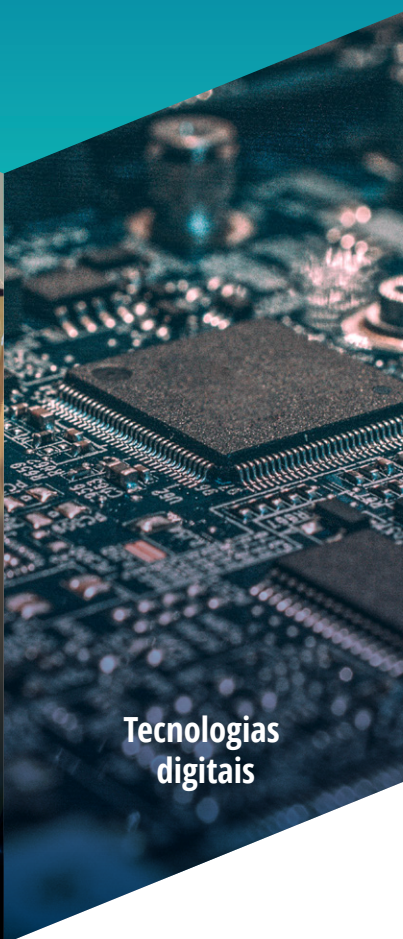


Organização:
Natália Gonçalves de Moraes

Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável na América Latina e Caribe



**Ônibus
elétrico**



**Tecnologias
digitais**



**Geração solar
fotovoltaica**

Organização da Publicação

Natália Gonçalves de Moraes

Autores

Flávio Raposo de Almeida

Joelmir Ramos da Costa

Natália Gonçalves de Moraes

Rafael Boraschi Maria

Revisão Técnica

Camila Ferraz

Revisão Ortográfica

Clarissa N. do E. S. Padovani Mussoi

Design

Guilherme Bussinger

Fotos capa

Hobi Industri on Unsplash

Alexandre Debieve on Unsplash

American Public Power Association on Unsplash



Coordenadores GreenTech Talks

Natália Gonçalves de Moraes

Rafael Boraschi Maria



Diretora

Nicole Stopfer

Coordenadora de Projetos

Anuska Soares

Organização:
Natália Gonçalves de Moraes

Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável na América Latina e Caribe

Ônibus elétrico / Tecnologias digitais / Geração solar fotovoltaica

Dezembro, 2021

Catálogo internacional na fonte

T255 Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável na América Latina e Caribe / org. Natália Gonçalves de Moraes; Natália Gonçalves de Moraes... [et al.]. – Rio de Janeiro: Fundação Konrad Adenauer, 2021.
126 p.: il.; 16x23 cm.

ISBN 978-65-89432-15-9

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Tecnologias verdes. I. Moraes, Natália Gonçalves (org.). II. Fundação Konrad Adenauer

CDU 504.06

Elaborada pela Bibliotecária Clarissa Padovani Mussoi CRB 10/1775

© 2021, Konrad Adenauer Stiftung e.V.
Programa Regional Segurança Energética e
Mudança Climática na América Latina (EKLA)

Calle Cantuarias 160 Of. 202
Miraflores, Lima 18 - Perú
Phone +51 13 20 28 70
Energie-Klima-La@kas.de

Todos os direitos desta edição são reservados à Fundação Konrad Adenauer. As opiniões aqui externadas são de exclusiva responsabilidade de seus autores.

Sumário

Apresentação EKLA-KAS	8
Prefácio	11
Introdução e apresentação	15
Capítulo 01	20
Tecnologias verdes	
1.1 Tecnologias verdes no contexto da América Latina e Caribe	21
1.2 Implementação dos ODS na Região	23
1.3 O mundo e os investimentos em recuperação verde	26
1.4 Investimentos na América Latina e Caribe	31
1.5 Sinergia entre grupos tecnológicos	34
1.6 Energia renovável e a geração solar fotovoltaica	37
1.7 Tecnologias Digitais e seu papel transversal	38
1.8 Mobilidade elétrica e o transporte coletivo	39
1.9 Conclusão	41
Capítulo 02	44
Ônibus elétricos	
2.1 Conceitos relacionados aos ônibus elétricos	45
2.2 Benefícios sociais	46
2.3 Benefícios econômicos	47
2.4 Benefícios ambientais	47
2.5 Status e tendências	51
2.6 Mobilidade sustentável frente à crise da Covid-19	53
2.7 A regionalização da produção	54
2.8 A mudança de tendência em relação aos veículos elétricos	54
2.9 Principais atores regionais	55
2.10 Novos modelos de negócio	61
2.11 Desafios e oportunidades no setor para a região	65
2.12 Barreiras tecnológicas chave	67
2.13 Barreiras financeiras chave	67
2.14 Barreiras institucionais chave	68
2.15 Oportunidades	70
2.16 O potencial de descarbonização	71
2.17 A modernização do transporte público urbano	71
2.18 O mercado consumidor latino-americano	72
2.19 Geração de emprego e renda	73

