

OOP

CIÊNCIA E TECNOLOGIA

HELENA ADORNI MAZZOTTI



11

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Linha do tempo das revoluções industriais.	6
Figura 2 – Linha do tempo da sustentabilidade.....	8
Figura 3 – Linha do crescimento.	10
Figura 4 – 8 Objetivos do Milênio a serem alcançados até 2015	15
Figura 5 – 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	16
Figura 6 – Exemplo de um macroprocesso com alguns aspectos ambientais de entrada e saída	19
Figura 7 – Visão geral das empresas cadastradas pelo potencial poluidor e atividade	24
Figura 8 – Visão geral das empresas cadastradas pelo potencial poluidor e atividade	27
Figura 9 – Comparação da cadeia ecológica e produtiva baseada na indústria ecológica.	29
Figura 10 – Pirâmide de Maslow e os recursos naturais para as necessidades humanas básicas	30
Figura 11 – Imagem no formato original da câmera 360º e visualizada pelo Plug-in	35
Figura 12 – Exemplo e validações do uso do Programa de Queimadas do INPE.....	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Diferenças entre a meta estabelecida em 2015 para o Brasil e em 2021	14
---	----

EMBRAP

SUMÁRIO

1 CIÊNCIA E TECNOLOGIA.....	5
1.1 Desenvolvimento Sustentável e Impactos.....	5
1.2 Ecologia Industrial e Recursos Naturais.....	25
1.3 Tecnologias para a gestão ambiental.....	33
REFERÊNCIAS.....	38

EXEMPLO

1 CIÊNCIA E TECNOLOGIA

1.1 Desenvolvimento Sustentável e Impactos

Quais são as principais palavras que vêm à mente de uma pessoa quando falamos os termos “desenvolvimento sustentável” ou “sustentabilidade”? No início de cada ano, questiono minha turma de quinto ano de engenharia mecatrônica, e as principais palavras dessa nuvem são:

- Meio Ambiente;
- Preservação;
- Reciclagem.

Essa não é uma resposta errada, pois se trata da percepção individual de cada ser dentro daquilo a que foi exposto durante toda a sua trajetória de vida. É completamente previsível que assim seja, pois, se observarmos a linha do tempo desses conceitos, veremos que se iniciou exatamente por causa das preocupações ambientais.

Podemos pensar na linha do tempo das revoluções industriais e como essas foram o link para que as preocupações, a priori, com o meio ambiente fossem fundamentadas e estudadas para então chegarmos no conceito de sustentabilidade (Figura “Linha do tempo das revoluções industriais”).

As revoluções industriais tratam de cada novo patamar de desenvolvimento da civilização humana – em termos de tecnologia, sociedade e capacidade produtiva.



Figura 1 – Linha do tempo das revoluções industriais
Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Na primeira Revolução Industrial, entre 1760 e 1840, surgiu a máquina a vapor, na qual o principal recurso natural extraído era exatamente o carvão, que gerava energia por meio da sua combustão. Então, a produção deixa de ser artesanal e começa a ser industrializada, realizada por máquinas e pelo uso de ferro. Esse é um momento de transição do período feudal para o sistema capitalista, ou seja, quando os burgueses passam a ser os empresários. Esse movimento ocorreu em maior presença na Inglaterra, com o predomínio da indústria têxtil. Essa transição, do feudal para o capitalista, apresenta a ida do homem para a cidade.

Hoje, por meio de um viés retrospectivo, observamos que os impactos ambientais estavam se iniciando principalmente pelas emissões atmosféricas, isso graças à queima de carvão e suas emissões atmosféricas, como CO₂ (gás carbônico), CH₄ (metano) e N₂O (óxido nitroso).

De 1850 até 1945 ocorre a Segunda Revolução Industrial, que é marcada pela produção em série e em massa, graças à invenção do motor a explosão e à eletricidade, mas também se destaca pelas precárias condições de trabalho. Esse momento caracteriza-se também pela saída da indústria da Inglaterra para outros polos (EUA, França, Rússia, Japão e Alemanha), pelo surgimento de outras indústrias, como a elétrica e, principalmente, a indústria química. A produção é marcada pelo Taylorismo (treinamento, a especialização e o controle) e Fordismo (modelo de linha

de produção), mesmo que as especializações e a substituição do homem pelas máquinas em alguns trabalhos ocorressem, o trabalho realizado por horas excessivas acarretava perda de qualidade de vida e doenças ocupacionais.

Então, na Segunda Revolução, observamos que a produção em massa também é responsável pela extração de recursos naturais em massa, lembrando que qualquer matéria-prima vem de uma fonte natural, seja o solo, como muitos minerais, ou a água ou a flora ou mesmo a fauna. E todos lembram do famoso filme *Tempos Modernos*, estrelado por Charles Chaplin, com a crítica ao trabalho repetitivo e manual de um operador na fábrica, apesar de que, nesse momento, ainda não se falasse em meio ambiente e seus impactos, a crítica e a insatisfação pelas condições sociais de trabalho estavam claras.

A Terceira Revolução não nos parece tão longe, ainda que não possamos definir datas exatas de seu fim, alguns estudiosos apontam para o ano 2000. A verdade é que já estamos vivendo a Quarta Revolução.

A revolução técnico-científica-informacional – após a 2ª Guerra – é a fase do sistema capitalista caracterizada pelo crescimento da especulação financeira em torno de ações de empresas, juros, títulos de dívidas e outras formas de crédito que se transformaram em mercadorias, sendo comercializadas como tais. É marcada pela automação e internet, multinacionais e globalização.

A Quarta Revolução, essa em que estamos vivendo, convergência entre o mundo digital, o mundo físico, que são as coisas, e o mundo biológico, que somos nós, criando um mundo 4.0 ou, quem sabe, em breve, a Sociedade 5.0. Quando falarmos em tecnologia ambiental falaremos um pouco mais desse mundo relacionado ao meio ambiente.

É neste momento que começam as crescentes preocupações ambientais que vamos olhar com mais detalhes em uma linha do tempo da sustentabilidade (Figura “Linha do tempo da sustentabilidade”).

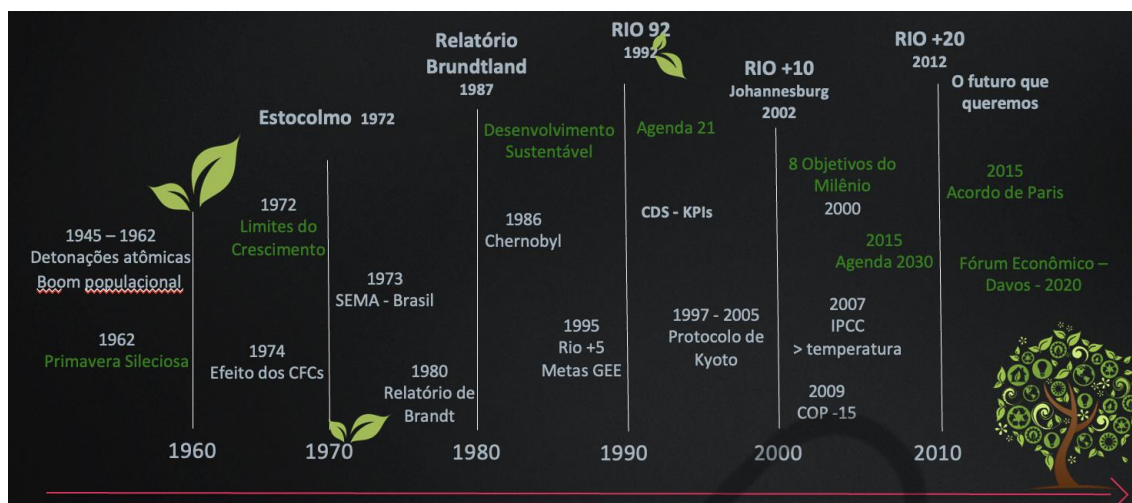


Figura 2 – Linha do tempo da sustentabilidade
Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Alguns fatos, como o boom populacional pós 2ª Guerra Mundial, as detonações atômicas e o grande nevoeiro de Londres em 1952 foram fatos que levantaram preocupações globais acerca da disponibilidade de alimentos, o impacto dos avanços tecnológicos na existência humana e a poluição atmosférica, respectivamente.

Quem assistiu à série da Netflix, *The Crown*, poderá lembrar de um episódio da 1ª temporada no qual a secretária de Winston Churchill é atropelada por um ônibus durante o grande nevoeiro, é exatamente este o nevoeiro que contribuiu significativamente para o início das políticas em relação à qualidade do ar. Ainda que o primeiro-ministro não tenha dado importância ao início desse fato, após muitas críticas ele percebeu a gravidade da crise e realizou um plano de ajuda para as pessoas, hospitais, entre outros. O grande nevoeiro foi responsável pela morte de 12 mil pessoas e ainda deixou mais de 100 mil pessoas doentes com infecções respiratórias (ZHAN; WANG, 2016). O período durou entre os dias 4 e 9 de dezembro de 1952 e era sabido, na época, que a névoa era proveniente da queima de combustíveis fósseis, o carvão usado nas termelétricas vizinhas e para o aquecimento das residências. Em 2016, um estudo realizado por Renyi Zhang, da Universidade Texas A&M, confirmou que as neblinas foram, sim, causadas pela queima de carvão ou pelos escapamentos dos automóveis, mas a grande toxicidade somente ocorreu porque essas queimas liberavam dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre, cujas reações químicas com um clima desfavorável, gotículas de água

suspensas no ar liberavam o sulfato, ou seja, partículas corrosivas provocando os impactos na saúde humana e animal.

