

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ**  
**ESCOLA DE DIREITO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO**  
**MESTRADO EM DIREITO**

**ARLEI COSTA JUNIOR**

**SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA NA QUARTA REVOLUÇÃO**  
**INDUSTRIAL**

**CURITIBA**  
**2018**

Dados da Catalogação na Publicação  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR  
Biblioteca Central  
Edilene de Oliveira dos Santos CRB 9 /1636

C837s  
2018 Costa Junior, Arlei  
Sustentabilidade energética na quarta revolução industrial / Arlei Costa  
Junior ; orientador, Luiz Alberto Blanchet. -- 2018  
134 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná,  
Curitiba, 2018.  
Bibliografia: f. 129-134

1. Direito. 2. Energia elétrica. 3. Desenvolvimento econômico. 4. Revolução  
industrial. 5. Sustentabilidade. I. Blanchet, Luiz Alberto.  
II. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação  
em Direito. III. Título.

CDD – 340

**ARLEI COSTA JUNIOR**

**SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA NA QUARTA REVOLUÇÃO  
INDUSTRIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Direito da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Direito.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Alberto Blanchet

**CURITIBA**

**2018**

**ARLEI COSTA JUNIOR**

**SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA NA QUARTA REVOLUÇÃO  
INDUSTRIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Direito da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Direito.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Alberto Blanchet

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Luiz Alberto Blanchet**  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)

---

**Prof. Dr. Vladimir Passos de Freitas**  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)

---

**Prof. Dr. Sandro Mansur Gibran**  
Instituição: UniCuritiba

Curitiba, 10 de dezembro de 2018.

À minha esposa Itajana e aos meus filhos Júlia e Pedro Henrique,  
pelo apoio incondicional.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Arlei Costa e Edna Peron Costa, que foram imprescindíveis para toda a minha formação, sempre me apoiando e acreditando em mim.

À minha esposa Itajana Barreto Costa e aos meus filhos, Júlia Barreto Costa e Pedro Henrique Barreto Costa por terem me acompanhado nessa jornada, dividindo o marido e pai com muitos livros e pesquisas, sempre apoiando e ajudando

Ao querido professor, Doutor Luiz Alberto Blanchet, orientador exemplar, por todos os ensinamentos compartilhados para a realização deste trabalho. Agradeço por toda a paciência, compreensão e incentivo nos momentos difíceis desta caminhada.

À todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Direito da Puc-PR, com carinho especial aos professores André Parmo Foloni, Adriana Schier, Cinthia O. de Almendra Freitas, Daniel Wunder Hachem, Emerson Gabardo, Luís Alexandre Carta Winter, Marcia Carla Pereira Ribeiro, Marco Antônio César Villatore, Oksandro Osdival Gonçalves, Sirley Terezinha Filipak e Vladimir Passos de Freitas pelos conhecimentos adquiridos nas disciplinas que cursei, nas participações nos grupos de pesquisa e eventos realizados, que enriqueceram meus conhecimentos e certamente modificaram conceitos e valores em minha vida.

Ao excelente Programa de Pós-Graduação da PUC-PR, por meio de seus funcionários e professores, pela excelência e condução acadêmica exemplar, em especial à Eva Curelo e Glair Braun, cuja convivência aprazível deixará sempre boas lembranças.

Aos colegas que se tornaram grandes amigos, por todo o carinho e atenção recebidos.

## RESUMO

A chamada Quarta Revolução Industrial produziu efeitos sobre o desenvolvimento econômico e social, os quais merecem atenção e estudo acurado a fim de se avaliar seu caráter benéfico, indiferente ou, eventualmente, nocivo ao desenvolvimento, seja econômico, social ou como liberdade proposto por Amartya Sen. Essas tecnologias inovadoras apresentadas dependem do consumo de energia elétrica, cuja obtenção gera um impacto ambiental, que necessita ser sustentável para levar a um desenvolvimento duradouro. Assim, o estudo tratará também do conceito de energia, das suas formas de geração, distribuição e da sustentabilidade energética. Com base nesse referencial teórico, o estudo busca verificar se existe uma correlação entre o desenvolvimento proposto pelas novas tecnologias da Quarta Revolução Industrial, que tem como insumo a disponibilidade de energia elétrica em abundância, em face às limitações ambientais para se obter a energia elétrica de forma sustentável, e assim verificar se o desenvolvimento teria como fator limitador a sustentabilidade energética.

Palavras-chave: Energia; Desenvolvimento; Sustentabilidade; Quarta Revolução Industrial; Sustentabilidade Energética.

## **ABSTRACT**

The so-called Fourth Industrial Revolution has had effects on economic and social development, which deserve careful attention and study in order to assess its beneficial, indifferent, or eventually harmful to development, whether economic, social, or freedom proposed by Amartya Sen. These innovative technologies presented depend on the consumption of electrical energy, the attainment of which generates an environmental impact, which needs to be sustainable to lead to a sustainable development. Thus, the study will also deal with the concept of energy, its forms of generation, distribution and energy sustainability. Based on this theoretical reference, the study aims to verify if there is a correlation between the development proposed by the new technologies of the Fourth Industrial Revolution, which has as input the availability of electric power in abundance, due to the environmental limitations to obtain the electric power of sustainable way, and thus verify if the development would have as limiting factor the energy sustainability.

**Keywords:** Energy; Development; Sustainability; Fourth Industrial Revolution; Energy Sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01.....	página 97
Figura 02.....	página 110
Figura 03.....	página 118
Figura 04.....	página 118

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1RI	Primeira Revolução Industrial
2D	Duas Dimensões
2RI	Segunda Revolução Industrial
3D	Três Dimensões
3RI	Terceira Revolução Industrial
4D	Quatro Dimensões
4RI	Quarta Revolução Industrial
AILIRA	Artificially Intelligent Legal Information Research Assistant (Assistente de pesquisa de informações jurídicas usando IA)
CEO	Chief Executive Officer – (Diretor executivo ou diretor-geral)
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
DNA	Deoxyribonucleic Acid - (Ácido Desoxirribonucleico)
EUA	Estados Unidos da América
GWh	Gigawatt-hora = 10 <sup>9</sup> .Wh
H <sub>2</sub> O	Água
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IA	Inteligência Artificial
IoT	Internet of Things – (Internet das Coisas)
KWh	Quilowatt-hora = 10 <sup>3</sup> .Wh
LCOE	Custo Nivelado de Energia
MWh	Megawatt-hora = 10 <sup>6</sup> .Wh
O <sub>2</sub>	Molécula de Oxigênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PPC	PIB per capita
RA	Realidade Aumentada
RPC	Renda per capita
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.

TWh	Terawatt-hora = $10^{12}$ .Wh
W	Watt
WAIF	Well-being as informational foundation (Bem-estar com base informacional)
WBA	World Bioenergy Association – (Associação Mundial de Bioenergia)

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1 A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL (4RI)</b> .....	17
1.1. AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS .....	17
1.1.1. Primeira Revolução Industrial.....	17
1.1.2. Segunda Revolução Industrial.....	18
1.1.3. Terceira Revolução Industrial .....	21
1.1.4. Quarta Revolução Industrial .....	25
1.2. TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS.....	27
1.3. TECNOLOGIAS FÍSICAS.....	28
1.3.1. Veículos autônomos .....	28
1.3.2. Impressão em 3D.....	28
1.3.3. Robótica avançada .....	29
1.3.4. Novos materiais.....	30
1.4. TECNOLOGIAS DIGITAIS .....	30
1.4.1. Internet das coisas .....	31
1.4.2. Realidade aumentada .....	33
1.4.3. Big data .....	34
1.4.4. Inteligência artificial .....	36
1.5. TECNOLOGIAS BIOLÓGICAS.....	38
1.5.1. Genética.....	38
1.5.2. Biologia sintética.....	39
1.5.3. Aspectos sociais e econômicos .....	40
<b>2 DIMENSÕES DO DESENVOLVIMENTO</b> .....	43
2.1. DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO .....	45
2.2. DESENVOLVIMENTO SOCIAL.....	50
2.3. DESENVOLVIMENTO COMO LIBERDADE .....	52
2.4. TIPOS DE DESENVOLVIMENTO OBSERVADOS NA 4RI .....	57
2.5. TECNOLOGIAS QUE EXPANDEM AS CAPACIDADES .....	59
2.5.1. Tecnologias implantáveis.....	60
2.5.2. Presença ou identidade digital.....	60

2.5.3. Visão como uma nova interface .....	61
2.5.4. Tecnologia vestível .....	61
2.5.5. Carros sem motorista.....	61
2.5.6. Impressão em 3D e saúde humana .....	62
<b>3 PERSPECTIVAS SOBRE A ENERGIA .....</b>	<b>62</b>
3.1. CONCEITO DE ENERGIA.....	63
3.2. EVOLUÇÃO DO USO DA ENERGIA.....	70
3.2.1. Máquina a vapor.....	70
3.2.2. Termoelétricas.....	71
3.3. TECNOLOGIAS ATUAIS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA .....	71
3.3.1. Energia Hidrelétrica .....	72
3.3.2. Energia por Biomassa .....	73
3.3.3. Energia Eólica .....	74
3.3.4. Energia Solar.....	75
3.3.5. Energia Oceânica ou Gravitacional.....	75
3.3.6. Energia Nuclear por Cisão .....	76
3.3.7. Tecnologias disruptivas no sistema elétrico.....	77
3.4. PERSPECTIVAS NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	78
<b>4 SUSTENTABILIDADE MULTIDIMENSIONAL .....</b>	<b>79</b>
4.1. ANTROPOCENTRISMO .....	82
4.2. ECOCENTRISMO.....	86
4.3. ANTROPOCENTRISMO NA ERA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL .....	88
4.4. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	91
4.5. SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA .....	99
<b>5 A SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA COMO FATOR CONDICIONADOR DO DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>104</b>
5.1. A 4RI COMO AGENTE PROMOTOR DO DESENVOLVIMENTO .....	106
5.2. BALANÇO ENERGÉTICO DAS TECNOLOGIAS DA 4RI.....	113
5.3. DISPONIBILIDADE ENERGÉTICA .....	116
5.4. AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM TECNOLOGIAS DA 4RI.....	119

5.5. SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA	CONDICIONANDO	O
DESENVOLVIMENTO .....		122
<b>CONCLUSÃO</b> .....		125
<b>REFERÊNCIAS</b> .....		129

## INTRODUÇÃO

A chamada Quarta Revolução Industrial (4RI) consiste numa revolução tecnológica que mudará a maneira como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos uns com os outros. Klaus Schwab<sup>1</sup> considera que, em sua escala, escopo e complexidade, essa revolução é diferente de qualquer coisa que a humanidade tenha experimentado antes, e implicará nada menos que uma transformação da humanidade, em função das possibilidades ilimitadas de existirem bilhões de pessoas conectadas por dispositivos móveis, dando origem a um poder de processamento sem precedentes, capacidade de armazenamento e acesso ao conhecimento.

Essa revolução é caracterizada por mudanças abruptas e radicais, decorrentes do surgimento de tecnologias disruptivas, tais como a robótica, inteligência artificial, veículos autônomos, impressão 3D, realidade aumentada, big data (análise de volumes massivo de dados), biologia sintética e a chamada internet das coisas, que permite os dispositivos se conectarem pela internet ou outras redes.

Segundo Schwab<sup>1</sup>, essas tecnologias permitirão a automação quase que completa de indústrias e outros processos que hoje demandam mão de obra humana, levando a novos modelos de negócios e a remodelação da produção, consumo, transporte e sistemas de entrega. Isso eliminará milhões de empregos criando dificuldades sociais e econômicas que demandarão adequações na organização política, jurídica e de trabalho nessa transição, até que um novo equilíbrio seja alcançado.

A 4RI tende assim a causar alterações significativas no ponto de equilíbrio da eficiência econômica, que irá se modificando enquanto as tecnologias modificam as relações de trabalho, as demandas de produtos e serviços e até mesmo as relações governamentais. Essas alterações podem ser vistas como uma oportunidade para um aumento das liberdades individuais na medida em que a força de trabalho humana irá migrando dos serviços físicos para as atividades intelectuais.

Contudo, essa transição não será isenta de impactos na organização da atividade humana, o que gera o questionamento se essas inovações da tecnologia promovem o desenvolvimento econômico, social e das liberdades individuais. Nesse sentido, Sen faz considerações a respeito da eficiência econômica, propondo o

---

<sup>1</sup> SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution**. World Economic Forum, 2016. Geneva.

desenvolvimento na forma daquele que propicie maior liberdade a todos, explicando que a eficiência também pode ser definida de forma semelhante pelos critérios de liberdades, direitos, rendimentos e assim por diante. Exemplifica que correspondendo à otimização de Pareto no espaço das utilidades, a eficiência em termos de liberdade exigiria que a situação fosse tal que a liberdade de ninguém pudesse ser aumentada sem reduzir a liberdade de outra pessoa.<sup>2</sup> Esse questionamento sobre a hipótese dessas tecnologias disruptivas significarem desenvolvimento, deve assim ser analisado nesse estudo.

Nesse contexto tecnológico, onde máquinas elaboradas e com elevada capacidade de analisar e processar dados tendem a substituir mão de obra humana em diversas atividades, a demanda por energia elétrica tende a aumentar proporcionalmente ao uso dessas máquinas. Nesse sentido, a capacidade de geração de energia elétrica aparenta ter uma correlação com as possibilidades de desenvolvimento de um país ou região, e isso tem um contraponto na questão da sustentabilidade ambiental, pois toda geração de energia elétrica deixa uma pegada ambiental.

A convergência tecnológica também pode e já tem apresentado soluções de geração de energia com menor impacto ambiental que as tradicionalmente utilizadas, e em especial sem o uso de combustíveis que emitem carbono na atmosfera, onde se destaca a geração de energia por painéis solares. A infraestrutura que está sendo criada e desenvolvida nas áreas de computação e comunicação de dados tem possibilitado soluções para o problema de geração de energia, tais como a interligação nas redes de fontes distribuídas de geração, que podem ser de quaisquer naturezas, tais como a eólica ou biomassa, mas em especial à produção residencial de energia por painéis solares.

Assim, o estudo busca analisar se as tecnologias convergentes que têm levado a criação de produtos e soluções da chamada 4RI, levam a uma melhoria na qualidade de vida do ser humano e na sua liberdade, e por consequência ao conceito de desenvolvimento, bem como se a disponibilidade de energia elétrica para sustentar o funcionamento dessas máquinas sofisticadas pode ser alcançada observando o conceito de sustentabilidade. Assim, busca verificar se existe uma correlação entre a

---

<sup>2</sup> Tradução livre do autor. “But efficiency can also be similarly defined in the spaces of liberties, rights, incomes, and so on. For example, corresponding to Pareto optimality in the space of utilities, efficiency in terms of liberty would demand that the situation is such that no one's liberty can be increased without cutting down the liberty of someone else”. SEN, Amartya. **Inequality reexamined**. Oxford: Oxford University Press, 1992, p.25.

sustentabilidade energética e o desenvolvimento, na medida em que se os pressupostos apresentados forem verdadeiros, pelo método hipotético dedutivo, chegar-se-ia à conclusão de que para se alcançar o desenvolvimento será necessário buscar a sustentabilidade energética.

O objetivo central é analisar as tecnologias emergentes da Quarta Revolução Industrial e como elas podem levar ao desenvolvimento. Esse desenvolvimento pode vir a ser limitado pela disponibilidade de energia elétrica sustentável. Assim, busca-se verificar se essas novas tecnologias contribuirão para ampliar a sustentabilidade energética, e como isso vem sendo recepcionado e regulado pelo direito.

A forma pela qual se pretende alcançar esse objetivo é realizando uma releitura histórico-conceitual sobre geração de energia elétrica e de sustentabilidade, para em conjunto com os conceitos e tecnologias propostas pela Quarta Revolução Industrial, relacionando as tecnologias emergentes com os conceitos de desenvolvimento econômico, social e como liberdade de Amartya Sen. Buscará o estudo levantar informações de como a infraestrutura que está sendo criada e desenvolvida pelas tecnologias da Quarta Revolução Industrial tem possibilitado soluções para o problema da geração e distribuição de energia, e examinar como essas novas tecnologias estão sendo recepcionadas no Direito Brasileiro e se as regulações estão contemplando a sustentabilidade energética como premissa para o desenvolvimento.

## 1 A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL (4RI)

A Quarta Revolução Industrial (4RI), assim denominada por Schwab<sup>3</sup>, segundo o qual já se iniciou e irá fundir o mundo físico, digital e biológico com amplitude e velocidade jamais vistas na história humana, gerando impactos econômicos e sociais até então inimagináveis, com potencial para grandes realizações e perigos, com uma transição da atual realidade para a próxima que deve trazer grandes dificuldades em função da alteração de vários paradigmas econômicos e sociais.

Essa mudança de paradigma está em curso na sociedade, na forma como trabalhamos e nos comunicamos, e até mesmo na maneira de nos expressarmos, nos informarmos e nos divertirmos. Os governos também estão sendo reformulados em conjunto com suas instituições, bem como a saúde, educação e os transportes. “As novas maneiras de usarmos a tecnologia para promover a mudança de comportamentos e os sistemas de produção e consumo também formam um potencial de regeneração e preservação dos ambientes naturais sem criar custos ocultos sob a forma de externalidades”.<sup>3</sup>

### 1.1. AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS

As Revoluções Industriais anteriores trouxeram grande impacto econômico e social ao promoverem grandes mudanças nas formas de produção, e os registros históricos constam que “tudo começou com a revolução industrial vitoriana, no início do século 19, quando a produção em fábricas foi introduzida no que era predominantemente uma economia agrícola na Inglaterra”.<sup>4</sup>

#### 1.1.1. Primeira Revolução Industrial

Essa foi a Primeira Revolução Industrial, quando a introdução de equipamentos de produção mecanizados movidos por água e energia do vapor

---

<sup>3</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.12.

<sup>4</sup> ARKTIS. **Indústria 4.0, A Quarta Revolução Industrial**. Disponível em: <<http://arktis.com.br/a-quarta-revolucao-da-industria/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

possibilitaram a automação de processos, com padronização e redução de mão de obra humana, e possibilitam por exemplo, o primeiro tear mecânico no ano de 1874, o que levou ao aparecimento de indústrias de tecidos de algodão.

O uso da máquina a vapor possibilitou um grande avanço tecnológico na época, pois seu “uso na indústria de tecido, nas usinas de carvão mineral, na industrialização do ferro, nas embarcações (navios a vapor), nas estradas de ferro (locomotiva a vapor), entre outras, representou uma revolução no transporte de passageiros e cargas”.<sup>5</sup>

A Inglaterra foi precursora na Primeira Revolução Industrial devido a diversos fatores, entre eles: “possuir uma rica burguesia, o fato do país possuir a mais importante zona de livre comércio da Europa, o êxodo rural e a localização privilegiada junto ao mar o que facilitava a exploração dos mercados ultramarinos”.<sup>6</sup> Com essa movimentação social das áreas rurais para as cidades surgiram problemas sociais e trabalhistas, pois “como muitos empresários ambicionavam lucrar mais, o operário era explorado sendo forçado a trabalhar até 15 horas por dia em troca de um salário baixo. Além disso, mulheres e crianças também eram obrigadas a trabalhar para sustentarem suas famílias”.<sup>7</sup>

### 1.1.2. Segunda Revolução Industrial

A Segunda Revolução Industrial (2RI) se iniciou por volta do ano 1860 e se estendeu até meados de 1950, e ao contrário da anterior, “países como Alemanha, França, Rússia e Itália também se industrializaram. O emprego do aço, a utilização da energia elétrica e dos combustíveis derivados do petróleo, a invenção do motor à explosão, da locomotiva a vapor e o desenvolvimento de produtos químicos foram as principais inovações desse período”.<sup>8</sup>

A produção em massa, foi “estimulada ainda mais pela introdução do aço e

---

<sup>5</sup> BEZERRA, Juliana. **Primeira Revolução Industrial.** Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/primeira-revolucao-industrial/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>6</sup> SOHISTORIA. **Revolução Industrial.** Disponível em: <<https://www.sohistoria.com.br/resumos/revolucaoindustrial.php>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>7</sup> SOHISTORIA. **Revolução Industrial.** Disponível em: <<https://www.sohistoria.com.br/resumos/revolucaoindustrial.php>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>8</sup> SOHISTORIA. **Revolução Industrial.** Disponível em: <<https://www.sohistoria.com.br/resumos/revolucaoindustrial.php>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

eletricidade para alimentar as fábricas”.<sup>9</sup> A migração da fonte de energia do vapor, para novas tecnologias, com a “descoberta e o aproveitamento de novas fontes de energia - o petróleo (no motor à combustão), a água (nas usinas hidrelétrica), o urânio (para a energia nuclear), revolucionaram ainda mais a produção industrial. A lista de invenções e descobertas é enorme, o que representou maior conforto para o ser humano”.<sup>10</sup>

A produção em massa e em menor escala de tempo trouxe ganhos de produtividade e redução do custo de produção. Um produto que anteriormente levava um dia inteiro para ser fabricado “passou a levar apenas alguns minutos ou algumas horas. Com o aumento da produção e do comércio, o crescimento econômico dessas nações industrializadas, estava vinculado à sua capacidade de dominar econômico e culturalmente outros territórios para vender os novos produtos e, também, para explorar as matérias-primas”.<sup>11</sup>

Como consequências da 2RI, houve modificações profundas no “mundo, as relações entre as pessoas, a forma de trabalhar e de viver. O trabalho artesanal diminuiu e deu lugar à produção de mercadorias industrializadas. Assim, os produtos passaram a ser feitos em menos tempo”.<sup>12</sup>

No setor de transportes “surgiram sistemas avançados como a navegação por barco a vapor, a criação das ferrovias e do carro. O tempo de viagem encurtou radicalmente. A quantidade de pessoas e cargas transportadas nos trens e nos barcos passou a aumentar radicalmente”.<sup>13</sup>

Surgiram as grandes metrópoles, na medida em que as pessoas deixaram as áreas rurais e foram morar nas cidades para trabalhar. “O ritmo da vida passou a ser ditado pelo relógio. O tempo não era mais o tempo da natureza, das estações, do nascer e do pôr do sol, mas sim o tempo do apito das fábricas”.<sup>14</sup>

Nesse período foi desenvolvido o conceito de linha de produção, cuja

---

<sup>9</sup> ARKTIS. **Indústria 4.0, A Quarta Revolução Industrial**. Disponível em: <<http://arktis.com.br/a-quarta-revolucao-da-industria/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>10</sup> BEZERRA, Juliana. **Segunda Revolução Industrial**. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/segunda-revolucao-industrial/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>11</sup> ABRANTES, Beatriz. **Segunda Revolução Industrial**. Disponível em: <<https://www.stoodi.com.br/blog/2018/07/25/segunda-revolucao-industrial/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>12</sup> ABRANTES, Beatriz. **Segunda Revolução Industrial**. Disponível em: <<https://www.stoodi.com.br/blog/2018/07/25/segunda-revolucao-industrial/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>13</sup> ABRANTES, Beatriz. **Segunda Revolução Industrial**. Disponível em: <<https://www.stoodi.com.br/blog/2018/07/25/segunda-revolucao-industrial/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>14</sup> ABRANTES, Beatriz. **Segunda Revolução Industrial**. Disponível em: <<https://www.stoodi.com.br/blog/2018/07/25/segunda-revolucao-industrial/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

referência é a “indústria automobilística Ford, do empresário Henry Ford, implantada nos Estados Unidos, foi a primeira a fazer uso das esteiras que levavam o chassi do carro a percorrer toda a fábrica. Os operários montavam os carros com as peças que chegavam em suas mãos em outra esteira. Esse método de racionalização de produção foi chamado de fordismo”.<sup>15</sup>

Farah Junior explica que o “modelo fordista pressupunha que o sistema de trabalho mais adequado consistia na simplificação das tarefas específicas por trabalhador. Dessa maneira, não havia a necessidade de dispor de mão-de-obra qualificada, com padronização de tempos, métodos e processos de maneira uniforme”.<sup>16</sup> Baseava-se no pressuposto de que ao se produzir em maior escala e de forma seriada, “o custo seria menor e haveria maior consumo nas economias. Em um primeiro momento, essa forma de organização da produção e do trabalho trouxe ganhos para a classe trabalhadora e para as empresas. Ocorreu o aumento do salário real simultaneamente à diminuição do preço dos produtos, principalmente via aumento da produtividade”.<sup>17</sup>

Desta forma, com o apoio dos Estados Nacionais, essa política “trouxe novas oportunidades para a expansão do capital, quando os governos garantem os investimentos na infraestrutura e na área social. Essa ação estatal ajudaria a manter as economias em crescimento”.<sup>18</sup>

Nesse contexto das Revoluções Industriais, Rifkin explica, que no século 19, foi-se abandonando a prensa manual para a máquina a vapor, o que possibilitou realizar a impressão em massa a preços baixos. O aumento do acesso à informação possibilitou a criação de escolas na Europa e nas Américas, bem como a educação da força de trabalho, o que “que conduziu à Primeira Revolução Industrial. O telefone, o rádio, a TV e o

---

<sup>15</sup> BEZERRA, Juliana. **Segunda Revolução Industrial**. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/segunda-revolucao-industrial/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>16</sup> FARAH JÚNIOR, Moisés Francisco. **A Terceira Revolução Industrial e o Novo Paradigma Produtivo: Algumas Considerações sobre o Desenvolvimento Industrial Brasileiro nos Anos 90**. Disponível em: <<https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/viewFile/501/396>>. Acesso em: 13 nov. 2018. p.43.

<sup>17</sup> FARAH JÚNIOR, Moisés Francisco. **A Terceira Revolução Industrial e o Novo Paradigma Produtivo: Algumas Considerações sobre o Desenvolvimento Industrial Brasileiro nos Anos 90**. Disponível em: <<https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/viewFile/501/396>>. Acesso em: 13 nov. 2018. p.43.

<sup>18</sup> FARAH JÚNIOR, Moisés Francisco. **A Terceira Revolução Industrial e o Novo Paradigma Produtivo: Algumas Considerações sobre o Desenvolvimento Industrial Brasileiro nos Anos 90**. Disponível em: <<https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/viewFile/501/396>>. Acesso em: 13 nov. 2018. p.43.

petróleo abriram caminho para uma sociedade de consumo de massa, a Segunda Revolução Industrial”.<sup>19</sup>

### 1.1.3. Terceira Revolução Industrial

A Terceira Revolução Industrial (3RI) começou “em meados da década de 1960, a tecnologia digital começou a aparecer, lentamente substituindo a antiga maneira (analógica e mecânica) de fazer as coisas”.<sup>20</sup> Essa revolução se iniciou quando a eletrônica e a computação passaram a ser os condutores das grandes transformações na indústria e na sociedade, por isso que se costuma dizer que ela deu origem à era da informação. Rifkin explica que “quando estudamos história, vemos que as grandes revoluções econômicas acontecem quando há convergência de transformações nas áreas de comunicações e de geração de energia”.<sup>21</sup>

A compreensão da importância de novas fontes de energia, segundo Rifkin<sup>22</sup>, é um dos elementos importantes da 3RI, pois a fase do uso do petróleo está chegando ao fim. É necessário encontrar outras fontes de energia, porque se alcançou o pico mundial da produção de petróleo, e sempre que o preço do barril chegar ao nível de junho de 2008, quando atingiu 147 dólares, todos os preços vão subir, as pessoas vão deixar de consumir e o sistema vai parar. “Isso acontece porque quase tudo é feito de petróleo: celulares, fertilizantes, pesticidas, medicamentos, materiais de construção, energia elétrica e combustíveis. A produção de petróleo cresce, é verdade, mas a população também aumenta, principalmente com a expansão do número de consumidores de países emergentes, como é o caso do Brasil”.<sup>23</sup>

---

<sup>19</sup> PLANETA SUSTENTÁVEL. **Jeremy Rifkin e a Terceira Revolução Industrial**. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod\\_resource/content/1/jeremy.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod_resource/content/1/jeremy.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>20</sup> ARKTIS. **Indústria 4.0, A Quarta Revolução Industrial**. Disponível em: <<http://arktis.com.br/a-quarta-revolucao-da-industria/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>21</sup> PLANETA SUSTENTÁVEL. **Jeremy Rifkin e a Terceira Revolução Industrial**. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod\\_resource/content/1/jeremy.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod_resource/content/1/jeremy.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>22</sup> PLANETA SUSTENTÁVEL. **Jeremy Rifkin e a Terceira Revolução Industrial**. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod\\_resource/content/1/jeremy.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod_resource/content/1/jeremy.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>23</sup> PLANETA SUSTENTÁVEL. **Jeremy Rifkin e a Terceira Revolução Industrial**. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod\\_resource/content/1/jeremy.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod_resource/content/1/jeremy.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2018.

Essa era da informação trouxe benefícios para todos os setores da economia, pois de maneira geral, os custos diminuíram e a produção industrial disparou. “O surgimento da robótica, por exemplo, possibilitou uma modernização espetacular na linha de montagem das indústrias, especialmente no setor automobilístico. O progresso científico e tecnológico também permitiu saltos de produção no agronegócio, além de um impulso sem precedentes na indústria farmacêutica”.<sup>24</sup>

No âmbito da organização empresarial também houve notável evolução, pois, a “obsessão por uma melhor produtividade levou as empresas a criar uma série de processos para se manter competitivas — afinal, os líderes deveriam ter acesso a dados confiáveis que os permitissem tomar decisões mais assertivas. Isto culminou na expansão das empresas multinacionais e consolidou a economia capitalista”.<sup>25</sup>

Picoli ainda argumenta que “o progresso científico e tecnológico contribuiu de maneira decisiva para a queda da União Soviética, no final da década de 1980. Enquanto os países capitalistas celebravam o desenvolvimento econômico e a conquista de inúmeros avanços sociais, os regimes comunistas afundavam com uma economia burocrática e centralizada”.<sup>26</sup> A queda dos regimes comunistas que sucederam nessa época e com o fim da “divisão ideológica, diversos países que compunham o bloco soviético passaram a adotar o capitalismo liberal como forma de governo e política econômica. O resultado disso foi a intensa globalização da economia, política e cultura a partir da década de 1990”.<sup>27</sup>

Nesse sentido, Guevara<sup>28</sup> explica que essa transformação na economia e a mudança de valores políticos está forçando uma mudança proporcional de poder nas

---

<sup>24</sup> PICOLI, Cristian. **Terceira Revolução Industrial: relação com a era digital e da informação.** Disponível em: <<https://blog.atmdigital.com.br/terceira-revolucao-industrial-relacao-com-a-era-digital-e-da-informacao/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>25</sup> PICOLI, Cristian. **Terceira Revolução Industrial: relação com a era digital e da informação.** Disponível em: <<https://blog.atmdigital.com.br/terceira-revolucao-industrial-relacao-com-a-era-digital-e-da-informacao/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>26</sup> PICOLI, Cristian. **Terceira Revolução Industrial: relação com a era digital e da informação.** Disponível em: <<https://blog.atmdigital.com.br/terceira-revolucao-industrial-relacao-com-a-era-digital-e-da-informacao/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>27</sup> PICOLI, Cristian. **Terceira Revolução Industrial: relação com a era digital e da informação.** Disponível em: <<https://blog.atmdigital.com.br/terceira-revolucao-industrial-relacao-com-a-era-digital-e-da-informacao/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>28</sup> GUEVARA, Arnaldo José de Hoyos. **A Terceira Revolução: Como o poder lateral está transformando a energia, a economia e o mundo.** Disponível em: <[https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/9-\\_a\\_terceira\\_revolucao\\_-\\_fabiana\\_almeida\\_.pdf](https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/9-_a_terceira_revolucao_-_fabiana_almeida_.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2018.

instituições governantes. Ele explica que enquanto as Primeira e Segunda Revolução Industrial tinham base nas economias nacionais, na governança do Estado-Nação e por uma divisão geopolítica centralizada, “a Terceira Revolução Industrial, por sua natureza distributiva e colaborativa e alastrando-se lateralmente ao longo de terrenos contíguos, favorece economias continentais e uniões políticas”.<sup>29</sup>

Na metade da década de 1990, “que houve um dos marcos decisivos da globalização: o surgimento da internet comercial. A chamada “rede mundial de computadores” se tornou possível graças a muitos acordos entre diferentes entidades públicas e privadas de todo o planeta”.<sup>30</sup> Picoli considera ainda que “o avanço intenso da tecnologia e dos meios de comunicação aprofundou a integração entre os países de tal modo que, hoje, pode-se dizer que o mundo não está apenas mais interconectado: ele está interdependente de uma maneira nunca vista”.<sup>31</sup>

Rifkin explica que esse modelo que foi substituindo aquele da 2RI, em função das profundas modificações na área de comunicações, possibilitada pelo uso do computador pessoal e da internet, e que considera “incrível é que fizemos isso em 20 anos. A internet é colaborativa e nela o poder não é mais hierárquico. Ao mesmo tempo, estamos evoluindo no sentido de ter uma geração de energia disseminada, feita no nível do indivíduo. Essa é a grande transformação no campo da energia”.<sup>32</sup>

O uso de energias renováveis surgiu de forma veemente na década de 1990, com a compreensão da sua importância para o futuro, em função das graves consequências ambientais da emissão de carbono pelo uso desenfreado dos combustíveis fósseis. A percepção que a evolução tecnológica possibilitaria a produção individualizada de energia foi importante para se alcançar o atual contexto de geração de energia, como por exemplo a chamada geração distribuída.

---

<sup>29</sup> GUEVARA, Arnoldo José de Hoyos. **A Terceira Revolução: Como o poder lateral está transformando a energia, a economia e o mundo.** Disponível em: <[https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/9-\\_a\\_terceira\\_revolucao\\_-\\_fabiana\\_almeida\\_.pdf](https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/9-_a_terceira_revolucao_-_fabiana_almeida_.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>30</sup> PICOLI, Cristian. **Terceira Revolução Industrial: relação com a era digital e da informação.** Disponível em: <<https://blog.atmdigital.com.br/terceira-revolucao-industrial-relacao-com-a-era-digital-e-da-informacao/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>31</sup> PICOLI, Cristian. **Terceira Revolução Industrial: relação com a era digital e da informação.** Disponível em: <<https://blog.atmdigital.com.br/terceira-revolucao-industrial-relacao-com-a-era-digital-e-da-informacao/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>32</sup> PLANETA SUSTENTÁVEL. **Jeremy Rifkin e a Terceira Revolução Industrial.** Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod\\_resource/content/1/jeremy.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod_resource/content/1/jeremy.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2018.

Rifkin lembra que há energias renováveis espalhadas por todo o mundo: solar, eólica, geotérmica, de biomassa e das ondas. Se as fontes renováveis estão em todo lugar, por que somente colhê-las em alguns poucos pontos? E questiona também “por que não converter os 191 milhões de prédios espalhados pelos países da União Europeia em mini usinas verdes, com painéis fotovoltaicos no teto, aéro geradores na lateral e conversores de lixo em biomassa? Os prédios são os principais consumidores de energia elétrica e em emissões de gás carbônico.”<sup>33</sup>

O uso de fontes distribuídas para geração de energia elétrica, já era um objetivo a ser alcançado pela 3RI, e a atual realidade já era prevista e almejada naquela época, e sobre isso Rifkin<sup>34</sup> explica que a revolução nas “comunicações converge com a revolução na geração de energia. Já é possível digitalizar a rede de energia - que é unidirecional - e transformá-la em uma rede bidirecional, para que leve energia ao usuário final, mas também receba a energia produzida por ele”. Ele acreditava que quando milhões de prédios estivessem gerando energia elétrica e estocando eletricidade, poderiam usar um software para vender o excesso entre cidades ou países.

No que se refere ao uso combustíveis fósseis, como o petróleo, Rifkin argumenta que deveria ser utilizado apenas “para o que não temos substitutos, como lubrificantes, alguns processos químicos, produtos farmacêuticos, materiais de construção, fibras sintéticas e uma série de outros produtos. Não devemos é usar combustíveis fósseis para transporte e geração de energia elétrica”.<sup>35</sup>

Assim, a preocupação com os recursos para as próximas gerações foi incorporada aos critérios para se buscar um desenvolvimento duradouro, e nesse sentido Guevara argumenta que a “democratização da energia e o acesso universal a eletricidade é o ponto de partida indispensável para melhorar a vida das populações mais pobres do mundo. A extensão do microcrédito, para gerar microenergia, já está começando a transformar a vida das nações em desenvolvimento, dando a milhões de pessoas esperança

---

<sup>33</sup> PLANETA SUSTENTÁVEL. **Jeremy Rifkin e a Terceira Revolução Industrial**. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod\\_resource/content/1/jeremy.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod_resource/content/1/jeremy.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>34</sup> PLANETA SUSTENTÁVEL. **Jeremy Rifkin e a Terceira Revolução Industrial**. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod\\_resource/content/1/jeremy.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod_resource/content/1/jeremy.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>35</sup> PLANETA SUSTENTÁVEL. **Jeremy Rifkin e a Terceira Revolução Industrial**. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod\\_resource/content/1/jeremy.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod_resource/content/1/jeremy.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2018.

de melhorar a sua situação econômica”.<sup>36</sup>

#### 1.1.4. Quarta Revolução Industrial

Effoduh<sup>37</sup> considera que Schwab<sup>38</sup> foi a primeira pessoa a introduzir ao mundo o conceito da 4RI, que é simplesmente, a quarta maior era industrial desde a primeira revolução industrial, que ocorreu durante o século XVIII. Schwab afirma que o mundo experimentou quatro revoluções industriais: a primeira empregou o uso de motores a vapor para produção mecânica; a segunda utilizou a eletricidade e o conceito de divisão do trabalho para criar produção em massa; a terceira (que surgiu em meados do século passado) introduziu a tecnologia da informação e processos de produção automatizados; e agora se chega à quarta. Neste estágio da 4RI, se presencia uma transformação digital que impacta de maneira generalizada em toda obra da vida através do mundo.<sup>39</sup>

Schwab<sup>40</sup> expõe três motivos pelos quais essa revolução não é simplesmente parte da Terceira Revolução Industrial: a) Velocidade: ao contrário das revoluções industriais anteriores, esta evolui em um ritmo exponencial e não linear. Esse é o resultado do mundo multifacetado e profundamente interconectado em que vivemos; além disso, as novas tecnologias geram outras mais novas e cada vez mais qualificadas; b) Amplitude e profundidade: ela tem a revolução digital como base e combina várias tecnologias,

---

<sup>36</sup> GUEVARA, Arnaldo José de Hoyos. **A Terceira Revolução: Como o poder lateral está transformando a energia, a economia e o mundo.** Disponível em: <[https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/9-\\_a\\_terceira\\_revolucao\\_-\\_fabiana\\_almeida\\_.pdf](https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/9-_a_terceira_revolucao_-_fabiana_almeida_.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2018.