Capítulo 03

76

Tecnologias digitais

3.1 Conceitos relacionados às tecnologias digitais	77
3.2 Inteligência Artificial (IA)	78
3.3 <i>Big data</i>	79
3.4 Internet das Coisas	79
3.5 <i>Status</i> e tendências	80
3.6 Digitalização e Energias Renováveis	83
3.7 Digitalização e Mobilidade	84
3.8 Impactos da digitalização na sustentabilidade	85
3.9 Novos Modelos de Negócios	88
3.10 Desafios e Oportunidades	91

Capítulo 04

94

Geração solar fotovoltaica

4.1 Conceitos relacionadas à geração solar fotovoltaica	95
4.2 Modalidades de Geração Solar Fotovoltaica	100
4.3 <i>Status</i> e Tendências	103
4.4 Oportunidades e Desafios	108

Conclusão

113

Referências bibliográficas

122

Apresentação Programa Regional Segurança Energética e Mudança Climática na América Latina (EKLA) – KAS

Liberdade, justiça e solidariedade são os princípios básicos do trabalho da **Fundação Konrad Adenauer (KAS)**. A KAS é uma fundação política, vinculada ao partido União Democrática Cristã (CDU), da Alemanha.

Para a KAS, a segurança energética e a mudança climática tornaram-se peças importantes na estrutura e manutenção de uma ordem social democrática. Nesse contexto, o **Programa Regional de Segurança Energética e Mudanças Climáticas na América Latina (EKLA)** foi desenhado como uma plataforma de diálogo, a fim de promover o processo de tomada decisões políticas sobre esses temas.

Para isso, organizamos fóruns de discussões regionais, conferências e seminários em estreita colaboração com os escritórios locais da Fundação Konrad Adenauer na América Latina, bem como com organizações parceiras nacionais e internacionais. Também produzimos **publicações especializadas e estudos**.

Neste contexto, as alterações climáticas representam uma oportunidade para uma nova forma de desenvolvimento com enfoque na sustentabilidade ambiental, econômica e social, e a transição energética para as energias renováveis desempenha um papel fundamental nestes cenários. O desenvolvimento de novas tecnologias proporciona maior eficiência nessa transição. **Tecnologias para o desenvolvimento sustentável na América Latina e Caribe**, o título deste livro, teve como base o projeto *Green Tech Talks*, realizado em cooperação com nossa parceira **ABRAPS - Associação Brasileira dos Profissionais pelo Desenvolvimento Sustentável**, ao longo de 2021, onde realizamos 3 seminários, com os temas: ônibus elétricos, tecnologias

digitais e geração solar fotovoltaica. Nesses seminários, pudemos contar com especialistas da região, que trouxeram as informações mais atualizadas sobre cada tema e, por fim, formaram a base deste livro.

Esperamos que este livro cumpra seu objetivo de fortalecer a atuação de quem trabalha pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, os ODS da Agenda 2030 da ONU e também a colaboração entre governos locais e regionais para levar a agenda do clima como meta de governo! Desejamos uma boa leitura!

Nicole Stopfer

Diretora EKLA-KAS

Prefácio

Se a antiga “normalidade” pré-pandemia não foi capaz de resolver as grandes questões do desenvolvimento na América Latina e Caribe (ALC), a crise provocada pela pandemia da coronavírus (Covid-19) tornou visível e ampliou brechas estruturais de desenvolvimento nos países da região. Trata-se da mais grave crise econômica enfrentada pela ALC em pelo menos 120 anos, com uma contração do Produto Interno Bruto (PIB) de 6,8%, em 2020, e que ampliou em 22 milhões o número de pessoas em situação de pobreza na região, atingindo um total de 209 milhões de pessoas.

