

Modelos/Métodos para Sustentabilidade	Objetivos	Características	Referência
Tripé da sustentabilidade – TBL <i>Triple Bottom Line</i> 1997	Modelo de gestão empresarial que visa conciliar 3 bases da sustentabilidade: viabilidade econômica, consciência ambiental e responsabilidade social	A organização trabalha com o enfoque de crescimento sistêmico, reconhecendo que a sociedade depende da economia, que a economia depende do ecossistema e que o ecossistema depende da sociedade	Elkington, J. (1997) <i>Cannibals with forks: triple bottom line of 21st century business</i> . Oxford: Capstone Publishing Ltd. ISBN: 978-1-841-12084-3
Zero Emissões – Zeri <i>Zero Emissions Research Initiative</i> 1998	Obter zero resíduo, onde cada dejetos de uma indústria é utilizado como matéria-prima de outra indústria	Utilizar todos <i>inputs</i> na produção buscando rendimento total; Formar conglomerados industriais; Definir uma matriz produtos-insumos; Oportunizar a criação de postos de trabalho; Obter valor agregado. Usa a análise de ciclo de vida (ACV) e logística reversa	Pauli, G. (1998) <i>Upsizing: como gerar mais renda, criar mais postos de trabalho e eliminar a poluição</i> . Porto Alegre: Fundação Zeri Brasil/L&PM.
Cadeia verde <i>Green Supply Chain</i>	Interação entre as organizações dentro da cadeia de produção para prevenção de poluição	Usa a análise de ciclo de vida (ACV) e logística reversa	Vachon, S.; Klassen, R.D. (2006) <i>Extending Green Practices Across the Supply</i>

	2006			Chain: The Impact of Upstream and Downstream Integration. <i>International Journal of Operations & Production Management</i> 26(7):795-821 Vachon, S.; Klassen, R.D. (2006) Green Project Partnership in the Supply Chain: The Case of the Package Printing Industry. <i>Journal of Cleaner Production</i> 14(6):661-671
	Compra Ambiental <i>Green Purchasing</i> ou <i>Environmentally Preferable Purchasing EPP</i>	Compra de produtos e/ou serviços que têm impacto menor no ambiente e na saúde do ser humano	Redução do impacto ambiental e melhoria da saúde do ser humano	International Green Purchasing Network www.igpn.network http://www.igpn.org/about/index.html http://www.igpn.org/DL/Green_Purchasing_The_New_Growth_Frontier.pdf
	2010			
Princípios de Produtos e Processos	Ecoeficiência <i>Eco-Efficiency</i> 1992	Minimizar os impactos ambientais devido a utilização mínima de matérias-primas. Baseia-se na ideia de “produzir mais com menos”	Reduzir a quantidade de matérias-primas na produção; Aumentar a capacidade de reciclagem; Maximizar o uso de fontes renováveis; Aumentar a durabilidade dos produtos	WBCSD (1992) World Business Council for Sustainable Development and Stephan Schmidheiny. <i>Changing Course: A global business perspective on development and the environment.</i> Cambridge, MA: MIT Press
	Produção Limpa (PL) <i>Clean Production</i>	Utilizar somente fontes renováveis de matérias-primas e,	Visa obter produtos atóxicos, duráveis, reutilizáveis, fáceis de	Greenpeace (1997) Greenpeace Report: o que e

1997	principalmente, desenvolver produtos e processos totalmente não tóxicos	montar e desmontar; Utilizar o mínimo de embalagem TR	producao limpa? www.Greenpeace.org.br/topicos/pdf/producao_limpa.doc> http://www.acpo.org.br/biblioteca/ 08_residuos/Lixo%20Zero%20ProduA%CC%81%E2%80%9Eo%20Limpa/producao_limpa_greenpeace.pdf
Berço a Berço <i>Cradle to Cradle Design</i> 1998	Redesenhar os processos industriais baseado na segurança e produtividade regeneradora da natureza. Realizar um metabolismo tecnológico por analogia com os ciclos de nutrientes naturais	Resíduos = matéria-prima; Utilizar o rendimento da energia solar; Utilizar a diversidade natural	Pauli, G. (1998) <i>Upsizing: como gerar mais renda, criar mais postos de trabalho e eliminar a poluição</i> . Porto Alegre: Fundação Zeri Brasil/L&PM McDonough, W.; Braungart, M. (2002) <i>Cradle to cradle: remaking the way we make things</i> . New York: North Point Press193p. Manzini, E.; Vezzoli, C. (2005). <i>O desenvolvimento de produtos sustentáveis</i> . São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 367 p.