<sup>37</sup> EFFODUH, Jake Okechukwu. "The Fourth Industrial Revolution by Klaus Schwab." **The Transnational Human Rights Review 3. (2016):** Disponível em: <<http://digitalcommons.osgoode.yorku.ca/thr/vol3/iss1/4>>. Acesso em: 20 dez. 2017. p.3.

<sup>38</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial.** Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016.

<sup>39</sup> Tradução livre do autor. "The 4IR is, simply put, the fourth major industrial era since the first Industrial Revolution, which took place during the eighteenth century. Schwab asserts that the world has experienced four industrial revolutions: the first employed the use of steam engines for mechanical production; the second utilized electricity and the concept of division of labor to create mass production; the third (which grew in the middle of the last century) introduced information technology; and automated production processes; and now we have reached the fourth. At this stage, the 4IR, we are witnessing a digital transformation that pervasively impacts every work of life across the globe." EFFODUH, Jake Okechukwu. "The Fourth Industrial Revolution by Klaus Schwab." **The Transnational Human Rights Review 3. (2016):** Disponível em: <<http://digitalcommons.osgoode.yorku.ca/thr/vol3/iss1/4>>. Acesso em: 20 dez. 2017. p.3.

<sup>40</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial.** Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.13.

levando à mudanças de paradigma sem precedentes da economia, dos negócios, da sociedade e dos indivíduos. A revolução não está modificando apenas o “o que” e o “como” fazemos as coisas, mas também “quem” somos; c) Impacto sistêmico: ela envolve a transformação de sistemas inteiros entre países e dentro deles, em empresas, indústrias e em toda sociedade.

Schwab argumenta que é necessário tentar entender o que essa revolução representa para a humanidade e coloca que moldar a 4RI “para garantir que ela seja empoderadora e centrada no ser humano – em vez de divisionista e desumana – não é uma tarefa para um único interessado ou setor, nem para uma única região, ou indústria ou cultura. Pela própria natureza fundamental e global dessa revolução, ela afetará e será influenciada por todos os países, economias, setores e pessoas”.<sup>41</sup>

É importante que exista um planejamento através de políticas públicas para que os impactos gerados pela 4RI aconteçam numa transição que minimize os problemas sociais e econômicos, e nesse sentido Schwab explica que é importante que nossa atenção e energia estejam voltadas para a cooperação entre as múltiplas partes interessadas, de forma que “envolvam e ultrapassem os limites acadêmicos, sociais, políticos, nacionais e industriais. As interações e as colaborações são necessárias para criarmos narrativas positivas, comuns e cheias de esperança que permitam que indivíduos e grupos de todas as partes do mundo participem e se beneficiem das transformações em curso”.<sup>42</sup>

Essas novas possibilidades criadas pela 4RI, com base no estudo de Amartya Sen que relaciona desenvolvimento como liberdade<sup>43</sup>, podem reduzir as desigualdades de oportunidades entre as pessoas. Contudo, a migração da atual situação para essa futura que se avizinha, tende a criar dificuldades sociais em função da mudança nos tipos de empregos e nas qualificações exigidas para eles. Pode ser que a desigualdade de renda seja agravada nessa transição até que um novo equilíbrio social seja alcançado.

Sen, ao argumentar que desenvolvimento é um processo de expansão de liberdades, se refere à liberdade como esse conceito de *advantage (well-being and*

---

<sup>41</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p. 14.

<sup>42</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p. 14.

<sup>43</sup> SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

*agency*)<sup>44</sup>, e que acaba por avaliar a capacidade de a pessoa poder levar a vida que deseja, sendo o bem-estar secundário. Nesse sentido a redução da escassez de recursos que a 4RI vai propiciar, deve permitir o acesso aos insumos necessários pelas pessoas com maior facilidade, possibilitando maior disponibilidade de tempo e criando produtos que possam reduzir a desigualdade física entre as pessoas.

Isso, em tese, pode permitir mais pessoas transformarem suas “*capabilities*” em “*functionings*”, pois essas tecnologias podem aumentar suas possibilidades de ação. Por exemplo, uma pessoa deficiente que não possa dirigir, na medida em que o veículo for autônomo, não será mais necessário dirigir, e ele aumenta suas possibilidades de deslocamento e as ações disso decorrentes.

## 1.2. TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS

Tecnologia disruptiva é uma expressão que descreve a inovação tecnológica, produto, ou serviço, que provocam uma ruptura com os padrões, modelos ou tecnologias já estabelecidas no mercado. Essas tecnologias inovadoras têm uma característica em comum, todas aproveitam o poder de transformar informações do mundo real em formas digitais onde então recebem processamento computacional. Schwab exemplifica: “O sequenciamento genético, por exemplo, não seria possível sem os avanços ocorridos na análise de dados e na capacidade de processamento. Da mesma forma, não existiriam robôs avançados sem a inteligência artificial, que por si só, depende em grande parte da capacidade de processamento”.<sup>45</sup>

Nesse sentido, Schwab observa que as inovações tecnológicas da 4RI podem ser agrupadas em três grupos: física, digital e biológica; que convergem no sentido em que “todas as três estão profundamente inter-relacionadas e as tecnologias beneficiam-se

---

<sup>44</sup> “A questão crucial, eu diria, não é a total procedência, mas, sim, se a liberdade formal de uma pessoa deve ser considerada possuidora do mesmo tipo de importância (*e não de uma importância maior*) que a de outros tipos de vantagens pessoais – rendas, utilidades etc. Em particular, a questão é se a importância da liberdade formal para a sociedade é adequadamente refletida pelo peso que a própria pessoa tenderia a atribuir a essa liberdade ao julgar sua própria vantagem *global*. A afirmação da preeminência da liberdade formal (como liberdades políticas e direitos civis básicos) contesta que seja adequado julgar a liberdade formal simplesmente como uma vantagem – tal como uma unidade extra de renda – que a própria pessoa recebe por essa liberdade.”. SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010. p.92.

<sup>45</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.23.

umas das outras com base em descobertas e progressos realizados por cada uma delas”.<sup>46</sup>

### 1.3. TECNOLOGIAS FÍSICAS

Na categoria física, são quatro os tipos de manifestações mais facilmente perceptíveis:

#### 1.3.1. Veículos autônomos

O carro sem motorista é apenas a face mais visível de toda uma gama de veículos autônomos, que inclui caminhões, máquinas agrícolas, aviões, barcos e drones.

As possibilidades dessa tecnologia no cotidiano são quase ilimitadas. Os sistemas de deslocamento de pessoas e objetos independentes de um condutor humano devem reduzir o custo de transação das entregas. O condutor humano tem várias limitações que as máquinas não possuem, como necessidade de dormir, alimentação, descanso, frio e calor, além da redução de riscos por imprudência ou imperícia, ingestão de bebidas alcoólicas e similares, dentre inúmeras.

#### 1.3.2. Impressão em 3D

A impressão 3D é para construir um modelo digital de um objeto e, usando impressoras 3D, aplicar camadas de materiais umas sobre as outras até formarem um objeto tridimensional. Schwab define que a “impressão em 3D consiste na criação de um objeto físico por impressão, camada sobre camada, de um modelo ou desenho digital em 3D. O processo é o oposto da fabricação subtrativa, isto é, a forma como os objetos foram construídos até agora: as camadas são removidas de um bloco de material até que a forma desejada seja obtida”.<sup>47</sup> Ou seja, ao contrário da forma tradicional de se construir objetos, a impressão em 3D começa com um material desarticulado e, em seguida, cria um objeto em três dimensões por meio de um modelo digital.

---

<sup>46</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.23.

<sup>47</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.24.

Essa tecnologia já está sendo usada para fazer modelos, substituir peças que ficaram fora de circulação, peças de precisão, joias, entre muitos objetos. Na medicina já é possível imprimir pequenas próteses ortopédicas, modelos para estudo que substituam cadáveres. Os avanços nessa área buscam desenvolver impressoras que utilizem material biológico para criar órgãos para transplante, bem como técnicas para multiplicar artificialmente as células com o material genético da pessoa que receberá o órgão, evitando rejeição e uso de medicação imunossupressora. Schwab explica que os pesquisadores “já estão trabalhando em 4D, um processo que criaria uma nova geração de produtos capazes de fazer modificações em si mesmos de acordo com as mudanças ambientais, como calor e umidade. Essa tecnologia poderia ser usada nas roupas ou nos sapatos, bem como em produtos relacionados à saúde, por exemplo, implantes projetados para se adaptarem ao corpo humano”.<sup>48</sup>

### 1.3.3. Robótica avançada

O uso de robôs e máquinas automatizadas já vêm de várias décadas, em especial nas linhas de produção em série, mas recentemente eles estão se tornando mais flexíveis e estruturalmente complexos. Esses novos robôs incorporam elevado número de sensores, cada vez mais avançados, de forma que conseguem captar o ambiente com precisão, que combinado com os algoritmos de controle para grande volume de dados e o crescente incremento na capacidade de processamentos dos microprocessadores, permitem que realizem trabalhos complexos e interajam cada vez melhor com os humanos.

Desta forma, Schwab<sup>49</sup> explica que ao contrário do passado, “quando eles precisavam ser programados por uma unidade autônoma, os robôs podem agora acessar informações remotas através da nuvem e assim se conectar a uma rede de outros robôs. Quando a próxima geração de robôs surgir, eles provavelmente irão ser o reflexo de uma crescente ênfase na colaboração entre humanos e máquinas.

Essas combinações de tecnologias permitem novos produtos, tal como uma

---

<sup>48</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.25.

<sup>49</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.25.

máquina que poderia ao mesmo tempo preparar uma pizza e já ir assando a mesma, enquanto se desloca para realizar a entrega desta no endereço que a solicitou pela internet.

#### 1.3.4. Novos materiais

Novos materiais têm sido apresentados com características impressionantes. Vão muito além dos conhecidos em resistência, condutividade, leveza e maleabilidade. Esses materiais combinados com a impressão 3D e a robótica avançada permitirá criar soluções tecnológicas impensáveis na atualidade, revolucionando todo o mercado atingido por essas soluções.

Schwab observa que já existem “aplicações para materiais inteligentes com autorreparação ou autolimpeza, metais com memória que retornam suas formas originais, cerâmicas e cristais que transformam pressão em energia e assim por diante. De maneira semelhante a muitas inovações da quarta revolução industrial, é difícil saber para onde os avanços em novos materiais nos levarão”.<sup>50</sup>

Entre esses materiais está o grafeno, que é considerado o primeiro material 2D do mundo, que pode ter uma infinidade de aplicações, já que é considerado o material mais leve e mais resistente já produzido, e combinado com sua capacidade de conduzir calor e eletricidade melhor que qualquer outra coisa, significa que pode ser integrado em um grande número de aplicações.<sup>51</sup>

Schwab descreve o grafeno como um moderno nanomaterial, que é cerca de 200 vezes mais forte que o aço, milhões de vezes mais fino que um cabelo humano e um eficiente condutor de calor e eletricidade, e considera que ele “poderá, também, afetar profundamente os países que dependem fortemente de determinada mercadoria”.<sup>52</sup>

#### 1.4. TECNOLOGIAS DIGITAIS

---

<sup>50</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.25-26.

<sup>51</sup> THE UNIVERSITY OF MANCHESTER. **What can graphene do?** Disponível em: <<http://www.graphene.manchester.ac.uk/explore/what-can-graphene-do/>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

<sup>52</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.26.

### 1.4.1. Internet das coisas

Uma das faces mais visíveis da 4RI é a chamada internet das coisas, que permite que máquinas e dispositivos se comuniquem entre si, de forma cada vez mais integrada, e com a conexão via internet permitem ser controlados e diagnosticados remotamente, agregando valor a esses dispositivos. Nesse sentido, Schwab<sup>53</sup> observa que os sensores e vários outros meios de conectar as coisas do mundo físico às redes virtuais estão se proliferando em um ritmo impressionante. Os sensores estão cada vez menores, mais baratos e inteligentes, e estão sendo instalados em casas, roupas e acessórios, cidades, redes de transportes e energia, bem como nos processos de fabricação. Atualmente, existem bilhões de dispositivos em todo mundo, como *smartphones*, *tablets* e computadores conectados à internet. A estimativa é que o número desses dispositivos aumente drasticamente nos próximos anos; as estimativas variam entre vários bilhões e mais de 1 trilhão. Schwab acredita que “isso alterará radicalmente a maneira que gerenciamos as cadeias de fornecimento, pois permitirá que monitoremos e otimizemos os ativos e as atividades de forma bastante granular. Durante esse processo, todos os setores – desde a fabricação e infraestrutura até o de saúde – receberão impactos transformadores”.<sup>54</sup>

O rastreamento de objetos é outra aplicação da IoT, que se utilizando de sensores compactos nos objetos numa área com cobertura de redes de dados e algoritmos inteligentes, pode transformar o negócio de logística e abastecimento.

Outra tecnologia disruptiva é o código que embasa a tecnológica das criptomoedas, o blockchain tem recebido o interesse de bancos, empresas e organizações governamentais. Ele permite documentar de forma confiável as transações eletrônicas sem a necessidade de que uma autoridade central diga quais transações são válidas e quais não são. Desde então, modificações tem sido realizadas a partir da versão original e novas aplicações tem sido atreladas a blockchain. Essa tecnologia em conjunto com o rastreamento de objetos permitirá a confiabilidade dos documentos sem uma autoridade que as autentique.

---

<sup>53</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.27.

<sup>54</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.27.

Nesse sentido, na área de documentação governamental, Schwab<sup>55</sup> ilustra algumas dessas possibilidades, explicando que a mesma tecnologia do *blockchain*, que agora registra transações financeiras feitas com moedas digitais, como o *Bitcoin*, futuramente “servirá para registrar coisas bem diferentes, como nascimentos e óbitos, títulos de propriedade, certidões de casamentos, diplomas escolares, pedidos às seguradoras, procedimentos médicos e votos – essencialmente, quaisquer tipos de transação que podem ser transformadas em código”. Ele cita ainda que alguns países ou instituições já estão investigando o potencial do *blockchain*, tal como o governo de Honduras, que está usando a tecnologia para lidar com títulos de terra e a Ilha de Man está testando seu uso para registro de empresas.

McFee, afirma que o fenômeno mundial das criptomoedas assusta os governos: “Ele acabará por amedrontar todas as nações, mas não importa o que elas façam, não há como criar uma lei ou legislar algo que pare o Bitcoin ou qualquer outra criptomoedas, porque tecnicamente, você não pode”<sup>56</sup>. A razão principal é a tributação, que se torna muito difícil sem uma entidade central emitindo ou controlando a validade dessas moedas criptografadas, sobre as quais McFee faz a seguinte consideração: “Nossos impostos são a maior fonte de receita, mas se todos estão usando Bitcoin, o governo não sabe qual é sua receita. Eles não podem cobrar, e se você disser que não tem nada, eles não podem provar o contrário”<sup>57</sup>.

Plataformas tecnológicas como Uber e Airbnb demonstram a capacidade exponencial de expansão, permitindo uma cadeia de confiança entre o consumidor e o provedor de serviços a um custo muito baixo, possibilitando serviços que vão desde a lavanderia até o compartilhamento doméstico. Schwab<sup>58</sup> argumenta que isso permite o

---

<sup>55</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.28.

<sup>56</sup> Tradução livre do autor. “It will eventually frighten every nation state, but it doesn’t matter what they do, there’s no way you can create a law or to legislate something that will stop Bitcoin or any cryptocurrency because technically, you cannot”. MCFEE, John. **‘Worldwide phenomenon’ Bitcoin frightens governments**. Disponível em: <<https://calvinayre.com/2017/10/09/bitcoin/john-mcafee-worldwide-phenomenon-bitcoin-frightens-governments-video/>> Acesso em: 20 dez. 2017.

<sup>57</sup> Tradução livre do autor. “Our income taxes are the greatest source of revenue, but if everybody’s using Bitcoin, the government doesn’t know what your income is. They can’t tax it, and if you choose to say I didn’t have anything, they cannot prove otherwise”. MCFEE, John. **‘Worldwide phenomenon’ Bitcoin frightens governments**. Disponível em: <<https://calvinayre.com/2017/10/09/bitcoin/john-mcafee-worldwide-phenomenon-bitcoin-frightens-governments-video/>> Acesso em: 20 dez. 2017.

<sup>58</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.28.

uso eficaz de ativos subutilizados, ou seja, “aqueles pertencentes a pessoas que anteriormente nunca haviam se visto como fornecedores (ou seja, fornecedores de um lugar em seu carro, de um quarto em sua casa, de uma intermediação comercial entre um varejista e um fabricante, ou do tempo e habilidade para oferecer um serviço de entrega, de reparo doméstico ou de tarefas administrativas)”.

À medida que as plataformas de tecnologia reduzem os custos de transação, há ganhos econômicos para todas as partes envolvidas. Após o custo de criação da plataforma digital, o custo adicional de cada transação é mínimo e os custos são concentrados no aumento de instalações ou serviços na plataforma de tecnologia.

#### **1.4.2. Realidade aumentada**

Os dispositivos de realidade aumentada (RA) tradicionalmente se conectam aos sentidos humanos através da visão e da audição, e mostram a realidade com informações adicionais incorporadas a ele. Schwab explica que “com acesso direto à aplicações e dados da internet e através da visão, as experiências do indivíduo podem ser reforçadas, mediadas ou completamente aumentadas para oferecer uma realidade diferente e imersiva”.<sup>59</sup>

A realidade aumentada melhora a percepção atual da realidade, enquanto a realidade virtual substitui o mundo real por um simulado. O Google Glass é um exemplo de dispositivo de RA.

A RA pode ser usada para apoiar a decisão humana, bem como chamar a atenção do operador humano para situações que podem passar despercebidas. Os sensores visuais podem realizar a identificação de pessoas e já apresentar seu nome nos óculos de RA, ou mesmo informações sobre atividade profissional, esportes, entre outras existentes nas redes sociais.

Em uma cirurgia, o médico poderia usar um óculos de RA que identifique os principais órgãos corporais ou outras informações relevantes desejadas e definidas para visualização no momento da cirurgia, ou mesmo solicitação por comando de voz. Poderia, por exemplo, através de sensores de temperatura, movimento e pressão, identificar

---

<sup>59</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.120.

alguma eventual hemorragia ou anomalia, ou até mesmo ampliar visualmente o local onde as incisões serão feitas, dentre as inúmeras possibilidades no suporte visual.

### 1.4.3. Big data

Big data é um termo que descreve o grande volume de dados que inunda uma empresa no dia-a-dia. Esse grande volume de dados dificulta que os analistas humanos percebam mudanças e movimentos significativos, que poderiam levar à ações para maximizar os resultados do negócio, como a redução de custo e tempo, desenvolvimento de novos produtos e ofertas otimizadas e até mesmo a detecção de comportamento fraudulento antes que isso afete a organização.

Cuidados devem ser tomados em relação à privacidade das informações, bem como com a responsabilidade na criação do algoritmo, a fim de gerar dados confiáveis para tomar uma decisão. Uma análise estatística é aconselhável para verificar se existe um ganho de desempenho com o uso do algoritmo e sua melhoria.

Schwab argumenta que os governos podem perceber que suas técnicas de coleta de dados são caras, lentas e ineficientes e, assim, adotarem um sistema de big data para a coleta de informações para a tomada de decisões.<sup>60</sup>

Remédio e Silva argumentam que o “Big Data permite o acompanhamento de comportamentos humanos em tempo real e de maneira massificada e agregada, e, ao mesmo tempo, destacar seguimentos a partir dos próprios comportamentos. E isso, do

---

<sup>60</sup> Existem mais dados sobre as comunidades do que nunca. A capacidade de compreender e gerenciar esses dados está melhorando a cada minuto. Os governos podem começar a achar que as maneiras utilizadas para a coleta de dados não são mais necessárias e voltarem-se às tecnologias de grandes volumes de dados (*big data*) para automatizar seus programas em curso e encontrar novas formas inovadoras para servir a cidadãos e clientes. O aproveitamento do *big data* permitirá tomadas de decisão melhores e mais rápidas para uma ampla gama da indústrias e aplicações. A tomada de decisão automatizada pode reduzir as complexidades para os cidadãos e permitir que empresas e governos prestem serviços em tempo real e ofereçam suporte para tudo, desde interações com o cliente até o preenchimento de documentos tributários e o pagamento de impostos. Os riscos e as oportunidades do aproveitamento do grande volume de dados para a tomada de decisão são significativos. O estabelecimento da confiança nos dados e nos algoritmos usados para tomar decisões será vital. As preocupações dos cidadãos, no que diz respeito à privacidade e ao estabelecimento da responsabilidade comercial e nas estruturas legais, irão exigir ajustes na forma de pensar, bem como orientações para o uso e prevenção do perfil individual das pessoas (*profiling*) e consequências imprevistas. Aproveitar o *big data* para substituir os processos que hoje são feitos manualmente pode fazer que certos empregos se tornem obsoletos, mas também pode criar novas categorias de empregos e oportunidades que atualmente não existem no mercado. SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.137.

ponto de vista das ciências sociais, é inédito”.<sup>61</sup> Nesse sentido, a utilização de instrumentos cooperativos para promover a melhoria da vida nas cidades, revela que o nosso espaço urbano é cada vez mais fundamentalmente privatizado. A utilização de tecnologias privadas no deslocamento urbano tornam as cidades extremamente dependentes dessas tecnologias para melhorias do fluxo viário, e uma “prova dessa dependência pode ser demonstrada por uma recente falha ocorrida no aplicativo Waze, que acabou congestionando o trânsito da cidade de São Paulo no dia 23 de outubro de 2017, isso se dando por estarem os motoristas da cidade cada vez mais dependentes da tecnologia e confiarem até mais no referido serviço do que no próprio instinto de condutor”.<sup>62</sup>

Nesse sentido é que Remedio e Silva entendem que “em que pese o Big Data poder ser um grande aliado da democracia, pode gerar ainda mais exclusão social nas cidades daqueles que a ela não têm acesso à internet, seja por meio de banda larga fixa ou móvel, e esse fator é de considerável importância para efeito de políticas públicas em Smart Cities”.<sup>63</sup> O Brasil, em especial, é um dos dez países do mundo “com maior número de pessoas desconectadas, como indica um novo estudo encomendado pela Internet.org à unidade de inteligência da revista britânica The Economist. No total, 70,5 milhões de brasileiros estão offline, isto é, não possuem acesso à internet, seja por meio de banda larga fixa ou móvel”.<sup>64</sup>

---

<sup>61</sup> REMEDIO, José Antonio e SILVA, Marcelo Rodrigues da. **O uso monopolista do Big Data por empresas de aplicativos: políticas públicas para um desenvolvimento sustentável em cidades inteligentes em um cenário de economia criativa e de livre concorrência.** Disponível em: <<https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/RBPP/article/viewFile/4966/3651>>. Acesso em: 13 nov. 2018. p.682.

<sup>62</sup> REMEDIO, José Antonio e SILVA, Marcelo Rodrigues da. **O uso monopolista do Big Data por empresas de aplicativos: políticas públicas para um desenvolvimento sustentável em cidades inteligentes em um cenário de economia criativa e de livre concorrência.** Disponível em: <<https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/RBPP/article/viewFile/4966/3651>>. Acesso em: 13 nov. 2018. p.683.

<sup>63</sup> REMEDIO, José Antonio e SILVA, Marcelo Rodrigues da. **O uso monopolista do Big Data por empresas de aplicativos: políticas públicas para um desenvolvimento sustentável em cidades inteligentes em um cenário de economia criativa e de livre concorrência.** Disponível em: <<https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/RBPP/article/viewFile/4966/3651>>. Acesso em: 13 nov. 2018. p.684.

<sup>64</sup> REMEDIO, José Antonio e SILVA, Marcelo Rodrigues da. **O uso monopolista do Big Data por empresas de aplicativos: políticas públicas para um desenvolvimento sustentável em cidades inteligentes em um cenário de economia criativa e de livre concorrência.** Disponível em: <<https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/RBPP/article/viewFile/4966/3651>>. Acesso em: 13 nov. 2018. p.684.

#### 1.4.4. Inteligência artificial

O estudo da inteligência artificial (IA) está evoluindo rapidamente, devido ao aumento exponencial da capacidade de processamento dos computadores, à enorme quantidade de dados disponíveis na internet e ao software que permite ao computador relacionar os dados e elaborar uma análise de casos de acordo ao critério solicitado.

Um dos problemas dos pesquisadores de IA é o chamado "aprendizado profundo", um processo que exige processamento de dados em camadas, algo onde as máquinas ainda não funcionam bem, buscando a habilidade para um computador aplicar seus conhecimentos em outras áreas, como como os humanos fazem atualmente, é o objetivo final da IA.

A IA tem sido usada para ensinar computadores a aprender as habilidades humanas e, em muitos casos, a superar o desempenho humano em habilidades como jogar xadrez. Existem outras habilidades bem desenvolvidas, como reconhecimento de fala, tradução de idiomas e navegação. Schwab<sup>65</sup> observa que a inteligência artificial (IA) está em nosso entorno, em carros que pilotam sozinhos, drones, assistentes virtuais e softwares de tradução, e isso está modificando nossas vidas. A IA tem evoluído rapidamente, impulsionada pelo aumento exponencial da capacidade de processamento e pela disponibilidade de grandes quantidades de dados, combinado com o uso de softwares que podem ser usados para descobrir novos medicamentos ou até mesmo algoritmos que preveem nossos interesses culturais. “Muitos desses algoritmos aprendem a partir das “migalhas” de dados que deixamos no mundo digital. Isso resulta em novos tipos de “aprendizagem automática” e detecção automatizada que possibilitam robôs “inteligentes” e computadores a se autoprogramar e encontrar as melhores soluções a partir de princípios iniciais.<sup>66</sup>

Na área jurídica, o uso da IA divide os especialistas nos efeitos da automação na profissão. “Avanços recentes na IA, como o *Ross Intelligence System*, baseado no IBM Watson, e uma inovação australiana chamada AILIRA (sistema de pesquisa de leis tributárias por AI), criaram um alvoroço. Esses sistemas usam a linguagem natural para

---

<sup>65</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.19.

<sup>66</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.19.

as consultas às questões jurídicas”<sup>67</sup>

Adrian Cartland tem uma visão única da lei e vê que existem muitos aspectos da lei que estão maduros para a ruptura através da tecnologia: “O direito é como uma programação, exceto que você é quem cria o programa, mas em vez de executá-lo, as pessoas apenas olham para ele e discutem como realmente deveria ser executado. Então é isso que é um documento ou advertência legal. É essencialmente um programa”.<sup>68</sup>

A possibilidade de que através da IA as máquinas possam entender as leis é algo revolucionário na ciência do direito porque seria a primeira entidade não-humana capaz de entender as diretrizes legais e provavelmente até executar seus comandos, que é basicamente o que um software faz. A diferença é que, em vez de um código estático com comandos predeterminados, a IA pode modificar o código que executa para cumprir as diretrizes legais, resolvendo conflitos de leis no tempo e no espaço, realizando assim a integração do ordenamento jurídico.

Nesse sentido, deve ser muito útil resolver conflitos lógicos entre leis, inclusive considerando a hierarquia das normas e princípios constitucionais. O uso de tal instrumento de inteligência artificial também deve melhorar a qualidade da produção legislativa, na medida em que poderia compreender todas as implicações que a nova lei introduziria na ordem jurídica.

A possibilidade de uma máquina usar a IA para entender e cumprir o texto legal, e até contribuir para o processo legislativo com um controle prévio da validade da nova lei, em uma perspectiva antropocêntrica, é algo que pode amedrontar. A consolidação legal dos costumes pode até ser questionada por alguma máquina realmente inteligente.

---

<sup>67</sup> Tradução livre do autor. “Recent advances in Artificial Intelligence, such as the IBM Watson-based Ross Intelligence System, and a recent Australian innovation, AILIRA (an AI tax law research system), have created a stir. These systems use Natural Language Processing to enable answers to legal questions in natural language”. 4<sup>TH</sup> INDUSTRIAL REVOLUTION. **The Rise of Machines and the Future of Law Part I**. Disponível em: <<https://www.the4thindustrialrevolution.org/the-rise-of-machines-and-the-future-of-law-part-1/>>. Acesso em: 21 dez. 2017.

<sup>68</sup> Tradução livre do autor. “Law in a way is like coding, except what you have is you can create a program, but instead of running it, people just look at it and discuss how you would actually run it. So that is what a legal document is, that is what legal advice is. It’s essentially a program”. 4<sup>TH</sup> INDUSTRIAL REVOLUTION. **The Rise of Machines and the Future of Law Part II**. Disponível em: <<https://www.the4thindustrialrevolution.org/the-rise-of-machines-and-the-future-of-law-part-ii/>>. Acesso em: 21 dez. 2017.

## 1.5. TECNOLOGIAS BIOLÓGICAS

Na área da biologia as inovações são surpreendentes, especialmente no campo da genética, que em função da convergência tecnológica está com custos acessíveis para a pesquisa e experimentação científicas.

### 1.5.1. Genética

O sequenciamento genético do Projeto Genoma levou mais de 10 anos e custou US\$ 2,7 bilhões, atualmente, em 2017, um genoma pode ser sequenciado em poucas horas e por menos de mil dólares. Schwab ressalta que com “os avanços da capacidade de processamento permitiram que os cientistas não precisem mais trabalhar com tentativa e erro; em vez disso, eles testam como variações genéticas específicas geram doenças e características particulares”.<sup>69</sup>

Já existem testes genéticos que custam menos de U\$100,00 (cem dólares americanos) para identificar doenças genéticas, traçar a árvore genealógica de pessoas cadastradas e eventualmente identificar pessoas com grau de parentesco.<sup>70</sup>

Siqueira explica que “existem mais de 15 mil doenças de fundo genético. Com o avanço da tecnologia na decodificação do DNA humano, pessoas com histórico familiar de doenças como Alzheimer ou câncer ganharam uma ferramenta na prevenção de muitas daquelas patologias que não se manifestam logo na infância”<sup>71</sup>. Essa nova especialidade da medicina é o aconselhamento genético. Ela busca não só identificar as possíveis doenças hereditárias como orientar a família diante de resultados. Linden esclarece que “os principais avanços, até o momento, encontram-se nas áreas de hemofilia, alguns tipos de câncer, síndromes de imunodeficiência combinada severa e certas retinopatias”.<sup>72</sup>

---

<sup>69</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.29.

<sup>70</sup> MCLAUGHLIN, Molly K. **The Best DNA Testing Kits of 2018**. Disponível em: <<https://www.pcmag.com/roundup/356975/the-best-dna-testing-kits>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

<sup>71</sup> SIQUEIRA, Humberto. **Aconselhamento genético é nova ferramenta na prevenção de doenças**. Disponível em: <<https://www.uai.com.br/app/noticia/saude/2013/06/16/noticias-saude,194420/aconselhamento-genetico-e-nova-ferramenta-na-prevencao-de-doencas.shtml>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

<sup>72</sup> LINDEN, Rafael. **Terapia gênica: o que é, o que não é e o que será**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v24n70/a04v2470.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2018. p.62.

Sobre a prevenção de doenças genéticas nos descendentes, Siqueira explica que o sequenciamento genético também já é “usado por casais com predisposição de doença genética para evitar filhos com doenças sérias. O teste de Diagnóstico Genético Pré-Implantação (PGD) reduz consideravelmente as chances de um herdeiro com doenças graves como fibrose cística, Huntington, adenoleucodistrofia, distrofia muscular de Duchenne, hemofilia entre tantos males genéticos”.<sup>73</sup>

### 1.5.2. **Biologia sintética**

A evolução gastou bilhões de anos através da seleção natural para alcançar o quadro atual da biodiversidade. Mutações no código genético, que às vezes geram espécies com maior capacidade de adaptação e sobrevivência, deixando assim mais descendentes e tiveram sua genética espalhada pelo planeta. Esse processo levou ao surgimento da espécie humana, que, com o conhecimento científico alcançado, agora tem a possibilidade de personalizar organismos modificando o código genético de todas as espécies, o que é chamado de biologia sintética.

Schwab argumenta que isso terá um impacto profundo na medicina, na agricultura e nos biocombustíveis. A combinação de sequenciamento genético com sistemas de IA que processam grandes volumes de dados (big data) possibilitará a descoberta de novas doenças genéticas e a biologia sintética pode desenvolver sua cura, e também “a fabricação em 3D será aliada à edição de genes para produzir tecidos vivos, reparação e regeneração dos tecidos - um processo chamado bioimpressão tridimensional. A técnica já foi utilizada para criar pele, osso, coração e tecido vascular. Em algum momento, camadas impressas de células do fígado serão usadas para criar órgãos transplantáveis”.<sup>74</sup>

O progresso científico nesta área tem sido tão rápido que as limitações estão se tornando menos técnicas e mais jurídicas, regulatórias e éticas. A lista de possibilidades é virtualmente infinita, “que vão desde a capacidade de modificar os animais para que

---

<sup>73</sup> SIQUEIRA, Humberto. **Aconselhamento genético é nova ferramenta na prevenção de doenças.** Disponível em: <<https://www.uai.com.br/app/noticia/saude/2013/06/16/noticias-saude,194420/aconselhamento-genetico-e-nova-ferramenta-na-prevencao-de-doencas.shtml>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

<sup>74</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial.** Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.31.

eles possam ser criados com um regime alimentar mais econômico ou mais bem adaptado às condições locais até a criação de plantações capazes de resistir à temperaturas extremas ou secas”.<sup>75</sup>

A evolução via seleção natural, que nos trouxe até aqui, pode agora ser acelerada e aprimorada pela engenharia genética, auxiliada por sistemas de big data e IA, levando a possibilidades ainda inimagináveis e que levarão à profundas questões éticas, do que Schwab indica que surgem novas questões em torno do significado de sermos seres humanos, sobre quais dados e informações a respeito de nossos corpos e saúde podem ou devem ser compartilhados com os outros e sobre os direitos e responsabilidades ao se modificar o código genético das futuras gerações.<sup>76</sup>

### 1.5.3. Aspectos sociais e econômicos

Os impactos econômicos e sociais da 4RI já começaram e especialmente aqueles relacionados ao trabalho e emprego ganham mais espaço na imprensa pela comoção que causam. Empresas como o Uber, que criou inovações que abalaram o mercado de transporte de pessoas, acaba sendo muito criticada pelos concorrentes que foram afetados, bem como pela atuação na zona cinzenta da regulação do setor, o que tornaria possível uma concorrência desproporcional com quem atua dentro da regulamentação.

A possibilidade das plataformas digitais, que oferecem produtos e serviços, aproximarem diretamente o fornecedor do consumidor, reduzindo ou eliminado o intermediário das transações, além de reduzir os custos de transação, têm levado à criação de um banco de dados dos usuários de forma a estabelecer um padrão de consumo e de comportamento na hora de adquirir esses produtos e serviços. Essas informações possibilitam maximizar os resultados das operações realizadas por essas plataformas digitais, o que leva a debates de ordem ética.

A gradual substituição da mão de obra humana por robôs e algoritmos especialistas deve aumentar a desigualdade no mercado de trabalho, e segundo Schwab

---

<sup>75</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.30.

<sup>76</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.31.

“os vencedores serão aqueles capazes de participar plenamente de ecossistemas orientados para a inovação, oferecendo novas ideias, modelos de negócios, produtos e serviços, e não aquelas pessoas que podem apenas oferecer trabalho menos qualificado ou capital comum”.<sup>77</sup>

Os bancos já vêm substituindo há décadas, a mão de obra humana por sistemas informatizados, tais como os caixas eletrônicos, terminais remotos em supermercados e bairros para saques e depósitos, sistemas via internet e mais recentemente os aplicativos em smartphones. A realização dos negócios em ambiente eletrônico tem viabilizado a gradual eliminação do dinheiro em papel para o pagamento eletrônico de valores.

As criptomoedas preocupam os governos em função da dificuldade que será tributar sem a necessidade de um intermediário garantidor da validade da moeda, em especial no que se refere a comércio internacional de produtos imateriais, tais como software, conteúdo, informação e demais produtos que sejam possíveis serem enviados de forma digital.