Um dos marcos dessa preocupação foi justamente a publicação de um livro considerado a primeira manifestação ambiental contra o uso do DDT (diclorodifeniltricloroetano), um pesticida de baixo custo que teve seu uso, em grande escala, iniciado nessa mesma época, tanto para eliminação de doenças como para controle de pragas agrícolas. No livro *Primavera Silenciosa*, Rachel Carson sugere diversos malefícios desse pesticida na cadeia alimentar, como aqueles do topo de cadeia alimentar, como o falcão peregrino e a águia calva ("*bald eagle*"- *Haliaeetus leucocephalus*), animal símbolo dos EUA.

O livro foi lançado em 1962, muito antes da internet ou da globalização; saber que em menos de um ano ele foi traduzido para 15 idiomas e teve meio milhão de cópias vendidas apenas confirmou sua importância como um manifesto que determinou o início da preocupação ambiental incentivando diversos estudos posteriores.

Um desses estudos foi o chamado "Limites do Crescimento", em 1972, relatório realizado por um grupo de cientistas do MIT para estudar, por meio de modelos matemáticos, a capacidade do planeta de suportar a vida humana com as projeções de desenvolvimento ao longo do tempo. Ou seja, verificar se questões cruciais para a sobrevivência e qualidade de vida, como energia, qualidade do ar, saneamento, disponibilidade alimentar e de água, saúde, estariam disponíveis mesmo com a necessidade crescente de recursos naturais e aumento populacional.

Esses cientistas foram contratados pelo seletor Clube de Roma, um grupo de personalidades, entre políticos, cientistas, empresários e outros, que, em 1968, se juntaram para tratar assuntos relacionados à política, economia internacional e problemas ambientais cruciais para o desenvolvimento. E por essa razão o estudo chamado de "Limites do Crescimento" também ficou conhecido como Relatório do Clube de Roma.

Esses modelos matemáticos predisseram que em 2030 haveria o colapso econômico e o início do declínio populacional. Podemos observar nas curvas de tendências que as projeções de 1970 até 2000 foram muito similares ao que de fato aconteceu (Figura "Linha do crescimento").

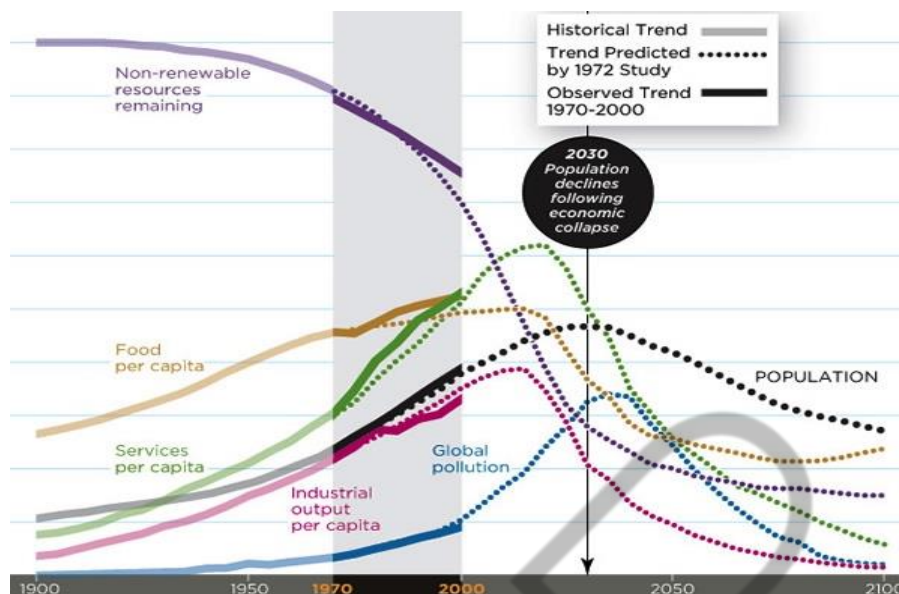


Figura 3 – Linha do crescimento

Fonte: STRAUSS, M. Looking Back on the Limits of the Growth. Smithsonian Magazine, 2012

A população mundial cresce de forma exponencial graças à variação positiva da taxa de natalidade e redução da taxa de mortalidade, devido à melhoria nas áreas da medicina, tecnologia, saneamento básico etc. A produção industrial cresce de forma exponencial, também devido aos avanços tecnológicos, mas, além disso, para atender às demandas da população crescente. Enquanto os recursos naturais são renovados em um ritmo muito mais lento, ocasionando o seu esgotamento, o declínio populacional e o colapso econômico.

Parece distante da realidade que tenhamos uma falta de alimentos ou outros recursos naturais, no entanto, isso está muito mais perto do que parece. De acordo com a publicação do G1 (2017): “Desde 2012, a região Nordeste passa por poucas chuvas, perdas de safras e baixa vazão de água nos rios, e está caminhando para o sexto ano seguido de estiagem severa em 2017”. Essa mudança no clima foi observada também em 2021, quando as chuvas intensas em Minas Gerais e sul da Bahia ocasionaram não somente a morte de diversas pessoas diretamente, mas perdas na agricultura e pecuária. Além dos quase 40 mil desabrigados, ficaram cerca de 67 mil pessoas desalojadas (ESTADÃO CONTEÚDO, 2017).

Limites do Crescimento é o livro sobre Meio Ambiente mais vendido no mundo até os dias atuais e, em decorrência desse estudo, com toda a evolução científica, no ano de 1972, a Organização das Nações Unidas (ONU) elaborou a *Conferência*

Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente, que ficou conhecida como Conferência de Estocolmo. Nessa conferência foi desenvolvida a Declaração das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, com o objetivo de nortear as políticas e responsabilidades com o Meio Ambiente por meio de 26 princípios e de um plano de ação com 109 recomendações; seria o marco jurídico mundial do início do direito ambiental. Também foi implementado o Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente – PNUMA, como um organismo dedicado a coordenar as atividades de meio ambiente da ONU, acompanhando e apoiando na implementação do plano de ação desenvolvido.

O Brasil, como outros países até então denominados de “terceiro mundo”, tinha uma forte preocupação com o impacto do desenvolvimento econômico em desalinhamento com a preservação ambiental, sendo contrário ao movimento que estava em andamento. Foi comum, por um longo período, os países em desenvolvimento alegarem que era injusto terem as mesmas metas de redução de poluição dos países desenvolvidos, haja vista que estes já haviam se desenvolvido economicamente. Em outros termos, o Brasil e demais países choravam pensando que “bem na minha vez proibiram a poluição”.

Ainda assim, sendo contrário às questões ambientais, o Brasil estava em meio às pressões advindas da Conferência de Estocolmo e de toda a atenção mundial pelo tema, por isso foi criada, em 1973 o que seria a precursora do Ministério do Meio Ambiente, a Secretária Especial do Meio Ambiente – SEMA. Os objetivos maiores da SEMA eram justamente a conservação do meio ambiente e o uso racional dos recursos naturais.

Embora o alarde com o clima tenha se iniciado com o Grande Nevoeiro ou Big Smoke de Londres, foi em 1974 que houve a primeira declaração sobre a destruição da camada de ozônio por causa do uso dos CFCs – Clorofluorcarbonetos. Nesse ano, as pesquisas de Sherwood Rowland e Mario Molina iniciaram um estudo que, em sua continuidade, mantém o entendimento de como esses gases são degradados e destroem as moléculas de ozônio na atmosfera, sendo um dos gases aceleradores da destruição da camada de ozônio. Em 1977, por causa de tal estudo, foi realizado um encontro de especialistas de 32 países para adoção do “Plano Mundial de Ação sobre a Camada de Ozônio”. Apesar da sequente campanha pública para proibição do uso do CFC como propelente de aerossóis em todo o mundo, o seu uso no Brasil somente

foi banido em 1988 pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Enquanto isso, nos EUA houve uma redução da contribuição mundial de 46% em 1974 para 28% em 1985, segundo o Programa Estadual de Prevenção à Destruição da Camada de Ozônio da CETESB (março, 2020).

Em 1980 foi publicado o Relatório de Brandt, com o título “Norte-Sul: um Programa para a Sobrevivência”, desenvolvido pela Comissão Independente sobre Questões de Desenvolvimento Internacional e que trazia a proposta da divisão dos países do Norte, extremamente ricos, e os países do Sul, que sofrem com a pobreza. A ideia seria a transferência de recursos para reduzir a assimetria econômica. Este relatório é pouco comentado e teve pouca repercussão por causa da onda neoliberal da década de 1980, que deixou os governos mais preocupados com a livre circulação de capital, comércio e desregulação de mercados.

Mesmo assim, líderes empresariais, cientistas e organizações não governamentais continuaram os debates sobre as ações sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, sendo que, finalmente, em 1987 foi publicado o relatório conhecido como “O Nosso Futuro Comum” que traz o conceito de desenvolvimento sustentável para o discurso público. Esse conceito traz à luz do público o tripé da sustentabilidade, com o desenvolvimento econômico, equidade social e a proteção ambiental. Nesse relatório está escrita a expressão consagrada que diz que: “o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender às suas próprias necessidades”. Nesse momento, a médica Dra. Gro Harlem Brundtland, mestre em saúde pública e ex-Primeira-ministra da Noruega, presidia a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU. Brundtland possuía uma visão da saúde que ultrapassava as barreiras do mundo médico e permeava os assuntos ambientais e de desenvolvimento humano, o que foi óbvio para o sucesso dos estudos.

Desde então, diversas conferências ocorreram e continuam a ocorrer para debater os avanços e as necessidades das práticas ambientais. Em 1992, houve a Rio 92 ou também conhecida como ECO-92. A principal ideia propagada nesse encontro foi o entendimento de que o padrão de desenvolvimento econômico dos países ricos, ou desenvolvidos, se seguido por todos, ocasionaria o esgotamento dos recursos naturais. A ideia não era nem um pouco nova, já que é exatamente o que foi

publicado no estudo “Limites do Crescimento” em 1972, no entanto, o ambiente político internacional estava favorável às recomendações propostas em Estocolmo.