Em meio à essa grave crise, a região e o mundo atravessam uma emergência climática. Embora a contração econômica tenha contribuído para reduzir as emissões de gases do efeito estufa em todo o mundo, as emissões rapidamente retomaram o patamar anterior à pandemia. Além disso, a predominância dos gastos “marrons” sobre os gastos “verdes” nos pacotes de recuperação indica uma perspectiva de aumento dessas emissões.

O momento o qual nos encontramos requer uma recuperação transformadora, que coloque os países da região e do mundo em uma trajetória de desenvolvimento rumo à sustentabilidade e à igualdade. Transformar o estilo de desenvolvimento é urgentemente necessário porque os custos da inação são muito altos e a janela de oportunidade para manter o aquecimento global dentro dos limites internacionalmente acordados, afim de evitar ultrapassar os limites planetários. Além disso, importa ressaltar que existem numerosas oportunidades para que uma nova geração de políticas pró-sustentabilidade e pró-igualdade seja propulsora de um novo ciclo de desenvolvimento econômico, em linha com uma recuperação transformadora sustentável e igualitária.

A Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) vem desenvolvendo uma abordagem renovada, chamada “*Big Push* (ou Grande Impulso) para a Sustentabilidade” para apoiar os países da América Latina e do Caribe na construção de estilos de desenvolvimento sustentáveis. Em termos simples, a abordagem do *Big Push* para a Sustentabilidade representa uma coordenação de políticas (públicas e corporativas, nacionais e subnacionais, setoriais, fiscais, regulatórias, financeiras, de planejamento etc.) para mobilizar investimentos transformadores do estilo de desenvolvimento.

Nessa abordagem, o conjunto de investimentos complementares e, em escala, necessários para a transição de um modelo econômico saudável, resiliente, de baixo carbono, inclusivo e sustentável são motores de um grande impulso (*big push*) para o crescimento econômico e; a promoção da igualdade, contribuindo para a construção de um desenvolvimento com sustentabilidade econômica, social e ambiental.

Há áreas estratégicas consideradas para um Grande Impulso para a Sustentabilidade, porque apresentam grande potencial de gerar múltiplos benefícios nessas três dimensões. Essas áreas incluem mobilidade sustentável e espaços urbanos, transformação da matriz energética com base em energias renováveis não convencionais, bioeconomia e soluções baseadas na natureza, economia circular, turismo sustentável, economia de cuidados, indústria de saúde e revolução digital para a sustentabilidade. Essas áreas são estratégicas porque permitem promover um novo ciclo virtuoso de crescimento econômico, gerando empregos formais, aumentando a renda e reduzindo as desigualdades, enquanto mantém e regenera a base de recursos naturais de que depende o desenvolvimento.

O presente documento traz algumas análises sobre três áreas estratégicas para o *Big Push*: eletrificação de ônibus urbanos, energias renováveis não convencionais (geração solar fotovoltaica) e transformação digital. Investir nessas tecnologias, bem como na construção de capacidades locais de produção e inovação, é crítico para uma recuperação transformadora com sustentabilidade e igualdade, pois permite desenvolver soluções técnicas adequadas à realidade dos países latino-americanos e caribenhos e reduz os custos da transição, tornando tecnologias e práticas sustentáveis acessíveis, retendo os benefícios socioeconômicos desses investimentos, ao gerar empregos e, a renda relacionada à produção dos ônibus

elétricos, dos painéis solares e da infraestrutura digital, bem como suas cadeias de valor.

Sem mais preâmbulos, convido cordialmente o/a leitor(a) a mergulhar nas páginas desse estudo com a finalidade de ampliar sua compreensão sobre as oportunidades e os desafios de se construir caminhos para promover a eletromobilidade, a geração solar e a digitalização, contribuindo para um futuro sustentável e igualitário nos países da ALC rumo a um *Big Push* para a Sustentabilidade nos contextos atuais da sociedade, da economia e do meio ambiente que, claramente exigem um novo estilo de desenvolvimento.