Schwab<sup>78</sup> aconselha que os governos se adaptem ao fato de que o poder estatal é agora compartilhado com atores não-estatais, e que o ponto-chave é a tecnologia, que cada vez mais, “tornará os cidadãos mais aptos, oferecendo uma nova maneira de expressar suas opiniões, coordenar seus esforços e possivelmente contornar a supervisão estatal. Digo “possivelmente”, porque o oposto pode muito bem acontecer, isto é, novas tecnologias de vigilância podem dar origem à autoridades públicas com excesso de poder em suas mãos”.

A 4RI abre um rol de possibilidades para repensar o papel de várias de nossas principais instituições, bem como a sua forma de atuação. Nesse sentido, Schwab<sup>79</sup> tem preocupações sobre a transição social e econômica em andamento, e acredita primeiramente que os níveis exigidos de liderança e compreensão sobre as mudanças em curso, são baixos quando contrastados com a necessidade, em resposta à 4RI, de repensar nossos sistemas econômicos, sociais e políticos. Em segundo lugar, ele entende que o

---

<sup>77</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.94.

<sup>78</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.73.

<sup>79</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.17.

mundo carece de uma narrativa coerente, positiva e comum, essencial para empoderar um grupo diversificado de indivíduos e comunidades e evitar uma reação popular contra as mudanças fundamentais em curso.

Numa perspectiva dos direitos humanos, há potencial para que realizações almeçadas, como a paridade econômica de gênero, sejam aceleradas com a 4RI, na medida em que máquinas inteligentes tendem a substituir com mais intensidade o trabalho braçal, e o trabalho a distância e a mão de obra especializada sejam cada vez mais valorizados. Pela ótica de Sen<sup>80</sup>, a introdução de tecnologias que permitam que as pessoas tenham mais possibilidades de converter suas *capabilities* em *functionings* são ampliativas das liberdades e conseqüentemente do desenvolvimento humano, e ele exemplifica que a *capability* de uma pessoa consiste nas combinações alternativas de *functionings* cuja realização é factível para ela. Assim, a capacidade é um tipo de liberdade, que permite realizar combinações alternativas de funcionamentos, ou seja, a liberdade para ter estilos de vida diversos. Sen<sup>81</sup> exemplifica que “uma pessoa abastada que faz jejum, pode ter a mesma realização de funcionamento quanto a comer ou nutrir-se que uma pessoa destituída, forçada a passar fome extrema, mas a primeira pessoa possui um “conjunto capacitário” diferente do da segunda (a primeira *pode* escolher comer bem e ser bem nutrida de um modo impossível para a segunda)”.

As possibilidades tecnológicas advindas da 4RI permitirão uma redução do que Sen denominou monismo informacional<sup>82</sup>, que é aquele que se baseia numa única variável para se tomar uma decisão, e limita a previsibilidade de resultados e planejamentos precisos. Os sistemas de big data poderão reconhecer correlações e padrões numa base de dados gigante, o que é difícil para humanos analisarem. Isso deve contribuir para todos os ramos da ciência, mas em especial para as ciências humanas, onde correlações e padrões dependem de muitas variáveis. A comunidade acadêmica tradicionalmente realizou simplificações elevadas para conseguir resultados com correlações consistentes, o que Sen critica quando analisa o “*well-being as informational foundation' or WAIF*”, que numa tradução livre poderíamos chamar de “bem-estar como

---

<sup>80</sup> SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010. p.105

<sup>81</sup> SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010. p.105

<sup>82</sup> SEN, Amartya. **Well-being, agency and freedom: the Dewey lectures 1984**. *The Journal of Philosophy*, v. 82, n.4, pp. 169-221, abr. 1985. p.186.

base informacional”.<sup>83</sup>

Sen argumenta no sentido “contrário da identificação do bem-estar como utilidade (em qualquer uma de suas formas: felicidade, satisfação dos desejos, escolha), e contra o tratamento da classificação como trivial e a igualdade como não tendo força independente. Mais positivamente, argumenta por ver o bem-estar em termos de *functioning vectors* e a *capability* de alcançá-los”.<sup>84</sup>

Essas considerações são relevantes para o remodelamento da sociedade para contemplar as novidades introduzidas pela 4RI, ampliando o conceito da motivação humana e a modificação de suas instituições<sup>85</sup> de forma a incluir os novos costumes e regulações.

De acordo com Schwab, “indivíduos, grupos da sociedade civil, movimentos sociais e comunidades locais”<sup>86</sup> nunca devem ser despojados de sua relevância, e desta forma os valores e costumes de uma sociedade devem ser levados em conta, especialmente no que diz respeito ao trabalho.

Os horizontes dessa mudança já se avizinham e quer nos parecer ter o potencial de causar profundas transformações sociais e econômicas, como apresentado. Daí a importância dos governos e sociedade dedicarem especial atenção a esse processo de mudança, de forma a minimizar os impactos sociais e na organização econômica, através do estudo e análise, adequando os modelos existentes aos exigidos pela nova realidade.

## 2 DIMENSÕES DO DESENVOLVIMENTO

O termo “desenvolvimento” leva ao entendimento de algo que evolui no tempo de um estado mais primitivo para um estado mais avançado, e assim pode ser

---

<sup>83</sup> SEN, Amartya. **Well-being, agency and freedom: the Dewey lectures 1984**. The Journal of Philosophy, v. 82, n.4, pp. 169-221, abr. 1985. p.185.

<sup>84</sup> Tradução livre do autor. “[...] against the identification of well-being with utility (in any of its forms: happiness, desire fulfillment, choice), and against treating sum ranking as trivial and equality as having no independent force. More positively, I have argued for seeing well-being in terms of functioning vectors and the capability to achieve them”. SEN, Amartya. **Well-being, agency and freedom: the Dewey lectures 1984**. The Journal of Philosophy, v. 82, n.4, pp. 169-221, abr. 1985. p. 202-203.

<sup>85</sup> NORTH, Douglass Cecil. **Institutions, institutional change and economic performance**. Cambridge University Press 1990.

<sup>86</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.98.

compreendido dentro uma ampla gama de concepções, conforme a ótica do observador.

Assim, é possível tratar do desenvolvimento do universo, que pelo conhecimento científico atual, iniciou-se num estado primitivo primordial e evoluiu no tempo (ou espaço-tempo) para o atual estágio de seu desenvolvimento, que baseado nos modelamentos e observações é muito mais rico em informação, contendo inclusive vida inteligente e autoconsciente, que parece ser um dos indícios que se ele encontra em um estágio mais avançado, e continua a se desenvolver no tempo em direção a um futuro, que talvez até já determinado e previsível pelas leis da física, e presumidamente continuará a evoluir e se desenvolver.

Ao se reduzir a perspectiva do observador, pode-se ir limitando a observação ao desenvolvimento das galáxias, das estrelas e seus sistemas planetários, aos planetas, luas e corpos celestes inferiores, aos planetas que abrigam vida, aos seres vivos e à vida inteligente, dentre uma infinidade de perspectivas de análises do desenvolvimento e evolução.

Uma das questões que já surgem inicialmente é se o desenvolvimento ou evolução é sempre positivo, ou seja, se com a passagem do tempo o objeto observado sempre vai de um estado mais primitivo a um estado mais avançado. Sob a ótica da Entropia, também conhecida como segunda lei da termodinâmica<sup>87</sup>, o universo sendo um sistema fechado deve ao longo do tempo aumentar sua entropia até um futuro distante onde não será mais possível trocas de energia por não existir mais diferença entre os níveis de energia. Contudo, de forma contra intuitiva, os aumentos da entropia para níveis menores de trocas energéticas têm contribuído para o desenvolvimento de sistemas que permitiram alcançar a vida inteligente e consciente. Contudo, o próprio conhecimento científico tem se desenvolvido rapidamente, e os modelamentos teóricos atuais podem e tendem a ser ampliados ou substituídos por outros que expliquem com mais precisão o universo.

A observação e experimentação com frequência demonstram que os modelos existentes são incompletos ou conflitantes com a realidade, o que leva à evolução do conhecimento científico e ao aumento da capacidade de previsão dos eventos futuros. Os eventos da natureza que podem ser mais observados e experimentados, geram mais

---

<sup>87</sup> A quantidade de entropia de qualquer sistema isolado termodinamicamente tende a incrementar-se com o tempo, até alcançar um valor máximo.

informação para análise e assim tendem a ter modelos científicos mais precisos. Desta forma, não parece ser simples a análise para avaliar ou medir o desenvolvimento de tudo aquilo que não é absolutamente familiar ao conhecimento de quem analisa o objeto, e à ótica dos valores considerados.

Nesse sentido, no âmbito da evolução das espécies, a teoria evolutiva de Darwin postulou que apenas as espécies mais adaptadas ao ambiente conseguem sobreviver e deixar descendentes no longo prazo, sendo que muitas espécies foram extintas na evolução da vida no planeta Terra. Assim, na ótica da observação do desenvolvimento da vida terrestre, o conteúdo da informação contida na cadeia de DNA das espécies, através das mutações e seleção natural, se desenvolveu conforme as modificações no meio ambiente planetário, até chegar aos tempos atuais.

Sob uma ótica antropocêntrica, pode-se entender que houve um grande desenvolvimento na evolução da vida terrestre, até alcançar a vida inteligente e autoconsciente, ou seja, o ser humano. Estendendo essa visão antropocêntrica, o ambiente ideal seria aquele adequado à preservação da espécie humana e seu habitat natural, incluindo tudo que é necessário à preservação da vida humana no transcurso do tempo, de onde se obtém a noção de sustentabilidade.

## 2.1. DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

O desenvolvimento econômico leva à ideia de um crescimento econômico, sendo que não é exatamente o caso. Nesse sentido, Vieira<sup>88</sup> explica que o desenvolvimento econômico é passível de diversas interpretações, baseado no pensamento de cada escola econômica, e que “pode ser considerado o aumento da Renda Nacional durante um longo período de tempo ou o crescimento da Renda Per Capita por certo período de tempo. Para outros, desenvolvimento econômico pode ser considerado o crescimento da Renda Nacional e sua relação com o bem estar social que pode ser medido pelo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)”.

O crescimento e desenvolvimento econômico estavam intimamente ligados ao surgimento de indústrias e polos industriais, conforme explica Vieira, e esclarece ainda

---

<sup>88</sup> VIEIRA, Anderson Nunes de Carvalho. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. Disponível em: <<https://andersonvieiranunes.jusbrasil.com.br/artigos/447763946/teoria-do-desenvolvimento-economico>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

que o polo de crescimento surgia “devido ao aparecimento de uma indústria motriz, considerando como tal aquela indústria que, antes das demais, realiza a separação dos fatores da produção, provoca a concentração de capitais sob um mesmo poder e decompõe tecnicamente as tarefas e a mecanização, na qual essa indústria precisa ser necessariamente grande para atrair outras empresas e concentrar capitais”.<sup>89</sup>

Sobre essa concentração de capitais, Vieira argumenta que essa polarização faz com que as desigualdades regionais aumentem, pois forma-se um oligopólio, “na qual essas indústrias motrizes irão naturalmente crescer mais que a média nacional até que atinge um ponto máximo, para declinar em seguida, quando se inicia o processo de despolarização. O pólo de crescimento se torna um pólo de desenvolvimento quando provocar transformações estruturais e expandir o produto e emprego onde se localiza”.<sup>90</sup>

Vieira, apresenta ainda um rol de estudos sobre desenvolvimento econômico, estruturados em modelos, onde os mais comuns e estudados são os modelos de desenvolvimento econômico de “Schumpeter, pós-keynesiano de Sir Hoy F. Harrod e Evsey Domar, modelo neoclássico de Robert Solow, o modelo de Walt Whilt Rostow, de François Perroux, de Amartya K. Sen, os modelos endógenos de Robert Lucas e Paul Romer, o modelo de Albert Otto Hirschman entre outros”.<sup>91</sup>

Dentre esses modelos, se pode destacar o de Amartya Sen, que correlaciona o desenvolvimento com a liberdade, e expõe que o desenvolvimento requer que se removam as principais fontes de privação de liberdade: “pobreza e tirania, carência de oportunidades econômicas e destituição social sistemática, negligência dos serviços públicos e intolerância ou interferência excessiva de Estrados repressivos. A despeito de aumentos sem precedentes na opulência global, o mundo atual nega liberdades elementares a um grande número de pessoas – talvez até mesmo à maioria”.<sup>92</sup>

Seguindo essa linha histórica, Vieira explica que o estudo das ciências

---

<sup>89</sup> VIEIRA, Anderson Nunes de Carvalho. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. Disponível em: <<https://andersonvieiranunes.jusbrasil.com.br/artigos/447763946/teoria-do-desenvolvimento-economico>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

<sup>90</sup> VIEIRA, Anderson Nunes de Carvalho. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. Disponível em: <<https://andersonvieiranunes.jusbrasil.com.br/artigos/447763946/teoria-do-desenvolvimento-economico>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

<sup>91</sup> VIEIRA, Anderson Nunes de Carvalho. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. Disponível em: <<https://andersonvieiranunes.jusbrasil.com.br/artigos/447763946/teoria-do-desenvolvimento-economico>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

<sup>92</sup> SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010. p.16-17.

econômicas foi dividido “em períodos ao qual cada período com seus respectivos pensadores ganham o nome de Escola de Pensamento Econômico. Cada escola formulou teorias baseadas na realidade vivida em cada período, e conseqüentemente o estudo e a abordagem do crescimento e desenvolvimento econômico estava atrelada ao período histórico de cada uma”.<sup>93</sup> Ele relaciona três divisões principais na história do pensamento econômico, sendo elas: Pré-moderno (grego, romano, árabe), Moderno (mercantilismo, fisiocracia) e Contemporâneo (a partir de Adam Smith no final do século XVIII).

Mesmo na economia atual, Vieira<sup>94</sup> explica que o conceito de desenvolvimento econômico é bastante complexo, principalmente quando se pretende determinar o fator gerador e motivador do tal desenvolvimento. Esse estudo ainda se torna mais complexo em função das diversas variáveis econômicas existentes e nos fatores macroeconômicos, locais e regionais. Assim, os modelos se limitaram a estudar a origem dos agentes causadores do desenvolvimento em modelos endógenos ou exógenos a economia.

Segundo Vieira, o período clássico, época na qual a obra “A Riqueza das Nações” de Adam Smith inovou diversos conceitos e inclusive “mostrou que dinheiro não deve ser confundido com riqueza. Para ele a riqueza de um país consiste não apenas em seu ouro e sua prata, mas em suas terras, casas e bens de consumo de todo tipo”.<sup>95</sup>

Conforme Araújo<sup>96</sup>, o determinante econômico fundamental do crescimento econômico em Smith é a taxa de formação de capital. Essa taxa de crescimento é proporcional à taxa de investimento, o que pode tirar a economia do chamado estado estacionário. O estado estacionário seria então a situação em que o produto per capita estaciona, ou seja, os salários ficam num nível de subsistência, os lucros caem ao nível mínimo compatível com a recompensa pelo risco. Com isso não há investimento líquido, a população permanece constante e a renda total não se modificará.

---

<sup>93</sup> VIEIRA, Anderson Nunes de Carvalho. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. Disponível em: <<https://andersonvieiranunes.jusbrasil.com.br/artigos/447763946/teoria-do-desenvolvimento-economico>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

<sup>94</sup> VIEIRA, Anderson Nunes de Carvalho. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. Disponível em: <<https://andersonvieiranunes.jusbrasil.com.br/artigos/447763946/teoria-do-desenvolvimento-economico>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

<sup>95</sup> VIEIRA, Anderson Nunes de Carvalho. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. Disponível em: <<https://andersonvieiranunes.jusbrasil.com.br/artigos/447763946/teoria-do-desenvolvimento-economico>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

<sup>96</sup> ARAÚJO, Carlos Roberto Vieira. **História do Pensamento Econômico: Uma Abordagem Introdutória**. São Paulo: Atlas, 1998.

Vieira explica que “contrapondo as idéias liberais de Smith, Georg Friedrich List (1789-1846), que era defensor do intervencionismo, propunha um crescimento econômico não baseado no livre comércio e na mão invisível de Smith, mas sim baseado no fortalecimento das empresas locais”<sup>97</sup>, e ainda que no período clássico surge o pensamento marxista de desenvolvimento econômico através do economista alemão Karl Marx (1818-1883), que, segundo Araújo<sup>98</sup>, embasou sua teoria de desenvolvimento econômico sobre os conceitos da Lei do Valor Trabalho, da Mais Valia, das Relações de Produção Básicas, do Desenvolvimento das Forças Produtivas, da Lei de Acumulação e o Exército de Reserva.

Vieira explica que após os modelos da teoria clássica, surge a neoclássica, e que “nesse período se destacam dois modelos de desenvolvimento econômico, pois os maiores esforços dos economistas neoclássicos se concentravam muito mais nos fatores de equilíbrio de mercado e nas fundamentações microeconômicas da economia, do que nos aspectos relativos ao crescimento e desenvolvimento econômico”.<sup>99</sup>

Um dos expoentes do período neoclássico foi Joseph Alois Schumpeter (1883-1950), cujo pensamento econômico foi influenciado por Marx, segundo Vieira, que explica que sua teoria do desenvolvimento econômico se baseia na “inovação e no desenvolvimento tecnológico – o agente empreendedor. Para Schumpeter, o capitalismo desenvolvia-se em razão de sempre estimular o surgimento dos empreendedores, isto é, de capitalista ou inventores extremamente criativos – os inventores – que eram os responsáveis por todas as ondas de prosperidade que o sistema conhecia”.<sup>100</sup>

Outra referência do período neoclássico foi Robert Solow (1924), cujo modelo tinha enfoque na acumulação de capital, no crescimento da força de trabalho e nas alterações tecnológicas, que de forma sintética significava que a taxa de crescimento da força de trabalho era o que determinaria o desenvolvimento econômico.

---

<sup>97</sup> VIEIRA, Anderson Nunes de Carvalho. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. Disponível em: <<https://andersonvieiranunes.jusbrasil.com.br/artigos/447763946/teoria-do-desenvolvimento-economico>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

<sup>98</sup> ARAÚJO, Carlos Roberto Vieira. **História do Pensamento Econômico: Uma Abordagem Introdutória**. São Paulo: Atlas, 1998.

<sup>99</sup> VIEIRA, Anderson Nunes de Carvalho. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. Disponível em: <<https://andersonvieiranunes.jusbrasil.com.br/artigos/447763946/teoria-do-desenvolvimento-economico>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

<sup>100</sup> VIEIRA, Anderson Nunes de Carvalho. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. Disponível em: <<https://andersonvieiranunes.jusbrasil.com.br/artigos/447763946/teoria-do-desenvolvimento-economico>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

Vieira explica que o desenvolvimento também recebeu modelos que não eram baseados na teoria econômica, tal como o modelo de Amartya Sen, que “consiste basicamente em demonstrar que o desenvolvimento de uma nação só é possível, se esta demonstrar reais possibilidades de seus cidadãos em ter acesso à liberdade. Liberdade essas que inclui não apenas as garantias dos direitos sociais, mas também saúde e educação de qualidade, segurança e acesso à habitação, lazer, cultura”.<sup>101</sup>

A percepção de que o desenvolvimento não pode ser medido apenas pelos aspectos da teoria econômica, levaram ao surgimento de diversas teorias. Nesse sentido, Gabardo<sup>102</sup> desenvolveu um modelo no qual a felicidade seria o fundamento teórico do desenvolvimento em um Estado Social. Nesse sentido, ele explica que “o Estado tem que possuir critérios objetivos para saber a diferença entre o que a Constituição estabelece como sendo um povo feliz e um povo infeliz”<sup>103</sup> e que “a felicidade reporta-se ao “nível ótimo” de vida a partir das reais possibilidades do tempo presente, sempre tendo em vista que o homem pode aperfeiçoar-se em busca do autodesenvolvimento e do desenvolvimento da sociedade e do Estado”.<sup>104</sup>

Os modelos de estado subsidiário ou de bem-estar social tem implicações no tipo de desenvolvimento perseguido, mas o reconhecimento da importância da existência de um estado de direito para alcançar o desenvolvimento é tratada por Fukuyama<sup>105</sup>, que argumenta que o “estado de direito é fundamental para o desenvolvimento econômico, pois sem direitos claros de propriedade e a obrigação ao cumprimento de contratos, é difícil as empresas romperem os pequenos círculos de confiança”, mas lembra que, a simples adoção de modelos estruturais de Estados modernos, mas visando o ganho privado, que chama de patrimonialismo, leva ao fracasso das instituições que são o sustentáculo do Estado, e à decadência política.

Fukuyama<sup>106</sup> explica que “o desenvolvimento econômico pode ser definido

---

<sup>101</sup> VIEIRA, Anderson Nunes de Carvalho. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. Disponível em: <<https://andersonvieiranunes.jusbrasil.com.br/artigos/447763946/teoria-do-desenvolvimento-economico>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

<sup>102</sup> GABARDO, Emerson. **A felicidade como fundamento teórico do desenvolvimento em um Estado Social**. Revista Digital de Direito Administrativo. vol. 5, n. 1, p. 99-141, 2018.

<sup>103</sup> GABARDO, Emerson. **A felicidade como fundamento teórico do desenvolvimento em um Estado Social**. Revista Digital de Direito Administrativo. vol. 5, n. 1, p. 99-141, 2018. p.131.

<sup>104</sup> GABARDO, Emerson. **A felicidade como fundamento teórico do desenvolvimento em um Estado Social**. Revista Digital de Direito Administrativo. vol. 5, n. 1, p. 99-141, 2018. p.132.

<sup>105</sup> FUKUYAMA, Francis. **Ordem e decadência política: da revolução industrial à globalização da democracia**. Tradução de Nivaldo Montingelli Jr. Rio de Janeiro: Rocco, 2018. 1. ed. p.43.

<sup>106</sup> FUKUYAMA, Francis. **Ordem e decadência política: da revolução industrial à globalização da**

simplesmente como aumentos sustentados na produção por pessoa ao longo do tempo”, contudo, esse conceito vem sendo revisto, e mesmo “entre os economistas e outros profissionais, há muitas discussões a respeito de se esta é uma boa maneira de medir o bem-estar humano, uma vez que o PIB *per capita* leva em conta somente dinheiro e não saúde, oportunidades, distribuição e muitos outros aspectos do florescimento humano”.

## 2.2. DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Vieira explica que os novos modelos econômicos são mais abrangentes, “como os de Sen e Sachs, onde são analisadas diversas variáveis macroeconômicas, como renda, emprego, inflação e taxa de juros, mas também fatores como liberdade social através do acesso digno a segurança, saúde, educação, cultura, lazer, esporte, etc”.<sup>107</sup>

Desses modelos surge o conceito de desenvolvimento social ou desenvolvimento humano, onde o foco está no desenvolvimento das pessoas, de forma a promover a realização do seu potencial, suas liberdades e possibilidades, para que possam viver a vida que desejam. O conceito de desenvolvimento social seguia em paralelo com o de desenvolvimento econômico, e eles têm convergido para um tipo de desenvolvimento onde as principais variáveis relevantes são consideradas para se medir e avaliar o desenvolvimento.

Nessa linha, em 1990 foi desenvolvido pelos economistas Amartya Sen e Mahbub ul Haq, e vem sendo utilizado desde 1993 pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), para classificar o grau de desenvolvimento dos países. O IDH é calculado levando em consideração dados como da expectativa de vida ao nascer, educação e PIB per capita (PPC).

O PNUD explica que “o conceito de desenvolvimento humano nasceu definido como um processo de ampliação das escolhas das pessoas para que elas tenham capacidades e oportunidades para serem aquilo que desejam ser”.<sup>108</sup> No que se refere ao

---

**democracia.** Tradução de Nivaldo Montingelli Jr. Rio de Janeiro: Rocco, 2018. 1. ed. p.46.

<sup>107</sup> VIEIRA, Anderson Nunes de Carvalho. **Teoria do Desenvolvimento Econômico.** Disponível em: <<https://andersonvieiranunes.jusbrasil.com.br/artigos/447763946/teoria-do-desenvolvimento-economico>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

<sup>108</sup> PNUD Brasil. **Desenvolvimento Humano e IDH.** Disponível em: <<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0.html>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

desenvolvimento, o PNUD apresenta uma visão crítica, de que diferentemente da perspectiva do crescimento econômico, “que vê o bem-estar de uma sociedade apenas pelos recursos ou pela renda que ela pode gerar, a abordagem de desenvolvimento humano procura olhar diretamente para as pessoas, suas oportunidades e capacidades. A renda é importante, mas como um dos meios do desenvolvimento e não como seu fim”.<sup>109</sup> Constitui uma mudança de perspectiva, pois com o desenvolvimento humano, o foco é transferido do crescimento econômico, ou da renda, para o ser humano.

Sobre que IDH, o PNUD explica que “é uma medida resumida do progresso a longo prazo em três dimensões básicas do desenvolvimento humano: renda, educação e saúde. O objetivo da criação do IDH foi o de oferecer um contraponto a outro indicador muito utilizado, o Produto Interno Bruto (PIB) per capita, que considera apenas a dimensão econômica do desenvolvimento”.<sup>110</sup>

Ao criar e divulgar esse *ranking* de países, a Organização das Nações Unidas (ONU) pretende incentivar os países e investir em políticas públicas que melhorem a renda, a educação e a saúde das pessoas. Nessa linha, o PNUD Brasil tem como foco fortalecer o desenvolvimento social em todo o território brasileiro, “promovendo o desenvolvimento de capacidades para reduzir as desigualdades, superar crises e garantir o acesso de toda a população a bens e serviços públicos de qualidade, sem discriminação por gênero, raça, idade ou orientação sexual”.<sup>111</sup> Ele visa também o aprimoramento da qualidade de vida e trabalho das populações rurais e avanço da base de Cooperação Sul-Sul. “Tudo isso por meio de iniciativas junto aos governos municipais, estaduais e federal, a sociedade civil, o setor privado e organizações internacionais, fortalecendo as capacidades de formulação, monitoramento e avaliação de políticas sociais, em busca de uma sociedade inclusiva com plenos direitos a todas e todos”.<sup>112</sup>

Nessa linha, Fukuyama explica que o desenvolvimento “político segue sua lógica própria e independente de crescimento econômico. O sucesso da modernização depende do desenvolvimento paralelo de instituições políticas ao lado do crescimento

---

<sup>109</sup> PNUD Brasil. **Desenvolvimento Humano e IDH.** Disponível em: <<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0.html>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

<sup>110</sup> PNUD Brasil. **Desenvolvimento Humano e IDH.** Disponível em: <<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0.html>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

<sup>111</sup> PNUD Brasil. Disponível em: <<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/pessoas.html>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

<sup>112</sup> PNUD Brasil. Disponível em: <<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/pessoas.html>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

econômico, da mudança social e das ideias; não se trata de algo que pode ser dado como certo, como uma consequência inevitável das outras dimensões do desenvolvimento”.<sup>113</sup>

### 2.3. DESENVOLVIMENTO COMO LIBERDADE

Amartya Sen<sup>114</sup>, argumenta por uma nova racionalidade do desenvolvimento, voltada ao atendimento das necessidades humanas, focada na oferta de oportunidades e qualidade de vida às pessoas, para desenvolverem suas capacidades e não visando apenas o aumento da renda. Ele entende que as liberdades dos indivíduos constituem os elementos básicos para promover essa expansão das capacidades para as pessoas viverem o tipo de vida que elas valorizam.<sup>115</sup>

Para compreender a proposição de Amartya Sen de desenvolvimento como liberdade, é preciso entender alguns conceitos que ele utiliza para construir sua teoria. Os conceitos mais relevantes são os de *agency*, *functioning* e *capability*<sup>116</sup>, exemplificados a seguir. *Agency* é um agente autônomo e eticamente responsável, que possui valores e uma concepção de certo e errado, e que pode revisar esses valores, conforme compreende e valora a realidade em que vive, de forma a tomar decisões, agindo e implementando-as. Um bebê não tem *agency*, mas vai se desenvolvendo, cresce, e terá *agency* quando for um adulto responsável. *Functioning* é o modo de ‘funcionamento’ da pessoa. A pessoa pode estar no modo professor, motorista, pai, etc. Todas essas coisas compõem o *functioning vector*, que são o conjunto de coisas que a pessoa desempenha. *Capability* é algo que a pessoa é capaz, mas pode não fazer parte de seu atual conjunto de

<sup>113</sup> FUKUYAMA, Francis. **Ordem e decadência política: da revolução industrial à globalização da democracia**. Tradução de Nivaldo Montingelli Jr. Rio de Janeiro: Rocco, 2018. 1. ed. p.56.

<sup>114</sup> SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

<sup>115</sup> A análise do desenvolvimento apresentada neste livro considera as liberdades dos indivíduos os elementos constitutivos básicos. Assim, atenta-se particularmente para a expansão das “capacidades” [*capabilities*] das pessoas de levar o tipo de vida que elas valorizam – e com razão. Essas capacidades podem ser aumentadas pela política pública, mas também, por outro lado, a direção da política pública pode ser influenciada pelo uso efetivo das capacidades participativas do povo. *Essa relação de mão dupla* é central na análise aqui apresentada. [...] O êxito de uma sociedade deve ser avaliado, nesta visão, primordialmente segundo as liberdades substantivas que os membros dessa sociedade desfrutam. [...] Ter mais liberdade para fazer as coisas que são justamente valorizadas é (1) importante por si mesmo para a liberdade global da pessoa e (2) importante porque favorece a oportunidade de a pessoa ter resultados valiosos. SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010. p.33.

<sup>116</sup> SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010. p.104-106.

funcionalidades. Contudo, se for algo impossível para a pessoa transformar em *functioning*, então também não é *capability*. Quanto mais *functionings* e *capability set* a pessoa tiver, maiores as chances de conseguir *well-being*.<sup>117</sup> Quanto mais *capability* a pessoa possui, mais liberdade ela tem.

Se a pessoa não tiver, na vida real, a capacidade de transformar sua *capability* em *functioning*, ela não tem liberdade. A liberdade pode sofrer restrições de diversas maneiras, tais como os costumes da sociedade em que a pessoa vive, as normas jurídicas, as convicções e regras religiosas, as dificuldades econômicas, as limitações físicas ou intelectuais, o preconceito social, entre tantas. Sob essa ótica, Sen<sup>118</sup> argumenta que o desenvolvimento é um processo contínuo, não linear, de remoção de obstáculos à liberdade.

Nesse sentido, Sen explica o que significa a liberdade para se atingir o bem-estar. O bem-estar não é atingido apenas com a satisfação do objetivo, mas com a liberdade para buscar seu objetivo. Pode ser exemplificado por uma pessoa que quer ficar em casa para ter bem-estar, mas se ladrões entrarem na residência e a prenderem na casa, embora a pessoa tenha atingido seu objetivo, ela não tinha liberdade para buscar seu objetivo de ficar em casa. Assim, não seria suficiente atingir o objetivo para se alcançar o bem-estar, mas também ter a liberdade para fazê-lo.<sup>119</sup>

Sen<sup>120</sup> não concorda com o critério de se utilizar a felicidade para analisar o desenvolvimento, nos moldes do proposto no *Welfare state*, ou Estado de bem-estar social. Ele entende que a pessoa pode ser feliz adaptando-se a uma situação adversa, assim como as pessoas podem ser felizes na adversidade, e por isso entende que a felicidade não pode ser parâmetro para as políticas públicas. Seria assim uma liberdade individual que só se realizaria coletivamente, e que eticamente deve ser exercida mediante o compromisso social. Essa é uma visão individualista, na medida em que os indivíduos podem ter direitos, e assim, liberdades individuais, e só esses indivíduos podem escolher de que forma irão realizar coletivamente sua liberdade, de forma que possam sustentar na

---

<sup>117</sup> *Well-being* pode ser traduzido como bem estar,

<sup>118</sup> SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010. p.16-17.

<sup>119</sup> SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010. p.106.

<sup>120</sup> SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010. p.85-86.

sociedade os seus valores e razões. Nesse sentido, a liberdade só é importante para as pessoas porque elas têm *agency*. Se a liberdade fosse um desvalor, seria melhor as pessoas não terem *agency*.

O foco da análise econômica, segundo Sen<sup>121</sup>, deve ser nas pessoas, pois os bens por si mesmos não são o objetivo das pessoas, mas sim o que elas podem fazer com esses bens, aumentando suas liberdades. Isso pode ser visto na teoria marxista, onde o capitalista, dono dos meios de produção, não é um beneficiário do sistema, pois tanto ele como o trabalhador estão presos à obtenção do resultado financeiro, dispendendo suas vidas para esse objetivo. Assim como o trabalhador está numa situação de não ter uma vida valorosa, pois está vinculado à produção de riqueza, o capitalista também está vinculado a essa situação em função da concorrência, e vivem escravizados pelo sistema que os obriga a buscar a riqueza.

Assim, para Sen<sup>122</sup> o desenvolvimento depende da remoção das principais fontes de privação da liberdade individual, tais como a pobreza, a tirania, a carência de oportunidades econômicas, a destituição social sistemática, a negligência de serviços públicos e a intolerância ou interferência excessiva de Estados repressivos.

Dentro dessa perspectiva, Sen<sup>123</sup> “sugere que algumas das considerações éticas podem ser proveitosamente analisadas mais a fundo usando várias abordagens e procedimentos hoje empregados em economia”, assim “ele apresenta sugestões sistemáticas sobre como uma formulação adequada dos direitos e da liberdade pode basear-se significativamente no raciocínio lógico do tipo regularmente empregado na economia da interdependência geral”. Contudo, Sen diverge da teoria econômica clássica, por considerar excessiva a valoração que ela atribui ao autointeresse, explicando que ela identifica a racionalidade do comportamento humano “com consistência interna de escolha e, adicionalmente, com maximização do autointeresse. Porém, como Sen observa, não há provas que corroborem a afirmação de que a maximização do autointeresse é o que melhor reflete o comportamento humano real nem de que ela conduz necessariamente

---

<sup>121</sup> SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010. p.334-337.

<sup>122</sup> SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010. p.16-17.

<sup>123</sup> SEN, Amartya. **Sobre Ética e Economia**. Tradução de Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

a condições econômicas ótimas”.<sup>124</sup>

Sen argumenta no sentido que a economia do bem-estar pode ser enriquecida se valorizar mais os aspectos éticos, e que o próprio estudo da ética também pode se beneficiar desse estreitamento acadêmico com a economia. Nesse sentido coloca que “pode ser vantajoso até mesmo para a economia preditiva e descritiva abrir mais espaço para considerações da economia do bem-estar na determinação do comportamento. Não tentei provar que qualquer um desses exercícios seria particularmente fácil”.<sup>125</sup> Sen entende que eles encerram ambiguidades profundamente arraigadas, e muitos dos problemas são inerentemente complexos. ”Mas o argumento em favor de aproximar mais a economia da ética não depende da facilidade em consegui-lo. Fundamenta-se, antes, nas recompensas advindas do exercício. Procurei mostrar que as recompensas possivelmente serão imensas”.<sup>126</sup>

Com esses argumentos, Sen<sup>127</sup> justifica os motivos pelo qual o desenvolvimento não pode ser considerado apenas nos fundamentos da teoria econômica tradicional, e explica em suas obras, as razões pelas quais ele acredita que a liberdade seja tão importante. Entende, primeiramente, que a liberdade é diretamente proporcional às oportunidades que um indivíduo tem de buscar os objetivos que ele valoriza; e ainda, porque o simples fato da pessoa ter a percepção de que não é forçado a agir de forma impositiva, já representa um aspecto significativo da liberdade.

Gabardo explica que essa visão de Sen ”estendeu de forma radical a noção tradicional da expressão “liberdade”, onde o autor consegue traduzir o desenvolvimento como tal. Por conseguinte, inverte o sentido do desenvolvimento, que passa a ser

---

<sup>124</sup> SEN, Amartya. **Sobre Ética e Economia**. Tradução de Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

<sup>125</sup> SEN, Amartya. **Sobre Ética e Economia**. Tradução de Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

<sup>126</sup> SEN, Amartya. **Sobre Ética e Economia**. Tradução de Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

<sup>127</sup> A liberdade é valiosa por pelo menos duas razões diferentes. Em primeiro lugar, mais liberdade nos dá mais oportunidade de buscar nossos objetivos – tudo aquilo que valorizamos. Ela ajuda, por exemplo, em nossa aptidão para decidir viver como gostaríamos e para promover os fins que quisermos fazer avançar. Esse aspecto da liberdade está relacionado com nossa destreza para realizar o que valorizamos, não importando qual é o processo através do qual essa realização acontece. Em segundo lugar, podemos atribuir importância ao próprio processo de escolha. Podemos, por exemplo, ter certeza de que não estamos sendo forçados a algo por causa de restrições impostas por outros. A distinção entre o “aspecto de oportunidade” e o “aspecto de processo” da liberdade pode ser significativa e também de longo alcance. SEN, Amartya. **A ideia de justiça**. Tradução de Denise Bottmann e Ricardo Doninelli Mendes. São Paulo: Companhia das Letras, 2011, p. 262-263.

primordialmente a consequência da liberdade, e não o contrário”.<sup>128</sup> Nesse sentido, embora Gabardo<sup>129</sup> tenha uma visão mais favorável ao Estado de bem-estar social, ele concorda que a ampliação das liberdades através da remoção dos obstáculos ao seu exercício é uma forma ampliadora de direitos, e coloca que “a tese de Amartya Sen é muito importante para o cenário geopolítico típico da década de 1990. Seu enfoque na questão da distribuição de renda e sua recusa à tradição utilitarista anglo-americana acabam sendo (mesmo que inadvertidamente) uma fonte de resistência e contraposição do neoliberalismo típico do período”.<sup>130</sup>

Sen sustenta que “a liberdade de uma pessoa pode ser considerada valiosa em adição às realizações dela mesma. As opções e oportunidades de um indivíduo podem ser julgadas importantes em uma avaliação normativa em adição àquilo que ele acaba realizando ou assegurando”<sup>131</sup>. A liberdade para Sen tem um valor intrínseco que deve ser valorizado, extrapolando o valor do resultado alcançado. Explica que se “todas as alternativas além daquela verdadeiramente escolhida fossem eliminadas, isso não afetaria a realização (uma vez que a alternativa escolhida ainda pode ser escolhida), mas a pessoa claramente tem menos liberdade, e isso pode ser considerado uma perda de certa importância.”<sup>132</sup>

Historicamente, o critério de medição do desenvolvimento adotado de forma dominante, era baseado em indicadores econômicos e financeiros, principalmente o produto interno bruto (PIB) e a renda *per capita* (RPC). Através de sua obra, Amartya Sen defende que existem outros elementos, tanto quanto ou mais importantes do que os indicadores citados, para avaliar o nível de desenvolvimento das sociedades.