A ECO-92 contou com a presença de 178 chefes de governo, diversos representantes da sociedade civil, efetiva participação de Organizações não Governamentais (ONGs) e movimentos sociais. Este encontro foi um dos mais promissores em termos de acordos e práticas, pois saíram dele:

- O acordo do apoio financeiro e tecnológico aos países em desenvolvimento;
- A convenção da biodiversidade;
- A convenção das mudanças climáticas;
- A Agenda 21 – políticas e ações de responsabilidade ambiental.

Somente na Rio-92 que se consolidou a união sobre o desenvolvimento econômico, social e ambiental, pois foi nesse momento que os líderes governamentais e comissões diplomáticas assumiram o compromisso como o desenvolvimento sustentável por meio da Agenda 21, que visa atingir a sustentabilidade em todas as esferas, por meio de um processo público e participativo que trouxe um enfoque do “Pensar globalmente. Agir localmente”. As ações e os objetivos foram separados em quatro grandes seções:

- Conservação e gerenciamento de recursos para o desenvolvimento;
- Dimensões econômicas e sociais;
- Fortalecimento do papel dos grupos sociais;
- Meios de implementação.

Além disso, foi estabelecida a Comissão de Desenvolvimento Sustentável da ONU, que tem como finalidade cooperar para que os objetivos da Agenda 21 sejam atingidos. O lado negativo é que apesar de diversas ações e objetivos, não foram estabelecidas metas, ou seja, prazos para concretização de todas as práticas.

Para sanar parte dessa lacuna, após cinco anos foi realizado o Rio +5, no qual foi elaborado um documento para a adoção de metas com foco em reduzir as emissões de gases de efeito estufa que geram as mudanças climáticas, talvez um dos precursores dos acordos depois estabelecidos, como Kyoto, Conferência das Partes

(COP) ou Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, Acordo de Paris, entre outros.

Nota-se que um dos movimentos mais fortes relacionados à Sustentabilidade sempre foi aquele observado em relação ao Meio Ambiente, principalmente as emissões atmosféricas e mudanças climáticas. Cabe ressaltar que um dos mais importantes tratados para o clima foi o Protocolo de Kyoto, que estabeleceu metas obrigatórias para 37 países industrializados e para a comunidade europeia para reduzirem as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Esse tratado levou de 1997 até 2005 para ser assinado, por questões completamente políticas e mudanças governamentais que eram contrárias ao desenvolvimento sustentável.

O Acordo de Paris, que ocorreu em 2015, foi aprovado por 195 países, com o objetivo de reduzir emissões de GEE para manter o aumento da temperatura do planeta abaixo dos 2°C e garantir que os países desenvolvidos forneçam suporte financeiro e tecnológico para que os subdesenvolvidos possam reduzir suas emissões. O Brasil se comprometeu na redução de 43% das emissões dos Gases de Efeito Estufa em relação aos níveis de 2005, essa meta deveria ser alcançada até 2030. Durante a COP 26, após um novo inventário das emissões de GEE, o Brasil se comprometeu com a mesma meta, no entanto, em números brutos, temos um aumento da meta de emissão em 400 bilhões de toneladas (Quadro “Diferenças entre a meta estabelecida em 2015 para o Brasil e em 2021”).

2015 – Acordo de Paris	2021 – COP 26
Reduzir as emissões de GEE em 43% abaixo dos níveis de 2005, até 2030.	Reduzir as emissões de GEE em 43% abaixo dos níveis de 2015 até 2030.
Meta com base no 1º Inventário de Emissões de Gases Efeito Estufa.	Meta com base no 2º Inventário de Emissões de Gases Efeito Estufa.
2,1 bilhões de toneladas de GEE.	2,8 bilhões de toneladas de GEE.
Emissão máxima meta: 1,2 bilhões de ton.	Emissão máxima meta: 1,6 bilhões de ton.

Quadro 1 – Diferenças entre a meta estabelecida em 2015 para o Brasil e em 2021
Fonte: Elaborado pelo autor, com base nos dados do relatório do Acordo de Paris (2015) e COP 26 (2022)

No entanto, ainda nos anos 2000, a Declaração do Milênio das Nações Unidas, adotada pelos 191 membros, foi divulgada apresentando os 8 Objetivos do Milênio. O objetivo era estabelecer o desenvolvimento em diversos temas como meio ambiente, direitos humanos e das mulheres, igualdade social e racial por meio de 21 metas e 60 indicadores até 2015 (Figura “8 Objetivos do Milênio a serem alcançados até 2015”).



Figura 4 – 8 Objetivos do Milênio a serem alcançados até 2015
Fonte: Associação Brasileira de Municípios (2021)

Mesmo que algumas melhorias tenham sido alcançadas em todos os campos, ainda não foram sanados todos os problemas. Assim, em meados de 2015, após diversas discussões e negociações, publicou-se o que agora conhecemos como Agenda 2030 ou Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, que nada mais é que uma agenda mundial com, agora, 17 objetivos (Figura “17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável”), 169 metas e mais de 300 indicadores que dão continuidade aos ODM para o período 2015/2030. A Agenda 2030 foi assinada por 93 países, entre eles, o Brasil.



Figura 5 – 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
Fonte: A guia SP (2021)

Ainda que diversos temas sejam abrangidos nos ODS, podemos considerar minimamente que metade deles estão relacionados ao Meio Ambiente e, por essa razão, muitas vezes o tema ambiental é entendido como sinônimo de sustentabilidade. Agora que já entendemos o tripé da sustentabilidade, focaremos na área ambiental de forma mais aprofundada.

Se analisarmos o Objetivo 6 – Água potável e saneamento – Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos, dentre estes objetivos temos 7 metas e 11 indicadores. Avaliando a primeira das metas e o indicador associado, ambos abaixo:

- **Meta 6.1:** Até 2020, alcançar o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos.
- **Indicador associado:** Proporção da população que utiliza serviços de água potável gerenciados de forma segura.

Este indicador abrange que a população tenha acesso ao abastecimento de água, seja por qualquer origem, que esteja livre de contaminação, ou seja, precisamos avaliar e interpretar se essa contaminação é um impacto ambiental e, caso seja, devemos atuar para garantir o atingimento da meta. Mas o que é um impacto ambiental?

De acordo com o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA em sua Resolução 001/86 – Estudo de Impacto Ambiental, impacto ambiental é:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - A saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - As atividades sociais e econômicas;
- III - A biota;
- IV - As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - A qualidade dos recursos ambientais.

De acordo com a ISO 14001 – 2015 – Sistema de Gestão Ambiental, o Impacto Ambiental é toda “modificação no meio ambiente, tanto adversa quanto benéfica, total e/ou parcial, resultante dos aspectos ambientais de uma organização”. Em resumo, um impacto ambiental é qualquer alteração significativa no meio ambiente provocada por uma ação humana que altere a qualidade do ambiente ao nosso redor. É importante notar que um impacto sempre será resultante da ação humana, enquanto uma contaminação é a “introdução de um agente indesejável em um meio previamente não contaminado” (ACIESP, 1987 apud CETESB) e essa contaminação ambiental somente será definida como poluição quando atinge níveis que causam efeitos prejudiciais aos seres vivos, inclusive danos à saúde humana (GESAMP apud CETESB).

Ainda é importante ressaltar que se encontram, na literatura, alterações da qualidade ambiental definidas como impactos ambientais, mesmo aqueles de origem não antrópicas, pois, como no caso da contaminação, existem fenômenos naturais e organismos que modificam o ambiente com as mesmas características (MATA-LIMA et al., 2013 apud Almeida, Garrido, Almeida, 2017).

Portanto, para avaliar de fato um impacto ambiental é necessário realizar o rastreamento do agente causador da contaminação ou poluição por meio do estudo

do agente e das possíveis fontes emissoras desse agente. Quando ocorre a rastreabilidade, é comum chegarmos ao aspecto ambiental que foi originário e, por fim, as prováveis origens.

Temos diversas origens antrópicas de aspectos ambientais, como o uso e ocupação do solo, a agropecuária, a produção industrial, construção civil seja para urbanização ou não, o transporte de pessoas e de cargas, entre outros. A agropecuária, por exemplo, é responsável por cerca de 69% das emissões de gases do efeito estufa. O setor de transportes é o segundo maior emissor de gases, com 11% do total. Em seguida vem a indústria (em especial a metalurgia), com 9%, e a produção de energia, incluídos a geração de energia e a fabricação de combustíveis, com 7% (MELLO, 2016). Em todos os casos mencionados estamos tratando dos aspectos ambientais.

O aspecto ambiental é característico (particularidade, característica) de determinada atividade, instalação, processo, produto ou serviço de uma organização que pode interagir com o meio ambiente. Na definição da ISO 14001:2015, é o “elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que interage ou pode interagir com o meio ambiente. Um aspecto ambiental pode causar impacto(s) ambiental(is)”.

Ainda podemos entender os aspectos ambientais como sendo as variáveis de sustentabilidade e os efeitos da sustentabilidade, ou ainda as variáveis ambientais de entrada e saída, como podemos observar (Figura “Exemplo de um macroprocesso com alguns aspectos ambientais de entrada e saída”).



Figura 6 - Exemplo de um macroprocesso com alguns aspectos ambientais de entrada e saída
 Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

A partir do momento em que entendemos as atividades, processos e tarefas de determinada produção ou prestação de serviços é, então, possível levantar os aspectos ambientais gerados, como falamos da atividade de agropecuária que gera emissões de gases de efeito estufa, por exemplo.

Nesse processo produtivo, sendo industrial ou não, podemos pensar no processo produtivo da fabricação de cerveja, por exemplo, mais especificamente, no processo de envase em lata do produto cerveja. Durante o envase haverá o refugo de latas não consideradas boas para o uso, que deverão ser descartadas, e essa geração do resíduo sólido alumínio, ou lata, é o aspecto ambiental oriundo da atividade de seleção da qualidade de latas no processo de envase de cerveja em uma linha de produção de cerveja em lata.

