importantes constantes no objetivo 12, tais como a redução de

produtos químicos, o uso eficiente de recursos naturais, redução do desperdício de alimentos.

#### Referências:

**ALKAYA, E.; BOGURCU, M; ULUTAS, F; DEMIRER, G.N.** Adaptation to climate change in industry: **emproving resource efficiency through sustainable production applications**. Water Environment Research, [s.l.], v.87, n.1, p.14–25, 2015

**BARBIERI, J. C.** “Organizações inovadoras sustentáveis”. In: SIMANTOB, M. e BARBIERI, J. C. **Organizações inovadoras sustentáveis: uma reflexão sobre o futuro das organizações**. São Paulo: Atlas, 2007b.

**BONELLI, V. V.** (2002). *Contribuição ao estudo da contabilidade ambiental: proposta de um modelo de controle gerencial* (Dissertação de mestrado). Fundação Escola de Comércio Álvares Penteado – Fecap, São Paulo, SP, Brasil

**BONELLI, V.V.** **Sustentabilidade sob o enfoque da inovação e melhoria contínua**. Tese de Doutorado em Ciências Sociais, apresentada à Pontifícia Universidade Católica de São Paulo PUC/SP, São Paulo, 2014

**COELHO, P.** (2016) *Rumo à indústria 4.0*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e gestão Industrial. Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade de Coimbra. 2016

**CORNELIUS, B.; DOMINIK, W.** *Manufacturing’s next act*, 06 2015. [Online]. Disponível: <<http://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturings-next-act>>. Acessado em: 07.04.17.

**KAGERMAMM, H.** et al. **Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0**. n. april, p.4-7, 2013

**OLIVEIRA, A. S.**, Indústria 4.0: repercussões da quarta revolução industrial e notas sobre a manufatura avançada no Brasil. In: **Anais do XV Ciclo de Debates em Economia Industrial, Trabalho e Tecnologia**, PUC-SP, Maio de 2017

**OCDE - ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO.** Dados. Disponível em: <<https://data.oecd.org/>>. Acessado em: 22.06.17.

**PALMA, J.M.B.** et. al. Os princípios da Indústria 4.0 e os impactos na sustentabilidade da cadeia de valor empresarial, in: **6th International Workshop Advances in Cleaner Production – Academic Work**, São Paulo, May 24th to 26th - 2017

**RIFKIN, J. A.** **Terceira Revolução Industrial: Como o poder lateral está transformando a energia, economia e mundo**. São Paulo: M. Books, 2012.

**ROCHA, J. M.** **Sustentabilidade em questão: economia, sociedade e meio ambiente**. Jundiaí: Paco Editorial, 2011.

**ROZENFELD, H.** Gestão do ciclo de vida de produtos inovadores e sustentáveis. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E PRODUÇÃO – ENEGEP, 29, 2009, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2009

**SACHS, I.** **Desenvolvimento: Includente, sustentável, sustentado.** Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

**SCHUMPETER, J.** *A teoria do desenvolvimento econômico.* São Paulo: Abril Cultural, 1982

**SUGAYAMA, R.;** **NEGRELLI, E.**(2016) Veículo conectado na rota da indústria 4.0, p. 48-63 . In: *Anais do XXIV Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva - SIMEA 2016* [=Blucher Engineering Proceedings].. São Paulo: Blucher.

**STRATEGY &.RANKING,** *global dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento.* Disponível em: <<https://fernandonogueiracosta.wordpress.com/2016/11/03/necessidade-de-projeto-brasileiro-da-industria-do-futuro-padrao-4-0/>>. Acessado em: 25.05.18

Sites:

[www.pnud.org.br/ods.aspx](http://www.pnud.org.br/ods.aspx)

[www.portaldaindustria.com.br/relacoesdotrabalho/media/publicacao/chamadas/SondEspecial\\_Industria\\_4.0\\_Abril2016.pdf](http://www.portaldaindustria.com.br/relacoesdotrabalho/media/publicacao/chamadas/SondEspecial_Industria_4.0_Abril2016.pdf)>. Acessado em: 07.07.18

[www.duratex.com.br](http://www.duratex.com.br), Acessado em 17.07.2020

[www.papirus.com.br](http://www.papirus.com.br), Acesado em 17.07.2020

[www.termotecnica.com.br](http://www.termotecnica.com.br), Acessado em 24.07.2020