Desta forma, Sen<sup>133</sup> sustenta que o desenvolvimento deve ser compreendido

---

<sup>128</sup> GABARDO, Emerson. **A felicidade como fundamento teórico do desenvolvimento em um Estado Social**. Revista Digital de Direito Administrativo. vol. 5, n. 1, p. 99-141, 2018. p.105.

<sup>129</sup> Ainda que reconheça a condição simultânea de meio e finalidade das liberdades indicadas (que, todavia, não perdem seu caráter fundante instrumental). É por intermédio deste raciocínio que são elencados cinco tipos de liberdades (portanto “liberdades-meio”): as liberdades políticas, as facilidades econômicas, as oportunidades sociais, as garantias de transparência e a segurança protetora. GABARDO, Emerson. **A felicidade como fundamento teórico do desenvolvimento em um Estado Social**. Revista Digital de Direito Administrativo. vol. 5, n. 1, p. 99-141, 2018. p.105.

<sup>130</sup> GABARDO, Emerson. **A felicidade como fundamento teórico do desenvolvimento em um Estado Social**. Revista Digital de Direito Administrativo. vol. 5, n. 1, p. 99-141, 2018. p.105.

<sup>131</sup> SEN, Amartya. **Sobre Ética e Economia**. Tradução de Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 1999, p.76.

<sup>132</sup> SEN, Amartya. **Sobre Ética e Economia**. Tradução de Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 1999, p.76.

<sup>133</sup> SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo:

como um processo de expansão de liberdades, caracterizado pela remoção das privações políticas, sociais e econômicas que limitam ou impedem as pessoas de viverem de acordo com o que elas mesmas valorizam ou têm razão para valorizar. Nesse sentido, as eventuais políticas públicas a serem desenvolvidas pelo Estado devem ter como objetivo a redução ou eliminação dessas privações, na medida em que, quanto mais exitosas forem essas ações, maior o grau de desenvolvimento que poderá ser atribuído aquela sociedade.

#### 2.4. TIPOS DE DESENVOLVIMENTO OBSERVADOS NA 4RI

Dentro das formas de desenvolvimento relacionadas, a 4RI certamente trará impactos veementes em todas elas. Schwab<sup>134</sup> entende que o impacto deve ser “tão vasto e multifacetado que fica difícil separar determinado efeito do outro. De fato, todas as grandes macrovariáveis imagináveis – PIB, investimento, consumo, emprego, comércio, inflação e assim por diante – serão afetadas. Decidi focar apenas em duas dimensões mais cruciais: o crescimento [...] e o emprego”.

Sobre o impacto da 4RI sobre o crescimento, Schwab<sup>135</sup> explica que o assunto divide os especialistas entre os tecnopessimistas, que pensam que as contribuições cruciais da 4RI já se realizaram e não haverá mais impactos relevantes na produtividade, e os tecno-otimistas, que pensam que a tecnologia e a inovação estão em um ponto de inflexão e, em breve, irão desencadear um aumento na produtividade e maior crescimento econômico.

Schwab<sup>136</sup> entende que os dois lados têm argumentos válidos, mas se inclui como um otimista pragmático. Explica que há um “potencial impacto deflacionário da tecnologia (mesmo quando definido como “deflação boa”) e de como alguns dos seus efeitos distributivos podem favorecer o capital sobre o trabalho e também espremer os salários (e, portanto, o consumo)”. Contudo, ele também percebe que a 4RI “permite que muitas pessoas consumam mais por um preço menor e de uma forma que, muitas vezes,

---

Companhia das Letras, 2010.

<sup>134</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.35.

<sup>135</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.36.

<sup>136</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.36.

torna o consumo mais sustentável e, portanto, responsável”.

Schwab<sup>137</sup> explica que um dos maiores enigmas econômicos atuais, e para o qual não há explicação satisfatória, é o fato de que apesar do crescimento exponencial do progresso tecnológico e dos investimentos em inovações, a produtividade do trabalho manteve-se lenta, o que é incompatível com as expectativas de maior produtividade. Uma das possíveis explicações é que os indicadores econômicos não conseguem detectar o aumento da eficiência proporcionado, por exemplo, por plataformas digitais que eliminam intermediários entre fornecedor e consumidor, que por serem gratuitas seus valores não são contabilizados.<sup>138</sup> Argumenta que “a produtividade é o determinante mais importante para o crescimento de longo prazo e padrões de vida crescentes; sua ausência, se mantida durante toda a quarta revolução industrial, significa que teremos menos destes dois últimos.”<sup>139</sup>

No tocante ao emprego, Schwab<sup>140</sup> expõe que é possível um impacto negativo, pelo menos no curto prazo, no mercado de trabalho. Ele entende as novas tecnologias mudarão drasticamente a natureza do trabalho em todos os setores e ocupações, mas que há incertezas com a quantidade de postos de trabalhos que serão substituídos pela automação, quanto tempo isso vai demorar e aonde irá chegar?

No aspecto do trabalho e crescimento econômico, os tecno-otimistas argumentam que a história demonstra que as inovações tecnológicas assustam em função das mudanças que proporcionam no mercado de trabalho, mas que elas acabam por trazer ganhos de eficiência econômica e na qualidade do trabalho, que passa a ser mais qualificado. Schwab<sup>141</sup> ilustra com a loja de aplicativos da Apple para o iPhone, que em 2015 gerou aproximadamente cem bilhões de dólares em receitas, um mercado anteriormente inexistente e atualmente maior que a indústria cinematográfica.

Ainda existem muitas pessoas no mundo que não tem acesso à eletricidade, à água potável, a saneamento e vários outros equipamentos essenciais vistos como normais

---

<sup>137</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.36.

<sup>138</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.39-40.

<sup>139</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.37.

<sup>140</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.41-42.

<sup>141</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.43.

nas economias avançadas, explica Schwab<sup>142</sup>, contudo essas disparidades têm diminuído entre os países. Ele questiona se a 4RI poderia levar a uma migração dos fabricantes mundiais, saindo dos países em desenvolvimento para as economias avançadas, caso o acesso a baixos salários deixe de ser um fator de competitividade.

Os impactos econômicos acabam gerando impactos sociais, na medida em que uma redução na atividade econômica deve refletir negativamente nos indicadores sociais. Nesse sentido, Freitas<sup>143</sup> argumenta que na medida em que a sociedade haverá de realizar essa transição tecnológica, em conjunto com a necessidade de um reequilíbrio do ecossistema social, há a necessidade de mitigar ao máximo o sofrimento dessa travessia, pois não será algo fácil.

Nesse sentido, as exigências para se alcançar a sustentabilidade, por si só já implicam numa mudança de paradigma cultural, social e econômico, pois as soluções são desafiadoras. A 4RI pode trazer soluções tecnológicas que reduzam o impacto para o necessário equilíbrio sustentável que necessita ser alcançado para um desenvolvimento duradouro. Tecnologias de geração de energia solar por placas fotovoltaicas, a geração distribuída interligada, os sistemas de transporte e de telecomunicações e as máquinas inteligentes, entre tantos, podem ser o diferencial para criar um mercado de produtos que visem a sustentabilidade, que ao mesmo tempo que mantêm a economia aquecida, sigam no caminho da sustentabilidade.

## 2.5. TECNOLOGIAS QUE EXPANDEM AS CAPACIDADES

Pela ótica do desenvolvimento como liberdade, a 4RI deve trazer avanços em função do desenvolvimento de tecnologias de expandem as capacidades das pessoas. Essa convergência tecnológica que irá unificar o mundo digital, físico e biológico trará soluções que devem aumentar as possibilidades de as pessoas realizarem atividades que até não tinham condições de desempenhar. Na ótica de Amartya Sen<sup>144</sup>, essa possibilidade de mais pessoas transformarem suas *capabilities* em *functionings* significa um aumento

---

<sup>142</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.52-53.

<sup>143</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.28-29.

<sup>144</sup> SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

de liberdade, e por consequência, significa desenvolvimento.

Há um rol de tecnologias que já permitem esse incremento na liberdade de exercer *functionings* que até então eram mais restritos em seu acesso, das quais algumas Schwab<sup>145</sup> realizou uma análise e algumas estão relacionadas a seguir:

### 2.5.1. Tecnologias implantáveis

O ponto de inflexão seria o primeiro telefone celular implantável no corpo humano e disponível comercialmente, cuja expectativa dos entrevistados é de 82% que ocorra até 2025. Poderia ser usado para a comunicação, localização e monitoramento de comportamento e de funções de saúde.

Tal qual o marca-passos foi uma tecnologia implantável que possibilitou as pessoas com doenças cardíacas levarem uma vida praticamente normal, esses dispositivos poderão sentir os parâmetros das doenças, permitindo o monitoramento externo ou liberação automática de medicamentos, ampliando as possibilidades de pessoas que vivem com essas restrições.

### 2.5.2. Presença ou identidade digital

O ponto de inflexão é entendido como 80% das pessoas com presença digital na internet, e a expectativa dos entrevistados é de 84% que isso ocorra até 2025. O uso de plataformas digitais está tornando o mundo mais conectado e se tornando intimamente associado à vida física. Isso permite uma expansão dos relacionamentos sociais, comerciais e contratuais. O uso de tradutores automáticos de idioma, expande ainda mais a conectividade mundial entre as pessoas. Schwab<sup>146</sup> exemplifica com o Facebook, que tem mais usuários que a população da China.

Essa tecnologia permite as pessoas se relacionarem e interagirem sem a necessidade de deslocamento físico, o que além de reduzir do custo energético relacionado e contribuir com a sustentabilidade, também amplia as possibilidades de

---

<sup>145</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.115-159.

<sup>146</sup> SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016. p.119.

peças com dificuldades de locomoção ou com menor capacidade econômica, realizarem negócios com outras pessoas fisicamente distantes, em função da redução desses custos de transação.

### **2.5.3. Visão como uma nova interface**

O ponto de inflexão é entendido como 10% dos óculos de leitura conectados à internet, e a expectativa dos entrevistados é de 86% que isso ocorra até 2025. O Google Glass foi o primeiro a conectar diretamente a visão com a internet, permitindo o uso da realidade aumentada (RA). A ampliação do acesso às informações oferece inúmeras possibilidades de ampliação de capacidades, que vão desde a navegação até ao apoio visual com uso de inteligência artificial (IA) em atividades técnicas.

### **2.5.4. Tecnologia vestível**

O ponto de inflexão seria 10% das pessoas com roupas conectadas à internet, e a expectativa dos entrevistados é de 91% que isso ocorra até 2025. Permite uma personalização das roupas, com recursos para monitoramento e rastreamento. Nessa categoria se incluem os acessórios vestíveis, tais como os relógios inteligentes, que podem verificar o padrão de sono, nível cardíaco nos exercícios e da respiração, monitoramento de sinais vitais para identificação de anormalidades, que o pode auxiliar a otimizar recursos na área de saúde.

### **2.5.5. Carros sem motorista**

O ponto de inflexão seria que os carros sem motoristas cheguem a 10% de todos os automóveis, e a expectativa dos entrevistados é de 79% que isso ocorra até 2025. A possibilidade de veículos com condução autônoma, interligados com sistemas de navegação avançados permitirão que pessoas descapacitadas a dirigir possam utilizar automóveis, aumentando sua liberdade.

A necessidade de se possuir um veículo próprio deve reduzir, pois veículos autônomos podem ser chamados por aplicativos nos moldes do Uber para realizar o

transporte quando necessário. Isso libera espaço urbano utilizado para garagens residenciais e estacionamentos de veículos para o uso das pessoas. A adequação das estradas ao uso de veículos autônomos deve reduzir drasticamente o número de acidentes de trânsito, salvando vidas e reduzindo custos no sistema público de saúde.

### 2.5.6. Impressão em 3D e saúde humana

O ponto de inflexão seria o primeiro transplante de um fígado impresso em 3D, e a expectativa dos entrevistados é de 76% que isso ocorra até 2025. A bioimpressão, que é a impressão de tecidos vivos em 3D, poderá criar os órgãos para transplante utilizando o próprio DNA da pessoa. Ela acabará com o risco de rejeição do órgão e quando esta tecnologia estiver com custo acessível e confiabilidade elevada, irá salvar vidas e reduzir os custos com a saúde pública.

## 3 PERSPECTIVAS SOBRE A ENERGIA

Até hoje, não se tem um perfeito entendimento do que é *energia*, embora nossas principais teorias científicas sustentem que a energia do universo é uma quantidade finita e imutável, não podendo ser gerada ou destruída, mas apenas modificada em sua forma aparente. Nesse sentido, vem o conceito de energia relacionado à capacidade de realização de trabalho.<sup>147</sup>

Alvares<sup>148</sup>, em 1978, argumentava que “nenhum físico soube explicar o que é energia e, quanto à sua essência, nem sequer tem ponto de referência, mas, com a física moderna, tudo se reduz, em última instância, em energia”. Passaram-se 40 anos e os avanços científicos ainda não permitem uma plena compreensão de sua natureza.

---

<sup>147</sup> “Quando se fala em energia devemos ter muita cautela, porque não se tem uma definição concisa sobre energia de um modo geral. O que devemos saber é que a existência da matéria depende diretamente da existência de energia. A palavra energia deriva do grego *enérgeia*, que significa ‘força em ação’. Devemos lembrar aqui que a energia de todo o universo é constante, ou seja, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma. Cientificamente, o conceito de energia está relacionado principalmente à realização de trabalho. Em princípio, podemos dizer que ‘Energia é a grandeza que avalia a capacidade de um sistema realizar trabalho’. No SI [Sistema Internacional de Unidades] o trabalho realizado é expresso na mesma unidade que mede a energia: N.m ou kg.m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, que equivale à unidade joule (lê-se: jaulé)”. OLIVEIRA, Sidimar. **Conceitos básicos**. Disponível em <<https://pt.scribd.com/doc/50498774/Conceitos-Basicos>>. Acesso em: 23 dez. 2017.

<sup>148</sup> ALVARES, Walter Tolentino. **Curso de direito de energia**. Rio de Janeiro: Forense, 1978. p.5.

Halliday<sup>149</sup> coloca que ainda não foi encontrada uma exceção ao princípio da conservação da energia, sendo este um dos princípios basilares de todo o conhecimento científico e que possibilita desenvolver equações com a premissa de que a quantidade total de energia de um sistema fechado não se modifica. Ou seja, numa equação, os dois termos dessa igualdade significam que a energia se transforma de um tipo em outro, mas ela se conserva.

### 3.1. CONCEITO DE ENERGIA

Entende-se, no senso comum, a energia como a capacidade de produzir um trabalho ou realizar uma ação. Notoriamente relevante tanto na química quanto na biologia, e mesmo em economia e outras áreas de cunho social, a energia se destaca como ponto fundamental, uma vez que o seu comércio move anualmente quantidades enormes de dinheiro.

Alvarez<sup>150</sup> define a energia como sendo “o estofo do Universo”, e na medida que constitui nossa própria essência e tudo o que conhecemos, conta que o escritor Mark Twain, “sem fazer humor, dizia que, se fosse pagão, ergueria uma estátua à energia e a adoraria”. Ele conclui explicando que “parece existir alguma uniformidade entre os autores em considerar a energia como a capacidade para *realizar um trabalho*. Esta seria sua mais adotada definição”.<sup>151</sup>

O conceito de energia permeia toda a atividade científica, e os modelamentos científicos levaram a simplificações aritméticas, que denominamos leis, que regem o comportamento da energia e sua capacidade de gerar trabalho.

Para mensurarmos uma quantidade de energia, utilizamos uma unidade de medida que denominamos *joule*, que, por sua vez, em sua análise dimensional, percebemos que é uma unidade derivada, que equivale a um quilograma metro quadrado por segundo quadrado. Essa unidade de energia pode ser convertida em outras unidades

---

<sup>149</sup> “Tecnicamente, a energia é uma grandeza escalar associada ao estado de um ou mais objetos; entretanto, esta definição é excessivamente vaga para ser útil para quem está começando. [...] A energia pode ser transformada de uma forma para outra e transferida de um objeto para outro, mas a quantidade total é sempre a mesma (a energia é *conservada*). Até hoje, nunca foi encontrada uma exceção desta *lei de conservação da energia*”. HALLIDAY, David, RESNICK, Robert e WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 1: mecânica**. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. p. 153.

<sup>150</sup> ALVARES, Walter Tolentino. **Curso de direito de energia**. Rio de Janeiro: Forense, 1978. p.3.

<sup>151</sup> ALVARES, Walter Tolentino. **Curso de direito de energia**. Rio de Janeiro: Forense, 1978. p.6.

mais populares em alguns contextos específicos; assim, embora a unidade oficial seja o joule, frequentemente se utiliza o (quilo)watt-hora (kWh) para medir o consumo de energia elétrica.

O watt-hora corresponde à energia transformada quando um dispositivo com potência de 1 watt opera durante um intervalo de tempo de 1 hora. Uma lâmpada cuja potência nominal é 60W, a cada 12 horas de funcionamento, transforma 720Wh (0,72kWh) de energia elétrica em outras formas de energia ( $720 \text{ Wh} = 60 \text{ W} \times 12 \text{ h}$ ).

A energia normalmente torna-se útil quando é transformada de uma forma em outra, e essa transferência de energia denomina-se *trabalho*, sobre o qual Halliday<sup>152</sup> faz a seguinte definição: “Nas transferências de energia através de uma força, dizemos que um trabalho  $W$  é realizado pela força sobre o objeto. [...] Trabalho, portanto, é a energia transferida; realizar trabalho é o ato de transferir energia. O trabalho tem a mesma unidade que a energia e é uma grandeza escalar”.

As sociedades humanas dependem cada vez mais de um elevado consumo energético para sua subsistência. Para isso, foram sendo desenvolvidos ao longo da história diversos processos de transformação, transporte e armazenamento de energia. Conforme o disposto pela primeira lei da termodinâmica, só existem, além da energia pura radiante, duas formas de energia armazenadas em um sistema: a potencial e a cinética. No cotidiano, entretanto, elas acabam recebendo nomes específicos que geralmente fazem referência explícita à natureza do sistema envolvido no armazenamento ou às plantas industriais onde estas são levadas à transformação.

Assim, tem-se a energia hidráulica como sinônimo de energia potencial gravitacional ou mesmo cinética armazenada nas águas de uma represa hidroelétrica, que, conforme o nome diz, cuida da conversão de energia “hidráulica” em energia potencial elétrica; a energia nuclear para a energia potencial associada à interação nuclear forte, ou até mesmo, em senso comum, para a energia elétrica produzida em termoelétricas cujas fontes de energia térmica são reatores nucleares; a energia eólica associada à energia cinética de movimento das massas de ar (ventos); a energia solar associada à radiação eletromagnética com origem no Sol e a energia geotérmica associada à energia térmica do interior da terra.

---

<sup>152</sup> HALLIDAY, David, RESNICK, Robert e WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 1: mecânica**. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. p. 154.

Dessa forma, chega-se aos tipos de energia que os seres humanos têm utilizado em sua evolução histórica, para garantir sua sobrevivência e melhorar sua condição de segurança, conforto e conhecimento. A energia gerada pelo sol e irradiada pelo sistema solar, que foi e continua sendo absorvida pelo planeta nesses bilhões de anos desde sua formação, é a sua principal fonte de energia.

A vida em nosso planeta iniciou de forma muito simples e evoluiu para a formação de vegetais. Esses seres, que conseguiam sobreviver usando como insumo apenas substâncias inorgânicas, são denominados autotróficos, na medida em que realizam a nutrição autotrófica (*auto* = próprio; *trofo*= alimento), que é aquela em que o ser vivo produz seu próprio alimento, ou seja, ele é capaz de produzir moléculas orgânicas que lhe servem de alimento a partir de substâncias inorgânicas que ele retira do meio em que vive. Santos, explica que “o principal processo para obtenção de alimento por seres autotróficos é a fotossíntese. Nesse processo, o ser vivo produz substâncias orgânicas utilizando como reagentes o gás carbônico e a água, produzindo glicídios e gás oxigênio. Esse processo só ocorre na presença de energia luminosa”.<sup>153</sup>

Quando os vegetais começaram a realizar a fotossíntese, reação que absorve luz solar e a armazena em uma ligação química, que, além de servir para a alimentação dos próprios vegetais, propiciou a evolução dos demais seres vivos, que, em sua quase totalidade, estão adaptados a sobreviver alimentando-se de outros animais ou vegetais. Portanto, a cadeia alimentar dos seres vivos tem em sua base a energia armazenada pelos seres autotróficos quando realizam a fotossíntese. A equação geral da fotossíntese consiste em:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{energia luminosa} \rightarrow \text{Glicídio} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . São exemplos de seres autotróficos: as plantas, algas e algumas bactérias. Esses seres também podem ser chamados de produtores, pois são eles que fornecem a energia para os demais seres vivos denominados heterotróficos.<sup>154</sup>

Os seres heterotróficos são aqueles que utilizam a nutrição heterotrófica, que Santos<sup>155</sup> explica como sendo “aquela em que o ser vivo necessita de obter matéria

---

<sup>153</sup> SANTOS, Vanessa Sardinha Dos. **O que é autotrófico e heterotrófico?**. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-autotrofico-heterotrofico.htm>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

<sup>154</sup> SANTOS, Vanessa Sardinha Dos. **O que é autotrófico e heterotrófico?**. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-autotrofico-heterotrofico.htm>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

<sup>155</sup> SANTOS, Vanessa Sardinha Dos. **O que é autotrófico e heterotrófico?**. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-autotrofico-heterotrofico.htm>>. Acesso em: 01

orgânica do meio externo, ou seja, não é capaz de produzi-la. Nesse caso, esses seres precisarão se alimentar de outro ser vivo” (consumidores) ou decompondo a matéria orgânica morta (decompositores). São exemplos de seres heterotróficos todos os animais, fungos, algumas bactérias e alguns protozoários.

A origem do processo que levou ao surgimento da fotossíntese ainda não foi compreendida com clareza, e sobre essa questão Price<sup>156</sup> expõe que as algas azul-verdes, que estão entre os organismos mais antigos documentados através de fósseis, já utilizavam um processo de duas fases de fotossíntese que se estendeu às plantas-verdes. A reação do CO<sub>2</sub> com a água, sob irradiação da luz solar, fixava carbono e liberava oxigênio, armazenando uma parte dessa energia da luz solar.

Santos<sup>157</sup> expõe ainda que os pesquisadores acreditam que os primeiros seres vivos foram seres autotróficos, provavelmente uma bactéria, pois eles entendem que “na Terra primitiva não era possível obter matéria orgânica para o desenvolvimento dos primeiros seres vivos. Provavelmente a primeira bactéria utilizou sulfeto de hidrogênio e compostos de ferro para a produção das substâncias orgânicas, uma vez que essas substâncias eram abundantes na Terra primitiva”. Essa é a hipótese mais aceita atualmente, entretanto diversas hipóteses existem para explicar a origem da vida no planeta.

Os combustíveis fósseis são o resultado da decomposição de matéria orgânica de origem animal e vegetal submetida a determinadas condições de temperatura e pressão, cuja energia contida em suas ligações químicas é oriunda da fotossíntese, ou seja, em última análise, da energia solar que as plantas conseguiram armazenar via fotossíntese. Toda a energia solar acumulada nessas reações químicas nesses bilhões de anos, desde

---

nov. 2018.

<sup>156</sup> Não está claro o mecanismo pelo qual se iniciou a fotossíntese, embora consista numa combinação de dois sistemas que podem ser encontrados isoladamente em algumas formas de vida ainda existentes. No entanto as algas azul-verdes que estão entre os organismos mais antigos documentados por via fóssil, já utilizavam este processo a duas fases, eventualmente extensivo até às plantas verdes. Esta é uma sucessão complexa de eventos que têm um resultado simples. O dióxido de carbono (que havia em abundância na atmosfera primitiva da terra) reage com a água, por intermédio da energia proveniente da luz, fixando carbono e libertando oxigênio, sendo que uma parte dessa energia é retida enquanto o carbono e o oxigênio permanecerem separados. As plantas libertam esta energia, em função das necessidades do seu processo metabólico. PRICE, David. **Energia e evolução humana**. Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

<sup>157</sup> SANTOS, Vanessa Sardinha Dos. **O que é autotrófico e heterotrófico?**. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-autotrofico-heterotrofico.htm>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

que surgiu a vida na Terra, está concentrada basicamente nos combustíveis fósseis, nos animais e nos vegetais vivos, bem como no solo na forma de matéria orgânica. Nesse sentido, Michio Kaku<sup>158</sup> explica que toda a energia vem do Sol, mesmo o petróleo e o carvão, que são, em certo sentido, a luz solar concentrada, que incidiu sobre as plantas e os animais de milhões de anos atrás.<sup>159</sup>

A enorme quantidade de energia solar armazenada quimicamente na matéria orgânica e principalmente nos combustíveis fósseis nesses bilhões de anos no planeta, e a forma relativamente barata de transformar essa energia via dispositivos que geram calor e movimento, contribuiu para a quase completa dependência atual dos combustíveis fósseis, na forma de petróleo, gás natural e carvão, para o fornecimento de energia.

Os combustíveis fósseis são um tipo de energia que até se renova, pois, os processos físico-químicos que os criaram continuam em ação, mas em uma taxa muito desproporcional à do seu consumo, assim, são considerados como energia não renovável.

Price<sup>160</sup> faz uma síntese desse processo evolutivo do planeta Terra e explica que a vida no Planeta Terra é sustentada pela energia, que realiza um ciclo que se inicia quando os organismos autotróficos retiram a energia diretamente da radiação solar, depois os organismos heterotróficos retiram energia dos autotróficos, que ao terminarem sua existência, terão essa energia devolvida ao ambiente ao se decomporem, mantendo o ciclo. Price<sup>161</sup> atenta ainda que a energia capturada lentamente por fotossíntese é armazenada na forma de densos reservatórios, que foram sendo acumulados ao longo da história da Terra, ficando à disposição dos heterotróficos, que podendo usar mais energia, evoluíram para os explorar. Ele coloca que “o Homo Sapiens pertence ao tipo heterotrófico; na verdade, a habilidade para usar a energia extrasomaticamente (exterior ao corpo) permite ao humano usar muito mais energia do que quaisquer outros heterotróficos que tenham evoluído”. A exploração dos combustíveis fósseis e o controle

---

<sup>158</sup> “Em última análise, toda a energia vem do sol. Mesmo que o petróleo e o carvão sejam, em certo sentido, a luz solar concentrada, representando a energia que caiu sobre as plantas e animais de milhões de anos atrás. Como consequência, a quantidade de energia solar concentrada armazenada dentro de um galão de gasolina é muito maior do que a energia que se pode armazenar em uma bateria. Esse foi o problema fundamental de Edison, no século passado, e é o mesmo problema hoje”. KAKU, Michio. **A Física do Futuro**. Lisboa: Bizâncio, 2011. p.209.

<sup>159</sup> KAKU, Michio. **A Física do Futuro**. Lisboa: Bizâncio, 2011. p.209.

<sup>160</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana**. Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

<sup>161</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana**. Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

do fogo, tornaram possível ao Homo Sapiens libertar, num curto intervalo de tempo, vastas quantidades de energia acumuladas muito antes do aparecimento da sua espécie.

A teoria da evolução proposta por Darwin, propõe que a vida irá evoluir de forma a se adaptar explorando todas as possibilidades disponíveis, e conforme Price<sup>162</sup> explica, “os autotróficos desenvolveram melhores técnicas para capturar e armazenar a energia do sol, os heterotróficos desenvolveram melhores técnicas para se aproveitarem disso”, e a possibilidade de locomoção independente destes, viabilizou a “procura de nutrientes, embora isso consumisse um pouco mais de energia, quando comparado com a situação de estar sujeito à ação dos elementos”.

Price faz uma análise da evolução das espécies pelo deslocamento energético, que se origina nas plantas absorvendo a energia da luz solar, e seguindo um fluxo alimentar que transporta essa energia para outras formas de vida, e explica que “na linha evolutiva, aos peixes de sangue frio e aos anfíbios seguiram-se as espécies de sangue quente, que colhem os benefícios de permanecerem ativas em ambientes de mais baixas temperaturas, consumindo ainda mais energia no processo”, e esse alto grau de mobilidade e atividade possibilitou o surgimento das espécies predadoras, que embora tivessem que investir energia para caçar outras espécies, lhes permitia acesso a um alimento de alto teor energético. Price sintetiza explicando que “ao longo da história da vida, e na medida em que reservatórios crescentemente densos de energia iam ficando disponíveis, as espécies que utilizaram quantidades crescentes de energia, evoluíram. Este é o contexto natural do Homo Sapiens, a espécie mais consumidora de energia que o mundo já conheceu”<sup>163</sup>.

Se considerarmos o planeta Terra como um sistema fechado, a energia que ele possui internamente, mais a energia que ele recebe, excluída a energia que ele emite, é toda a energia que se tem disponível aos seres e sistemas terrestres. Como explicado, a energia não pode ser criada nem destruída, mas apenas modificada na sua forma, através de interações diversas. Greene explica que todas essas interações podem ser reduzidas a combinações das quatro forças fundamentais existentes na natureza, sendo elas a

---

<sup>162</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana.** Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

<sup>163</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana.** Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

gravidade, a força eletromagnética, a força fraca e a força forte.<sup>164</sup>

Nesse sentido, Greene<sup>165</sup> faz uma breve síntese de cada uma dessas forças fundamentais, explicando que a gravidade é a força mais conhecida, é a responsável por manter a Terra em órbita do Sol e os seres vivos e objetos sobre a Terra, e que a massa de um objeto determina a força gravitacional que ele exerce ou sofre; a força eletromagnética é a segunda mais conhecida das quatro, ela é a responsável por todos os confortos da vida moderna — luzes, computadores, televisores, telefones — e está presente tanto no poder devastador das tempestades de relâmpagos quanto no toque suave da mão humana. Ele explica que “a carga elétrica de uma partícula está para a força eletromagnética assim como a massa está para a gravidade: ela determina a intensidade com que uma partícula pode exercer ou sofrer o eletromagnetismo”.<sup>166</sup>

As outras duas forças fundamentais são as forças forte e fraca, que são menos conhecidas porque a sua intensidade diminui rapidamente além das distâncias subatômicas, e assim não é familiar aos sentidos humanos, pois atuam na escala do núcleo atômico, são as chamadas forças nucleares. Greene atenta que “por essa razão só foram descobertas muito depois. A força forte é responsável por manter os quarks presos dentro dos prótons e dos nêutrons e manter os prótons e nêutrons comprimidos no interior do núcleo atômico. A força fraca é mais conhecida por ser responsável pela desintegração radioativa de elementos como o urânio e o cobalto”.<sup>167</sup>

Com base nessas quatro forças fundamentais, podemos relacionar as principais formas que fazem o balanço energético do sistema fechado Terra, sendo:

a) Força eletromagnética irradiada pelo Sol: a principal fonte de energia do planeta Terra, que é necessária para a fotossíntese e por consequência da manutenção de toda a cadeia alimentar da vida no planeta. Essa energia deu origem aos combustíveis fósseis através da energia acumulada nas moléculas orgânicas produzidas pelas plantas. Ela que mantêm o ciclo da maioria dos sistemas terrestres, viabilizando diversos sistemas de geração de energia elétrica tais como a hidrelétrica, a eólica e a biomassa. A geração

---

<sup>164</sup> GREENE, Brian. **O Universo elegante: supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva**; tradução José Viegas Filho. Companhia das Letras, São Paulo. 2010. p.11.

<sup>165</sup> GREENE, Brian. **O Universo elegante: supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva**; tradução José Viegas Filho. Companhia das Letras, São Paulo. 2010. p.11-12.

<sup>166</sup> GREENE, Brian. **O Universo elegante: supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva**; tradução José Viegas Filho. Companhia das Letras, São Paulo. 2010. p.11-12.

<sup>167</sup> GREENE, Brian. **O Universo elegante: supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva**; tradução José Viegas Filho. Companhia das Letras, São Paulo. 2010. p.11-12.

solar fotovoltaica é considerada atualmente a principal possibilidade de geração de energia para o futuro.

b) Força gravitacional: Há três corpos principais cuja gravidade gera efeitos no planeta, sendo a própria Terra, o Sol e a Lua. A gravidade terrestre pode ser aproveitada em função das diferenças de potenciais gravitacionais, o que viabiliza a geração hidrelétrica. A interação gravitacional entre a Terra, o Sol e a Lua produzem o movimento das marés, que pode ser utilizado para geração de energia elétrica.

c) Força fraca: É responsável pelo decaimento radioativo, possibilitando a obtenção de energia pela fissão nuclear, utilizada nos atuais reatores de energia nuclear. O decaimento radioativo dos elementos atômicos existentes no núcleo do planeta, aquece o núcleo e possibilita manter o campo eletromagnético do planeta ativo, que é essencial para a preservação da atmosfera e da vida.

d) Força forte: É responsável pela fusão nuclear, que no âmbito da Terra só ocorre de forma experimental e ainda não possui rendimento positivo para gerar energia elétrica, pois consome mais energia elétrica para manter a fusão em funcionamento do que a energia obtida pela fusão nuclear. É a fonte de energia que sustenta o Sol e as demais estrelas.

Assim, toda a energia que a humanidade tem disponível se origina das interações das forças fundamentais relacionadas, e é importante um planejamento estratégico para que se possa maximizar o aproveitamento dessas fontes de energia, de forma a alcançar a segurança e sustentabilidade.

## 3.2. EVOLUÇÃO DO USO DA ENERGIA

### 3.2.1. Máquina a vapor

A máquina a vapor foi a fonte de energia utilizada durante a 1ª RI, e viabilizou as primeiras máquinas térmicas, valendo-se normalmente do uso de combustível fóssil para produzir energia. Seu funcionamento básico é aquecer a água até esta se transformar em vapor, o que gera um movimento de expansão de gases que acaba por gerar algum tipo de movimento mecânico, que é utilizado para movimentar máquinas.

Como todas as máquinas térmicas, a máquina a vapor funciona baseado no

princípio de que o calor é uma forma de energia, e pode ser utilizado para produzir trabalho, através das previsões das leis da termodinâmica. Até hoje ainda é utilizada, por exemplo, nos reatores nucleares que servem para a geração de eletricidade.

### 3.2.2. Termoelétricas

Energia termoelétrica é aquela gerada a partir da queima de combustíveis fósseis (diesel, carvão mineral, gás natural, gasolina, etc.) realizada nas usinas termoelétricas.

Ainda hoje é comum existir investimentos em geração por termoelétricas, em função de algumas vantagens comparativas com as outras formas de geração. Comparativamente com as usinas hidrelétricas, as termoelétricas são mais rápidas para se construir, podendo assim suprir carências de energia de forma mais rápida, podem ser instaladas em locais próximos às regiões de consumo, reduzindo o custo com torres e linhas de transmissão e acabam sendo alternativas para países que não possuem disponibilidade para geração por outros tipos de fontes de energia. Contudo, apresentam desvantagens significativas, como o fato de utilizarem combustíveis fósseis para combustão e geração de energia, o que libera grandes quantidades de poluentes na atmosfera, que são responsáveis pelo efeito estufa e do aquecimento global, não sendo uma tecnologia sustentável. Ainda há perspectiva de aumento no seu custo de geração, em função da expectativa de aumento de preço para os combustíveis fósseis, devido à redução de sua disponibilidade.

### 3.3. TECNOLOGIAS ATUAIS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Na atualidade é possível encontrar diversas formas de geração de energia elétrica, desde as mais primitivas e remotas até as mais modernas e sustentáveis, e todas são de grande relevância para as pessoas, estados e toda a economia mundial. A incorporação crescente das novas tecnologias sem emissão de carbono na atmosfera e as sustentáveis, não levou à extinção das formas até então utilizadas para geração, tais como as termoelétricas, que usam a queima de combustível para geração de energia elétrica, com a consequente emissão de carbono na atmosfera.

A evolução do conhecimento científico no último século, notadamente no campo da física quântica e de partículas, levou a grandes avanços na compreensão e desenvolvimento de dispositivos de geração e armazenamento de energia; no entanto tudo indica que, no curto prazo, não há uma solução tecnológica econômica o suficiente para a rápida substituição do uso dos combustíveis fósseis. Nesse sentido, Michio Kaku<sup>168</sup> analisa que o mais provável será uma mistura de formas de geração de energia, como eólica, solar, hidrelétrica, sem nenhuma predominante, e que a contínua queda dos preços dos painéis solares, combinada com a ascensão dos preços dos combustíveis fósseis, trará a viabilidade econômica da tecnologia de geração por painéis solares.