Continuando no exemplo da agropecuária, avaliando os processos dos quais os gases são provenientes, veremos que estão incluídos os poluentes decorrentes de

mais de um processo, como neste caso, o processo digestivo dos rebanhos, o uso de fertilizantes e o desmatamento para abertura de novas áreas. Dessa maneira, podemos extrair que, além da emissão de gases, cada um desses processos possui outros aspectos, como no caso do uso de fertilizantes, que podem ter o aspecto do carreamento dos fertilizantes para os corpos hídricos.

Até o momento, não falamos de impactos ambientais ou mesmo poluição, pois a simples geração de um resíduo ou a emissão de gases não podem ser consideradas como impacto, se não houver a modificação do meio ambiente ou alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas dos recursos naturais. Quais são os possíveis impactos ambientais ou mesmo as poluições ambientais? Como exemplo, podemos ter os seguintes:

- Alteração da qualidade da água – recursos hídricos;
- Enchentes, inundações;
- Alteração da qualidade do solo;
- Redução da biodiversidade;
- Esgotamento de mananciais;
- Alterações climáticas;
- Chuvas ácidas;
- Redução da fertilidade do solo;
- Erosão;
- Eutrofização;
- Perda de patrimônio histórico;
- Redução da qualidade de vida;
- Afugentamento de animais de seus habitats naturais.

A lista de impactos ambientais, bem como de atividades, processos e aspectos ambientais não é factível, portanto, o que vimos acima são apenas exemplos para ilustrar o tema.

Retomando a nossa cervejaria, a geração de resíduos de alumínio em si não provocaria nenhum impacto ambiental, mas o descarte irregular no solo ou na água poderia ocasionar a perda da qualidade desses elementos.

Apesar de o alumínio ser considerado um resíduo inerte, ou seja, ele não sofre transformações em sua composição, permanecendo inalterado por muito tempo, o seu descarte no solo, por exemplo, poderá alterar o crescimento de microflora no local, modificando toda a microbiota e reduzindo a fertilidade do solo.

Quanto aos gases de efeito estufa mencionados na questão da agropecuária, como é de conhecimento geral, eles são responsáveis pela poluição do ar que altera a sua qualidade e contribui para diminuição da camada de ozônio, tais são os impactos ambientais gerados pelo aspecto de emissão de GEE. E como mitigar ou eliminar esses impactos? Algumas soluções comuns, também apenas exemplos, são:

- Processos de licenciamento ambiental;
- Políticas públicas – Código Florestal, Política Nacional de Resíduos Sólidos etc.;
- Resoluções CONAMA – diretrizes de limites de emissões, por exemplo;
- Certificações ambientais, como ISO 14001 – Sistema de Gestão Ambiental;
- Indicadores ETHOs;
- Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS;
- Environment, Social & Governance – ESG;
- Tecnologias limpas – Produção mais limpa (P+L);
- Técnicas e tecnologias de descontaminação, mitigação ou remediação ambiental;
- Mudança de mindset / educação ambiental.

A pergunta que paira no ar é: “E a responsabilidade é de quem?”. A verdade é que cada ator social possui sua responsabilidade nas soluções para esses desafios ambientais.

O governo destaca-se como o mediador entre as empresas e sociedade, sendo sua função utilizar leis e regulamentos para exigir produções mais limpas e interferir a favor dos chamados “produtos verdes”.

Existem diversas ferramentas, como falamos anteriormente, mas a grande maioria é advinda das legislações ambientais.

Nesse caso, mais especificamente, o processo administrativo de licenciamento ambiental que foi estabelecido em 1981 pela Política Nacional de Meio Ambiente, Lei 6938. A partir de então, algumas legislações, como a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA – 001/86 e 237/97, estabeleceram diretrizes detalhadas para o processo de licenciamento ambiental.

O licenciamento ambiental é obrigatório para as empresas que realizem atividade potencialmente poluidoras e/ou que realizem o uso direto de recursos naturais, como solo, água, árvores ou animais, como exemplo de ambos já citamos a mineração e a agropecuária. Para as empresas que são potencialmente poluidoras de forma exclusiva, ou seja, não são consideradas efetivas, podemos pensar em todas aquelas que emitam ou gerem resíduos sólidos, líquidos ou gasosos. A Resolução CONAMA 237/97 enumera as atividades que são passíveis de licenciamento ambiental.

Essa ferramenta tem como objetivo promover o desenvolvimento social e econômico com qualidade ambiental, ou seja, promover a sustentabilidade intermediando os atores governamentais e empresariais para garantir o bem-estar da população. O processo prevê estudos prévios para viabilidade da localização e sua concepção acerca das condições e requisitos mínimos para manter a qualidade ambiental, a chamada Licença Prévia. Caso liberada, existem outras licenças a serem liberadas, uma relacionada à avaliação das atividades do momento da instalação do empreendimento, incluindo os planos, programas e projetos com os respectivos controles ambientais, chamada Licença de Instalação. E outra, a Licença de Operação, que trata da atividade, em si, do empreendimento, ou seja, na qual é apresentado ao órgão um estudo com as avaliações, planos, programas e projetos com as suas respectivas medidas de controle para a operação da atividade. Esta última possui prazos e condicionantes de acordo com cada tipo de empreendimento/atividade. Todas as concessões de licenças são realizadas por órgãos ambientais que variam de acordo com o nível geográfico em que a atividade

se realiza, ou seja, níveis federais, estaduais e municipais, podendo haver interpolações de todas as esferas e devendo ser atendidas as legislações específicas da localidade.

Outra ferramenta definida pela Lei 6938/81 foi o Cadastro Técnico Federal – CTF do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. O CTF possui duas vertentes reguladas pelas instruções normativas 06 e 10, de 2013, deste mesmo órgão, mas de maneira geral vamos abordar o CFT/APP, que deve ser realizado por pessoas físicas e jurídicas enquadradas como Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Naturais. Dessa maneira, podemos obter o entendimento do controle da qualidade ambiental do país e trata-se de uma fiscalização governamental das empresas por meio desse cadastro. Sendo que, a partir desse cadastro, haverá uma taxa trimestral a ser paga de acordo com o porte, faturamento e potencial poluidor do empreendimento a partir do Relatório Anual de Atividades Potencialmente Poluidoras – RAPP.

A grande diferença da licença para o CTF é que a licença é uma autorização para o funcionamento ou instalação do empreendimento, já o CTF com o RAPP é uma atividade fiscalizatória das atividades que ocorrem.

O IBAMA disponibiliza esses dados para avaliação dos indicadores provenientes do CTF em forma de PowerBI, de maneira simples, para apoiar estudos e tomadas de decisão governamental e empresarial. Podemos ter uma visão geral da quantidade de empresas registradas no CTF versus as atividades (Figura “Visão geral das empresas cadastradas pelo potencial poluidor e atividade”).

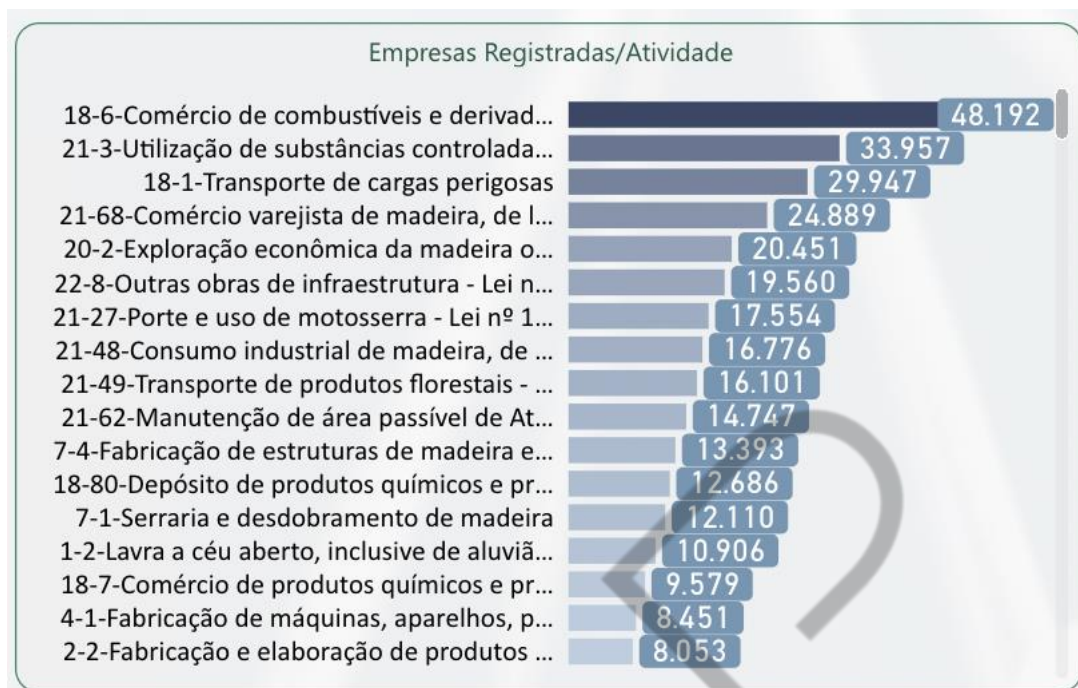


Figura 7 – Visão geral das empresas cadastradas pelo potencial poluidor e atividade
Fonte: IBAMA, CTF (2022)

A sociedade deve estar ciente de sua responsabilidade como consumidor, adquirindo bens e serviços de empresas que contribuam com a proteção ambiental e com a evolução da sociedade. É o chamado consumo consciente ou sustentável. Para calcular o impacto ambiental do indivíduo foi criada, em 1990, a pegada ecológica, que analisa a quantidade de área bioproductiva necessária para suprir a demanda desse indivíduo por recursos naturais e para absorção do CO₂. Da pegada ecológica foram desdobradas a pegada de carbono e a pegada hídrica.