	<p>Engenharia Verde <i>Green Engineering</i> 2005</p>	<p>Conceber, elaborar, projetar e utilizar técnicas economicamente viáveis para desenvolver produtos e processos que possam contribuir para minimizar a poluição e os riscos à saúde</p>	<p>Ser inerente e não circunstancial; Prevenir antes de tratar; Maximizar massa, energia, espaço, tempo e eficiência; Produzir bens duráveis e não “imortais”</p>	<p>Graedel, T.E.; Howard-Grenville, J.A. (2005) <i>Greening the industrial facility: perspectives, approaches and tools</i>. New York: Springer</p> <p>Mahoney, P.G. (2005) Design goes “green”. <i>Machine Design</i> 77(12): 64-71</p>
	<p>Química Verde <i>Green Chemistry</i> 2005</p>	<p>Semelhante à Engenharia Verde, mas específico para processos químicos</p>	<p>Atenção à toxicidade; Reconhecimento da prevenção da poluição como melhor conduta; Busca da eficiência energética; Preocupação com o final do ciclo de vida do produto; Reconhecimento que matérias primas devem ser renováveis e não exauríveis</p>	<p>Graedel, T.E.; Howard-Grenville, J.A. (2005) <i>Greening the industrial facility: perspectives, approaches and tools</i>. New York: Springer</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Projeto de Processo</p>	<p>Prevenção da Poluição <i>Pollution Prevention – P2</i> 1990</p>	<p>Utilizar qualquer prática, anterior à reciclagem; Tratamento e deposição que reduza a quantidade de qualquer substância perigosa, poluente ou contaminante que poderá ser lançada no meio-ambiente</p>	<p>Eliminar ou reduzir a geração de resíduos sólidos, emissões atmosféricas e efluentes líquidos; Prevenir vazamentos e perdas acidentais; Prevenir perdas em produtos</p>	<p>EPA (1990) United States Environmental Protection Agency. <i>Pollution Prevention (P2)</i></p> <p>https://www.epa.gov/p2/pollution-prevention-law-and-policies</p>
	<p>Tecnologias Mais Limpas <i>Cleaner Technologies</i> 1997</p>	<p>Reduzir a produção de efluentes ou outros resíduos; Maximizar a qualidade do processo e produto, bem como o uso de matérias primas e energia. Devem ser aplicadas a processos específicos</p>	<p>Prevenir para evitar futuros problemas de geração de resíduos poluentes; Serem aplicáveis a determinados processos, ou conjunto de processos de uma determinada empresa; Serem</p>	<p>Gunningham, N.; Sinclair, D. (1997) <i>Barriers and motivators to the adoption of cleaner production practices</i>. Canberra: Australian National</p>

Projeto de Produto

	de manufatura	melhores do que as atuais tecnologias já em utilização no processo	University
<p>Projeto para o Meio-Ambiente <i>Design for Environment – DFE</i> 1992</p>	<p>Conceber produtos considerando o desempenho ambiental (produzir sem danificar) desde o início do projeto, com foco na otimização dos fluxos de massa e energia durante o ciclo de vida da matéria-prima e, especialmente, caracterizando uma utilização eficiente dos materiais</p>	<p>O método abrange a utilização das técnicas de Design for Assembly – DFA e Design for Disassembly – DFD; Simplificar a estrutura e a forma do produto para reduzir o uso de materiais pela eliminação de características com funções somente estéticas, decorativas e desnecessárias</p>	<p>Dewhurst, P. (1992) <i>Design for disassembly: the basis for efficient service and recycling. Report 63.</i> Department of Industrial Engineering and Manufacturing Engineering. University of Rhode Island, Kingston, R</p> <p>Boothroyd, G.; Alting, L. (1992) Design for Assembly and Disassembly. <i>Anal. of the CIRP</i>, 41, 2.</p> <p>Mackenzie, D. (1997) <i>Green Design: Design for the environment.</i> London: Laurence King</p>
<p>Ecodesign 1996</p>	<p>Utilizar uma sistemática de projeto para maximizar os benefícios ambientais, de saúde e segurança dos seres humanos ao longo de todo o ciclo de vida de um produto ou processo, tornando-os ecoeficientes</p>	<p>Minimizar os materiais; Evitar substâncias nocivas; Utilizar materiais renováveis; Projetar produtos fáceis de montar e desmontar; Facilitar o desaparecimento dos resíduos no final do ciclo de vida; Utilizar serviços ao invés de produtos</p>	<p>Brezet, H.; Van Hemel, C. (1996) <i>Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption</i> www.inventas.no/ELCE_2000/teoria.htm</p> <p>Johansson, G. (2002) <i>Success Factors for Integration of Ecodesign in Product Development - A Review of State-of-the-art.</i> International</p>