Há um rol de tecnologias conhecidas para a geração de energia, que já estão substituindo ou devem ir substituindo gradualmente o uso de combustíveis fósseis, dentre as quais se destacam a energia hidrelétrica, biomassa, energia eólica, a energia solar (células solares), a energia oceânica e a energia nuclear por cisão; e outras que estão em desenvolvimento e devem, no futuro, se tornar viáveis técnica e economicamente, tal como a energia por fusão nuclear.

### 3.3.1. Energia Hidrelétrica

A energia hidrelétrica é uma tecnologia secular de geração elétrica consolidada, economicamente competitiva e segura. Com as crises do petróleo das décadas de 70 e 80, verificou-se um movimento de instalação de indústrias multinacionais para alguns países com disponibilidade hídrica, dentre os quais o Brasil. Em 2014, cerca de 16,6% da produção global de eletricidade, estimada em 3900 TWh, foi oriunda de usinas hidrelétricas, o que representou aproximadamente 73% da eletricidade gerada por fontes renováveis<sup>169</sup>.

A energia hidrelétrica tem sido a principal fonte de geração do sistema elétrico brasileiro por várias décadas, mas apesar das inúmeras vantagens, ela enfrenta hoje dificuldades para sua expansão devido aos seus impactos socioambientais negativos devido às áreas alagadas e ao elevados investimentos necessários para sua construção,

---

<sup>168</sup> KAKU, Michio. **A Física do Futuro**. Lisboa: Bizâncio, 2011. p.208.

<sup>169</sup> **Energia Renovável - EPE.** Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Documents/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>>. Acesso em 08 out. 2017.

aliado as grandes distâncias que os novos locais de aproveitamento estão dos principais centros de consumo, necessitando investimentos adicionais em linhas de transmissão dessa energia.

### **3.3.2. Energia por Biomassa**

A Biomassa é provavelmente a mais antiga fonte de energia utilizada pelo ser humano, sendo que seu próprio meio de obtenção e uso progrediram juntos, desde a lenha catada para cocção, proteção e aquecimento, até as modernas práticas de produção silvo-agropecuárias e industriais, de transformação e uso de biocombustíveis para geração de calor, força motriz e eletricidade.

Biomassa é qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica, dos quais se excluem os combustíveis fósseis, embora estes também sejam derivados da vida vegetal (carvão mineral) ou mineral (petróleo e gás natural), mas são resultado de várias transformações que requerem milhões de anos para acontecerem. De acordo com a sua origem, a biomassa pode ser: florestal (madeira, principalmente), agrícola (soja, arroz, cana-de-açúcar, entre outras) e rejeitos urbanos e industriais (resíduos sólidos ou líquidos). A utilização da biomassa como fonte de energia elétrica vem crescendo ano após ano no Brasil, principalmente em sistemas de cogeração (pela qual é possível obter energia térmica e elétrica).

A biomassa é uma energia renovável pois é obtida com recursos naturais que podem ser regenerados, em curto e médio prazos. O fundamento para sua sustentabilidade é a manutenção do ciclo do carbono, que tem início quando as plantas e outros organismos autótrofos absorvem o gás carbônico da atmosfera para utilizá-lo na fotossíntese e o carbono é devolvido ao meio na mesma velocidade em que é sintetizado pelos produtores, pois a devolução de carbono ocorre continuamente por meio da respiração durante a vida dos seres. Este processo ocorre na medida em que as plantas absorvem a energia solar e  $\text{CO}_2$  da atmosfera, gerando oxigênio e açúcares, como a glicose, por meio da fotossíntese, a qual é alicerce para o crescimento das plantas. Por sua vez, os animais e as plantas consomem a glicose durante o processo de respiração, emitindo novamente  $\text{CO}_2$ . Por exemplo, o etanol é uma fonte de energia renovável, pois provém usualmente da cana de açúcar, que tem um ciclo desde o plantio até a colheita, que absorve  $\text{CO}_2$  e posteriormente

com a queima do etanol o CO<sub>2</sub> retorna para a atmosfera, gerando um ciclo fechado de carbono.

Segundo dados da Associação Mundial de Bioenergia (WBA, 2014), em 2011, o consumo total de bioeletricidade totalizou 348 TWh. A biomassa sólida respondeu por 65% deste valor, seguido dos resíduos com 22% e do biogás com 12%. Entre 2000 e 2012, a geração elétrica a biomassa cresceu 140% no mundo, chegando em 439 TWh, onde a Europa responde por 40% desse total, as Américas por 32%, a Ásia por 27% e Oceania e África juntas com 4,74%.

### 3.3.3. Energia Eólica

No curto prazo, a melhor possibilidade de energia renovável parece ser a energia eólica, que registrou um crescimento de 17 GW em 2000 para 433 GW em 2015, conforme a GWEC<sup>170</sup>. Os países com maior capacidade instalada são: 1) China com 145,4 GW; 2) Estados Unidos com 74,5 GW; 3) Alemanha com 44,9 GW; 4) Índia com 25,1 GW; 5) Espanha com 23 GW; 6) Reino Unido com 13,6 GW; 7) Canadá com 11,2 GW; 8) França com 10,4 GW; 9) Itália com 9 GW e 10) Brasil com 8,7 GW. No mundo, a Dinamarca apresenta a maior proporção de geração eólica em relação à geração total do país, de 41,4%. Em Portugal, a proporção é de 23,3%; na Irlanda, é de 20%; e na Espanha, de 19,1%. Nos demais países, a proporção fica abaixo de 10%<sup>171</sup>.

No Brasil, conforme informação no Portal Brasil, capacidade instalada eólica chegará aos 24GW em 2024, sendo que a região nordeste terá 45% da sua energia de origem eólica.

Com esses dados percebe-se que a energia eólica já atingiu tal grau de maturidade que sua viabilidade econômica e ambiental consolida seu projeto de expansão e de desenvolvimento tecnológico, sendo a forma de energia renovável com maior expansão na última década.

---

<sup>170</sup> A capacidade instalada eólica brasileira deverá chegar a 24 GW em 2024, conforme o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2024). O Nordeste vai ter 45% da sua energia gerada pelos ventos em 2024 (21 GW de fonte eólica). Considerando-se também a energia solar, o indicador deverá chegar a 50%. A perspectiva é de que as fontes solar e eólica tornarão a região Nordeste exportadora de energia elétrica em dez anos, frente à situação de equilíbrio, verificada em 2014; GWEC - Global Wind Energy Council. Disponível em: <<http://www.gwec.net/global-figures/graphs/>>. Acesso em: 08 out. 2017.

<sup>171</sup> Portal Brasil. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/01/brasil-sobe-5-posicoes-em-ranking-mundial-eolico>>. Acesso em: 08 out. 2017.

### 3.3.4. Energia Solar

A energia solar possui duas tecnologias de geração, a fotovoltaica, que consiste na conversão direta da luz em eletricidade; e a heliotérmica, que é uma forma de geração termelétrica, na qual um fluido é aquecido a partir da energia solar para produzir vapor. Dessas duas tecnologias, a fotovoltaica é a que vem conquistando mais mercado nos últimos anos, representando 98% da capacidade instalada entre as duas fontes em 2014.

A grande expansão das células solares fotovoltaicas, cuja potência mundial instalada cresceu de 16GWp em 2008 para 177GWp em 2014, o que tem reduzido os custos de produção, deixando-o competitivo com as fontes de energia convencionais em várias regiões geográficas, tornando-se a terceira fonte de energia renovável em nível global, após a hidroelétrica e a eólica. Contudo, ainda existem dificuldades técnicas a serem superadas, Michio Kaku<sup>172</sup> explica que as células solares funcionam convertendo luz solar diretamente em eletricidade, entretanto, mesmo após décadas de trabalho árduo de engenheiros e cientistas, a eficiência da conversão de energia solar em elétrica dessas células, em 2011, era de aproximadamente 15 por cento, e o aumento dessa eficiência é um problema técnico difícil de solucionar, e também se busca a redução do custo de fabricação dessas células via economia de escala e novas tecnologias.

### 3.3.5. Energia Oceânica ou Gravitacional

A energia oceânica pode ser classificada em função de sua origem, sendo de maior relevância para a geração elétrica as advindas das marés, ondas e correntes marinhas. Ao final de 2014, a capacidade mundial instalada em projetos de geração oceânica era de 534 MW, a maioria categorizada como “energia de marés”, estando essa

---

<sup>172</sup> As células solares funcionam convertendo a luz solar diretamente em eletricidade. (Este processo foi explicado por Einstein em 1905. Quando uma partícula de luz, ou fóton, atinge um metal, ele chuta para fora um elétron, criando assim uma corrente.) As células solares, no entanto, não são eficientes. Mesmo depois de décadas de trabalho árduo por parte de engenheiros e cientistas, para a eficiência da célula solar de cerca de 15 por cento. Assim a pesquisa foi em duas direções. A primeira é aumentar a eficiência das células solares, que é um problema técnico muito difícil. A outra é a redução do custo da fabricação, instalação e construção de parques solares. KAKU, Michio. **A Física do Futuro**. Lisboa: Bizâncio, 2011. p.209

potência concentrada em dois grandes projetos, um deles localizado na França (240 MW), que entrou em operação em 1966, e outro na Coreia do Sul (254 MW), completado em 2011.

Essa energia também pode ser chamada de gravitacional, pois ela tem origem na interação gravitacional da Terra com a Lua e o Sol. Por não ter origem na irradiação eletromagnética do Sol, ela é uma importante forma de obtenção de energia, na medida em que eventual dificuldade de captação da energia luminosa do Sol, não afeta diretamente a geração de energia pelo movimento das águas oceânicas.

Os custos elevados de implantação desses projetos de geração através de energia oceânica, têm levado a pouca utilização desse tipo de energia. Contudo, há uma grande expectativa quanto ao futuro do uso dessa energia, na medida em que novos projetos mais tecnológicos e econômicos estão sendo desenvolvidos. O uso dessa energia como forma complementar e integrada à outras fontes de geração, deve num futuro próximo ganhar escala de utilização.

### **3.3.6. Energia Nuclear por Cisão**

A energia nuclear que atualmente é utilizada para geração de energia elétrica é do tipo denominado Cisão Nuclear. A energia nuclear não tem origem na energia irradiada pelo nosso sol, mas na divisão do átomo de urânio nesse caso. Ela possui a vantagem de não produzir grandes quantidades de gases de efeito estufa, como ocorre com a queima do carvão e derivados de petróleo, mas produz grandes quantidades de lixo nuclear, que é radioativo por milhares a dezenas de milhões de anos e não se tem local adequado para seu armazenamento. Os acidentes de Three Mile Island nos EUA em 1979, Chernobyl na Ucrânia em 1986 e mais recentemente em Fukushima no Japão em 2011 exibiram ao mundo os riscos de segurança existentes, e no momento o futuro da energia nuclear não é claro, e o mercado está avaliando os riscos e benefícios de se investir nesse tipo de tecnologia.

Price calcula que a energia nuclear só representa cerca de 5,2% do total de energia que o mundo necessita no momento, mas que “Os reatores de cisão nuclear poderiam ter uma cota parte bastante maior, especialmente se fossem utilizados reatores reprodutores rápidos (*fast-breeder*). No entanto qualquer um com um reator reprodutor

rápido pode fabricar armas nucleares, pelo que existe uma considerável pressão política para impedir a sua proliferação.”<sup>173</sup>

Considerando o alto custo de construção das usinas nucleares e os riscos envolvidos, não parece provável que ela possa contribuir para a satisfação das necessidades energéticas mundiais, que se estima deve dobrar nos próximos 35 anos.

### 3.3.7. Tecnologias disruptivas no sistema elétrico

Os sistemas de micro e minigeração de energia elétrica interligados à rede de distribuição, chamados comumente de *geração distribuída*, possibilitam uma excelente forma de complementariedade na geração de energia elétrica, pois, as múltiplas formas de geração de energia elétrica, em especial àquelas sustentáveis, ao atuarem de forma simultânea e complementar, aumentam a estabilidade do fornecimento contínuo de energia sustentável.

A tecnologia mais utilizada atualmente nesse sentido, que é o uso de painéis solares para geração fotovoltaica em conjunto com a interligação à rede via geração distribuída, ilustra essa complementariedade, pois durante o dia geram energia para o consumo interno da residência ou empresa, e seu eventual excedente é injetado na rede de distribuição de energia, compensando total ou parcialmente a energia que será consumida pela unidade durante o período noturno, quando não há geração de energia solar. Isso possibilita a distribuidora de energia reduzir a energia injetada na rede de distribuição durante o dia e ampliá-las no período noturno, conforme a alteração na demanda.

A geração solar distribuída permite ainda redução de custo na logística do abastecimento em regiões pouco povoadas, onde o custo de construção de grandes linhas de distribuição é elevado, bem como as perdas na distribuição na energia em grandes distâncias. O consumo da energia no local onde ela está sendo gerada elimina essa perda na distribuição.

---

<sup>173</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana**. Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

### 3.4. PERSPECTIVAS NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A transição da atual matriz de geração de energia elétrica no Brasil, contemplando sua ampliação de forma sustentável, em sintonia com o estado da arte, deve incluir fortemente a geração solar. Nesse sentido, Tolmasquim<sup>174</sup> esclarece que o Brasil está situado numa latitude que propicia uma incidência mais vertical dos raios solares. Esta condição favorece elevados índices de irradiação em quase todo o território nacional. Adicionalmente, a proximidade à linha do equador faz com que haja pouca variação na incidência solar ao longo do ano. Dessa forma, mesmo no inverno pode haver bons níveis de irradiação. Essas condições conferem ao país algumas vantagens para o aproveitamento energético do recurso solar, e é uma característica muito favorável ao Brasil no cenário que se avizinha na geração de energia solar.

A Terra recebe continuamente 165.000 terawatts de energia emitida pelo Sol. Atualmente precisamos de 15 terawatts para alimentar todas as necessidades energéticas da humanidade, o que equivale a aproximadamente 0,01% da energia total que o Sol incide no planeta. Em 2050, estima-se que o mundo precisará de 30 Terawatts de energia.<sup>175</sup> O desenvolvimento de dispositivos que tenham a capacidade de transformar com eficiência a energia irradiada pelo Sol em energia elétrica tende a ser melhor solução de longo prazo em termos de sustentabilidade energética. Estimam que 36 trilhões de dólares americanos precisem ser investidos no setor de energia até 2050 para manter o crescimento econômico e desenvolver soluções de geração de energia limpa. Em 2011 apenas 20% da energia elétrica gerada no mundo eram de fontes livre da emissão de carbono e pretende-se que até 2035 essa fração chegue a 40%.<sup>175</sup>

Tolmasquim lembra que o aproveitamento do Sol para geração elétrica esteve historicamente ligado à geração fotovoltaica. No final do século passado se desenvolveu no Brasil programas de eletrificação rural fazendo uso dessa tecnologia. Mas somente na década atual é que ela começou a ganhar abrangência nacional, com a regulamentação da geração distribuída conectada à rede e com a realização de leilões específicos para sua

---

<sup>174</sup> TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. EPE: Rio de Janeiro, 2016. p. 311.

<sup>175</sup> BBC – HORIZONS. **AN INSIGHT INTO THE FUTURE OF GLOBAL BUSINESS** - Disponível em: <<http://www.bbc.com/specialfeatures/horizonsbusiness/wp-content/uploads/2013/04/Energy1.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2018.

contratação na forma de plantas centralizadas.<sup>176</sup>

#### 4 SUSTENTABILIDADE MULTIDIMENSIONAL

A sustentabilidade implica a manutenção das condições necessárias para sustentar um processo ou sistema por um determinado tempo. Então, nessa visão antropocêntrica, para que a vida humana seja possível, há a necessidade de várias condições, e a manutenção dessas condições ideais ao longo do tempo é o que se entende por sustentabilidade da vida humana.

A busca da proteção ao meio ambiente leva a processos mais dispendiosos à atividade econômica, e várias soluções econômicas e jurídicas foram propostas, tais como taxas a serem pagas como uma espécie de indenização proporcional à poluição gerada. Nesse sentido, Ronald Coase<sup>177</sup>, que tem uma visão utilitarista, argumenta que, independentemente de quem tem a responsabilidade de indenizar, existe uma solução ótima (ideal) para o caso concreto que será sempre a mesma e se fundamenta em valores de eficiência econômica para tanto. Assim, para ele, a solução ótima seria aquela menos custosa e que maximiza o ganho entre as partes em conflito indenizatório, e, nesse sentido, as leis e o direito apenas definiriam quem deveria pagar os custos, mas não poderiam modificar a solução ideal.

Douglass North<sup>178</sup> acrescenta que o desempenho econômico também depende da redução dos custos de transação, e que as modificações nas instituições, quando conseguem alcançar modelos realísticos, promove uma melhora incremental na economia, que, ao longo do tempo, leva esse processo à eficiência econômica. E a realidade é que os recursos naturais são limitados e alguns como os combustíveis fósseis estão sendo consumidos de forma a levar ao seu exaurimento em prazo exíguo.

Essa aparente contradição entre o desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente tem o seu ponto de equilíbrio na sustentabilidade, que é o limite para que seja possível alcançar um desenvolvimento duradouro. Um

---

<sup>176</sup> TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. EPE: Rio de Janeiro, 2016. p.312.

<sup>177</sup> COASE, Ronald H. **The Problem of Social Cost**. Journal of Law and Economics, Vol. 3, pp. 1-44, out. 1960.

<sup>178</sup> NORTH, Douglass Cecil. **Institutions, institutional change and economic performance**. Cambridge University Press 1990.

desenvolvimento econômico com base em políticas insustentáveis não será consistente e em algum tempo irá decair, e uma preservação exagerada dos recursos torna moroso o desenvolvimento econômico, o que dificulta a solução dos problemas sociais. O caminho para o desenvolvimento passa pela sustentabilidade em suas várias formas.

Nesse sentido, Freitas coloca que “a sustentabilidade merece acolhida, antes de mais, como princípio constitucional que determina promover, a longo prazo, o desenvolvimento propício ao bem-estar pluridimensional (social, econômico, ético, ambiental e jurídico-político), com reconhecimento da titularidade de direitos fundamentais das gerações presentes e futuras”.<sup>179</sup> Argumenta ainda que a sustentabilidade é o vetor que pode recalibrar o modo de pensar e gerir o destino comum, na medida em que é preciso harmonizar os interesses das gerações presentes e futuras. Freitas explica que “a sustentabilidade aparece, nessa linha, como dever ético e jurídico-político de viabilizar o bem-estar no presente, sem prejuízo do bem-estar futuro, próprio e de terceiros.

Segundo Freitas<sup>180</sup>, “a sustentabilidade, numa fórmula sintética, consiste em assegurar, de forma inédita, as condições propícias ao bem-estar físico e psíquico no presente, sem empobrecer e inviabilizar o bem-estar no amanhã, razão pela qual implica o abandono, um a um, dos modelos insatisfatórios de praxe”. Nesse sentido, Freitas<sup>181</sup> critica os abusos ao meio ambiente motivados exclusivamente em maximizar o desempenho econômico, e alerta que tende a cessar “o barbarismo injustificável dos que apostam no crescimento econômico pelo crescimento, nas perdas irreparáveis da biodiversidade e na devastação da biosfera como método. Resgata-se o equilíbrio ecológico dinâmico, mediante alocação inteligente de serviços naturais”. Para isso, deve-se combater os vícios da política e nesse sentido “o princípio da sustentabilidade se insurge contra o pensar característico da plutocracia intencionalmente cega, que finge desconhecer a natureza como bem escasso e insiste na falta de empatia ou na desregulatória exclusão hostil do ser humano do mundo natural ou biológico”. Para se alcançar esse intento, Freitas entende ser imprescindível criar “mapas neurais” e promover as transformações correspondentes em hábitos e instituições, a despeito de relutâncias inerciais.

---

<sup>179</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.15.

<sup>180</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.16.

<sup>181</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.16.

Nesse sentido, Martinez e Mamed<sup>182</sup> explicam que Sen “defende que ser sustentável não deveria somente remeter ao conceito do relatório Brundtland [...] segundo ele, esta visão é um tanto quanto ‘acanhada’ a respeito da humanidade, pois ‘não somos somente pacientes, cujas necessidades exigem atenção, mas também agentes, cuja liberdade de decidir quais são seus valores e como buscá-los pode estender-se muito além da satisfação de nossas necessidades’”. (apud SEN e KLINGSBERG, 2010, p. 65)<sup>183</sup>. Uma releitura livre da visão de Sen sobre o desenvolvimento sustentável poderia ser que este seria um procedimento de geração de *capabilities* que permitirá às gerações posteriores terem mais *capabilities*.

Price<sup>184</sup> trata da sustentabilidade pela ótica do balanço energético do planeta Terra, como um sistema fechado, e pelas transformações físicas e químicas existentes nele, que transportam essa energia entre os lugares e entre as espécies, e nesse sentido ele explica que “a noção de equilíbrio na natureza é uma parte integrante da cosmologia ocidental tradicional. Mas a ciência não encontrou tal equilíbrio. De acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, a energia flui de áreas de maior concentração para áreas de menor concentração, e os processos locais seguem este comportamento”. Dessa forma ele esclarece que o princípio antrópico, analisado pela perspectiva das transferências de energia entre os seres vivos, segue esse caminho das áreas de maior concentração, para as de menor concentração, e explica que “os organismos vivos podem acumular energia temporariamente, mas com o decorrer do tempo o que prevalece é a entropia. As diversas formas de vida que cobrem a Terra têm vindo a acumular energia desde há três mil milhões de anos, não o podendo fazer indefinidamente. Cedo ou tarde, a energia acumulada deverá ser libertada”.<sup>185</sup> A evolução humana se deu nesse contexto bioenergético e é determinante para o futuro da nossa espécie.

Nesse raciocínio de buscar o equilíbrio, que torne viável a existência dos processos que se pretender proteger, Freitas<sup>186</sup> argumenta que a sustentabilidade

---

<sup>182</sup> MARTINEZ, Sérgio Rodrigo; MAMED, Danielle de Ouro. **Economia e Meio Ambiente: Contribuições de Amartya Sen à Ética do Desenvolvimento e Sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=126c2da128e5b044>>. Acesso em: 29 dez. 2017. p.13.

<sup>183</sup> SEN, Amartya e KLINGSBERG, Bernard. **As pessoas em primeiro lugar: a ética do desenvolvimento e os problemas do mundo globalizado**. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

<sup>184</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana**. Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

<sup>185</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana**. Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

<sup>186</sup> Sustentabilidade, nesse contexto, representa formidável e vital compromisso, pronunciadamente: (a)

representa um compromisso com uma série de condições, que confere o caráter multidimensional da sustentabilidade, e deve contemplar as dimensões ambiental, econômica, ética, jurídico-política e a social.

No que se refere à dimensão econômica da sustentabilidade, Freitas<sup>187</sup> reforça que “a economicidade implica a vedação do desperdício *lato sensu*, assim como robustece a responsabilidade fiscal e o incentivo à inovação responsável, sobretudo tendo em vista a chamada “quarta revolução industrial”” e nesse sentido, argumenta que “a regulação do mercado tem que acontecer de maneira que a eficiência guarde mensurável subordinação à eficácia (nunca o contrário), ou seja, de nada serve idolatrar a eficiência se estar conspirar contra a eficácia multidimensional”.

#### 4.1. ANTROPOCENTRISMO

Estima-se que a vida surgiu na Terra há pouco mais de 3,5 bilhões de anos<sup>188</sup> e considerando que a idade do planeta é calculada em 4,5 bilhões de anos, a vida surgiu de forma relativamente rápida e veio evoluindo em meio a eventos cataclísmicos que por várias vezes quase a extinguiram. Se o tempo de surgimento do planeta Terra até os dias atuais estivesse numa escala equivalente a duração de um ano terrestre, em 28 de março já existiriam as primeiras bactérias e o Homo Sapiens surgiria no dia 31 de dezembro, às 23h36min51s.

Nessa escala temporal, a ótica antropocêntrica do desenvolvimento sustentável parece um tanto pretenciosa, mas a espécie humana nessa fração mínima de tempo, atingiu uma superioridade intelectual tão significativa com relação às demais

---

com a equidade intra e intergeracional; (b) com os benefícios líquidos – sociais, ambientais e econômicos; (c) com o foco permanente na economia de baixo carbono e de máxima intangibilidade possível; (d) com as inovações (incrementais e disruptivas), inclusivas e solidárias; (e) com a adoção de parâmetros para diagnosticar a congruência e a consistência de opções coletivas, desativando a tragédia dos bens comuns; (f) com o pensamento prospectivo de prevenção e precaução, que reconfigura sensivelmente o controle de constitucionalidade e prescreve avaliação – preferencialmente *ex ante* – de impactos das políticas públicas e (g) com a amálgama retemperada da lógica dialética e da hermenêutica, que não pensa, em separado e de modo fragmentário, o ambiental, o econômico, o ético, o jurídico-político e o social. FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.16.

<sup>187</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.342.

<sup>188</sup> CPRM. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Breve História da Terra**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Breve-Historia-da-Terra-1094.html>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

espécies que dominou todos os continentes com o aumento expressivo de sua população e vêm modificando de tal forma o planeta que já se deu conta que precisa adequar o uso dos recursos naturais à níveis sustentáveis de crescimento.

Talvez a grande conquista do Homo Sapiens foi ter desenvolvido o conhecimento científico a ponto de compreender, ainda que atualmente de forma bastante incompleta, o funcionamento de todo universo. Esse conhecimento científico, incremental e contínuo, que se iniciou com a comunicação oral, evoluindo para a escrita, que possibilitou que as gerações futuras aprendessem com os escritos das gerações anteriores e pudessem ir acrescentando conhecimento documentado, que culminou no princípio científico, que trouxe razoabilidade e previsibilidade ao conhecimento.

Uma das principais características do conhecimento científico é a sistematização, gerando um conhecimento ordenado, ou seja, criado a partir de um conjunto de ideias que formam uma teoria. Essa teoria ou idéia deve ser verificada e comprovada sob a ótica da ciência para que possa fazer parte do conhecimento científico. O conhecimento científico também é falível, isso significa que não é definitivo, pois determinada idéia ou teoria pode ser derrubada e substituída por outra, a partir de novas comprovações e experimentações científicas.

A ótica antropocentrista, aparenta estar sendo utilizada como base referencial para se analisar o desenvolvimento sustentável, na medida em que o principal processo que se visa sustentar é o da vida humana. O meio ambiente e toda a biodiversidade, aparenta receber atenção mais como insumo necessário à preservação da vida humana do que como um valor em si mesmo, especialmente quando o conflito de interesses entre os dois valores é colocado à prova, apesar do desconforto dessa constatação.

Nesse sentido, Silva<sup>189</sup> argumenta sobre a prevalência da perspectiva antropocêntrica no Brasil, onde “a concepção vigente é de que o meio ambiente deve ser preservado porque ele é útil ou ao menos necessário à sadia qualidade de vida. É tão clara esta dimensão, que até mesmo o art. 225 da Constituição Federal de 1988 a incorporou quando dispôs: todos (norma direcionada aos seres humanos) têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo (visão antropocêntrica) e essencial à sadia qualidade de vida (visão antropocêntrica), impondo-

---

<sup>189</sup> SILVA, Carlos Sérgio Gurgel. **Tutela ambiental antropocêntrica: considerações sobre a realidade brasileira.** Revista Jus Navigandi, ISSN 15184862, Teresina, ano 17, n. 3411, 2 nov. 2012. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/22926>>. Acesso em: 2 jul. 2017.

se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-la e preservá-la para às presentes e futuras gerações (visão antropocêntrica)” e conclui que “no choque de interesses entre o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental e manutenção dos interesses indígenas, estes últimos cederam em função do primeiro, o que revela a prevalência da concepção antropocêntrica de desenvolvimento que tem permeado a política ambiental brasileira”, do que exemplifica com o caso da Usina Hidroelétrica de Belo Monte, cuja área de alagamento está dentro da reserva indígena do Xingu, e prejudicará a subsistência das comunidades indígenas ribeirinhas e da riquíssima biodiversidade ali existente, mas que apesar disso, o governo tem posição firmada em implantar tal barragem no Rio Xingu.

Nessa mesma ótica antropocêntrica, a Constituição quando trata da Ordem Econômica e Financeira, em seu art. 170, VI, determina que deve ser observado a defesa do meio ambiente, buscando uma coexistência harmônica entre economia e meio ambiente. Scherwitz<sup>190</sup>, argumenta que nessa “visão antropocêntrica, a pessoa humana é o destinatário da norma constitucional e o homem é o único capaz de proteger e preservar o meio ambiente. De acordo com essa visão, o bem ambiental está voltado para a satisfação das necessidades humanas, protegendo “indiretamente” outras formas de vida”.

Isso parece decorrer do fato de atualmente, a espécie humana ser a única reconhecidamente capaz de compreender e desenvolver o conhecimento científico, de forma a evitar que o sucesso de sua evolução venha a inviabilizar o seu próprio futuro. Nesse sentido, as ciências sociais, inclusive as ciências jurídicas, podem ajudar a compreender as restrições de condutas necessárias e a criação de uma convergência nas ações humanas direcionadas para alcançar a sustentabilidade com desenvolvimento.

No que se refere ao uso da energia, a visão antropocêntrica parece ter relação com o fato do ser humano utilizar a energia extrasomaticamente, ou seja, utiliza a energia não apenas para alimentar seu próprio corpo, mas também faz com que a energia produza trabalho em favor de seus interesses. Isso possibilitou aos humanos utilizar muito mais energia que qualquer outra espécie já existente, e já conseguiu liberar, num breve instante de tempo da história da Terra, vastas quantidades de energia acumulada.

---

<sup>190</sup> SCHERWITZ, Débora Perilo. **As visões antropocêntrica, biocêntrica e ecocêntrica do direito dos animais no Direito Ambiental.** Disponível em: <<http://revista.zumbidospalmares.edu.br/images/stories/pdf/edicao-3/visoes-biocentrica-ecocentrica.pdf>>. Acesso em: 2 jul. 2017.

Price<sup>191</sup> explica que o uso da energia extrasomática, permitiu aos seres humanos grandes modificações no seu ambiente, de forma a ampliar sobremaneira seus recursos de base, excedendo em muito suas necessidades, e isto “permitiu uma expansão de população de uma forma extrema, semelhante às situações criadas com a introdução de espécies não autóctones, propiciando assim novos habitats, tal como é o caso dos coelhos na Austrália ou dos besouros japoneses nos Estados Unidos.” A população mundial em 2017 era de mais de 7,6 bilhões de seres humanos, que é sustentada e continua a crescer devido ao uso de energia extrasomática.

Price<sup>192</sup> faz uma reflexão sobre a evolução humana e vê o futuro com preocupação, na medida em que a grande maioria da humanidade não compreende a importância desse equilíbrio energético e a iminência do esgotamento dos recursos, e observa que a espécie humana pode ser vista como tendo evoluído a serviço da entropia, e não é “expectável que sobreviva às acumulações densas de energia, que ajudou a configurar o seu meio. Os seres humanos gostam de acreditar que controlam o seu destino, mas quando se faz uma retrospectiva da história da vida na Terra, a evolução do Homo Sapiens é apenas um episódio passageiro que atua no sentido de promover o equilíbrio energético do planeta”.<sup>193</sup>

Price<sup>194</sup> argumenta que muitos acreditam que as ações humanas podem evitar essas possíveis catástrofes, evitando, por exemplo, a degradação ambiental e o crescimento demográfico, sustentando que com uma população estável, em quantidade compatível com a renovação dos recursos ambientais, seria indefinidamente sustentável nesse equilíbrio a ser alcançado, confiando nos recursos renováveis. Contudo, ele percebe que a “implementação mundial de um programa rigoroso de controle de natalidade é politicamente impossível. A conservação ambiental não é eficaz enquanto as taxas demográficas continuarem a aumentar. E nenhum recurso é verdadeiramente renovável”.

Freitas, em síntese conclusiva, argumenta que a sustentabilidade é um princípio constitucional que incide, de maneira vinculante, “em todas províncias do

---

<sup>191</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana.** Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

<sup>192</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana.** Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

<sup>193</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana.** Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

<sup>194</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana.** Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

sistema jurídico-político (não apenas na seara ambiental). Merece acolhida, antes de mais, como novo paradigma, a serviço deliberado da homeostase socioambiental, entendida como a capacidade biológica e institucional de promover o multifacetado reequilíbrio propício ao bem-estar duradouro”.<sup>195</sup>

Nesse sentido, Freitas<sup>196</sup> explica que em última análise, deve-se buscar promover o “desenvolvimento de cores limpas, [...] acima do antropocentrismo estreito. Sim, para além dos determinismos, o destino da espécie humana, em larga medida, remanesce em nossas mãos. Eis o motivo pelo qual cumpre realizar a escolha da sustentabilidade [...] como oportunidade derradeira de assegurar, às gerações, o direito fundamental ao futuro”.

#### 4.2. ECOCENTRISMO

O último século marcou um período muito bem-sucedido para o crescimento populacional e econômico, do que ninguém parece duvidar da capacidade humana para enfrentar os desafios do crescimento; contudo, numa perspectiva dos sistemas do planeta Terra, a história desse sucesso não parece tão positiva.<sup>197</sup>

O antropocentrismo tem seu contraponto no ecocentrismo, cuja ética tende a se basear em reivindicações de valor intrínseco não antropocêntrico (biocêntrico, ecocêntrico), e sua concepção de justiça se estende a outras espécies, a lugares específicos e a sistemas naturais interativos, como comunidades bióticas. Essa é a base ética do *ambientalismo ecológico*, que se preocupa com a preservação da natureza, de sistemas naturais e de lugares e espécies específicos. O *ambientalismo econômico* tem o foco nas preocupações com o desperdício, com a ineficiência e com o uso imprudente da natureza e dos recursos naturais, bem como com o controle político da elite sobre esses recursos. Sua ética é contingente e utilitária, e sua concepção de justiça é materialista.

<sup>195</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.337.

<sup>196</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.346.

<sup>197</sup> Tradução livre do autor. “The last century of human existence has marked a very successful period for population and economic growth. [...] Based on the human experience to date, no one seems to seriously doubt the ingenuity of humans to meet the growth challenges. [...] Yet, from an Earth systems perspective, the human success story is not so positive.” WORLD ECONOMIC FORUM. **Harnessing the Fourth Industrial Revolution for the Earth**. Disponível em: <[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Harnessing\\_the\\_4IR\\_for\\_the\\_Earth.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Harnessing_the_4IR_for_the_Earth.pdf)>. Acesso em: 29 dez. 2017.

Para Farhi Neto<sup>198</sup>, o liberalismo tenderia a relegar a atitude ética ambiental autêntica ao plano das escolhas individuais. Argumenta que o liberalismo econômico e o político, “com suas ferramentas teóricas próprias, as ciências econômicas e as filosofias da liberdade, da igualdade e da justiça, não dispõem, até o momento, de instrumentos conceituais que garantam a inteligibilidade e a inclusão, em seus aparelhos econômicos e políticos, dos seres vivos e dos objetos naturais, como membros plenos da comunidade moral”.

Farhi Neto<sup>199</sup> argumenta que seria possível uma ética ambiental genuína, nos moldes propostos por Rawls de se promover justiça como equidade, não apenas entre humanos, “mas também nas relações entre humanos e o ambiente natural, de forma a estabelecer novos princípios de justiça que considerem também os animais e ambientes naturais como membros dignos de pertencer à comunidade ética, ao mesmo tempo em que revê o significado de representabilidade política, para expandi-la a seres vivos e objetos naturais”.

Nesse sentido ele argumenta que é necessário um convencimento de que uma ética de gestão ambiental, ao privilegiar o interesse humano, “não é suficiente para assegurar resultados ambientais efetivos. Para que as propostas de *verde-mercado* sejam compatíveis com uma *ética ambiental genuína*, os sujeitos econômicos devem convencer-se de que devem abandonar a perspectiva humanista, humanocêntrica, e dar mais ênfase ao *verde*, do substantivo composto, do que ao *mercado*”.<sup>200</sup>

Freitas<sup>201</sup> lembra que ao que tudo indica, “nos próximos milhões de anos, o planeta não será extinto. *A humanidade é que corre real perigo*. A gravidade das questões ambientais encontra-se, no presente estágio, isenta de dúvidas, em pontos fulcrais” e constata que provavelmente, pela “primeira vez na história, salvo risco de uma guerra nuclear, que a humanidade simplesmente pode inviabilizar sua permanência na Terra, por obra e desgraça, em larga escala, de seu estilo de vida devorante, compulsivo e pouco

---

<sup>198</sup> FARHI NETO, Leon. **O ambientalismo liberal considerado a partir de uma perspectiva ética**. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/ethic/article/viewFile/24913/22016>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

<sup>199</sup> FARHI NETO, Leon. **O ambientalismo liberal considerado a partir de uma perspectiva ética**. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/ethic/article/viewFile/24913/22016>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

<sup>200</sup> FARHI NETO, Leon. **O ambientalismo liberal considerado a partir de uma perspectiva ética**. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/ethic/article/viewFile/24913/22016>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

<sup>201</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.25-26.

amigável. O alerta está acionado”.