Como exemplo de pegada ecológica, de acordo com a ONG de mesmo nome, a produção de um único smartphone necessita de 18 m² de solo (extração de lítio, tântalo, cobalto, platina e outros metais), 16 Kg de emissões de carbono e 1260 litros de água, ou seja, são esses os impactos que cada consumidor, essa é a pegada deixada para se ter um smartphone. Em outras palavras, pensando na pegada hídrica, simplesmente, podemos fazer o seguinte cálculo: em um banho econômico de chuveiro elétrico utilizamos aproximadamente 15 litros de água. Portanto, poderíamos tomar 850 banhos com a mesma quantidade de água utilizada na produção de um único smartphone.

As empresas são responsáveis por buscar fontes de matérias-primas renováveis, utilizar energias limpas e gerar resíduos passíveis de serem assimilados pelo meio ambiente, além de, claro, contribuírem para o progresso da sociedade e a proteção do meio ambiente. As empresas, especialmente as mencionadas como potencialmente poluidoras ou efetivas, devem buscar diversas tecnologias e processos para redução dos impactos, se adequando conforme as condicionantes de sua licença ambiental.

Quanto às empresas, fato é que para todos os possíveis impactos é necessário agir antes, agir no processo produtivo para a minimização dos impactos ambientais, seja por meio de redesenho de processos, treinamento de funcionários, otimização de recursos e matérias-primas utilizados na produção e uso de tecnologias mais eficientes (ALVES, 2016).

1.2 Ecologia Industrial e Recursos Naturais

A ideia da ecologia industrial é muito simples, apesar de ser uma área de estudo relativamente nova, trata-se da relação integral do meio ambiente e da indústria. O objetivo central, de forma resumida, é que todos os recursos utilizados na indústria se mantenham dentro do ciclo produtivo, conceito esse muito conectado à ideia de Economia Circular, na qual não existem resíduos e tudo aquilo que seria um rejeito se torna um insumo para uma nova etapa ou um novo ciclo.

De acordo com Silva, et al (Ecologia Industrial: Análise de Ferramentas e Viabilidade), a ecologia industrial “é um processo de melhoria das atividades e processos produtivos a fim de promover uma maior produção, utilizando menos energia, recursos naturais e matérias-primas, sem negligenciar a importância do lucro financeiro”. Esse estudo e análise da indústria como um ecossistema no qual a cadeia alimentar, com os diferentes níveis tróficos, envolve produtores, consumidores e decompositores, sempre fechando o ciclo. Essa é a ideia da economia circular que vem sendo amplamente discutida em diversas esferas e que, no Brasil, tem parte da sua implantação sendo realizada por meio da Lei 12.305/2010, também conhecida como a Lei da Logística Reversa.

O conceito da economia circular é muito mais amplo que apenas o retorno dos bens no pós-venda ou de pós-consumo ao ciclo do negócio, a economia circular vai além, é tratamento desde a concepção do produto, com uma visão de design circular focada em projetar produtos e sistemas para manter o valor dos recursos seja por meio da longevidade, remanufatura, novos modelos de negócio e por último a recuperação desses materiais.

De acordo com o Portal da Indústria (CNI, 2019), 76,5% das indústrias no país desenvolvem alguma iniciativa de economia circular, sendo 56,5% na otimização de processos, 37,1% no uso de insumos circulares e 24,1% na recuperação de recursos. No entanto, a grande maioria não sabe que tais ações se enquadram nesse conceito ou no conceito da ecologia industrial. Fato é que, para a busca por equiparar ao máximo o ciclo industrial ao ecológico usassem ferramentas já conhecidas, como a Produção + Limpa (P+L), avaliação do ciclo de vida, ecoeficiência e Programa de Prevenção à Poluição, por exemplo, que são conceitos já existentes e usualmente atrelados a um Sistema de Gestão Ambiental além dos muros da empresa, abrangendo as dimensões externas.

Repensar os processos industriais com remapeamentos de processos, treinamentos, melhoria no uso de recursos e tecnologias mais eficientes é justamente o conceito que há anos P+L vem fazendo e buscando a mudança de mindset dos controles chamados de “fim de tubo”, ou seja, aqueles que reduzem o impacto somente no fim da produção, como os tratamentos de efluentes, por exemplo.

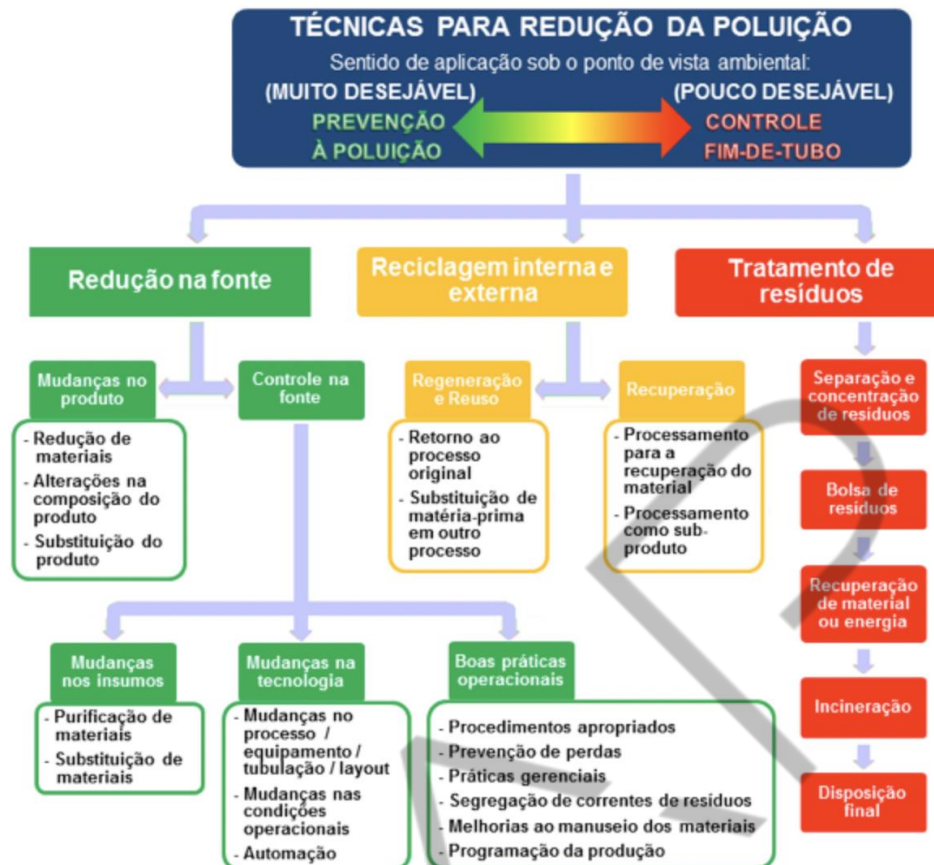


Figura 8 – Visão geral das empresas cadastradas pelo potencial poluidor e atividade
Fonte: FAGUNDES, SILVA e MELLO, 2015.

De maneira geral, podemos dizer que as técnicas de fim de tubo possuem uma abordagem reativa, enquanto a produção mais limpa é preventiva e proativa. Enquanto nas técnicas de fim de tubo não há preocupação com eficiência de uso, ou com soluções em todos os níveis hierárquicos, ou que apenas os especialistas em meio ambiente discutem o tema e os problemas ambientais são tratados como custos, na produção mais limpa temos o oposto: as preocupações ambientais estão em todos os níveis, além de tomadas de decisões desde os projetos com o estudo do design do produto.

Esse conceito do design circular é exatamente o oposto do que grande parte das indústrias estimulam e realizam quanto ao processo de obsolescência programada, pois na atual economia ainda é a mentalidade de reduzir o ciclo de vida de um produto para garantir uma nova compra. Ou seja, quanto mais consumo, mais resíduo no meio ambiente. Na avaliação do ciclo de vida de um produto, é necessário considerar os impactos ambientais em cada etapa, desde o desenvolvimento do

projeto, passando pela produção em si, transporte, comercialização e descarte. O repensar da matéria-prima que é extraída do meio ambiente, considerando não somente seu impacto no momento da extração, mas se o tipo de material será viável para reciclagem futura ou seu reaproveitamento ou mesmo se uso energético é parte de uma complexa e valiosa análise do ciclo de vida, e essa etapa é conhecida também como design circular.

Segundo Ottman (2012) apud Alves (2016), as questões primordiais a serem resolvidas é estabelecer a unidade funcional e o sistema do produto. Dessa maneira, ao realizarmos uma análise de um produto qualquer, por exemplo, uma escova de dentes, é questionado quais fatores são relevantes nessa produção: a escovada de dentes ou a inclusão de embalagem? A inserção de água e a pasta de dentes usadas ao longo da vida da escova de dentes? Os impactos relacionados ao transporte das escovas de dentes ao comércio? Provavelmente não, no entanto, mensurar a energia usada no transporte seria recomendável.

Esses limites são essenciais para manter a objetividade da análise, ainda que permaneça um trabalho complexo e que levará tempo, pois é essencial identificar minimamente o uso de energia, recursos e emissões associados em toda a cadeia produtiva, ou seja, uso de energia e água desde a extração até o pós-uso, o descarte. O objetivo dessa análise é que a empresa identifique oportunidades de melhoria na preservação dos recursos e, de fato, busque a aproximação do ciclo de vida do produto com o ciclo de vida na cadeia alimentar, na qual realmente há o retorno dos nutrientes aos animais.

Esse conceito de lixo zero ou de que o resíduo é apenas um erro de projeto foi desenvolvido com o nome “cradle to cradle” (berço ao berço) pelos autores do livro *Cradle to Cradle: Remaking the way we make things*, de Michael Braungart e William McDonough.

A ideia é que o resíduo deve ser considerado como o “nutriente” que retorna à cadeia alimentar, inspirado no modelo de produção natural, da observação da natureza (Figura “Comparação da cadeia ecológica e produtiva baseada na indústria ecológica”).