<p>Projeto para a Sustentabilidade <i>Design for Sustainability – DFS</i> 2006</p>	<p>Projetar com foco na redução de materiais através da adequada escolha das tecnologias e fontes de energia e matérias-primas, visando a longevidade dos produtos. Priorizar as dimensões da sustentabilidade social, ambiental e econômica, para criar cenários sustentáveis</p>	<p>Re-projetar produtos existentes; Readaptar, atualizar – fazer <i>upgrading</i> de produtos; Estabelecer novos padrões de consumo; Projetar com ênfase na sustentabilidade</p>	<p>Graduate School of Management and Industrial Engineering, Department of Mechanical Engineering, Linköping University, S-581 83 Linköping, Sweden.</p> <p>UNEP ISO TR14062 https://www.iso.org/standard/33020.html</p> <p>UNEP; TU Delft (2006) <i>Design for Sustainability: a practical approach for developing economies</i> http://www.d4s-de.org/manual/d4stotalmanual.pdf</p> <p>UNEP; TU Delft (2009) <i>Design for Sustainability: a step by step approach</i> http://www.d4s-sbs.org/d4s_sbs_manual_site.pdf</p>
---	--	--	---

Análise do Ciclo de Vida
Life Cycle Assessment – LCA
1993

Avaliar os aspectos ambientais e os impactos associados a um produto, desde a retirada da matéria-prima até a disposição do produto final

Identificar processos e materiais que possam causar impacto ambiental; Comparar diversas opções para minimizar o impacto ambiental visando traçar uma estratégia de longo prazo que leve em conta o projeto e a utilização de materiais em um produto

Vigon, B. W. ; Tolle, D.A.; Cornary, B.W.; Lathan, H.C.; Harrison, C. L.; Bouguski, T.L.; Hunt , R.G.; Sellers, J.D. (1993) *Life Cycle Assessment: inventory guidelines and principles*, EPA/600/R-92/245, Cincinnati, U.S. Environmental Protection Agency, Risky Reduction Engineering Laboratory, 1993

Chehebe, J.R. B. (1998) *Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000*. Rio de Janeiro: QualimarkEditora.

UNEP e UNIDO (2007) *Life-Cycle Management: A Business Guide to Sustainability*

<p>Emergia 1996</p>	<p>Medir todas as contribuições à produção (moeda massa, energia, informação) em termos equivalentes (emergia)</p> <p>Faz uso da teoria de sistemas, da termodinâmica, da biologia, e de princípios de funcionamento de sistemas abertos</p>	<p>A contabilidade sócio-ambiental é uma planilha onde se registram todos os fluxos de entrada e saída do sistema estudado e não apenas os fluxos monetários. Considera-se todos os bens e serviços consumidos (da economia e da natureza) e também todos os produtos e resíduos produzidos</p>	<p>Odum, H.T. (1996) <i>Environmental Accounting, Energy and Decision Making</i>. J. Wiley, NY, 370 pages.</p> <p>Ortega. E. (2001) <i>Contabilidade e diagnóstico de sistemas usando os valores dos recursos expressos em emergia</i> https://www.researchgate.net/publication/251515268_CONTABILIDADE_E_DIAGNOSTICO_DE_SISTEMAS_USANDO_OS_VALORES_DOS_RECURSOS_EXPRESSOS_EM_EMERGIA</p>
<p>Balanco de massa</p>	<p>Aplicado a sistemas de tratamento anaeróbico de resíduos sólidos para verificar a eficiência de conversão do substrato em biogás: a massa residual acumulada e a massa lançada nos líquidos percolados. A base é a lei de conservação de massa de Lavoisier</p>	<p>Listar todos os componentes; Executar um esquema sequencial de todas as etapas que constituem o processo de produção; Definir sistemas e subsistemas, executando balanços globais e parciais; Selecionar uma base de cálculo apropriada</p>	<p>Araújo Morais, J.; Ducom, G.; Achour, F.; Rouez, M.; Bayard, R. (2008) Mass balance to assess the efficiency of a mechanical-biological treatment. <i>Waste Management</i> 28(10): 1791-1800</p>