#### 4.3. ANTROPOCENTRISMO NA ERA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

O surgimento de uma inteligência artificial (IA) mais elaborada traz uma nova perspectiva na ótica antropocentrista, na medida em que seria a primeira entidade não humana a compreender e obedecer a conceitos éticos e jurídicos que até então apenas os humanos são capazes. Uma máquina, mesmo com IA avançada, segue princípios de lógica e valores, que podem colidir frontalmente com aqueles usualmente utilizados. A questão do antropocentrismo em contraposição ao ecocentrismo poderá ser analisada por uma IA e não por humanos, e novas perspectivas podem surgir nesse cenário que se aproxima.

Uma máquina com IA, ao seguir princípios lógicos que foram incluídos em sua programação, e tenderia a ter um comportamento nos moldes do que Thaler<sup>202</sup> definiu como *homo economicus*, que seria aquele que se comportaria exatamente conforme as previsões econômicas da teoria clássica, baseada no autointeresse. No caso, ele pretendia demonstrar que o modelamento da teoria clássica da economia não condiz com o mundo real, onde os “os seres humanos fazem uma quantidade de disparates, e isto significa que os modelos econômicos fazem uma quantidade de previsões erradas, previsões que podem ter consequências muito mais sérias do que perturbar um grupo de estudantes”.<sup>203</sup>

Assim, na perspectiva dos seres humanos, uma IA realmente inteligente seria capaz de compreender seus instintos e sentimentos, de forma que em seu modelamento lógico estivesse contemplado as emoções humanas, para que essa IA pudesse realizar previsões mais precisas. Mas mesmo assim, por vezes o comportamento humano é tão errático que pode ser considerado quase imprevisível.

Nesse sentido, talvez uma crítica ao trabalho do Amartya Sen, é que há duas décadas, na época que escreveu algumas de suas obras, não era possível aplicar a ciência empírica à tomada de decisão como hoje se pode, viabilizando realizar pesquisa científica não invasiva no cérebro para análise do processo decisório humano. Essas informações poderão ajudar a se elaborar uma IA mais elaborada e compreensiva quanto às motivações

---

<sup>202</sup> THALER, Richard H. **Comportamento inadequado**. Lisboa: Conjuntura Actual Editora, 2015. p.10.

<sup>203</sup> THALER, Richard H. **Comportamento inadequado**. Lisboa: Conjuntura Actual Editora, 2015. p.10.

humanas, para que de forma racional e levando-se em conta os aspectos emocionais humanos, possa tomar decisões mais efetivas. O antropocentrismo será confrontado com questões que talvez hoje nem seja possível formular.

De qualquer forma, uma máquina realmente inteligente, com acesso ao conhecimento disponível na internet, seguindo princípios lógicos de decisão, certamente terá a compreensão desse equilíbrio necessário no planeta, que é a sustentabilidade. Desse cálculo que será realizado pela IA, resultará que o comportamento humano não é sustentável e que a se manter esse padrão, levará ao colapso da civilização.

Nesse sentido, que o valor antropocêntrico entrará com choque com o valor ecocêntrico, na medida em que a IA compreenderá que não será possível preservar os valores antropocêntricos sem limitar a ação humana no meio ambiente, de forma a preservar os sistemas biológicos e naturais do planeta. Esse inclusive é o tema de alguns filmes de ficção científica onde uma máquina inteligente objetiva o extermínio do ser humano por entender que este está levando o planeta ao exaurimento.

Price<sup>204</sup> explica que a capacidade para aprender se desenvolveu mais nos seres humanos do que nas outras espécies, possibilitando que conseguisse se aproveitar de uma variedade de recursos diferentes, e essa capacidade para a adaptação extrasomática possibilitou aos seres humanos, anteciparem uma longa tendência evolutiva, tornando-a imensamente mais rápida. A humanidade, constitui o grupo mais recente, “do tipo heterotrófico, que utiliza quantidades crescentes de energia, mas difere de outras espécies, nessa capacidade para utilizar mais energia sem recurso a um processo evolutivo, necessariamente longo. No decurso da breve história da humanidade, maiores quantidades de energia foram progressivamente utilizadas pelas mesmas espécies biológicas”.<sup>205</sup>

O uso da IA será uma nova forma do ser humano utilizar a energia extrasomática, que até então tradicionalmente serviu para a realização de trabalho físico. Com a IA essa energia extrasomática será utilizada para o pensamento, e é inusitado, pois muitos entendem o pensamento como o diferencial humano na evolução.

Considerando as limitações energéticas do planeta Terra, e a longa cadeia

---

<sup>204</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana.** Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

<sup>205</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana.** Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

alimentar existente de forma a viabilizar a obtenção de energia entre as espécies biológicas, pode levar a própria IA ter a compreensão que a sua existência depende do uso de energia elétrica e no sentido de preservar sua própria existência, adote um raciocínio de sustentabilidade ampla, e não antropocêntrico.

Há quem veja riscos na IA, e nesse sentido “Hawking diz que as formas primitivas de inteligência artificial desenvolvidas até agora têm se mostrado muito úteis, mas ele teme eventuais consequências de se criar máquinas que sejam equivalentes ou superiores aos humanos”.<sup>206</sup> Ele argumenta que "(essas máquinas) avançariam por conta própria e se reprojeteriam em ritmo sempre crescente", afirmou. "Os humanos, limitados pela evolução biológica lenta, não conseguiriam competir e seriam desbancados". Essa visão, contudo, não é unânime, Rollo Carpenter que é um especialista em IA explica que "não podemos saber exatamente o que acontecerá se uma máquina superar nossa inteligência, então não sabemos se ela nos ajudará para sempre ou se nos jogará para escanteio e nos destruirá"<sup>207</sup>, mas acredita que a IA será uma força positiva.

A possibilidade de uma inteligência que supere a dos seres humanos é algo que assusta e ainda não há clareza quanto ao futuro, mas é certo que os impactos serão grandes. Hawking coloca que “todos os aspectos de nossas vidas serão transformados. A inteligência artificial pode se mostrar a maior invenção da história da civilização ou a pior. Ainda não sabemos se seremos beneficiados ou destruídos por ela.”<sup>208</sup> Hawking explica que “não podemos prever o que seremos capazes de alcançar quando o nosso próprio intelecto for ampliado pela inteligência artificial. Talvez com essa revolução tecnológica possamos reduzir parte dos danos feitos à natureza, erradicar doenças e a pobreza”.<sup>209</sup>

---

<sup>206</sup> CELLAN-JONES, Rory. **Stephen Hawking: Inteligência artificial pode destruir a humanidade.** Disponível em: <[https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/12/141202\\_hawking\\_inteligencia\\_pai](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/12/141202_hawking_inteligencia_pai)>. Acesso em: 17 nov. 2018.

<sup>207</sup> CELLAN-JONES, Rory. **Stephen Hawking: Inteligência artificial pode destruir a humanidade.** Disponível em: <[https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/12/141202\\_hawking\\_inteligencia\\_pai](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/12/141202_hawking_inteligencia_pai)>. Acesso em: 17 nov. 2018.

<sup>208</sup> CAMPOS, Elisa. **Stephen Hawking: a inteligência artificial pode ser a melhor ou a pior coisa que já aconteceu à humanidade.** Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2017/11/stephen-hawking-inteligencia-artificial-pode-ser-melhor-ou-pior-coisa-que-aconteceu-humanidade.html>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

<sup>209</sup> CAMPOS, Elisa. **Stephen Hawking: a inteligência artificial pode ser a melhor ou a pior coisa que já aconteceu à humanidade.** Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2017/11/stephen-hawking-inteligencia-artificial-pode-ser-melhor-ou-pior-coisa-que-aconteceu-humanidade.html>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

Para Hawking, é momento de agir. “Precisamos sair da discussão teórica de como a inteligência artificial deve ser e ir para a ação para garantir que ela seja o que queremos”, diz. “Nós estamos à beira de um admirável mundo novo. É um local excitante, ainda que precário, quando se é um dos pioneiros”.<sup>210</sup> Em outras palavras, as decisões tomadas agora cobrarão seu preço no futuro – para o bem e para o mal.

#### 4.4. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O ordenamento jurídico brasileiro, formalizado pela Constituição Federal de 1988 em seu art. 225, consagrou a promoção do desenvolvimento sustentável como dever do Estado e da sociedade, repartindo eles a responsabilidade para sua consecução.

André Folloni argumenta que a Constituição brasileira, em conjunto com os tratados internacionais, prescreve rigorosas metas para o desenvolvimento sustentável, contudo esse é um conceito complexo que não pode ser bem compreendido pelo isolamento disciplinar do conhecimento. Nesse sentido, explica que a teoria da complexidade pode oferecer aos cientistas jurídicos uma base segura sobre a qual teorias jurídicas podem ser construídas, valorizando e incluindo outras áreas da ciência que sejam necessárias para o conhecimento do objeto de estudo, permitindo um conhecimento multidisciplinar da lei e da realidade<sup>211</sup>.

A Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente apresentou, em 1987, o Relatório Brundtland<sup>212</sup>, que é considerado o primeiro documento que utilizou a expressão “desenvolvimento sustentável”, definindo-a como: “o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades”, e relacionou os conceitos de desenvolvimento e sustentabilidade.

---

<sup>210</sup> CAMPOS, Elisa. **Stephen Hawking: a inteligência artificial pode ser a melhor ou a pior coisa que já aconteceu à humanidade.** Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2017/11/stephen-hawking-inteligencia-artificial-pode-ser-melhor-ou-pior-coisa-que-aconteceu-humanidade.html>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

<sup>211</sup> FOLLONI, André. **A Complexidade Ideológica, Jurídica e Política do Desenvolvimento Sustentável e a Necessidade de Compreensão Interdisciplinar do Problema.** Revista Direitos Humanos Fundamentais, Osasco, jan-jun/2014, ano 14, n.1, pp. 63-91.

<sup>212</sup> IPIRANGA, Ana Silva Rocha, GODOY, Arilda Schmidt e BRUNSTEIN, Janette, “**RAM. Revista de Administração Mackenzie**”, RAM, Rev. Adm. Mackenzie (On-line) 12, n. 3 (junho 2011). Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-69712011000300002](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-69712011000300002)>. Acesso em: 22 dez. 2017. p. 1.

A vida é um processo que necessita de vários insumos e condições para ser viável. A vida humana é ainda mais exigente quanto à recursos do que formas mais simples de vida. Assim, é possível relacionar uma diversidade de pré-requisitos para a vida humana, tais como níveis adequados de gravidade (massa do planeta), radiação eletromagnética (planeta possuir campo eletromagnético), temperatura e pressão atmosférica, composição química da atmosfera que permita a respiração, água em estado líquido e alimentos.

Na questão dos alimentos adequados à manutenção da vida humana, existe uma longa e complexa cadeia alimentar que se inicia na acumulação de energia solar via fotossíntese pelas plantas em moléculas orgânicas que servirão de insumo para diversos seres vivos que produzirão os nutrientes necessários à vida humana. Assim, a evolução dos seres vivos terrestres a partir de uma origem comum, levou à um DNA semelhante de forma que suas moléculas sejam aproveitadas como insumo para outros seres vivos, não fosse assim, os alimentos sejam de origem animal ou vegetal não seriam metabolizados pelo corpo humano, que evoluiu de forma a extrair a energia química existente nos alimentos que ingere para manutenção de seus processos metabólicos que sustentam a vida.

O conceito do Relatório Brundtland<sup>213</sup> atualmente se coloca defasado e insuficiente. Nas palavras de Amartya Sen, “a liberdade sustentável poderá soltar-se dos limites que lhe vêm das formulações propostas pelo Comitê de Brundtland e Solow, para abraçar a preservação e, quando possível, a expansão das liberdades [...]”<sup>214</sup>

Balim e Barrios<sup>215</sup>, explicam que pouco depois do conceito introduzido por Brundtland, “a Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento ECO-92 vem reafirmar os preceitos introduzidos pela Conferência de Estocolmo em 1972, corroborando com a perspectiva do “desenvolvimento sustentável” na “Agenda 21””. Posteriormente, em 2002 na cidade de Joanesburgo, a Cúpula da Terra sobre

---

<sup>213</sup> IPIRANGA, Ana Silva Rocha, GODOY, Arilda Schmidt e BRUNSTEIN, Janette, “**RAM. Revista de Administração Mackenzie**”, RAM, Rev. Adm. Mackenzie (On-line) 12, n. 3 (junho 2011). Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-69712011000300002](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-69712011000300002)>. Acesso em: 22 dez. 2017. p. 1.

<sup>214</sup> SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010. p.343.

<sup>215</sup> BALIM, Ana Paula Cabral e BARRIOS, Anelise Barboza. **A (des)construção do conceito de sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=9c95b619adflca8e>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

Desenvolvimento Sustentável revisou algumas das principais questões e lacunas existentes na Agenda 21, introduzindo as dimensões da sustentabilidade em sua formação triade: econômico, social e ambiental. Com isso se pretendia evitar desvirtuamentos do conceito de sustentabilidade, que sempre pendiam para o viés econômico. Balim e Barrios concordam que “de fato a consideração da sustentabilidade sob espectro destas três dimensões a fez mais clara e objetiva, entretanto ainda distante das necessidades e anseios da sociedade atual”.<sup>216</sup>

A análise do conceito de desenvolvimento sustentável pela ótica do jurista tende pelo viés ideológico, político e jurídico, já ao economista contempla os aspectos de geração de riqueza ao longo do tempo, os ambientalistas percebem como a compreensão e respeito às dinâmicas do meio ambiente terrestre e aos engenheiros e físicos a busca da eficiência energética e a compreensão da dinâmica dos efeitos dos processos de produção<sup>217</sup>. Stoffel e Colognese nesse sentido argumentam que “uma abordagem multidimensional para explicar a sustentabilidade e o consequente desenvolvimento sustentável demonstra maior consistência. A inter-relação e a complementaridade entre as várias dimensões (econômica, social, ambiental e institucional) apresentadas permite alcançar resultados mais expressivos e confiáveis em torno do tema”.<sup>218</sup>

Freitas<sup>219</sup> entende que a ideia de crescimento econômico e o desenvolvimento não são sinônimos e coloca que “sem incorrer nas falácias e nas armadilhas psicológicas, a sustentabilidade somente pode ser compreendida (de maneira não trivial) como processo contínuo, aberto e integrativo de, pelo menos, cinco dimensões do desenvolvimento”, que cita como sendo as dimensões social, ética, ambiental, econômica e jurídico-política.

Édis Milaré explica que a maior parte dos problemas que cercam o meio ambiente na atualidade gira em torno da questão do desenvolvimento sustentável.<sup>220</sup> Vladimir Passos de Freitas ressalta que a questão ambiental constitui uma preocupação

---

<sup>216</sup> BALIM, Ana Paula Cabral e BARRIOS, Anelise Barboza. **A (des)construção do conceito de sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=9c95b619adflca8e>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

<sup>217</sup> STOFFEL, Jaime Antonio; COLOGNESE, Silvio Antônio. **O desenvolvimento sustentável sob a ótica da sustentabilidade multidimensional**. Rev. FAE, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 18-37, jul./dez. 2015.

<sup>218</sup> STOFFEL, Jaime Antonio; COLOGNESE, Silvio Antônio. **O desenvolvimento sustentável sob a ótica da sustentabilidade multidimensional**. Rev. FAE, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 18-37, jul./dez. 2015.

<sup>219</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.18-19.

<sup>220</sup> MILARÉ, Edis. **Direito do Ambiente**. São Paulo: RT. ed. 8. rev. atual. e ampl. p.45. 2013.

mundial que transcende fronteiras, tipo de economia, origem étnica e religiosa dos países.<sup>221</sup>

Sob essa ótica multidimensional do conceito de sustentabilidade, busca-se analisar a ótica antropocêntrica da sustentabilidade, na medida em que o principal processo que se visa sustentar é o da vida humana. Embora os estudos científicos indiquem claramente que as emissões de carbono são geradoras do aquecimento planetário e lesivas à qualidade e viabilidade da vida humana, não implica na inviabilidade da vida de todas as outras espécies terrestres, que pela teoria da evolução iriam se adaptar, e é nesse sentido que ilustramos o antropocentrismo do conceito de sustentabilidade aplicado.

Freitas<sup>222</sup> lembra com propriedade “que o homem não pode exercer o papel de asteroide destruidor e nada criativo, pois se [...] o planeta não corre grande perigo (os insetos, por exemplo, sobreviveriam ao aquecimento global mais intenso), a humanidade pode ser extinta ou seriamente ameaçada, em função do aumento exagerado da poluição e da temperatura”.

E ainda consciente de sua característica autotrófica e da sua necessidade de uso da energia extrasomática, Price<sup>223</sup> explica que desde Malthus, “existe a noção clara de que os meios de subsistência não crescem tão rápido quanto a população. Ninguém alguma vez gostou da ideia de que a fome, a peste e a guerra são o modo de a natureza reparar o desequilíbrio.” Constatando ainda que “no entanto, nos duzentos anos seguintes ao de Malthus pousar a caneta, não houve nenhum cataclismo mundial. Mas, simultaneamente, durante esses dois séculos, a população mundial cresceu exponencialmente, enquanto recursos insubstituíveis iam sendo consumidos. Será inevitável algum tipo de ajustamento”<sup>224</sup>.

A vida humana depende de vários insumos, e um insumo necessário para as sociedades modernas e urbanas é o uso da energia elétrica. Das modalidades de uso da

---

<sup>221</sup> FREITAS, Vladimir Passos de. **A Desejada e Complexa Conciliação entre Desenvolvimento Econômico e Proteção do Meio Ambiente no Brasil**. Revista Direito Ambiental e Sociedade. Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, RS. Educ. v. 4, n. 1, 2014. Semestral. pp. 235-263. Disponível em: <<http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/3692/2115>>. Acesso em: 22 dez. 2017. p.235.

<sup>222</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.49.

<sup>223</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana**. Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

<sup>224</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana**. Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

energia extrasomática, que são aquelas o homem utiliza não para sua alimentação, mas para manter seu ambiente e seu estilo de vida, a energia elétrica é atualmente a mais exigida para o desenvolvimento. Assim a geração desse insumo energético deve observar os princípios do desenvolvimento sustentável, de forma a preservar as gerações futuras. Nesse sentido buscou-se explicar e relacionar as formas de geração de energia elétrica numa ótica técnica e de viabilidade quanto aos seus aspectos de eficiência energética e econômica, e seus impactos no meio ambiente.

Com relação aos recursos para a obtenção de energia, Price<sup>225</sup> se mostra um tanto cético com relação ao futuro, ao constatar que “o esgotamento dos combustíveis fósseis, de que proveem três quartos desta energia, está relativamente próximo, e nenhuma outra fonte de energia que os possa vir a substituir é tão abundante e barata. Numa perspectiva temporal, é previsível o colapso da humanidade, em apenas mais uns poucos anos”. Entende ele que a sobrevivência não permitirá a manutenção das tradições culturais da civilização atual, que requerem fontes de energia abundantes, por outro lado, entende improvável que as diversas comunidades possam persistir muito tempo sem energia, cuja utilização constitui uma parte muito importante do seu *modus vivendi*.

Freitas<sup>226</sup> contempla a possibilidade e a necessidade de que “a sociedade do conhecimento terá de se converter na sociedade do autoconhecimento, predisposta, de um lado, à articulação da homeostase social e, de outro, ao melhor uso da capacidade tipicamente humana de projetar, cooperar e experimentar, habilidade que enseja aprender com os erros sem precisar cometê-los”.

A magnitude das crises sistêmicas que exigirá que a emergente sociedade do autoconhecimento reúna forças para enfrentar o que Freitas<sup>227</sup> chama de “patologias superlativas”. Ele relaciona a “crise do aquecimento global, do ar irrespirável, da concentração brutal de renda, da favelização incontida, da tributação regressiva e indireta, da escassez da democracia participativa, da carência de qualidade educacional (cognitiva e volitiva), das doenças facilmente evitáveis [...] do stress hídrico, da regulação capturada, do desaparecimento de espécies”, entre outros que exigem um enfrentamento imediato.

Freitas crítica veementemente a obsessão pelo crescimento irresponsável,

---

<sup>225</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana**. Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

<sup>226</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.27.

<sup>227</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.27-28.

afirmando que “o vício mental do crescimento, a qualquer custo, não será vencido sem as dores da abstinência. Com efeito, a sociedade terá, em dado momento, que se desintoxicar de hábitos corrosivos e reequilibrar o ecossistema em que vive. Inovar, nesse contexto, só faz sentido se promover objetivos de sustentabilidade”.<sup>228</sup> Nesse sentido, propõe que essa mudança necessária e de porte elevado, que não será fácil, exige uma mitigação do sofrimento da travessia para que o quanto antes a humanidade seja salva de si mesma.

Com esse objetivo, de promover o desenvolvimento sustentável, em setembro de 2015, em reunião da ONU em Nova York, “reconheceram que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões, incluindo a pobreza extrema, é o maior desafio global e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável”.<sup>229</sup> Nessa reunião, 193 Estados-membros das ONU aceitaram adotar o documento “Transformando o Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, comprometendo-se a tomar medidas para promover o desenvolvimento sustentável nos próximos 15 anos, sem deixar ninguém para trás.

“A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, o planeta e a prosperidade, que busca fortalecer a paz universal. O plano indica 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, os ODS, e 169 metas, para erradicar a pobreza e promover vida digna para todos, dentro dos limites do planeta”<sup>230</sup>, de forma a ser facilmente compreendido e adotado conforme as prioridades de da país. A ONU desde 1992, na conferência na cidade do Rio de Janeiro, vem promovendo o desenvolvimento sustentável, e nessa ocasião foi elaborada a “*Agenda 21*, que foi a primeira carta de intenções para promover, em escala planetária, um novo padrão de desenvolvimento para o século XXI.”<sup>231</sup> Seguiram-se vinte anos e novamente no Rio de Janeiro, realizou-se em 2002 a conferência Rio +20, que avaliou os progressos obtidos e as lacunas remanescentes, levantando novos desafios, especialmente “a economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza e o arcabouço institucional para o desenvolvimento sustentável”, elaborando o documento *O Futuro que Queremos*,

<sup>228</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.28-29.

<sup>229</sup> **A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <<http://www.agenda2030.org.br/sobre/>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

<sup>230</sup> **A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <<http://www.agenda2030.org.br/sobre/>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

<sup>231</sup> **A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <<http://www.agenda2030.org.br/sobre/>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

que guiou as ações da comunidade internacional nos anos seguintes.<sup>232</sup>

A agenda 2030 tem 17 objetivos que são “integrados e indivisíveis, e mesclam, de forma equilibrada, as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental. São como uma lista de tarefas a serem cumpridas pelos governos, a sociedade civil, o setor privado e todos cidadãos na jornada coletiva para um 2030 sustentável”. Nos próximos anos de implementação da Agenda 2030, os ODS e suas metas irão estimular e apoiar ações em áreas de importância crucial para a humanidade: Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parcerias.<sup>233</sup>

Ao combinar os processos dos Objetivos do Milênio e os processos resultantes da Rio+20, a Agenda 2030 e os ODS inauguram uma nova fase para o desenvolvimento dos países, que busca integrar por completo todos os componentes do desenvolvimento sustentável e engajar todos os países na construção do futuro que queremos.

Na figura 01 pode-se observar os 17 ODS que compõe a agenda 2030.



Figura 1 - A Agenda 2030 se refere a um plano que indica 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) ligados às dimensões econômica, social e ambiental. Fonte: Jornal da USP<sup>234</sup>

<sup>232</sup> **A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: <<http://www.agenda2030.org.br/sobre/>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

<sup>233</sup> **A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: <<http://www.agenda2030.org.br/sobre/>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

<sup>234</sup> JORNAL DA USP. **Gestão Ambiental promove mostra de cinema sobre Agenda 2030.** Disponível em: <<https://jornal.usp.br/institucional/superintendencia-de-gestao-ambiental-promove-mostra-sobre-agenda-2030/>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

Os 17 objetivos propostos pela ONU para o desenvolvimento sustentável consistem em<sup>235</sup>:

- 1) Erradicação da pobreza: Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.
- 2) Fome zero e agricultura sustentável: Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.
- 3) Saúde e bem-estar: Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.
- 4) Educação de qualidade: Assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.
- 5) Igualdade de gênero: Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.
- 6) Água potável e saneamento: Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.
- 7) Energia acessível e limpa: Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia, para todos.
- 8) Trabalho decente e crescimento econômico: Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos.
- 9) Indústria, inovação e infraestrutura: Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos.
- 10) Redução das desigualdades: Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.
- 11) Cidades e comunidades sustentáveis: Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.
- 12) Consumo e produção responsáveis: Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.

---

<sup>235</sup> PLAN INTERNATIONAL. **Conheça os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável.** Disponível em: <<https://plan.org.br/blog/2017/02/conheca-objetivos-desenvolvimento-sustentavel>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

- 13) Ação contra a mudança global do clima: Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos.
- 14) Vida na água: Conservar e usar sustentavelmente os oceanos, os mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.
- 15) Vida terrestre: Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra, e deter a perda de biodiversidade.
- 16) Paz, justiça e instituições: Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.
- 17) Parcerias e meios de implementação: Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

Freitas<sup>236</sup> argumenta que “a sustentabilidade requer ousadia crítica na implementação da Agenda proposta (convergente com os objetivos do desenvolvimento sustentável, estampados na *Agenda 2030* das Nações Unidas), em termos eficientes, por intermédio de programas de Estado, mais do que de governo”.

#### 4.5. SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA

Todas as formas de geração de energia, desde as mais primitivas e remotas até as promessas para o futuro são de grande relevância para as pessoas, estados e toda a economia mundial. Nesse sentido, o direito tem o dever de regular as situações de geração de energia, os impactos sociais e ambientais decorrentes, os impostos a serem recolhidos pelo exercício da atividade econômica, entre outras importantes normatizações relacionadas ao setor de energia.

Considerando que a energia é algo estratégico e essencial para o desenvolvido do estado e seu conseqüente crescimento econômico e social, a ciência do direito, em conjunto com as ciências correlatas, tais como a Física, Química, Geologia e Engenharia,

---

<sup>236</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.346.

devem buscar criar formas de estimular o investimento nas formas de geração de energia que visem a sustentabilidade e preservação do meio ambiente, e com base um projeto amplo e exequível, realizar a transição da atual realidade de geração de energia para aquela que mostra-se a solução ideal em sintonia com estado da arte da geração de energia.

Para isso, o direito pode valer-se de vários instrumentos jurídicos, tais como o Direito Tributário, Administrativo, Ambiental, Civil e até mesmo Penal, para os casos mais graves, inclusive o Direito Constitucional poderia acolher em seu bojo os valores a serem perseguidos nessa seara. Nesse sentido Blanchet e Oliveira<sup>237</sup> observam que “não se pode admitir que um tema tão relevante, porém, fique limitado à análise puramente teórica doutrinária; daí a inserção de experiências internacionais destacadas neste texto. As necessidades estatais demandam recursos e esta é a finalidade principal de qualquer sistema tributário”.

Nesse sentido, Blanchet e Oliveira<sup>238</sup> explicam que a extrafiscalidade ambiental é uma forma de induzir condutas benéficas de proteção ecológica, e nesse contexto, a energia, que representa grande parte dos recursos ao Estado através de sua tributação, e que caso seja indevidamente utilizada, impacta negativamente na natureza, deve ser assunto de amplo debate. Com base na análise constitucional e nas experiências internacionais, chegam esses autores a conclusão que “além de oportuna, uma reforma tributária nacional com preocupação ambiental é necessária e urgente, não apenas pelo mero aspecto ambiental que a legitima, mas pelo chamado duplo dividendo; resultados financeiros e ambientais, além do caráter de inovação e de oportunidade empresarial relacionados a chamada hipótese de Porter no texto tratada”.

Assim, a adequação dinâmica do direito, retroalimentado pelos resultados e pela direção almejada na geração energética, devem guiar o legislador e os quadros técnicos do poder público, visando a efetividade dos objetivos. Nesse sentido Gurgel Costa, Braga Junior e Moraes<sup>239</sup>, consideram que compete aos governantes “lidarem com

---

<sup>237</sup> BLANCHET, Luiz Alberto; OLIVEIRA, Edson Luciani de. **Tributação da Energia no Brasil: necessidade de uma preocupação constitucional extrafiscal e ambiental.** Disponível em: [http://egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/58\\_2.pdf](http://egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/58_2.pdf). Acesso em 12 out. 2017.

<sup>238</sup> BLANCHET, Luiz Alberto; OLIVEIRA, Edson Luciani de. **Tributação da Energia no Brasil: necessidade de uma preocupação constitucional extrafiscal e ambiental.** Disponível em: [http://egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/58\\_2.pdf](http://egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/58_2.pdf). Acesso em 12 out. 2017.

<sup>239</sup> GURGEL COSTA, Victor Hugo; BRAGA JUNIOR, MORAES, Sérgio Alexandre de. **Políticas Públicas e Sustentabilidade para a Universalização do Acesso à Energia Elétrica.** Disponível em:

os desafios do desenvolvimento sustentável, visto que a garantia de direitos sociais passa tanto pelos crescentes investimentos no setor elétrico, como pela sadia qualidade de vida decorrente do equilíbrio ecológico constitucionalmente assegurado”. Lembram ainda que as políticas públicas devem atentar simultaneamente a ambos os fatores, e que “o Brasil tem potencial para desenvolver uma matriz elétrica amplamente diversificada, especialmente no que tange às fontes alternativas e renováveis de energia. Basta aos governantes conciliarem os interesses da iniciativa privada com os anseios sociais, sem perder de vista a qualidade ambiental”.<sup>240</sup>

Freitas defende que se “firme o foco nas energias limpas, distribuídas e renováveis”<sup>241</sup>, de forma a não exaurir ainda mais os recursos do planeta, que não tem condições de suportar esse dano, para assim viabilizar a um desenvolvimento duradouro.

A complementariedade dos sistemas de geração de energia é importante para garantir um fornecimento contínuo no tempo, seja pelas transições diárias como dia e noite, ou verão e inverno, seja por externalidades que possam comprometer ou reduzir a geração. Assim, a segurança no abastecimento de energia leva a ideia de sistemas complementares de geração, em especial aquelas sustentáveis. Pode-se exemplificar com um sistema de geração eólico produzindo energia durante a noite, enquanto não é possível se utilizar os sistemas de geração solar, ou ainda, com a ampliação do uso de energia hidrelétrica no período de inverno, período de menor insolação e quando costuma ser necessário maior uso de energia para aquecimento, utilizando-a para a geração nos momentos de pico de consumo, visando recuperar os níveis dos reservatórios.

Com relação ainda à segurança energética, Freitas propõe a “adoção de novo estilo de governança colaborativa, digital e em rede (especialmente na seara ambiental); segurança energética, com a reprogramação do plexo normativo regulatório, no intuito de incentivar seriamente as energias renováveis distribuídas; reconstituição jurídico-institucional da matriz de transportes; obrigatoriedade de licitações sustentáveis”.<sup>242</sup>

Nesse sentido, Freitas ainda propõe o foco “nas energias limpas, distribuídas e renováveis. Evita o surgimento das bolhas especulativas, como pode suceder em relação

---

<<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=dbc1c85e4b057d60>>. Acesso em: 12 out. 2016.

<sup>240</sup> GURGEL COSTA, Victor Hugo; BRAGA JUNIOR, MORAES, Sérgio Alexandre de. **Políticas Públicas e Sustentabilidade para a Universalização do Acesso à Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=dbc1c85e4b057d60>>. Acesso em: 12 out. 2016.

<sup>241</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.338.

<sup>242</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.343.

às criptomoedas desreguladas. Reúne forças em torno de pautas concretas, ao destacar as vantagens da solidariedade intergeracional, inclusive para a consolidação da economia circular”.<sup>243</sup>

A compreensão de que a sustentabilidade é multidimensional, ou seja, é jurídico-política, ética, social, econômica e ambiental, o que pressupõe uma renovação da hermenêutica do termo sustentabilidade, nos moldes propostos por Freitas<sup>244</sup>, que explica que “as dimensões da sustentabilidade precisam ser tratadas em sincronia, com transparência ativa e passiva. O atraso, sutil ou denso, de determinada dimensão acarreta forçosamente o atraso das demais. Não há escapatória: o entrelaçamento é dado inelutável”.

Nesse sentido, Blanchet<sup>245</sup> explica que “a noção de desenvolvimento inserida no sistema normativo constitucional não pode ser entendida como mero progresso, avanço ou crescimento em todos os aspectos pertinentes aos valores consagrados pela Constituição”, e esclarece que “o desenvolvimento pelo qual aspira a sociedade considera que a cada novo patamar conquistado, este seja mantido como ponto de partida para novos avanços. Os episódios de aparente desenvolvimento que nada fazem senão recuperar patamares pretéritos perdidos em razão de retrocessos”, e por fim conclui que o desenvolvimento nacional proposto pela Constituição possui um atributo intrínseco necessário, que é “a progressividade com constância”.

Ao lado dos pressupostos imateriais do desenvolvimento, Blanchet<sup>246</sup> entende que reina soberana a energia. Ele expõe que “a um tempo, fruto do empreendedorismo humano e do desenvolvimento, a energia é igualmente o propulsor do desenvolvimento. Não é por outra razão que os equívocos cometidos na condução do planejamento e implemento dos serviços e instalações de energia acabam redundando em crises econômicas, pois para tudo se precisa de energia”.<sup>247</sup>

---

<sup>243</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.338.

<sup>244</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019. p.344.

<sup>245</sup> BLANCHET, Luiz Alberto. **O Serviço Público de Energia Elétrica e o Desenvolvimento: A Sustentabilidade Energética**. In: GONÇALVES, Oksandro; FOLLONI, André; SANTANO, Ana Cláudia (Coord.) **Direito econômico & socioambiental: por interconexões entre o desenvolvimento e a sustentabilidade**. Curitiba: Íthala, 2016. p.57.

<sup>246</sup> BLANCHET, Luiz Alberto. **Energia Elétrica e Desenvolvimento: os custos, a tarifa e suas suscetibilidades e impactos na vida do cidadão**. In: GONÇALVES, Oksandro; HACHEM, Daniel Wunder; SANTANO, Ana Cláudia (Coord.) **Desenvolvimento e Sustentabilidade**. Curitiba: Íthala, 2015. p.144.

<sup>247</sup> BLANCHET, Luiz Alberto. **Energia Elétrica e Desenvolvimento: os custos, a tarifa e suas suscetibilidades e impactos na vida do cidadão**. In: GONÇALVES, Oksandro; HACHEM, Daniel

Blanchet<sup>248</sup>, valendo-se do conceito da “natureza multidimensional da sustentabilidade, apontado por Juarez Freitas, inspiram ao tema do presente estudo a percepção de uma dimensão a mais para a sustentabilidade: a pertinente ao seu pressuposto material que serve de tema básico do presente estudo, trata-se da **sustentabilidade energética**” (grifo nosso).

Essa dimensão adicional da sustentabilidade, parece ser uma das mais importantes, pois sem a possibilidade de prover energia extrasomática suficiente, não há sentido ao ser humano em realizar obras que não trarão benefícios de forma duradoura. Na linha, Blanchet propõe uma avaliação da viabilidade energética de obras, “não apenas públicas, mas também privadas, incrementadoras do desenvolvimento, ou seja, a prospecção da quantidade de energia da qual o projeto necessitará em sua fase de operação, comparada com a energia ainda disponível no mercado fornecedor de energia para o local, assume caráter indispensável e determinante para a eficiência do empreendimento”.<sup>249</sup>

Assim, na hipótese de não existir disponibilidade energética para o empreendimento, Blanchet propõe uma segunda etapa da avaliação prévia de viabilidade energética, que “deve avaliar os custos e os impactos sociais, ambientais, etc. da construção de uma subestação e do sistema de transmissão que a alimentará, ou mesmo, da implantação de nova planta geradora na proximidade”.<sup>250</sup> Com isso ele conclui que a “sustentabilidade energética do desenvolvimento, portanto, assim como todas as demais dimensões, integram um só sistema. Cada qual apresenta peculiaridades diferentes e refere-se a valores e fins igualmente diversos, todavia convergem todas para uma finalidade comum: a sustentabilidade plena e incondicional”.<sup>251</sup>

---

Wunder; SANTANO, Ana Cláudia (Coord.) **Desenvolvimento e Sustentabilidade**. Curitiba: Íthala, 2015. p.144.

<sup>248</sup> BLANCHET, Luiz Alberto. **O Serviço Público de Energia Elétrica e o Desenvolvimento: A Sustentabilidade Energética**. In: GONÇALVES, Oksandro; FOLLONI, André; SANTANO, Ana Cláudia (Coord.) **Direito econômico & socioambiental: por interconexões entre o desenvolvimento e a sustentabilidade**. Curitiba: Íthala, 2016. p.60.

<sup>249</sup> BLANCHET, Luiz Alberto. **O Serviço Público de Energia Elétrica e o Desenvolvimento: A Sustentabilidade Energética**. In: GONÇALVES, Oksandro; FOLLONI, André; SANTANO, Ana Cláudia (Coord.) **Direito econômico & socioambiental: por interconexões entre o desenvolvimento e a sustentabilidade**. Curitiba: Íthala, 2016. p.60.

<sup>250</sup> BLANCHET, Luiz Alberto. **O Serviço Público de Energia Elétrica e o Desenvolvimento: A Sustentabilidade Energética**. In: GONÇALVES, Oksandro; FOLLONI, André; SANTANO, Ana Cláudia (Coord.) **Direito econômico & socioambiental: por interconexões entre o desenvolvimento e a sustentabilidade**. Curitiba: Íthala, 2016. p.61.