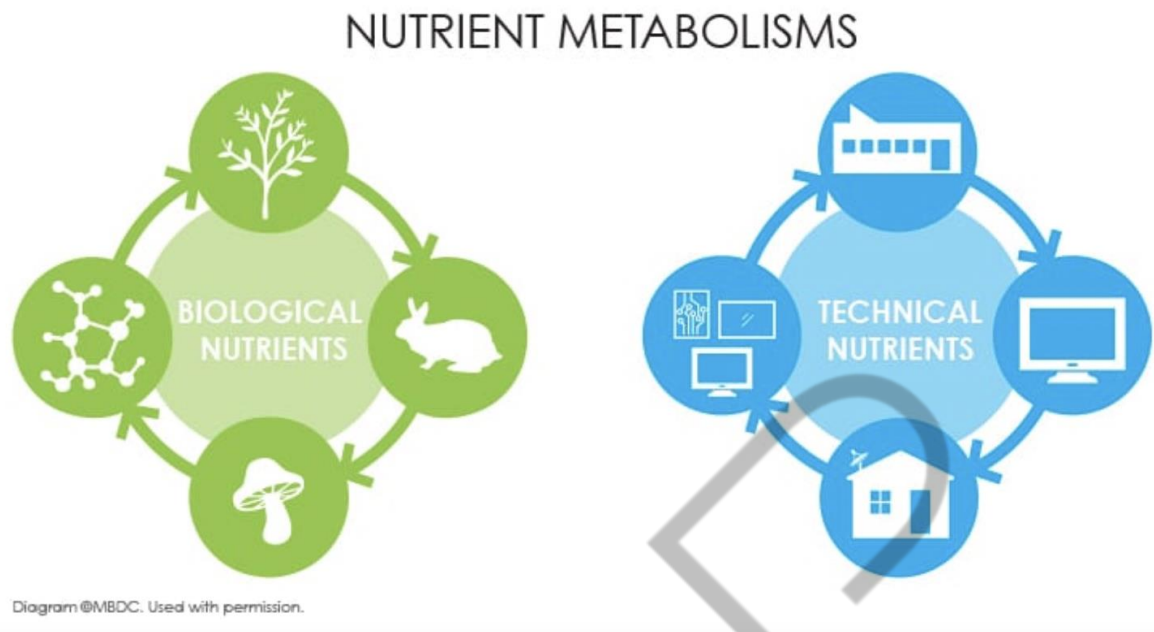


Figura 9 – Comparação da cadeia ecológica e produtiva baseada na indústria ecológica
Fonte: Adaptado de MCDONOUGH, W; BRAUNGART, M. Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things. USA: Northon Point Press, 2002.

Segundo SILVA et al, “o exemplo clássico e mais conhecido da Ecologia Industrial é o parque industrial da Kalundborg, na Dinamarca”. As empresas que compõem o parque são altamente integradas, possuem um acordo comercial entre elas, a cooperação é voluntária, são fisicamente próximas e utilizam os resíduos umas das outras como fonte de energia e matéria-prima.

Repensar o uso dos recursos naturais não significa necessariamente deixar de extrair esses recursos e a necessidade humana de produtos e serviços é uma demanda real. Temos necessidades básicas fisiológicas, como alimentação, sono, água, depois temos a necessidade de segurança física, de trabalho, moradia, da família e assim as nossas necessidades vão se tornando mais próximas das realizações, conforme podemos observar na conhecida Pirâmide de Maslow da motivação humana (Figura “Pirâmide de Maslow e os recursos naturais para as necessidades humanas básicas”).

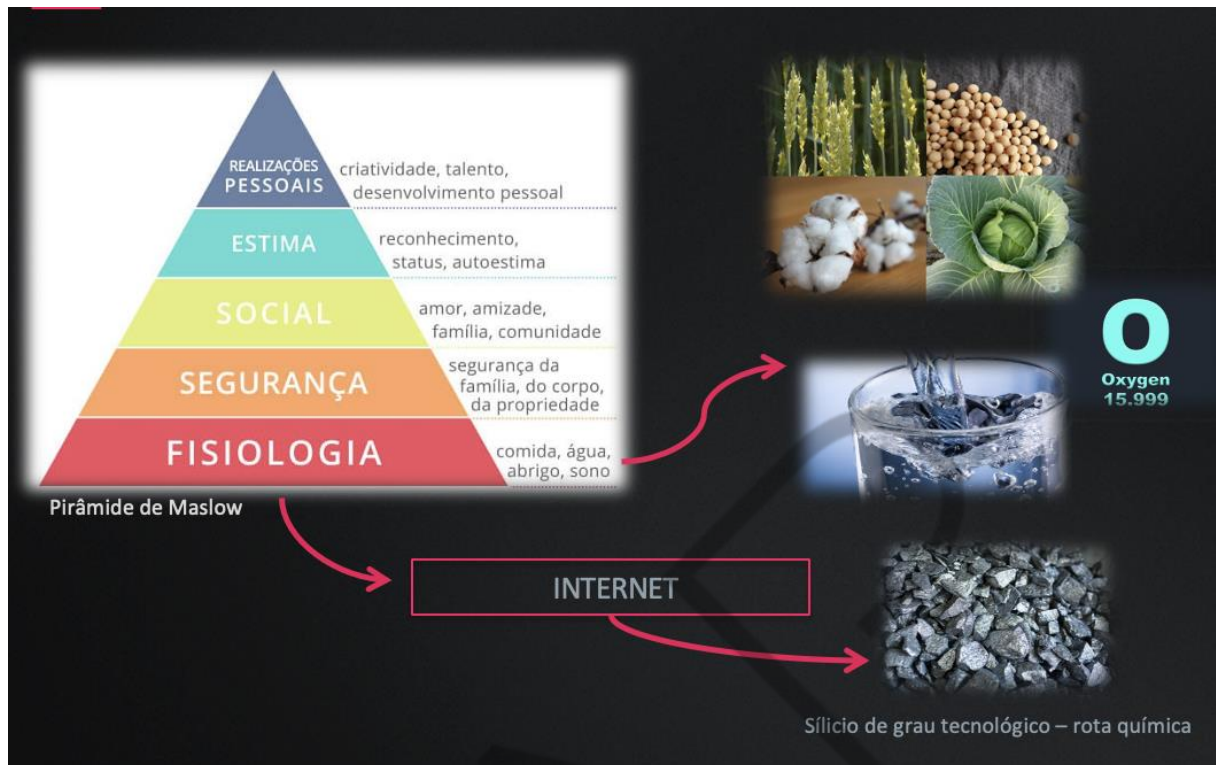


Figura 10 – Pirâmide de Maslow e os recursos naturais para as necessidades humanas básicas
Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

O uso de recursos naturais está em tudo que fazemos, como podemos pensar na internet que usamos frequentemente, para tal uso primeiro é necessário a infraestrutura do provedor, ou seja, o prédio físico, os equipamentos, os cabeamentos, conectores, ares-condicionados, servidores, entre outros. Depois teremos os cabeamentos até a nossa residência, um modem, um roteador e, claro, um computador ou um *gadget* para acessarmos a internet. Para que se tenha o prédio desse provedor, por exemplo, foi necessária a construção desse local com extração de recursos naturais como areia, calcário, argila e outros materiais para então a produção de cimento, tijolos, janelas. O mesmo processo ocorre para a produção do celular que pode estar sendo usado para o acesso à internet, por exemplo, nesse caso são utilizados o silício, plástico, ferro, alumínio, estanho e outros recursos naturais. O silício é um dos elementos mais utilizados nas novas tecnologias, não à toa o famoso Vale do Silício é exatamente o reduto das maiores empresas de tecnologia do mundo.

Historicamente, como vimos anteriormente, verificamos ao longo das revoluções industriais uma grande mudança no volume de recursos naturais a serem

usados e, antes disso, ainda na Pré-história, o ser humano, como coletor e caçador, fazia um uso dos recursos de maneira muito reduzida, permitindo que o ecossistema se recuperasse quando fosse necessária uma nova coleta no mesmo local, pois esses homens eram basicamente nômades. Com a fixação do ser humano, agricultura e pecuária desenvolvidas, o impacto ainda permanecia baixo pela população, mesmo que maior, mas ainda era uma fase de produção artesanal e um pequeno mercado.

Com as Grandes Navegações e as Revoluções Industriais, o comércio e a produção deixam de ser locais e passam a ser realizados em todo o globo, aliado à produção com uso de máquinas ocorreu um boom na produção industrial e, conseqüentemente, um aumento significativo na necessidade de recursos naturais. O “Grande Nevoeiro de Londres”, em 1952, foi ocasionado justamente pela queima do carvão e este carvão, em crescente uso na época, era extraído das minas de carvões nos arredores de Londres. Ou seja, além do impacto na atmosfera, a extração do recurso natural minimiza a sua disponibilidade no meio ambiente, além da própria mineração, que gera também a supressão vegetal e remoção de solo.

O Taylorismo, Fordismo e demais métodos para aumento da eficiência produtiva seguida da globalização na 3ª Revolução Industrial foram essenciais para a extração crescente dos recursos naturais tanto por causa dos acordos comerciais, disseminação de multinacionais, quanto pelo significativo aumento populacional pós Segunda Guerra, com o nascimento dos baby boomers. Assim, chegamos a vários pontos em um momento no qual o uso dos recursos naturais ultrapassa a capacidade do meio ambiente em assimilar e se recuperar naturalmente, como anteriormente.

O grande dilema entre o uso dos recursos naturais e a produção industrial de fato não precisa existir, pois, como estudamos acima, existem meios de produção baseados na ecologia industrial. Se pensarmos em todos os recursos naturais, vamos observar que alguns se recuperam rapidamente e outros precisam de um tempo maior para isso, o segundo, em que precisamos reduzir ou substituir seu uso. Não significa não usar, mas usar com maior eficiência.