Camila Gramkow

Oficial de Assuntos Econômicos na CEPAL/ONU

Introdução e apresentação

Precisamos de mudanças profundas e urgentes no modo de consumir e produzir no nosso planeta para que possamos usufruir uma vida saudável e contribuir para que as próximas gerações tenham condições de fazer o mesmo. Tais mudanças estão relacionadas ao desafio de reduzir drasticamente as emissões globais de Gases do Efeito Estufa (GEE), acabar com a fome e a miséria, criar novas oportunidades de emprego, melhorar a educação, dentre outros.

No entanto, aos desafios existentes, se somou nos últimos anos uma crise de saúde de grandes proporções. **A expansão da pandemia da coronavírus (Covid-19)** enfraqueceu a economia mundial, causando grandes prejuízos monetários e humanitários. Na região da América Latina e Caribe (ALC), a pandemia agravou muitos dos fatores que já estavam presentes nas realidades nacionais, tais como: desigualdade e baixo crescimento econômico.

A boa notícia é que temos **instrumentos e acordos de abrangência global** capazes de indicar o rumo das mudanças necessárias, além de metas e objetivos a serem alcançados através da cooperação e articulação entre todos os níveis de governo. Além disso, com o desenvolvimento tecnológico e os processos de inovação científica, novas soluções para problemas diversos podem ser rapidamente disseminadas, alcançando as áreas mais remotas do mundo.

O Acordo de Paris (AP) adotado na COP 21, em dezembro de 2015¹, tornou-se o instrumento regulador da ação internacional para enfrentar as mudanças climáticas, tendo como primeiro objetivo, manter o aumento da temperatura média global bem abaixo de 2°C, em relação aos níveis pré-industriais, e continuar os esforços para limitar este aumento a 1,5°C. Assim, o AP estabelece as bases para limitar as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) de forma quantificada.

1. O Acordo de Paris baseia-se na Convenção-Quadro das Nações Unidas para Mudança do Clima, e, pela primeira vez, coloca todas as nações em uma causa comum para empreender esforços ambiciosos para combater a mudança global do clima e adaptar-se a seus efeitos adversos, com apoio reforçado para ajudar os países em desenvolvimento a fazê-lo (Nações Unidas, 2017).

Dentre os principais objetivos do Acordo, também está o aumento da capacidade de adaptação aos efeitos adversos das mudanças climáticas e a promoção da resiliência climática e do desenvolvimento com baixas emissões de GEE. Adicionalmente, o Acordo de Paris refere-se à mobilização do financiamento necessário para o cumprimento dos objetivos acima mencionados (Nações Unidas, 2017).

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e seus 17 (dezessete) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), por sua vez, é o instrumento adotado por 193 Estados-Membros da ONU², em setembro de 2015, para lidar com desafios antigos que têm se intensificado e com complexidades que surgiram em tempos atuais, tais como: pobreza, desigualdades sociais, transição energética e crise ambiental. Na ALC houve uma adesão ativa a esta Agenda e seus países reorganizaram seus objetivos econômicos e sociais e padrões ambientais para avançar no sentido de cumprir os ODS, incorporando-os em seus sistemas de planejamento nacional, conforme refletido em suas muitas análises nacionais voluntárias³.

Os pacotes verdes de estímulo à recuperação das economias, implementados em vários países e regiões do mundo, surgem neste contexto dos desafios das mudanças climáticas e de novas soluções e modelos de negócios que possibilitem o desenvolvimento sustentável. Os pacotes verdes incluem elementos, tais como: o aproveitamento de oportunidades de investimento em setores estratégicos, a promoção de novas tecnologias e de inovação nos processos produtivos, o uso mais eficiente de recursos públicos e privados e a criação de empregos.

Embora não seja propriamente um 'pacote verde', o **Big Push para a Sustentabilidade** é uma abordagem proposta pela Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), a qual tem a igualdade em seu centro. O **Big Push** compreende a articulação e a coordenação de políticas para mobilizar um conjunto de investimentos complementares e em escala que impulsionem um ciclo virtuoso de crescimento econômico, geração de em-

2. Ao adotar o documento "Transformando o Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável" (A/70/L.1), os países comprometeram-se a tomar medidas ousadas e transformadoras 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 (Plataforma Agenda 2030, 2021).