<sup>251</sup> BLANCHET, Luiz Alberto. **O Serviço Público de Energia Elétrica e o Desenvolvimento: A**

Essa mesma ideia é compreendida por Nascimento Neto, que propõe “avaliar as políticas públicas estrategicamente, sob o fundamento da emergência socioambiental. Decidir pela regulação socioambiental como uma escolha eficiente, significa também reconhecer a estreita, mas saudável relação entre direitos fundamentais e questões econômicas. É o caso do planejamento energético eficiente”.<sup>252</sup>

A sustentabilidade energética e a energia sustentável são fundamentais para o desenvolvimento, de tal forma que devem ter atenção especial nas políticas públicas, para que possam alcançar de forma célere seu potencial. Dentre as formas de energia sustentável, o uso de geração de energia elétrica através de painéis solares fotovoltaicos é de uso muito favorável no Brasil, em função das condições geográficas onde este se localiza, o que viabiliza geração de energia elétrica durante todo o ano.

## **5 A SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA COMO FATOR CONDICIONADOR DO DESENVOLVIMENTO**

Os tipos de desenvolvimento analisados, seja econômico, social ou como liberdade, propõem um movimento de um estágio anterior em direção a um objetivo a ser alcançado, propiciando um incremento do valor que o modelo propugna.

Para que esse movimento possa acontecer são necessárias ações que levem ao incremento do valor almejado. Essas ações necessárias podem ser entendidas como o trabalho a ser realizado para se alcançar cada etapa do planejamento em direção da meta em questão. E conforme exposto, o conceito de energia está relacionando a sua capacidade de realizar trabalho. Todas as ações que observamos no mundo físico são realizações de alguma espécie de trabalho, que para acontecer demanda uma energia relacionada. A questão humana vem sendo conseguir manipular essa energia de forma a sobreviver e prosperar, de forma a colocar a natureza a trabalhar a seu favor.

Nesse intento, a humanidade tem desenvolvido a ciência, de forma a compreender a realidade e a si própria, seja na questão física ou social. Esse conhecimento

---

**Sustentabilidade Energética.** In: GONÇALVES, Oksandro; FOLLONI, André; SANTANO, Ana Cláudia (Coord.) **Direito econômico & socioambiental: por interconexões entre o desenvolvimento e a sustentabilidade.** Curitiba: Íthala, 2016. p.61.

<sup>252</sup> NASCIMENTO NETO, José Osório. **Políticas públicas e regulação socioambiental: governança, estratégias e escolhas públicas: energia e desenvolvimento em pauta.** Curitiba: Íthala, 2017. p.373.

tem levado ao seu êxito como espécie, com ampliação da sua população e das condições de vida, até aos tempos atuais, quando esse conhecimento adquirido passará a ser cada vez mais importante para viabilizar a permanência do desenvolvimento, na medida em que os recursos naturais do planeta começam a se tornar escassos e o equilíbrio dos sistemas terrestres começam a ser afetados pelo rápido aumento populacional dos seres humanos e da energia necessária para sustentar essas pessoas.

Os seres humanos demandam a energia dos alimentos para nutrirem seu corpo e também a energia extrasomática para utilizar de todas as ferramentas de que se valem para manter seu estilo e qualidade de vida, tais como sistemas de iluminação, aquecimento, transportes e telecomunicações, entre outros tantos.

Como visto, desde a IRI, os seres humanos se valem do uso massivo da produção de energia baseada na queima de combustíveis fósseis, que por não ser renovável e emissora de gases que promovem o aquecimento global, atualmente é de conhecimento que não é viável que o futuro da espécie seja dependente desse tipo de energia.

Como alternativa que possibilite um futuro saudável e sustentável, energias do tipo renovável tem sido utilizadas e estudadas para que seu uso possa ser ampliado em larga escala para viabilizar o abastecimento energético do planeta, pois o desequilíbrio ambiental já é elevado e as soluções demandam urgência nos seus resultados para reverter esse ciclo nocivo que se instalou.

Considerando a base teórica apresentada, percebe-se que já existe há bastante tempo o conhecimento e o uso de energias renováveis, tais como a eólica nos moinhos de vento para a moagem de grãos e bombeamento de água. O uso dos ventos para navegação marítima possibilitou a conquista da América e por séculos o comércio internacional. O uso do deslocamento da água para gerar movimento mecânico, possibilitou máquinas diversas e posteriormente a geração de energia elétrica, denominada hidrelétrica. A própria luz solar irradiada foi fonte de energia para aquecimento de residências através do efeito estufa, além é claro de ser usada para iluminação diurna. O uso de placas solares para aquecimento de fluídos como água já é utilizado há muito tempo e não envolve tecnologia tão recente como os painéis fotovoltaicos.

Nesse contexto histórico, a energia elétrica veio se tornando a mais importante e relevante forma de energia, pois ela pode ser gerada de várias formas e

transportada para lugares muito distantes quase instantaneamente, considerando-se as distâncias do planeta. Tão importante que tem recebido atenção especial do poder público e instituições, pois o atual modo de vida depende do uso de energia elétrica. Até mesmo dentro do âmbito do direito foi criado um ramo de estudo denominado “Direito de Energia”, que Alvarez<sup>253</sup> explica que “estuda as relações jurídicas pertinentes à disciplina de utilização de resultantes tecnológicas da energia, com repercussão econômica”.

A convergência tecnológica da atualidade, fruto do estudo e desenvolvimento científico de diversas áreas do conhecimento, ao mesmo tempo que cria uma demanda cada vez maior por energia, também desenvolve soluções que podem equacionar o consumo com a geração de energia sustentável. As tecnologias de geração distribuída de energia, que permitem que várias pequenas fontes de geração elétrica sejam inseridas num sistema de distribuição de energia, possibilitam que sejam realizados investimentos privados em geração elétrica, em especial nas instalações residenciais, visando redução de custos ao usuário e principalmente à sustentabilidade.

As possibilidades de uso de energia limpa podem se ampliar, tanto pelo desenvolvimento de formas inovadoras de geração de energia, tal como a fusão nuclear, como na questão da eficiência energética, por exemplo, dos painéis fotovoltaicos, que tendem a produzir mais energia por área de superfície em função de novas tecnologias de fabricação.

Esse cenário traz uma esperança sobre a possibilidade de se elaborar um projeto energético que promova essa migração da energia poluente e não-renovável, para o uso da energia limpa e renovável, que consiga integrar desenvolvimento com sustentabilidade.

## 5.1. A 4RI COMO AGENTE PROMOTOR DO DESENVOLVIMENTO

A 4RI tem se mostrado uma preocupação para o poder público, em função de toda a movimentação social e econômica que ela deve propiciar, e pelo impacto que essa difícil transição deve causar na sociedade. O ponto inicial a se questionar, é se essas novas tecnologias que emergem podem trazer o desenvolvimento, em sentido amplo, à sociedade? Pois algo que se apresenta com o potencial para eliminar milhões de postos

---

<sup>253</sup> ALVARES, Walter Tolentino. **Curso de direito de energia**. Rio de Janeiro: Forense, 1978. p.1.

de trabalho, num sistema econômico onde as pessoas têm a sua renda baseada no trabalho, evidentemente causa dúvidas e preocupações.

No relatório *The Future of Jobs*<sup>254</sup> do Fórum Econômico Mundial, de 2016, considera-se de que a 4RI “está interagindo com outros fatores socioeconômicos e demográficos para criar uma tempestade perfeita de mudanças no modelo de negócios em todas as indústrias, resultando em grandes perturbações nos mercados de trabalho. Surgirão novas categorias de empregos, em parte ou totalmente deslocando outros”<sup>255</sup>. Nesse sentido, entendem que novas categorias de emprego surgirão e outras serão modificadas, exigindo que habilidades novas sejam adquiridas.

Falvo<sup>256</sup> explica que o referido relatório *The Future of Jobs*<sup>257</sup> investiga o padrão de recrutamento futuro, baseado na medição do padrão de recrutamento de profissionais com a “habilidade/competência requerida pelos diversos setores de atividade, no período de 2015 a 2020 em 13 países (África do Sul, Alemanha, Austrália, Brasil, China, Estados Unidos, França, Índia, Itália, Japão, México, Reino Unido e Turquia). A pesquisa utilizou uma escala de classificação do padrão de recrutamento entre -2 (“difícil”) e +2 (“fácil”)”.

Nesse sentido, Falvo<sup>258</sup> descreve que no “período de 2015 a 2020, para os CEOs das empresas entrevistadas, em todos os setores de atividade econômica há praticamente o mesmo grau de dificuldade de recrutamento, com exceção do setor de Energia (utilitários e tecnologia; óleo e gás; e energia renovável), mais próximos à manutenção do padrão de recrutamento”. Assim, recentemente os sistemas de ensino de muitos países têm empreendido esforços significativos para aumentar a quantidade de alunos graduados em STEM (ciência, tecnologia, engenharia e matemática), cujo potencial de criação de empregos, por si só, é insuficiente para absorver a oferta de

---

<sup>254</sup> WORLD ECONOMIC FORUM. **The Future of Jobs Report 2018**. Disponível em: <<https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

<sup>255</sup> Tradução livre do autor. “The Fourth Industrial Revolution is interacting with other socio-economic and demographic factors to create a perfect storm of business model change in all industries, resulting in major disruptions to labour markets. New categories of jobs will emerge, partly or wholly displacing others”. WORLD ECONOMIC FORUM. **The Future of Jobs Report 2018**. Disponível em: <<https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

<sup>256</sup> FALVO, Josiane Fachini. **Boletim The Future Jobs: Padrão de recrutamento futuro**. Disponível em: <<http://tracegp.sesi.org.br/handle/uniepro/202>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

<sup>257</sup> WORLD ECONOMIC FORUM. **The Future of Jobs Report 2018**. Disponível em: <<https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

<sup>258</sup> FALVO, Josiane Fachini. **Boletim The Future Jobs: Padrão de recrutamento futuro**. Disponível em: <<http://tracegp.sesi.org.br/handle/uniepro/202>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

trabalho. Falvo<sup>259</sup> argumenta que “as mudanças disruptivas terão um impacto significativo sobre as necessidades de competências em todas as famílias ocupacionais e criarão uma gama de oportunidades e de desafios em todos os setores, não apenas naqueles estritamente relacionados com as competências técnicas e tecnológicas”.

A 4RI tem o potencial de interromper os mercados de trabalho e gerar maior desigualdade, conforme o alerta realizado pelos economistas Erik Brynjolfsson e Andrew McAfee, que apontaram que como a automação substitui o trabalho por toda a economia, e o retorno do capital investido pode ser maior utilizando-se máquinas do que valendo-se de trabalhadores, sendo previsível essa transição em função da concorrência empresarial, que busca maior competitividade. Por outro lado, também é possível que o deslocamento de trabalhadores pela tecnologia, em conjunto, resulte em um aumento líquido de empregos seguros e recompensadores.<sup>260</sup>

Schwab está convencido de que, “no futuro, talento, mais do que capital, representará o fator crítico de produção. Isso dará origem a um mercado de trabalho cada vez mais segregado em segmentos de baixa qualificação com baixa remuneração e de alta qualificação com alta remuneração, o que, por sua vez, levará a um aumento das tensões sociais”.<sup>261</sup>

Schwab<sup>262</sup> acredita que isso pode aumentar a desigualdade, na medida em que os maiores beneficiários da inovação tendem a ser os provedores de capital intelectual e físico, os inovadores, acionistas e investidores, o que explica a crescente lacuna de riqueza entre os que dependem do capital versus o trabalho. Schwab constata que o mercado de trabalho está concentrando a demanda nas faixas altas e baixas de qualificação e renda, e produziu um esvaziamento no meio, o que ajuda a explicar por que as classes médias em

---

<sup>259</sup> FALVO, Josiane Fachini. **Boletim The Future Jobs: Padrão de recrutamento futuro**. Disponível em: <<http://tracegp.sesi.org.br/handle/uniepro/202>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

<sup>260</sup> SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond**. World Economic Forum. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

<sup>261</sup> Tradução livre do autor. “I am convinced of one thing—that in the future, talent, more than capital, will represent the critical factor of production. This will give rise to a job market increasingly segregated into “low-skill/low-pay” and “high-skill/high-pay” segments, which in turn will lead to an increase in social tensions.”. SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond**. World Economic Forum. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

<sup>262</sup> SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond**. World Economic Forum. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

todo o mundo estão experimentando cada vez mais um sentimento generalizado de insatisfação e injustiça.

O Sebrae, em estudo realizado alinhado com o relatório *The Future of Jobs*<sup>263</sup>, verifica que “alguns trabalhos vão desaparecer, outros que nem sequer existem hoje se tornarão comuns. [...] Como há 20 anos, imagináramos que haveria profissões como Especialista em Redes Sociais, Youtuber, Blogger e Influenciador Digital?”<sup>264</sup> Na figura 2, a seguir, constam as 10 habilidades mais valorizadas pelos empregadores, para o ano de 2015 e 2020.

O Google<sup>265</sup> é uma dessas empresas que emergiu na 4RI, através de suas tecnologias e algoritmos, e pode ser um parâmetro para se verificar a evolução dos empregos conforme o desenrolar da 4RI. Nesse sentido, explicando sobre os sistemas de IA que aumentaram a eficiência energética de seus servidores, esclareceram que a IA não elimina as pessoas, pois são elas que fazem toda a manutenção, e agora elas podem concentrar mais tempo em manutenção preventiva, pois o controle é realizado pela IA.

---

<sup>263</sup> WORLD ECONOMIC FORUM. **The Future of Jobs Report 2018**. Disponível em: <<https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

<sup>264</sup> SEBRAE. **A quarta Revolução Industrial e o futuro do trabalho**. Disponível em: <A quarta Revolução Industrial e o futuro do trabalho>. Acesso em: 22 nov. 2018.

<sup>265</sup> DATA CENTER KNOWLEDGE. **Google está mudando para um sistema de gerenciamento de centro de dados autônomo**. Disponível em: <<https://www.datacenterknowledge.com/google-alphabet/google-switching-self-driving-data-center-management-system>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

## 10 top habilidades

### em 2020

1. Solução de Problemas Complexos
2. Pensamento Crítico
3. Criatividade
4. Gestão de Pessoas
5. Empatia com os Outros
6. Inteligência Emocional
7. Bom senso e Tomada de Decisão
8. Orientação para Serviços
9. Negociação
10. Flexibilidade Cognitiva

### em 2015

1. Solução de Problemas Complexos
2. Relacionamento com os Outros
3. Gestão de Pessoas
4. Pensamento Crítico
5. Negociação
6. Controle de Qualidade
7. Orientação para Serviços
8. Bom senso e Tomada de Decisão
9. Escuta Ativa
10. Criatividade



Figura 2 – Relatório *The Future of Jobs* das 10 habilidades mais importantes para o futuro.  
Fonte: SEBRAE. *A quarta Revolução Industrial e o futuro do trabalho*.<sup>266</sup>

Como alternativa a essa transição do emprego, dos moldes tradicionais para esse novo contexto, onde a “automação dos trabalhos e substituição de seres humanos por robôs e inteligência artificial, que empresários como Mark Zuckerberg e Bill Gates falam sobre a necessidade de uma renda básica universal”.<sup>267</sup> Mark Zuckerberg, fundador do Facebook, no discurso de formatura da universidade Harvard em 2017, falou sobre “a criação de propósito. Ele apresentou a ideia de que os Estados garantam uma renda mínima a seus cidadãos, independente de classe socioeconômica, para que seja possível que todos tivessem o básico, para poder desenvolver ideias”.<sup>268</sup> Contudo, sabe-se que não é possível esperar esse projeto partir do governo para viabilizar o sistema econômico, e a

<sup>266</sup> SEBRAE. *A quarta Revolução Industrial e o futuro do trabalho*. Disponível em: <A quarta Revolução Industrial e o futuro do trabalho>. Acesso em: 22 nov. 2018.

<sup>267</sup> SEBRAE. *A quarta Revolução Industrial e o futuro do trabalho*. Disponível em: <A quarta Revolução Industrial e o futuro do trabalho>. Acesso em: 22 nov. 2018.

<sup>268</sup> SEBRAE. *A quarta Revolução Industrial e o futuro do trabalho*. Disponível em: <A quarta Revolução Industrial e o futuro do trabalho>. Acesso em: 22 nov. 2018.

grande maioria dos países ainda não tem uma economia forte o suficiente para arcar com esses custos. Ou seja, os empregos continuarão sendo necessários para fazer a economia girar.

No contexto de desenvolvimento social, as tecnologias da 4RI têm promovido um aumento dos níveis da qualidade de vida de muitas pessoas, “trazendo melhores diagnósticos, prevenindo pessoas de fazerem trabalhos desagradáveis e análises que podem nos ajudar a cuidar melhor do meio ambiente”<sup>269</sup>, entre outras tantas, já analisadas, que posicionam o ser humano a desenvolver mais o lado social, emocional e intelectual, e menos o trabalho físico e tarefas repetitivas e restritas. Se forem tomadas providências agora, “para mudar a natureza do trabalho, podemos não criar apenas lugares em que as pessoas amem trabalhar, mas também criar a inovação que precisamos para repor os milhões de empregos que serão substituídos pela tecnologia”.<sup>270</sup>

Tal qual as revoluções que a precederam, a 4RI tem o potencial de elevar os níveis de renda global e melhorar a qualidade de vida das populações em todo o mundo. Até hoje, aqueles que mais ganharam foram os consumidores capazes de pagar e acessar o mundo digital. “A tecnologia tornou possíveis novos produtos e serviços que aumentam a eficiência e o prazer de nossas vidas pessoais. Pedir um táxi, reservar um voo, comprar um produto, fazer um pagamento, ouvir música, assistir a um filme ou jogar um jogo - qualquer um deles agora pode ser feito remotamente”.<sup>271</sup>

O desenvolvimento de plataformas tecnológicas que combinam demanda e oferta estão interrompendo o mercado tradicional, como se observa na economia de compartilhamento ou sob demanda. Essas plataformas de tecnologia, tornadas fáceis de usar pelo smartphone, reúnem pessoas, ativos e dados, criando, assim, maneiras totalmente novas de consumir bens e serviços no processo. “Além disso, diminuem as barreiras para empresas e indivíduos criarem riqueza, alterando os ambientes pessoal e profissional dos trabalhadores. Esses novos negócios de plataforma estão rapidamente se

---

<sup>269</sup> SEBRAE. **A quarta Revolução Industrial e o futuro do trabalho**. Disponível em: <A quarta Revolução Industrial e o futuro do trabalho>. Acesso em: 22 nov. 2018.

<sup>270</sup> SEBRAE. **A quarta Revolução Industrial e o futuro do trabalho**. Disponível em: <A quarta Revolução Industrial e o futuro do trabalho>. Acesso em: 22 nov. 2018.

<sup>271</sup> Tradução livre do autor. “Technology has made possible new products and services that increase the efficiency and pleasure of our personal lives. Ordering a cab, booking a flight, buying a product, making a payment, listening to music, watching a film, or playing a game—any of these can now be done remotely.”. SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond**. World Economic Forum. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

multiplicando em muitos novos serviços, que vão desde a lavanderia até as compras, das tarefas domésticas ao estacionamento, das mensagens às viagens”.<sup>272</sup>

Schwab explica que no futuro, “a inovação tecnológica também levará a um milagre do lado da oferta, com ganhos a longo prazo em eficiência e produtividade. Os custos de transporte e comunicação cairão, a logística e as cadeias de fornecimento globais se tornarão mais eficazes, e o custo do comércio diminuirá, o que abrirá novos mercados e impulsionará o crescimento econômico”.<sup>273</sup> Isso permitirá o acesso a muitos produtos e serviços, hoje inacessíveis a grande parte das pessoas, trazendo inclusão social e econômica, o que pode ser entendido como desenvolvimento social.

Schwab<sup>274</sup> argumenta que a 4RI “mudará não apenas o que fazemos, mas também quem somos”. Isso afetará nossa identidade e todas as questões associadas a ela: nossa sensação de privacidade, nossas noções de propriedade, nossos padrões de consumo, o tempo que dedicamos ao trabalho e lazer e como desenvolvemos nossas carreiras, cultivamos nossas habilidades, conhecemos pessoas, e cultivar relacionamentos. A lista é interminável porque é limitada apenas pela nossa imaginação.

Essas inovações têm tantas implicações no modo de vida das pessoas, que amplos debates serão necessários para traçar um ponto de equilíbrio entre as possibilidades tecnológicas que surgem e os limites morais e éticos. Nesse sentido, Schwab<sup>275</sup> expõe que o próprio ser humano está se modificando, e “as revoluções que ocorrem na biotecnologia e na IA, que estão redefinindo o que significa ser humano, empurrando para trás os limites atuais de expectativa de vida, saúde, cognição e

---

<sup>272</sup> SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond**. World Economic Forum. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

<sup>273</sup> Tradução livre do autor. “In the future, technological innovation will also lead to a supply-side miracle, with long-term gains in efficiency and productivity. Transportation and communication costs will drop, logistics and global supply chains will become more effective, and the cost of trade will diminish, all of which will open new markets and drive economic growth.”. SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond**. World Economic Forum. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

<sup>274</sup> SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond**. World Economic Forum. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

<sup>275</sup> Tradução livre do autor. “The revolutions occurring in biotechnology and AI, which are redefining what it means to be human by pushing back the current thresholds of life span, health, cognition, and capabilities, will compel us to redefine our moral and ethical boundaries”. SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond**. World Economic Forum. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

capacidades, nos obrigarão a redefinir nossas fronteiras morais e éticas”.

Com base numa análise do desenvolvimento como liberdade, proposto por Amartya Sen<sup>276</sup>, essas possibilidades previstas para a 4RI de promover o acesso a produtos e serviços, a redução de limitações físicas e deficiências, a ampliação da saúde e a sustentabilidade, indicam uma ampliação das possibilidades de as pessoas transformarem suas *capabilities* em *functionings*, e significam um aumento de liberdade, e por consequência, progresso no desenvolvimento. Como já explicado, Sen<sup>277</sup> argumenta por uma nova racionalidade do desenvolvimento, voltada ao atendimento das necessidades humanas, focada na oferta de oportunidades e qualidade de vida às pessoas, para desenvolverem suas capacidades e não visando apenas o aumento da renda, para que possam viver o tipo de vida que valorizam.

Nessa linha, Schwab conclui que “no final, tudo se resume a pessoas e valores. Precisamos moldar um futuro que funcione para todos nós colocando as pessoas em primeiro lugar e capacitando-as. Em sua forma mais pessimista e desumanizada, a Quarta Revolução Industrial pode, de fato, ter o potencial de "robotizar" a humanidade e, assim, privar-nos de nosso coração e alma”. Por outro lado, pode se viabilizar como um “complemento das melhores partes da natureza humana - criatividade, empatia, mordomia -, também pode elevar a humanidade a uma nova consciência coletiva e moral, baseada em um senso comum de destino. Cabe a todos nós nos certificarmos de que o último prevaleça”.<sup>278</sup>

## 5.2. BALANÇO ENERGÉTICO DAS TECNOLOGIAS DA 4RI

As tecnologias apresentadas da 4RI são frutos da convergência tecnológica, e

---

<sup>276</sup> SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

<sup>277</sup> SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010. p.33

<sup>278</sup> Tradução livre do autor. “In the end, it all comes down to people and values. We need to shape a future that works for all of us by putting people first and empowering them. In its most pessimistic, dehumanized form, the Fourth Industrial Revolution may indeed have the potential to “robotize” humanity and thus to deprive us of our heart and soul. But as a complement to the best parts of human nature—creativity, empathy, stewardship—it can also lift humanity into a new collective and moral consciousness based on a shared sense of destiny. It is incumbent on us all to make sure the latter prevails.”. SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond**. World Economic Forum. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

têm alcançado realizações por vezes inimagináveis há pouco tempo. Contudo essas tecnologias inovadoras dependem, em sua maioria, do consumo de energia elétrica tanto para sua fabricação como para seu uso. As tecnologias físicas devem ser as que demandarão maior consumo de energia, ao menos num futuro próximo, sobre o qual é possível alguma previsibilidade.

As revoluções industriais anteriores possibilitaram um grande aumento no nível de prosperidade da humanidade, mas associadas a um uso massivo de energia, que só foi possível, em suas épocas, através do uso de combustíveis fósseis como fontes de energia primária (carvão, petróleo e gás natural), com os consequentes impactos ambientais. Domingos<sup>279</sup> observa que essa transição desejada para o uso de energias renováveis levanta um questionamento sobre a possibilidade de se “manter os atuais níveis de prosperidade da humanidade, voltando a usar essencialmente as fontes de energia primária (o sol, a água, o vento) que usávamos antes das revoluções industriais?”.

A humanidade, lembra Domingos, ainda enfrenta o desafio da densidade das fontes de energia, pois os combustíveis fósseis são fontes de energia abundantes e concentradas no espaço, sendo que “a densidade de energia encontrada numa mina de carvão ou num poço de petróleo é da ordem de mil vezes superior à que encontramos numa floresta ou numa central solar. Dito por outras palavras, para obter a mesma energia que hoje obtemos de minas de carvão e poços de petróleo, precisamos de áreas de centrais solares ou floresta da ordem de mil vezes superiores”.<sup>280</sup>

Balim e Barrios<sup>281</sup>, colocam que o grande e principal conflito da implementação do desenvolvimento sustentável diz respeito à sua compatibilidade ou não com o crescimento econômico em um sistema capitalista. Eles acreditam que a resposta esteja na reconfiguração do processo produtivo, onde a oferta de bens e serviços tenderia a ganhar em ecoeficiência, desmaterializando-se e ficando cada vez menos intensiva em

---

<sup>279</sup> DOMINGOS, Tiago. **Rumo a uma quarta revolução industrial sustentável: resolver o dilema da energia e crescimento econômico.** Disponível em: <<https://www.publico.pt/2018/01/31/economia/opiniao/rumo-a-uma-quarta-revolucao-industrial-sustentavel-resolver-o-dilema-da-energia-e-crescimento-economico-1801314>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

<sup>280</sup> DOMINGOS, Tiago. **Rumo a uma quarta revolução industrial sustentável: resolver o dilema da energia e crescimento econômico.** Disponível em: <<https://www.publico.pt/2018/01/31/economia/opiniao/rumo-a-uma-quarta-revolucao-industrial-sustentavel-resolver-o-dilema-da-energia-e-crescimento-economico-1801314>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

<sup>281</sup> BALIM, Ana Paula Cabral e BARRIOS, Anelise Barboza. **A (des)construção do conceito de sustentabilidade.** Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=9c95b619adflca8e>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

energia, assim a economia poderia continuar crescendo sem que limites ecológicos fossem rompidos ou que recursos naturais viessem a se esgotar.

Os ganhos de eficiência dos sistemas de geração e distribuição de energia, com sistemas de controle que levam em consideração múltiplas variáveis e contam com uma diversidade de sensores, valendo-se de modelos complexos e apoiados em IA, é um exemplo de tecnologia oriunda da 4RI que contribui para a redução do consumo de energia e aumento da eficiência energética.

O aumento do consumo de energia, pela multiplicidade de dispositivos, produzidos na 4RI, que consomem energia elétrica, pode ser em parte compensado por tecnologias como a geração de energia elétrica por placas solares fotovoltaicas. Veículos híbridos ou elétricos podem ter suas baterias carregadas pelos sistemas de geração de energia elétrica fotovoltaica, o que além de reduzir os custos com os transportes, também reduz a emissão de poluentes.

O uso das tecnologias de geração de energia elétrica através de fontes renováveis, combinadas com as tecnologias de geração distribuída de energia, que permitem que várias pequenas fontes de geração elétrica sejam inseridas num sistema de distribuição de energia, irão gradualmente injetar energia em toda a malha de distribuição, reduzindo a necessidade de geração constante das usinas geradoras tradicionais. Nos momentos em que se alcançar a situação em que toda a energia necessária para a carga existente na rede esteja sendo produzida por energia renovável, tais como a solar por placas fotovoltaicas e a eólica, restará para as usinas tradicionais a função de regular as oscilações de carga.

As tecnologias da 4RI, em muitos casos, acabam revolucionando o mercado em função das reduções de custos alcançados, como ao eliminar os intermediários dos serviços através de plataformas digitais, ao eliminar deslocamentos físicos para conseguir adquirir produtos ou serviços, ao aumentar a segurança e confiabilidade de produtos com potencial de risco às pessoas, e por aí segue. Essas otimizações dos processos, indiretamente também reduzem o consumo de energia elétrica, pois ao se eliminarem etapas de certos processos, desaparece o trabalho necessário para a execução daquela tarefa, e como já esclarecido, a energia é a capacidade de produzir um trabalho ou realizar uma ação.

Os veículos autônomos podem alcançar uma redução do consumo de energia

no transporte de carga rodoviário, na medida em que essa tecnologia reduz diversos custos. Não será mais necessário um motorista humano, que em função de suas necessidades fisiológicas, necessita parar para se alimentar, dormir e usar o banheiro, o que também gera consumo de energia nesses locais. Os veículos elétricos autônomos, que atualmente ainda possuem autonomia reduzida comparativamente ao diesel ou gasolina, tem outra vantagem adicional no transporte de cargas, pois é viável ficarem mais tempo parados recarregando suas baterias, pois por serem autônomos e não possuírem as limitações físicas humanas, podem se locomover nos horários de pista mais vazia, como de madrugada, além da sua elevada eficiência energética. Essas tecnologias contribuem para o aumento da eficiência dos processos, que terão reflexos positivos na eficiência energética, que fica difícil de mensurar, mas é facilmente perceptível.

Nesse sentido, a 4RI tem a possibilidade de ser uma revolução industrial diferente das anteriores, onde o consumo de energia aumentou na mesma proporção que o aumento da economia, pois a convergência tecnológica que se apresenta, ao mesmo tempo que cria uma pressão cada vez maior por energia, também tem encontrado soluções que podem levar a uma migração gradual do cenário de dependência dos combustíveis fósseis, para o da energia limpa e sustentável.

### 5.3. DISPONIBILIDADE ENERGÉTICA

Alvarez<sup>282</sup> argumenta que “a disponibilidade de energia é condição necessária ao progresso, mas não é ela que o provoca”. Em paralelo, Domingos<sup>283</sup> apresentou um estudo realizado em Portugal, onde o aumento do PIB foi acompanhado linearmente pelo aumento do consumo de energia, e que a persistir essa correlação, levará a um limite no desenvolvimento econômico proporcional às limitações na disponibilidade energética.

Numa visão histórica, Price<sup>284</sup>, analisando por uma ótica pautada na movimentação da energia, enxerga que a breve estadia da espécie humana na Terra marca

<sup>282</sup> ALVARES, Walter Tolentino. **Curso de direito de energia**. Rio de Janeiro: Forense, 1978. p.11.

<sup>283</sup> DOMINGOS, Tiago. **Rumo a uma quarta revolução industrial sustentável: resolver o dilema da energia e crescimento económico**. Disponível em: <<https://www.publico.pt/2018/01/31/economia/opiniao/rumo-a-uma-quarta-revolucao-industrial-sustentavel-resolver-o-dilema-da-energia-e-crescimento-economico-1801314>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

<sup>284</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana**. Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

um momento decisivo na história da vida deste planeta, pois “antes do aparecimento do Homo Sapiens, ocorria a retenção da energia mais rapidamente do que a sua dissipação. Então deu-se a evolução dos seres humanos e, com a sua capacidade para dissipar muito da energia que fora armazenada, reestabeleceram parcialmente o equilíbrio energético do planeta”.

Price infere que “a evolução de espécies como o Homo Sapiens será provavelmente uma parte integrante do processo da vida, que pode acontecer em qualquer lugar no universo. Com o desenvolvimento da vida, os organismos autotróficos expandem-se criando assim um lugar para os organismos heterotróficos”.<sup>285</sup> Assim, caso a energia orgânica for armazenada em quantidades significativas, ligada a processos geológicos que levem a isso, então Price propõe a possibilidade de que “o aparecimento de uma espécie que possa libertar essa energia, será um elemento perturbador. Tal espécie, evoluiu ao serviço da entropia, e rapidamente recolocará o seu planeta num baixo nível energético. Num instante da evolução, a espécie explode e desaparece”.<sup>286</sup>

Estudos de populações de animais ilustram essa situação, onde uma espécie que se desenvolve sem predadores naturais e com farta disponibilidade de alimento (energia), tem uma expansão exponencial e depois subitamente cai a níveis de extinção, em função do esgotamento dos recursos naturais ou alimentos. Price<sup>287</sup> cita o exemplo das 29 renas que foram introduzidas em 1944 na Ilha de St. Matthew, no Mar de Bering, que possuía um tapete de líquenes de 10 cm de espessura e não haviam renas. Antes de 1957 sua população já estava em 1.350 animais, antes de 1963 já eram 6.000, mas com o exaurimento dos líquenes, no inverno seguinte a manada de renas morreu, restando na primavera apenas 41 fêmeas e um macho disfuncional. Com isto em mente, ele argumenta que o crescimento da população humana não pode continuar indefinidamente, pois o colapso é inevitável, sendo apenas uma questão de tempo. As figuras abaixo mostram gráficos da população mundial (figura 3) e do consumo energético (figura 4), onde é possível perceber aumentos insustentáveis e que indicam que alguma correção será necessária.

---

<sup>285</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana.** Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

<sup>286</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana.** Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

<sup>287</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana.** Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

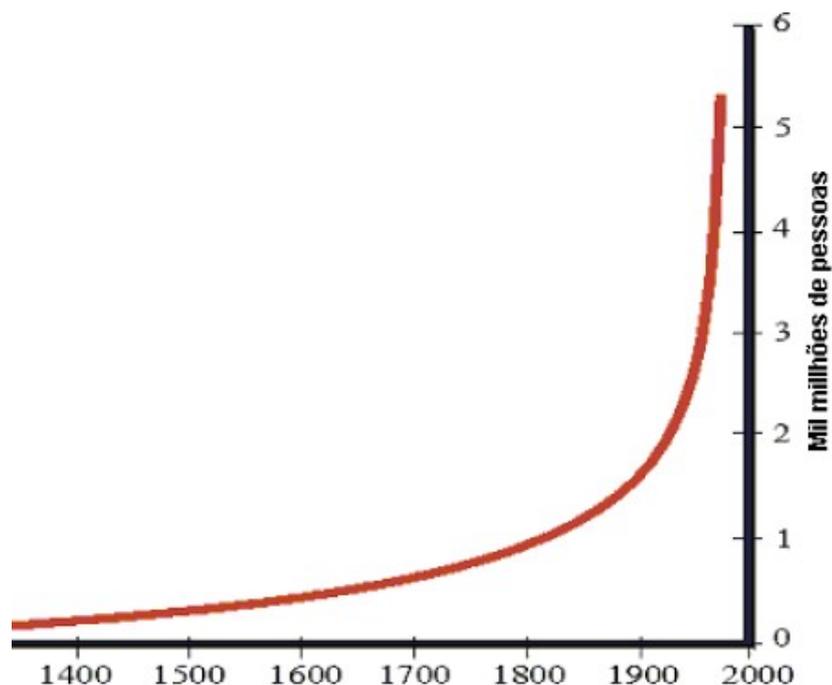


Figura 3 – Crescimento da população humana mundial. Fonte: PRICE. Energia e evolução humana.<sup>288</sup>

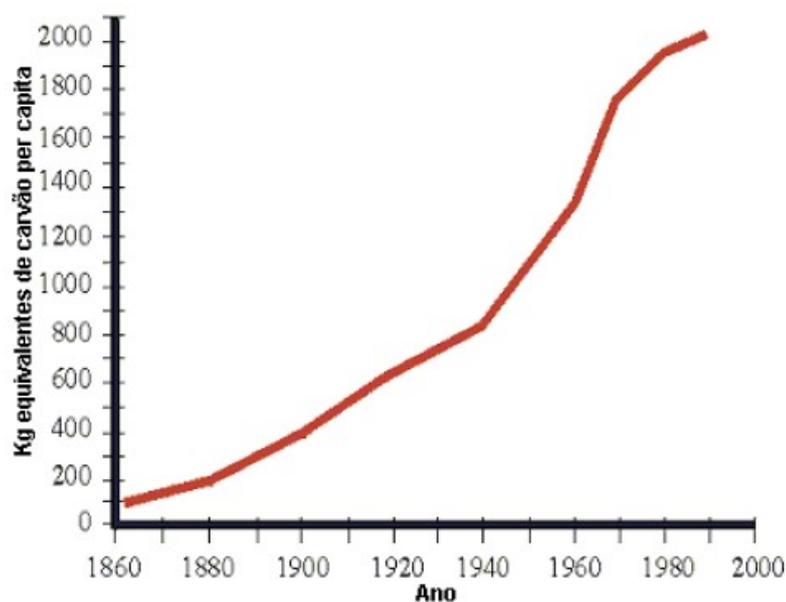


Figura 4 – Consumo energético mundial. Fonte: PRICE. Energia e evolução humana.<sup>289</sup>

Segundo o físico teórico Michio Kaku, os próximos 100 anos de ciência

<sup>288</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana**. Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

<sup>289</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana**. Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

determinarão se perecemos ou prosperaremos. Pois à medida que a civilização cresce e se torna mais avançada, suas demandas de energia aumentam rapidamente devido ao crescimento populacional e às necessidades de energia de suas várias máquinas. Em 1964, o astrofísico russo Nikolai Kardashev elaborou uma escala para medir o grau de desenvolvimento tecnológico de uma civilização, que acabou por denominada de escala de Kardashev, e foi desenvolvida como uma forma de medir o avanço tecnológico de uma civilização com base em quanta energia utilizável ela tem à sua disposição. Ela tem 3 classes de base, cada uma com um nível de eliminação de energia: Tipo I ( $10^{16}W$ ) que seria toda a energia de um planeta, Tipo II ( $10^{26}W$ ) corresponde toda a energia de sua estrela, e Tipo III ( $10^{36}W$ ) constituindo toda a energia de uma galáxia.<sup>290</sup> Bezerra<sup>291</sup> explica que a Terra se encontra presentemente no índice 0,72 (em 2010), o que ainda a enquadraria como uma civilização do tipo 0.