Os recursos naturais são classificados em renováveis e não renováveis. Temos como recursos renováveis todos aqueles com capacidade de renovação, ou seja, quando sua utilização é menor que a sua reposição. Já os recursos não renováveis são aqueles que não têm capacidade de se renovar em tempo considerável para que supra as necessidades humanas, ou seja, ele pode até ser regenerado, mas a

velocidade não é no ritmo em que é consumido e por essa razão pode-se chegar ao esgotamento do recurso natural.

Ainda que os recursos naturais renováveis tenham capacidade de se reestabelecer, é necessário avaliar qual o tempo necessário para cada recurso. A água é um recurso renovável e, caso tenha um lançamento de esgoto em um corpo hídrico, então este recurso pode necessitar de um tempo maior do que seria o seu uso futuro. Mas se o uso da água for apenas para recreação por banho, a depender da quantidade de pessoas e outros fatores, é possível que não haja um tempo considerável para recuperação porque o impacto é mínimo, ou seja, o impacto ocorre somente quando as pessoas estão dentro desse rio. Podemos também citar o sol, que é um recurso natural renovável que se recupera de forma independente de como está sendo utilizado e de imediato.

No caso dos recursos não renováveis, os mais lembrados são o petróleo e os minérios de maneira geral, pois seus tempos de desenvolvimento podem ser milhões de anos, ou seja, muito superiores ao consumo antrópico. O esgotamento desses recursos pode ocorrer e ser acelerado justamente pelos padrões de consumo. Foi pensando na alimentação, principalmente, que em 1972 publicou-se o relatório “Limites do Crescimento”.

Além do esgotamento em si, a extração de areia acarreta outros impactos ambientais, de acordo com Mattos e Lobo (1992), uma vez que podem ser descritas como o visual; turbidez, ou seja, o transporte de carga; perigos como riscos de assoreamento e erosão, bem como como a degradação do solo e, além disso, alterações das margens dos rios (com a remoção da cobertura vegetal e decorrente alteração do microclima, habitats e paisagem) e também do fluxo hídrico, no perfil das encostas e na qualidade hídrica também. Ainda há impactos sociais negativos, já que a mão de obra empregada é geralmente informal e o processo de fabricação extremamente simples, com necessidade de trabalho manual em quase sua totalidade. Ainda é observada por Mattos e Lobo (1992) a extração ilegal, que faz uso de mão de obra sem direitos trabalhistas e o abandono de áreas após a exaustão da capacidade produtiva sem nenhuma recuperação ambiental, provocando impactos ainda maiores, tanto social quanto ambiental. As empresas, principalmente as potencialmente poluidoras e/ou que realizem extração direta de recursos naturais

devem buscar técnicas e tecnologias para redução da poluição, como as mencionadas anteriormente.

1.3 Tecnologias para a gestão ambiental

Dentre as várias técnicas para melhoria da qualidade ambiental, temos tecnologias em todas as etapas, seja na prevenção à poluição, com foco no uso de tecnologias mais eficientes, como aquelas “fim de tubo”, com foco reativo, no tratamento.

Algumas tecnologias são obviamente mais limpas, quando alteramos a fonte de energia a ser utilizada por uma empresa, eliminando, por exemplo, o aquecimento de caldeiras por meio de óleo diesel e utilizando painéis solares já estamos reduzindo alguns impactos, como emissões atmosféricas na queima do óleo e o esgotamento do petróleo, um recurso natural não renovável.

Mais recentemente, o uso do *blockchain* garante o rastreamento de embalagens de produtos pós-consumo possibilitando gestão, certificação e comprovação da reciclagem de resíduos. Os dados são utilizados para os cálculos de compensação ambiental e comprovação de atendimentos legais, por exemplo, da eficiência do atendimento à Lei 12305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos, quanto a logística reversa, uma das ferramentas da Economia Circular ou Ecologia Industrial. Um exemplo no Brasil é o que a Startup Green Mining vem desenvolvendo por meio de um algoritmo que faz mapeamento de pontos de geração de resíduos pós-consumo e instala uma central de recebimento desses resíduos nos locais de grande geração. Quando a central atinge sua capacidade máxima, todo o material é retirado, pesado e todo o processo se mantém registrado no sistema da empresa para realizar o rastreamento total de origem, trajeto e destino usando *blockchain* operada com *smart contract*.

A Internet das Coisas – (Internet of Thing – IoT) tem diversas aplicações e podem-se pontuar algumas que contribuem com a Produção mais Limpa (P+L), entre elas, o uso de IoT para o monitoramento de toda a rede elétrica de uma determinada indústria com o envio de dados para nuvem com monitoramento remoto pelos

gestores ou ainda o uso conjunto de um sistema de inteligência artificial para executar o desligamento ou alteração da fonte de energia quando há ocorrência de picos de consumo, por exemplo. Ou mesmo uma ligação imediata para um técnico de plantão observar o ocorrido ou um alarme de atenção aos operadores locais. Nesse mesmo conceito podemos replicar a IoT para o monitoramento do consumo de água, de matéria-prima e qualquer outro recurso utilizado em uma planta industrial, bem como as tomadas de decisão baseadas nas cartas de controle para manter a estabilidade do processo. O monitoramento e controle é uma ferramenta usada há anos para garantir a redução de impactos ambientais, sendo uma prática proativa de prevenção comumente disseminada nos programas de prevenção à poluição e ecoeficiência.

A alteração de tecnologias do processo industrial também é considerada como P+L e, dentre elas, podemos citar a BSH Continental com o case apresentado na CETESB quanto à mudança no processo de pintura eletrostática, que tinha como base o fosfato de zinco para a tecnologia de pintura denominada nanocerâmica, como base no uso de nanopartículas. Essa alteração permitiu a isenção de metais pesados no processo e, conseqüentemente, eliminou a emissão de resíduos com metais pesados. Além disso, não foi mais necessário o uso de água aquecida, sendo desnecessário o boiler, o que impactou positivamente na redução do consumo energético também. Como grande parte dos impactos ambientais no emprego dessas tecnologias, nesse caso houve uma economia de cerca de R\$ 200 mil/ano com um emprego de investimento de cerca de apenas R\$ 30 mil na implantação.

No setor de saneamento básico, mais especificamente no tratamento e fornecimento de água potável, observam-se perdas no sistema de abastecimento de água em São Paulo. De acordo com o SNIS – 2011, houve uma perda de água de cerca 35% em todo o sistema. De acordo com VOTRE, 2021, por meio de controle de pressão automatizado e da manutenção das redes de distribuição é possível a redução dessas perdas em cerca de 18% e ainda representou uma redução no consumo energético de cerca de 15%, estudo realizado na cidade de Curitiba – PR.

Conforme WANDERLEY et al (2016), as imagens panorâmicas com cobertura de 360° foram testadas em conjunto de um software baseado em conceitos de Programação Orientada a Objetos (POO) para o desenvolvimento de laudos de avaliações de passivos ambientais. O software com o uso das imagens garante a possibilidade de análises a distância por diversos especialistas, reduzindo a

necessidade de deslocamento. As imagens tridimensionais (Figura “Imagem no formato original da câmera 360° e visualizada pelo Plug-in”), a geolocalização e outras informações coletadas podem servir de subsídio aos diversos especialistas necessários e capacitados na tomada de decisão quanto à recuperação dessas áreas.

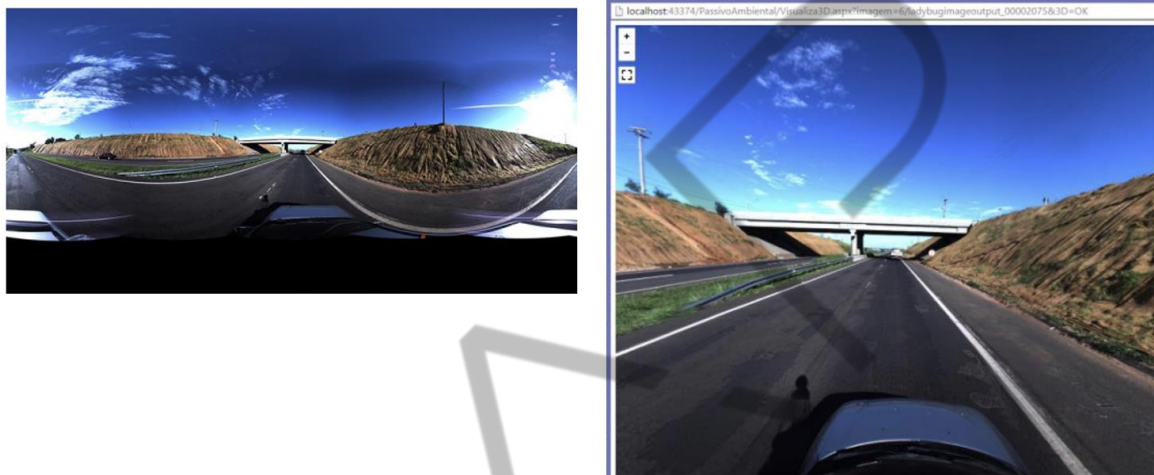


Figura 11 – Imagem no formato original da câmera 360° e visualizada pelo Plug-in
Fonte: WANDERLEY et al (2016)

Ainda no uso de imagens, os Veículos Aéreos Não-Tripulados – VANTs – ou drones também são usados para o mapeamento geográfico e de imagem em outros tipos de estudos ambientais, para modelos 3D e processamento de terrenos. O Sistema de Informação Geográfica – SIG – não é uma tecnologia tão recente quanto os drones, no entanto, o uso das imagens de satélite com softwares de análise e mapeamento em nuvem é possível para o estudo de dados e informações georreferenciadas com maior precisão avaliando, por exemplo, ano a ano a redução de áreas vegetais ou, em tempo real, a observação de queimadas, como hoje é realizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no monitoramento de queimadas (Figura “Exemplo e validações do uso do Programa de Queimadas do INPE”).