3. Em particular, com o apoio da CEPAL, em 2017, os governos da região criaram e colocaram em funcionamento o Fórum dos Países da América Latina e Caribe sobre Desenvolvimento Sustentável, que, desde então, realizou três reuniões anuais.

pregos, desenvolvimento de cadeias produtivas, diminuição dos impactos ambientais, ao mesmo tempo em que recupera a capacidade produtiva do capital natural, tudo isso junto e ao mesmo tempo (Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe, 2020).

O desenvolvimento tecnológico e a inovação apresentam papel crítico na solução dos desafios acima mencionados e no alcance das metas propostas nos ODS da Organização das Nações Unidas (ONU) até 2030. Por exemplo, através da geração de energia distribuída renovável, redes elétricas inteligentes e soluções de mitigação de GEE são construídos alicerces para a transição energética e mitigação das mudanças climáticas (ODS7 e ODS13). Medidas de eficiência energética no setor de transportes, como a inserção de veículos elétricos, contribuem para a sustentabilidade das cidades (ODS11). As tecnologias digitais, por sua vez, atuam transversalmente nestes setores possibilitando novos modelos de negócios através da coleta e tratamento de uma quantidade cada vez mais expressiva de dados.

Apesar das contribuições imprescindíveis, **a implementação de tecnologias também pode implicar em impactos negativos** de diversas naturezas que precisam ser identificados, discutidos e mitigados. Especialmente em países em desenvolvimento, como Brasil e demais países da América Latina, as tecnologias podem aumentar hiatos sociais existentes e expandir a exclusão de grupos que não possuem o devido acesso, não utilizam ou não se apropriam delas. Do ponto de vista econômico, é preciso considerar o contexto e as condicionantes da aplicação tecnológica para entender seu potencial e utilidade, especialmente, quando se trata de bem público.

O projeto *Green Tech Talks* surge da necessidade de debater a temática de implementação de tecnologias verdes “*Green Techs*” nas cidades, contemplando as dimensões ambientais, sociais e econômicas, bem como sua contribuição para a Agenda 2030, no âmbito da Associação Brasileira pelos Profissionais do Desenvolvimento Sustentável (ABRAPs)⁴ núcleo Rio de Janeiro. O projeto *Green Tech Talks* 2021 compreende o trabalho de pesquisa sobre a temática proposta e uma série de *lives*, viabilizando o debate e exposição de conhecimento de cunho científico por representantes da sociedade (especialistas, empresários, representantes dos governos).

4. A ABRAPS é uma instituição sem fins lucrativos, fundada em 2011, que congrega pessoas e organizações com crenças, competências e valores em comum, e atua para promover o desenvolvimento sustentável.

Tendo em vista a abrangência e pertinência do assunto para as cidades da América Latina e Caribe, o projeto foi realizado em conjunto com a Fundação Konrad Adenauer (KAS) através de seu Programa Regional de Segurança Energética e Mudanças Climáticas na América Latina (EKLA) para a ampliação desta discussão em nível regional, em 2021. Assim, a parceria da ABRAPs com a KAS resultou na realização de três seminários latino-americanos, com especialistas renomados, sobre a implementação de tecnologias verdes na região, bem como na elaboração deste livro.

Ônibus Elétrico Urbano, Tecnologias Digitais e Geração Solar Fotovoltaica são os três grupos tecnológicos escolhidos como o foco das pesquisas e debates do projeto *Green Tech Talks*, na América Latina, em 2021. Estes grupos tecnológicos estão associados a alguns dos sistemas setoriais da economia que, segundo estudo da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL, 2020), se destacam por sua capacidade de transformação da estrutura produtiva e que podem se tornar o centro dos esforços a favor da lógica do grande impulso para a sustentabilidade. São eles: i) as fontes de energia renováveis não convencionais; ii) eletromobidade urbana e; iii) digitalização. Além disso, estes grupos tecnológicos são plenamente aderentes às tendências de transição energética, descentralização energética e maior participação dos consumidores nos serviços e mercados de energia e mobilidade.