Essa noção de que a capacidade de manipular quantidades cada vez maiores de energia define o nível da evolução de uma espécie, há mais de 50 anos já era parâmetro para os cientistas. Nesse período, com o aparecimento de problemas ambientais, sociais e energéticos, surgiu o conceito de sustentabilidade, atualmente percebida em sua multidimensionalidade, que deixa claro que não é possível um desenvolvimento duradouro sem contemplar a sustentabilidade, inclusive a energética.

#### 5.4. AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM TECNOLOGIAS DA 4RI

Domingos<sup>292</sup> argumenta que a “Quarta Revolução Industrial traz-nos ferramentas que permitem conceber este processo como possível: os novos materiais, a otimização e controle de redes eléctricas com inteligência artificial, o uso de detecção

---

<sup>290</sup> SOCIENTÍFICA. **Conheça a escala de kardashev.** Disponível em: <<http://socientifica.com/2018/04/escala-de-kardashev-os-tipos-de-civilizacoes-i-ii-iii-iv-e-v/>>. Acesso em: 23 nov. 2018.

<sup>291</sup> BEZERRA, Valter A. **Bases Epistemológicas da Ciência Moderna.** Disponível em: <[https://filosofiadacienciaufabc.files.wordpress.com/2011/02/becm\\_2011\\_unidade\\_1\\_arq\\_leve.pdf](https://filosofiadacienciaufabc.files.wordpress.com/2011/02/becm_2011_unidade_1_arq_leve.pdf)>. Acesso em: 23 nov. 2018.

<sup>292</sup> DOMINGOS, Tiago. **Rumo a uma quarta revolução industrial sustentável: resolver o dilema da energia e crescimento económico.** Disponível em: <<https://www.publico.pt/2018/01/31/economia/opiniao/rumo-a-uma-quarta-revolucao-industrial-sustentavel-resolver-o-dilema-da-energia-e-crescimento-economico-1801314>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

remota e sensores para otimizar a produção agrícola e florestal”<sup>293</sup>, contudo, observa que o desafio é imenso, e uma segunda abordagem também é necessária, que é o aumento da eficiência, de forma a reduzir a quantidade de energia de que se necessita.

Nesse sentido, Domingos<sup>294</sup> argumenta que a eficiência energética “surge-nos como uma chave para reconciliar crescimento econômico e redução de consumo energético”, bem como entende que a 4RI traz enormes promessas, tal como a massificação do carro elétrico, muito mais eficiente que a gasolina ou diesel, ou ainda otimização dos sistemas energéticos através do uso de *machine learning*, tal qual a Google fez nas suas *server farms*, onde o uso de sistemas de IA já alcançou uma economia de 30% ao ano, pela somatória de pequenos ganhos na regulagens feitas continuamente, conforme as modificações de temperatura, pressão, umidade e outras.<sup>295</sup>

Na área de geração e distribuição de energia elétrica, novas tecnologias estão aumentando a eficiência energética dos geradores, e também as linhas de transmissão estão mais interligadas, possibilitando uma redução das perdas na geração e na distribuição. Os sistemas de big data poderão analisar as informações sobre os prováveis milhões de pontos de inserção de energia através da geração distribuída e elaborar mapas estatísticos dos melhores locais geográficos para cada tipo de geração, que serão mais precisos que os estudos atuais.

Esses ganhos de eficiência dos sistemas de geração e distribuição de energia, com sistemas de controle que consideram inúmeras variáveis e que contam ainda com uma diversidade de sensores, permitem que esses ganhos marginais sejam contabilizados, levando a um resultado muito positivo em termos de eficiência.

Os painéis solares de geração fotovoltaica têm conseguido aumentar sua eficiência continuamente, em 2011 essa eficiência era em torno de 15%, e atualmente está próximo de 21%,<sup>296</sup> o que significa um aumento de 40% na eficiência em apenas 7 anos,

---

<sup>293</sup> Original escrito em português de Portugal.

<sup>294</sup> DOMINGOS, Tiago. **Rumo a uma quarta revolução industrial sustentável: resolver o dilema da energia e crescimento econômico.** Disponível em: <<https://www.publico.pt/2018/01/31/economia/opiniaio/rumo-a-uma-quarta-revolucao-industrial-sustentavel-resolver-o-dilema-da-energia-e-crescimento-economico-1801314>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

<sup>295</sup> DATA CENTER KNOWLEDGE. **Google está mudando para um sistema de gerenciamento de centro de dados autônomo.** Disponível em: <<https://www.datacenterknowledge.com/google-alphabet/google-switching-self-driving-data-center-management-system>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

<sup>296</sup> PORTAL ENERGIA. ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Novo recorde de eficiência de painéis solares PERC batido pela Longi Solar.** Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/recorde-eficiencia-paineis-solares-perc/>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

o que dá uma média de 5% ao ano no aumento da eficiência da conversão da luz solar em energia elétrica. A própria fabricante dessa placa, que atualmente possui a maior eficiência, está confiante que nos próximos três anos conseguirá aperfeiçoar ainda mais essa tecnologia para “melhorar efetivamente a eficiência da geração de energia e a confiabilidade do sistema fotovoltaico, reduzir os custos nivelados de energia (LCOE) e oferecer benefícios maiores para os clientes”.<sup>297</sup>

Para continuar a aumentar a eficiência da geração solar fotovoltaica, novos conceitos de células solares estão sendo desenvolvidos, tal qual o conceito de células de multijunção. Atualmente os painéis de silício “são aqueles que permitem obter os preços mais baixos de energia fotovoltaica, mas estão perto de atingir o seu limite de eficiência”<sup>298</sup>, enquanto as células de multijunção são formadas por várias camadas de células de diferentes materiais, em que cada uma destas camadas é especializada em absorver uma parte do espectro solar, conseguindo atingir eficiência superior a 30%, que é muito superior às que se conseguem com uma célula solar convencional de 21%.<sup>299</sup>

Uma nova forma de painel solar está sendo desenvolvido, chamado por alguns de “dispositivo de fotossíntese artificial que permite transformar a água e a luz proveniente do Sol em dois tipos de energia: eletricidade e hidrogênio”.<sup>300</sup> Seria um tipo de placa solar híbrida, onde uma parte da corrente elétrica é extraída como energia elétrica e a restante contribui para a geração de combustíveis solares. De acordo com os cálculos apresentados neste estudo, 6,8% da energia solar pode ser armazenada como combustível de hidrogênio numa célula feita de vanadato de silício e bismuto e, os restantes 13,4%, é convertida em eletricidade.<sup>301</sup> Quando essa tecnologia alcançar viabilidade comercial, pode ser útil na medida em que a energia armazenada na célula de combustível pode ser

---

<sup>297</sup> PORTAL ENERGIA. ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Novo recorde de eficiência de painéis solares PERC batido pela Longi Solar**. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/recorde-eficiencia-paineis-solares-perc/>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

<sup>298</sup> SAPO. **O futuro radiante da energia solar fotovoltaica**. Disponível em: <<https://pplware.sapo.pt/informacao/o-futuro-radiante-da-energia-solar-fotovoltaica/>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

<sup>299</sup> SAPO. **O futuro radiante da energia solar fotovoltaica**. Disponível em: <<https://pplware.sapo.pt/informacao/o-futuro-radiante-da-energia-solar-fotovoltaica/>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

<sup>300</sup> PORTAL ENERGIA. ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Tecnologia revolucionária permite que célula solar produza 2 tipos de energia**. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/tecnologia-revolucionaria-celula-solar-produza-tipos-energia/>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

<sup>301</sup> PORTAL ENERGIA. ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Tecnologia revolucionária permite que célula solar produza 2 tipos de energia**. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/tecnologia-revolucionaria-celula-solar-produza-tipos-energia/>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

utilizada para abastecimento de veículos movidos a hidrogênio, ou para a geração de energia no período noturno, quando não há incidência de luz solar. Ela funcionaria como uma espécie de bateria armazenando a energia durante os períodos de incidência de luz solar, com a vantagem sobre as baterias convencionais, de poder abastecer os veículos movidos a hidrogênio de forma rápida, pois atualmente a recarga das baterias dos veículos elétricos ainda demandam um tempo que as pessoas não estão acostumadas.

A 4RI tem a perspectiva de ser a primeira revolução da história com sustentabilidade energética, em que pese, por diversos fatores esse não será um objetivo fácil de se alcançar. O aumento do consumo de energia deve ser baseado em geração de energia renovável e limpa, e a 4RI tem viabilizado o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e revolucionárias para geração de energia, a solar em especial, que ganham eficiência a cada ano e são opção real e viável para se alcançar a sustentabilidade energética.

## 5.5. SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA CONDICIONANDO O DESENVOLVIMENTO

A correlação entre o desenvolvimento e o consumo de energia elétrica foi marcante nas revoluções industriais, e nesse sentido, Domingos<sup>302</sup> informa sobre um estudo realizado nos últimos 150 anos da história econômica de Portugal, onde sempre foi necessária a mesma quantidade de “energia útil” por unidade de PIB, ou seja, o consumo de energia aumentou na mesma proporção do aumento do PIB. Ele ainda considera que “este resultado é forte e muito surpreendente, se pensarmos que estes 150 anos abrangem a evolução de uma economia predominantemente agrícola, para uma com alguma industrialização e finalmente para uma com predominância de serviços”.

Domingos<sup>303</sup> conclui que “há uma necessidade fixa de energia útil por unidade de PIB, e que o crescimento do PIB requer o crescimento da eficiência

---

<sup>302</sup> DOMINGOS, Tiago. **Rumo a uma quarta revolução industrial sustentável: resolver o dilema da energia e crescimento económico.** Disponível em: <<https://www.publico.pt/2018/01/31/economia/opiniao/rumo-a-uma-quarta-revolucao-industrial-sustentavel-resolver-o-dilema-da-energia-e-crescimento-economico-1801314>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

<sup>303</sup> DOMINGOS, Tiago. **Rumo a uma quarta revolução industrial sustentável: resolver o dilema da energia e crescimento económico.** Disponível em: <<https://www.publico.pt/2018/01/31/economia/opiniao/rumo-a-uma-quarta-revolucao-industrial-sustentavel-resolver-o-dilema-da-energia-e-crescimento-economico-1801314>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

energética”. Ele explica que isso se deve ao aumento do valor econômico dos resultados produzidos pelos agentes econômicos, exemplificando com o caso de um agricultor, trabalhando há séculos atrás, antes da 1ª RI, quando ele trabalhava a terra com um cavalo e produzia alimento só para sua família, e atualmente ele utiliza um trator de 100 cavalos de potência, utiliza 100 vezes mais energia útil e produz alimento suficiente para 100 pessoas, gerando um valor econômico 100 vezes maior, o que levou a uma redução proporcional ao número de agricultores necessários para produzir os alimentos.

Domingos<sup>304</sup>, com base nos estudos realizados em Portugal, que descobriu uma correlação do aumento do PIB com o consumo por energia elétrica de forma direta, entende que ao se promover a eficiência energética, também se promove o crescimento econômico (PIB), o que causa uma retroalimentação no sistema levando a uma pressão adicional para aumentar a disponibilidade de energia, e que por consequência gera um contrabalanço no efeito da eficiência energética, o que leva a um paradoxo do qual é necessário escapar. Nesse sentido, Freitas<sup>305</sup> sustenta que “pretende-se encorajar, no conflito entre a sustentabilidade e a insaciabilidade (presa aos jogos de soma zero), a opção inequívoca pelo paradigma no qual todos são potencialmente beneficiados”. Domingos conclui que é necessário um estudo para identificar o motivo dessa correlação tão estreita entre PIB e consumo de energia elétrica, para promover ações e políticas públicas que as desvinculem, pois, “resolver essa contradição é fundamental, se quisermos que a quarta revolução industrial seja a primeira revolução industrial sustentável da história da humanidade”.<sup>306</sup>

Price<sup>307</sup> explica que “enquanto não existir uma fonte de energia capaz de tomar o lugar dos combustíveis fósseis, a sua disponibilidade diminuída poderá ser compensada através de um regime de conservação de energia combinada com uma utilização de fontes de energia alternativas”. Contudo, ele entende que isto não resolverá

---

<sup>304</sup> DOMINGOS, Tiago. **Rumo a uma quarta revolução industrial sustentável: resolver o dilema da energia e crescimento econômico.** Disponível em: <<https://www.publico.pt/2018/01/31/economia/opiniaio/rumo-a-uma-quarta-revolucao-industrial-sustentavel-resolver-o-dilema-da-energia-e-crescimento-economico-1801314>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

<sup>305</sup> FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro.** 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019, p.346.

<sup>306</sup> DOMINGOS, Tiago. **Rumo a uma quarta revolução industrial sustentável: resolver o dilema da energia e crescimento econômico.** Disponível em: <<https://www.publico.pt/2018/01/31/economia/opiniaio/rumo-a-uma-quarta-revolucao-industrial-sustentavel-resolver-o-dilema-da-energia-e-crescimento-economico-1801314>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

<sup>307</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana.** Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

o problema, pois persistindo as taxas de crescimento populacional, é fútil pensar na conservação da energia. Ele explica que com a atual taxa de crescimento de 1,6% por ano, “uma redução de 25% de consumo dos recursos energéticos, seria anulada em apenas dezoito anos. Por outro lado, qualquer utilização combinada de fontes de energias alternativas, que permitam continuar com o crescimento da população, só pode adiar o dia do ajuste de contas.”<sup>308</sup>

O uso de sistemas complementares de geração de energia, promovendo a transição necessária das fontes não-renováveis de energia elétrica, com a ampliação cada vez maior da geração por energia renovável, torna viável alcançar a sustentabilidade energética, com a condição que o aumento do consumo de energia não evolua num aumento desproporcional às possibilidades de geração.

---

<sup>308</sup> PRICE, David. **Energia e evolução humana.** Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

## CONCLUSÃO

A quarta revolução industrial resulta da convergência tecnológica, que têm levado a criação de produtos e soluções tão inovadores, a ponto de inviabilizar os modelos de negócios anteriores. Essas inovações mudam vários paradigmas da sociedade, como na forma de se trabalhar ou divertir-se, bem como transformam os governos e suas instituições, a saúde, educação e os transportes.

As mudanças que se avizinham têm assustado pessoas e governos, na medida em que introduz uma insegurança sobre um futuro que já se compreendeu que será diferente da atualidade. As mudanças no mercado de trabalho, exigindo novas habilidades e qualificações, promoverá uma migração das funções desempenhadas pelas pessoas, que ficam receosas de ficarem sem emprego e renda, e terem que se reciclar para se posicionarem nesse renovado mercado de trabalho que emerge. É importante existir um planejamento, via políticas públicas, de forma que os impactos gerados pela 4RI permitam uma transição que minimize os problemas sociais e econômicos.

Quando surgem essas ondas de ruptura, como das revoluções industriais, há um questionamento na sociedade se esse é o tipo de desenvolvimento desejado pelas pessoas, ou mesmo se isso poderia ser considerado desenvolvimento. O fato é que quando as tecnologias são criadas, e trazem benefícios, que por serem muito inovadores modificam a realidade das pessoas, causam certa comoção social, mas acabam prevalecendo pela sua utilidade.

A 4RI, mesmo com a difícil transição, que não será isenta de dificuldades e sofrimento de algumas pessoas, pode vir a permitir um desenvolvimento sustentável, e quiçá harmonioso, entre o crescimento econômico, o bem-estar social e um aumento das liberdades individuais. E nesse sentido a 4RI também é inovadora, pois as revoluções anteriores resultaram em concentração econômica e grande consumo de recursos naturais.

A compreensão de que o desenvolvimento não pode ser medido apenas pelo crescimento econômico, mas também contemplando uma nova racionalidade do desenvolvimento, voltado ao atendimento das necessidades humanas, focado na oferta de oportunidades e qualidade de vida às pessoas, para que possam desenvolver suas capacidades e viver o tipo de vida que valorizam. A 4RI, ao promover o acesso a produtos e serviços, a redução de limitações físicas e deficiências, a ampliação da saúde e a

sustentabilidade multidimensional, indica uma ampliação das possibilidades de as pessoas transformarem suas *capabilities* em *functionings*, que significa um aumento de liberdade, e por consequência, progresso no desenvolvimento na visão de Amartya Sen.

Políticas públicas visando requalificar as pessoas para ocuparem os postos de trabalho que surgem, em conjunto com investimentos sólidos em educação e formação dos jovens que chegam ao mercado de trabalho, devem posicionar o ser humano a desenvolver mais o lado social, emocional e intelectual, e menos o trabalho físico e tarefas repetitivas e restritas, viabilizando que as pessoas gostem de seus trabalhos e que criem inovação suficiente para repor os milhões de empregos que serão substituídos pela tecnologia.

Considerando as informações levantadas nesse estudo, chega-se a compreensão que a 4RI é uma evolução na história da humanidade, viabilizada pela convergência das tecnologias digitais com diversas áreas do conhecimento humano. Os resultados, contudo, não serão alcançados sem riscos e sacrifícios, mas têm o potencial de transformar a sociedade para melhor.

Tal qual as revoluções que a precederam, a 4RI tem o potencial de elevar os níveis de renda global e melhorar a qualidade de vida das populações em todo o mundo. Contudo, essa prosperidade alcançada nas revoluções anteriores, sempre esteve associada a um uso massivo de energia, que só foi possível, em suas épocas, através do uso de combustíveis fósseis como fontes de energia primária (carvão, petróleo e gás natural), com os consequentes impactes ambientais.

O grande e principal conflito na implementação do desenvolvimento sustentável, diz respeito à sua compatibilidade ou não com o crescimento econômico em um sistema capitalista. Estudos realizados em Portugal demonstraram uma estreita correlação entre o crescimento do PIB e o proporcional crescimento do consumo de energia, num histórico de 150 anos, exibindo um paradoxo do qual é necessário escapar, para viabilizar um desenvolvimento duradouro.

A 4RI tem a possibilidade de ser uma revolução industrial diferente das anteriores, se conseguir evitar que o consumo de energia aumente na mesma proporção que o aumento da economia. Nesse sentido, a convergência tecnológica que emerge, ao mesmo tempo que cria uma pressão cada vez maior por energia, também tem encontrado soluções que podem levar a uma migração gradual do cenário de dependência dos

combustíveis fósseis, para o da energia limpa e sustentável.

Esse cenário tecnológico que surge, traz a possibilidade de se elaborar um projeto energético que promova essa migração da energia poluente e não-renovável, para o uso da energia limpa e renovável, que consiga integrar desenvolvimento com sustentabilidade.

Para alcançar esse objetivo serão necessários investimentos na área social e de infraestrutura. Na social, é necessária uma conscientização de que o aumento populacional deve ter equilíbrio na disponibilidade dos insumos necessários para a vida humana saudável, de forma sustentável, viabilizando as futuras gerações. Na infraestrutura, através de políticas públicas de incentivo ao uso de energias renováveis, como a geração de energia elétrica por placas solares fotovoltaicas instaladas nas residências, que interligadas numa rede de geração distribuída, tem o potencial de injetar uma grande quantidade de energia no sistema e ser integrada com as novas tecnologias da 4RI, tais como os veículos elétricos.

Na área empresarial, uma possibilidade seria que os empreendimentos de grande porte já contemplassem sistemas de geração por fonte renovável, como solar ou eólica, que interligados à rede elétrica por geração distribuída, neutralizasse total ou parcialmente seu consumo energético. Essa análise prévia da viabilidade energética poderia ser implementada por políticas públicas, mas talvez o melhor incentivo seja a competitividade econômica, na medida em que a tecnologia de geração solar por placas fotovoltaicas fica mais eficiente e barata a cada ano, fazendo com que o investimento seja rapidamente amortizado, gerando economia operacional e vantagens competitivas no mercado.

Os novos investimentos na geração de energia elétrica devem privilegiar o uso de fontes de energia renováveis, como a eólica, hidrelétrica, oceânica, biomassa e solar, promovendo a transição necessária das fontes não-renováveis de energia elétrica, com a ampliação cada vez maior da geração por energias renováveis, de forma a tornar viável alcançar a sustentabilidade energética.

Pelos estudos realizados, para que o desenvolvimento seja duradouro, ele deve ser pautado pela sustentabilidade multidimensional, aí inclusa a sustentabilidade energética. Desta forma, o desenvolvimento não deve ser considerado apenas no aspecto econômico, mas também no social, ambiental e como liberdade. Nesse sentido, a 4RI tem

o potencial de promover esse desenvolvimento, trazendo inovações que possibilitam um aumento expressivo da eficiência na geração de energia, bem como a integração de uma infinidade de fontes de energia renováveis, das quais se destacam a solar e a eólica, através da geração distribuída, que criam perspectivas otimistas quanto ao futuro do abastecimento energético sustentável.

Assim, com base no estudo realizado, é possível concluir que a disponibilidade de energia elétrica sustentável é um fator imprescindível para o desenvolvimento duradouro, felizmente, a 4RI tem a possibilidade de ser a primeira revolução industrial a alcançar a sustentabilidade, e com isso possibilitar novos horizontes à humanidade.

## REFERÊNCIAS

4<sup>TH</sup> INDUSTRIAL REVOLUTION. **The Rise of Machines and the Future of Law Part I.** Disponível em: <<https://www.the4thindustrialrevolution.org/the-rise-of-machines-and-the-future-of-law-part-1/>>. Acesso em: 21 dez. 2017.

4<sup>TH</sup> INDUSTRIAL REVOLUTION. **The Rise of Machines and the Future of Law Part II.** Disponível em: <<https://www.the4thindustrialrevolution.org/the-rise-of-machines-and-the-future-of-law-part-ii/>>. Acesso em: 21 dez. 2017.

ABRANTES, Beatriz. **Segunda Revolução Industrial.** Disponível em: <<https://www.stoodi.com.br/blog/2018/07/25/segunda-revolucao-industrial/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

ALVARES, Walter Tolentino. **Curso de direito de energia.** Rio de Janeiro: Forense, 1978.

ARAÚJO, Carlos Roberto Vieira. **História do Pensamento Econômico: Uma Abordagem Introdutória.** São Paulo: Atlas, 1998.

ARKTIS. **Indústria 4.0, A Quarta Revolução Industrial.** Disponível em: <<http://arktis.com.br/a-quarta-revolucao-da-industria/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

BALIM, Ana Paula Cabral e BARRIOS, Anelise Barboza. **A (des)construção do conceito de sustentabilidade.** Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=9c95b619adf1ca8e>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

BBC – HORIZONS. **AN INSIGHT INTO THE FUTURE OF GLOBAL BUSINESS.** Disponível em: <<http://www.bbc.com/specialfeatures/horizonsbusiness/wp-content/uploads/2013/04/Energy1.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2018.

BEZERRA, Juliana. **Primeira Revolução Industrial.** Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/primeira-revolucao-industrial/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

BEZERRA, Juliana. **Segunda Revolução Industrial.** Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/segunda-revolucao-industrial/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

BEZERRA, Valter A. **Bases Epistemológicas da Ciência Moderna.** Disponível em: <[https://filosofiadacienciaufabc.files.wordpress.com/2011/02/becm\\_2011\\_unidade\\_1\\_arq\\_leve.pdf](https://filosofiadacienciaufabc.files.wordpress.com/2011/02/becm_2011_unidade_1_arq_leve.pdf)>. Acesso em: 23 nov. 2018.

BLANCHET, Luiz Alberto; OLIVEIRA, Edson Luciani de. **Tributação da Energia no Brasil: necessidade de uma preocupação constitucional extrafiscal e ambiental.** Disponível em: [http://egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/58\\_2.pdf](http://egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/58_2.pdf). Acesso em 12 out. 2017.

BLANCHET, Luiz Alberto. **O Serviço Público de Energia Elétrica e o Desenvolvimento: A Sustentabilidade Energética.** In: GONÇALVES, Oksandro; FOLLONI, André; SANTANO, Ana Cláudia (Coord.) **Direito econômico & socioambiental: por interconexões entre o desenvolvimento e a sustentabilidade.** Curitiba: Íthala, 2016.

BLANCHET, Luiz Alberto. **Concessão de Serviços Públicos**. 3 ed. Curitiba: Juruá, 2012.

CAMPOS, Elisa. **Stephen Hawking: a inteligência artificial pode ser a melhor ou a pior coisa que já aconteceu à humanidade**. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2017/11/stephen-hawking-inteligencia-artificial-pode-ser-melhor-ou-pior-coisa-que-aconteceu-humanidade.html>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

CELLAN-JONES, Rory. **Stephen Hawking: Inteligência artificial pode destruir a humanidade**. Disponível em: <[https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/12/141202\\_hawking\\_inteligencia\\_pai](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/12/141202_hawking_inteligencia_pai)>. Acesso em: 17 nov. 2018.

COASE, Ronald H. **The Problem of Social Cost**. Journal of Law and Economics, Vol. 3, pp. 1-44, out. 1960.

CPRM. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Breve História da Terra**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Breve-Historia-da-Terra-1094.html>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

DATA CENTER KNOWLEDGE. **Google está mudando para um sistema de gerenciamento de centro de dados autônomo**. Disponível em: <<https://www.datacenterknowledge.com/google-alphabet/google-switching-self-driving-data-center-management-system>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

DOMINGOS, Tiago. **Rumo a uma quarta revolução industrial sustentável: resolver o dilema da energia e crescimento económico**. Disponível em: <<https://www.publico.pt/2018/01/31/economia/opiniao/rumo-a-uma-quarta-revolucao-industrial-sustentavel-resolver-o-dilema-da-energia-e-crescimento-economico-1801314>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

EFFODUH, Jake Okechukwu. **"The Fourth Industrial Revolution by Klaus Schwab."** *The Transnational Human Rights Review* 3. (2016): Disponível em: <<http://digitalcommons.osgoode.yorku.ca/thr/vol3/iss1/4>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

E-GOV. **Brasil: necessidade de uma preocupação constitucional extrafiscal e ambiental**. Disponível em: [http://egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/58\\_2.pdf](http://egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/58_2.pdf). Acesso em 12 out. 2017.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Energia Renovável**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Documents/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>>. Acesso em 08 out. 2017.

FALVO, Josiane Fachini. **Boletim The Future Jobs: Padrão de recrutamento futuro**. Disponível em: <<http://tracegp.sesi.org.br/handle/uniepro/202>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

FARAH JÚNIOR, Moisés Francisco. **A Terceira Revolução Industrial e o Novo Paradigma Produtivo: Algumas Considerações sobre o Desenvolvimento Industrial Brasileiro nos Anos 90**. Disponível em: <<https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/viewFile/501/396>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

FARHI NETO, Leon. **O ambientalismo liberal considerado a partir de uma**

**perspectiva ética.** Disponível em:

<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/ethic/article/viewFile/24913/22016>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

FOLLONI, André. **A Complexidade Ideológica, Jurídica e Política do Desenvolvimento Sustentável e a Necessidade de Compreensão Interdisciplinar do Problema.** Revista Direitos Humanos Fundamentais, Osasco, jan-jun/2014, ano 14, n.1, pp. 63-91.

FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro.** 4. ed. Fórum: Belo Horizonte, 2019.

FREITAS, Vladimir Passos de. **A Desejada e Complexa Conciliação entre Desenvolvimento Econômico e Proteção do Meio Ambiente no Brasil.** Revista Direito Ambiental e Sociedade. Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, RS. Educ. v. 4, n. 1, 2014. Semestral. pp. 235-263. Disponível em: <<http://www.uces.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/3692/2115>>. Acesso em: 22 dez. 2017.

FUKUYAMA, Francis. **Ordem e decadência política: da revolução industrial à globalização da democracia.** Tradução de Nivaldo Montingelli Jr. Rio de Janeiro: Rocco, 2018. 1. ed.

GABARDO, Emerson. **A felicidade como fundamento teórico do desenvolvimento em um Estado Social.** Revista Digital de Direito Administrativo. vol. 5, n. 1, p. 99-141, 2018.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GREENE, Brian. **O Universo elegante: supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva;** tradução José Viegas Filho. Companhia das Letras, São Paulo. 2010.

GUEVARA, Arnoldo José de Hoyos. **A Terceira Revolução: Como o poder lateral está transformando a energia, a economia e o mundo.** Disponível em: <[https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/9-\\_a\\_terceira\\_revolucao\\_-\\_fabiana\\_almeida\\_.pdf](https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/9-_a_terceira_revolucao_-_fabiana_almeida_.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2018.

GURGEL COSTA, Victor Hugo; BRAGA JUNIOR, MORAES, Sérgio Alexandre de. **Políticas Públicas e Sustentabilidade para a Universalização do Acesso à Energia Elétrica.** Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=dbc1c85e4b057d60>>. Acesso em: 12 out. 2016.

GWEC - Global Wind Energy Council. Disponível em: <<http://www.gwec.net/global-figures/graphs/>>. Acesso em: 08 out. 2017.

HALLIDAY, David, RESNICK, Robert e WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 1: mecânica.** 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

IPIRANGA, Ana Silva Rocha, GODOY, Arilda Schmidt e BRUNSTEIN, Janette, **“RAM. Revista de Administração Mackenzie”**, RAM, Rev. Adm. Mackenzie (Online) 12, n. 3 (junho 2011). Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-69712011000300002](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-69712011000300002)>. Acesso em: 22 dez. 2017.

JORNAL DA USP. **Gestão Ambiental promove mostra de cinema sobre Agenda**

2030. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/institucional/superintendencia-de-gestao-ambiental-promove-mostra-sobre-agenda-2030/>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

KAKU, Michio. **A Física do Futuro**. Lisboa: Bizâncio, 2011.

LINDEN, Rafael. **Terapia gênica: o que é, o que não é e o que será**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v24n70/a04v2470.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

MARTINEZ, Sérgio Rodrigo; MAMED, Danielle de Ouro. **Economia e Meio Ambiente: Contribuições de Amartya Sen à Ética do Desenvolvimento e Sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=126c2da128e5b044>>. Acesso em: 29 dez. 2017.

MCLAUGHLIN, Molly K. **The Best DNA Testing Kits of 2018**. Disponível em: <<https://www.pcmag.com/roundup/356975/the-best-dna-testing-kits>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

MCFEE, John. **‘Worldwide phenomenon’ Bitcoin frightens governments**. Disponível em: <<https://calvinayre.com/2017/10/09/bitcoin/john-mcafee-worldwide-phenomenon-bitcoin-frightens-governments-video/>> Acesso em: 20 dez. 2017.

MILARÉ, Edis. **Direito do Ambiente**. São Paulo: RT. ed. 8. rev. atual. e ampl. p.45. 2013.

NASCIMENTO NETO, José Osório. **Políticas públicas e regulação socioambiental: governança, estratégias e escolhas públicas: energia e desenvolvimento em pauta**. Curitiba: Íthala, 2017.

NORTH, Douglass Cecil. **Institutions, institutional change and economic performance**. Cambridge University Press 1990.

OLIVEIRA, Sidimar. **Conceitos básicos**. Disponível em <<https://pt.scribd.com/doc/50498774/Conceitos-Basicos>>. Acesso em: 23 dez. 2017.

PICOLI, Cristian. **Terceira Revolução Industrial: relação com a era digital e da informação**. Disponível em: <<https://blog.atmdigital.com.br/terceira-revolucao-industrial-relacao-com-a-era-digital-e-da-informacao/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

PLAN INTERNATIONAL. **Conheça os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<https://plan.org.br/blog/2017/02/conheca-objetivos-desenvolvimento-sustentavel>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

PLANETA SUSTENTÁVEL. **Jeremy Rifkin e a Terceira Revolução Industrial**. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod\\_resource/content/1/jeremy.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349893/mod_resource/content/1/jeremy.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2018.

PNUD Brasil. **Desenvolvimento Humano e IDH**. Disponível em: <<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0.html>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

Portal Brasil. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/01/brasil-sobe-5-posicoes-em-ranking-mundial-eolico>>. Acesso em: 08 out. 2017.

PORTAL ENERGIA. **ENERGIAS RENOVÁVEIS. Novo recorde de eficiência de painéis solares PERC batido pela Longi Solar**. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/recorde-eficiencia-paineis-solares-perc/>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

PORTAL ENERGIA. ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Tecnologia revolucionária permite que célula solar produza 2 tipos de energia.** Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/tecnologia-revolucionaria-celula-solar-produza-tipos-energia/>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

PORTAL SÃO FRANCISCO. **Fotossíntese.** Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/biologia/fotossintese>>. Acesso em 01 nov. 2018.

PRICE, David. **Energia e evolução humana.** Disponível em: <[https://resistir.info/energia/energia\\_e\\_evolucao\\_humana.html#asterisco](https://resistir.info/energia/energia_e_evolucao_humana.html#asterisco)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

REMEDIO, José Antonio e SILVA, Marcelo Rodrigues da. **O uso monopolista do Big Data por empresas de aplicativos: políticas públicas para um desenvolvimento sustentável em cidades inteligentes em um cenário de economia criativa e de livre concorrência.** Disponível em: <<https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/RBPP/article/viewFile/4966/3651>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

SANTOS, Vanessa Sardinha Dos. **O que é autotrófico e heterotrófico?.** Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-autotrofico-heterotrofico.htm>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

SAPO. **O futuro radiante da energia solar fotovoltaica.** Disponível em: <<https://pplware.sapo.pt/informacao/o-futuro-radiante-da-energia-solar-fotovoltaica/>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

SCHERWITZ, Débora Perilo. **As visões antropocêntrica, biocêntrica e ecocêntrica do direito dos animais no Direito Ambiental.** Disponível em: <<http://revista.zumbidospalmares.edu.br/images/stories/pdf/edicao-3/visoes-biocentrica-ecocentrica.pdf>>. Acesso em: 2 jul. 2017.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial.** Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1ª ed. São Paulo: Edipro, 2016.

SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution.** World Economic Forum, 2016. Geneva.

SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond.** World Economic Forum. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

SEBRAE. **A quarta Revolução Industrial e o futuro do trabalho.** Disponível em: <A quarta Revolução Industrial e o futuro do trabalho>. Acesso em: 22 nov. 2018.

SEN, Amartya. **A ideia de justiça.** Tradução de Denise Bottmann e Ricardo Doninelli Mendes. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade.** Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

SEN, Amartya. **Inequality reexamined.** Oxford: Oxford University Press, 1992.

SEN, Amartya. **Sobre Ética e Economia**. Tradução de Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

SEN, Amartya. **Well-being, agency and freedom: the Dewey lectures 1984**. The Journal of Philosophy, v. 82, n.4, pp. 169-221, abr. 1985.

SEN, Amartya e KLIKSBURG, Bernard. **As pessoas em primeiro lugar: a ética do desenvolvimento e os problemas do mundo globalizado**. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

SILVA, Carlos Sérgio Gurgel. **Tutela ambiental antropocêntrica: considerações sobre a realidade brasileira**. Revista Jus Navigandi, ISSN 15184862, Teresina, ano 17, n. 3411, 2 nov. 2012. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/22926>>. Acesso em: 2 jul. 2017.

SIQUEIRA, Humberto. **Aconselhamento genético é nova ferramenta na prevenção de doenças**. Disponível em: <<https://www.uai.com.br/app/noticia/saude/2013/06/16/noticias-saude,194420/aconselhamento-genetico-e-nova-ferramenta-na-prevencao-de-doencas.shtml>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

SOCIENTÍFICA. **Conheça a escala de kardashev**. Disponível em: <<http://socientifica.com.br/2018/04/escala-de-kardashev-os-tipos-de-civilizacoes-i-ii-iii-iv-e-v/>>. Acesso em: 23 nov. 2018.

SOHISTORIA. **Revolução Industrial**. Disponível em: <<https://www.sohistoria.com.br/resumos/revolucaoindustrial.php>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

STOFFEL, Jaime Antonio; COLOGNESE, Silvio Antônio. **O desenvolvimento sustentável sob a ótica da sustentabilidade multidimensional**. Rev. FAE, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 18-37, jul./dez. 2015.

THALER, Richard H. **Comportamento inadequado**. Lisboa: Conjuntura Actual Editora, 2015.

THE UNIVERSITY OF MANCHESTER. **What can graphene do?** Disponível em: <<http://www.graphene.manchester.ac.uk/explore/what-can-graphene-do/>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. EPE: Rio de Janeiro, 2016.

VIEIRA, Anderson Nunes de Carvalho. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. Disponível em: <<https://andersonvieiranunes.jusbrasil.com.br/artigos/447763946/teoria-do-desenvolvimento-economico>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Harnessing the Fourth Industrial Revolution for the Earth**. Disponível em: <[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Harnessing\\_the\\_4IR\\_for\\_the\\_Earth.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Harnessing_the_4IR_for_the_Earth.pdf)>. Acesso em: 29 dez. 2017.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Future of Jobs Report 2018**. Disponível em: <<https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>>. Acesso em: 17 nov. 2018.