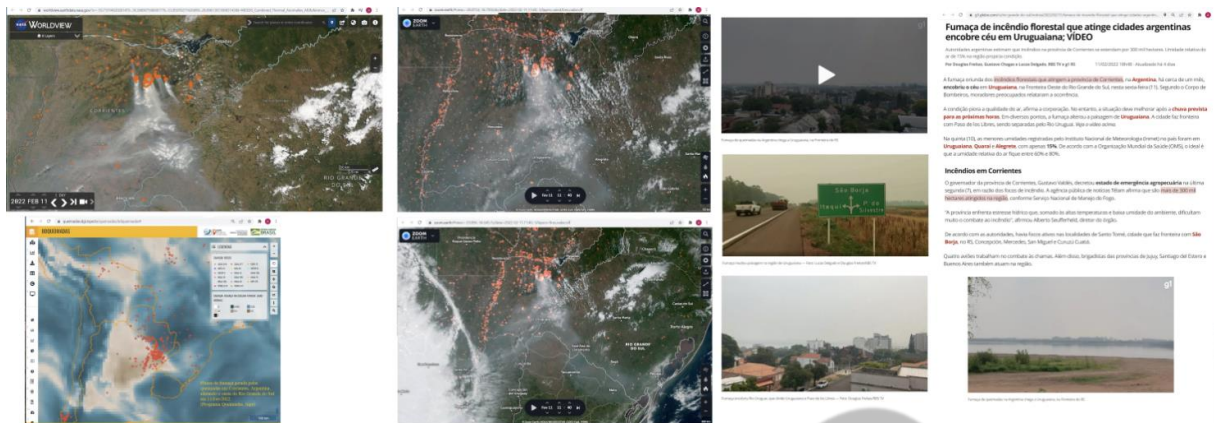


Figura 12 – Exemplo e validações do uso do Programa de Queimadas do INPE
Fonte: WANDERLEY et al (2016)

O SIG, ou imagens por drones associados a sensores infravermelhos, por exemplo, pode ainda ser utilizado para monitorar a saúde de plantações existentes e seu desenvolvimento, levantar problemas como compactação do solo, falta de nitrogênio e outras propriedades do solo, detecção de secas e de pragas, estimativas de produção, identificação de linhas de falha no plantio. Todo esse monitoramento reduz problemas ambientais como erosões, lixiviações, compactações de solo, desertificação, eutrofização de lagos ou outras reduções na qualidade dos solos e águas.

Quando se fala em recuperação do meio ambiente, existem diversos projetos no mundo com esse foco e envolvimento, entre eles, está o projeto “The Ocean Cleanup” que desenvolveu flutuadores sem ancoragem que, com rede associada a eles, vagam com as ondas e marés direcionando para um contêiner todo o resíduo plástico coletado; de tempos em tempos, esses resíduos são coletados para o descarte e reciclagem no local correto.

Voltando para as indústrias, principalmente as 4.0, observa-se que a conexão das máquinas por meio de sensores, softwares gateway de internet é possível uma conectividade entre as linhas de produção e, conseqüentemente, a realização de manutenção preditiva, monitoramento das condições locais e comunicação entre máquina e máquina, tudo isso garante um aumento na eficiência dos equipamentos em mais de 10% e redução dos custos de manutenção, inspeção e de peças produzidas, de acordo com Bosh Brasil. Voltando ao conceito de Produção mais

Limpa e Avaliação do Ciclo de Vida, temos diversas reduções do uso de recursos naturais, seja na não necessidade da produção de novas peças para substituição de alguma cujo tempo de vida foi superior ao de uma manutenção preventiva, seja porque o equipamento consome menos energia para o funcionamento graças à melhoria na eficiência.

No controle de emissões atmosféricas existem as mais diversas tecnologias de fim de tubo, tanto para materiais particulados quanto para gases e vapores, tanto de última tecnologia quanto aqueles praticamente mecânicos. Um dos mais comuns é o lavador de gases do tipo Venturi, que atua basicamente de forma mecânica, com o aumento da velocidade graças a redução de uma das seções e à entrada de água o material insolúvel sedimenta e é recolhido. Outro muito comum é o filtro manga ou de tecido, que basicamente é um filtro com o uso de um tecido descartável que retém os particulados. Até alguns um pouco mais complexos e muito utilizados em fontes móveis, como automóveis, o Sistema de Redução Catalítica Seletiva (SCR), um sistema com sensores de temperatura que são acionados quando o motor do veículo está em funcionamento e bombeia um agente redutor. No Brasil, o mais conhecido é o Arla 32, que garante 95% de redução das emissões de NOx.

O mesmo pensamento podemos ter em relação às tecnologias de tratamento de efluentes domésticos ou industriais e dos resíduos sólidos. Existem tecnologias de ponta, como reatores autônomos e fossas sépticas, existem plantas de triagem com sensores de separação por uso de códigos ou cores e triagens realizadas por pessoas de forma manual. Quando o assunto são tecnologias para a produção mais limpa, recuperação de áreas, controles de processos ou avaliação do ciclo de vida, sempre haverá diversas e o foco precisa ser nos problemas existentes versus o que precisa ser desenvolvido, sempre buscando a prevenção antes da recuperação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO Brasileira De Normas Técnicas (2004), NBR ISO 14001 – **Sistema de gestão ambiental: especificação e diretrizes para uso**. Rio de Janeiro: ABNT.

ALMEIDA, F.S., GARRIDO, F. S. R. G.; ALMEIDA, A.A. **Avaliação De Impactos Ambientais: Uma Introdução ao Tema Com Ênfase na Atuação do Gestor Ambiental**. Diversidade e Gestão. 70-87. 2017.

ALVES. R.R. **Administração verde: o caminho sem volta da sustentabilidade ambiental nas organizações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 Brasileira**. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-brasileira.html>>. Acesso em 19 fev. 2022.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Casos de Produção mais Limpa. Case 57. Título: **Substituição de tecnologia em processo de pintura**. São Paulo, Jul/2009. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2015/01/caso57.pdf>> Acesso em 22 fev. 2022.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. Pesquisa sobre Economia Circular na Indústria Brasileira. 2019. Acesso em 19 fev. 2022.

ESTADÃO CONTEÚDO. Chuvas avançam pelo país e deixam ao menos 31 mortos na Bahia e Minas. Exame, 31 dez. 2021. Disponível em: <<https://exame.com/brasil/chuvas-avancam-pelo-pais-e-deixam-ao-menos-31-mortos-na-bahia-e-minas/>>. Acesso em: 02 maio 2022.

FAGUNDES, A.B.; SILVA, M. C.; MELLO, R. A gestão dos resíduos industriais em consonância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos: Uma contribuição para as Micro e Pequenas Empresas. **Espacios**, [S.l.], v. 36, n. 1, 2015. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a15v36n01/15360106.html>> Acesso em: 23 maio 2022.

G1. Nordeste em emergência: histórias de uma seca sem fim. **G1**, 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/nordeste-em-emergencia-historias-de-uma-seca-sem-fim.ghtml>>. Acesso em: 02 maio 2022.

INDÚSTRIA 4.0: MUITO ALÉM DA AUTOMAÇÃO. Disponível em: <<https://www.bosch.com.br/noticias-e-historias/industria-4-0/>>. Acesso em 26 fev. 2022.

LOPES, G. B.; FERNANDES JUNIOR. F. R. Um sistema remoto de monitoramento de dados com base em MQTT para eficiência energética em ambientes industriais. **VETOR - Revista De Ciências Exatas E Engenharias**, 31(2), 25–35. 2021.

MATTOS, S. C.; LOBO, R. L. M. Areia para construção civil em Goiás: da produção, danos ambientais e propostas de mitigação. In: **SIMP. GEOL. CENTRO-OESTE**, 5, 1995. Anais.SBG, 1995.

MELLO, D. Agropecuária é responsável por 69% das emissões de gases do efeito estufa. **AgênciaBrasil**, 26 out. 2016. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/pesquisa-e-inovacao/noticia/2016-10/setor-agropecuario-e-responsavel-por-69-das-emissoes-de-gases>> Acesso em: 10 jun. 2022.

SILVA, R. R. M.; MEDEIROS, J. I. M.; REGIS, P. O. A.; MORAIS, C. R. N.; MOREIRA, A. C. **Ecologia Industrial: Análise de ferramentas e viabilidade**.

SILVEIRA, J. G. **Entre o desenvolvimento econômico e os debates sobre meio ambiente: a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) e a política estratégica de proteção ambiental no Brasil (1973-1981)**. XXVIII -Simpósio Nacional de História. 27 a 31 de julho de 2015. Florianópolis/ SC.

STRAUSS, M. **Looking Back on the Limits of Growth**. Abr, 2012. Disponível em: <<https://www.smithsonianmag.com/science-nature/looking-back-on-the-limits-of-growth-125269840/>> Acesso em: 12 fev. 2022.

VIEIRA, L. C. P. F. S. **Modelagem fuzzy de dados climáticos estimados por modelo matemático - CCATT-BRAMS**. 2015. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/139420>>.Acesso em 22.02.22.

VOTRE, R. **Automação no controle de perdas e redução de impactos ambientais em sistemas de abastecimento de água Curitiba**. Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com o SENAI-PR e a Universidade de Stuttgart, Alemanha. 2014.

WANDERLEY, V.V.S. et al. **Sistema para apoio na produção de laudo de passivo ambiental em rodovias com imagens terrestres**. Colloquium Exactarum. V07. N02. E. 122. 2016.

ZHAN, R.; WANG, G. et al. Atmospheric sulfate formation. **Proceedings of the National Academy of Sciences** Nov 2016. Disponível em: <<https://www.pnas.org/content/113/48/13630.full#sec-7>>. Acesso em: 12 fev. 2022.