Este livro é fruto da contribuição de diversos profissionais que participaram dos seminários nacionais e regionais do *Green Tech Talks*, bem como da dedicação dos autores de cada um dos capítulos e dos revisores. Em seu primeiro capítulo, é desenvolvido um panorama sobre a implementação de tecnologias verdes na ALC, com uma abordagem introdutória do contexto socioeconômico da região, seus avanços e desafios rumo à Agenda 2030 da ONU, os pacotes de estímulos à uma recuperação econômica verde, bem como uma apresentação dos três grupos tecnológicos acima mencionados.

Ao longo dos capítulos: 2 (Ônibus Elétrico Urbano), 3 (Tecnologias Digitais), e 4 (Geração Solar Fotovoltaica) são abordados os principais conceitos, status e tendências referentes à implementação dos respectivos grupos tecnológicos no contexto regional. Além disso, cada um destes capítulos traz insumos valiosos sobre os principais atores, estatísticas e regulações que contribuem para retratar a dinâmica da inserção de tais tecnologias em seus contextos.

O capítulo de conclusão enfatiza os principais impactos sociais, econômicos e ambientais, por grupo tecnológico, com intuito de enriquecer futuros debates sobre estratégias de desenvolvimento tecnológico e inovação para a região da ALC.

Com este livro, esperamos contribuir para uma análise regionalizada e integrada sobre os três grupos de tecnologias verdes abordados, reforçando e potencializando a coordenação e o desenho de políticas na direção de uma recuperação transformadora para a América Latina e o Caribe.

Referências bibliográficas

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2020). *Construir un nuevo futuro: Una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad*. <https://bit.ly/2Ymvdpw>.

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe; & Tudela, F. (2021). *La RIOCC y la transición hacia una economía baja en emisiones y resiliente al cambio climático en América Latina y el Caribe*. Santiago: CEPAL.

Organização das Nações Unidas (2021). *A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. <http://www.agenda2030.org.br>.

Nações Unidas (2017). *PNUD Brasil: Glossário de termos do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13*. <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/library/ods/glossario-do-ods-13.html>.

Capítulo 01

Tecnologias verdes



Natália Moraes

Natália Gonçalves de Moraes é economista pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e possui mestrado (MSc.) em Planejamento Energético pelo COPPE/UFRJ. Atua desde 2008 na Empresa de Pesquisa Energética (EPE), participando do desenvolvimento de estudos e projetos que subsidiam políticas federais nas áreas de mobilidade urbana, eficiência energética e cidades inteligentes e sustentáveis. Durante sua trajetória profissional, trabalhou como consultora no Centro Brasileiro de Infraestrutura (CBIE), no Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (PNUD) no âmbito do Ministério das Minas e Energia (MME) e como analista técnica na Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). Atualmente é Diretora do Núcleo Rio de Janeiro da ABRAPS (Associação Brasileira de Profissionais pelo Desenvolvimento Sustentável) e Coordenadora do Projeto *Green Tech Talks*, da mesma entidade.

“ Na América Latina e no Caribe, a recuperação verde requer transformações estruturais progressivas que tragam respostas à elevada desigualdade e baixo crescimento que marcam o desenvolvimento da região. ”

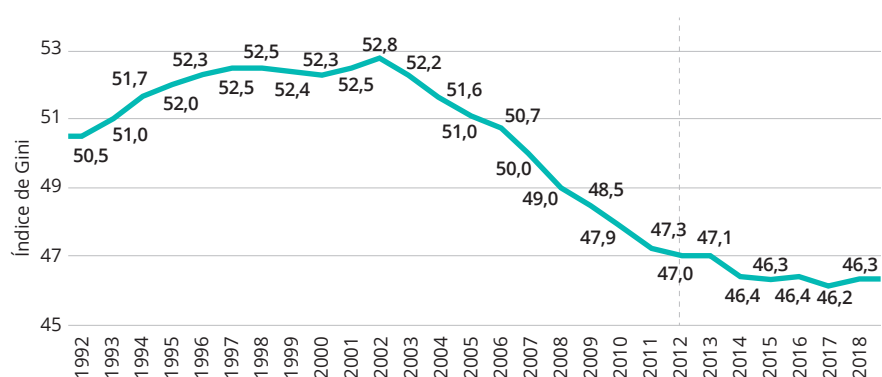
1.1 Tecnologias verdes no contexto da América Latina e Caribe

A Região da América Latina e o Caribe (ALC) apresentou progresso significativo nas últimas décadas para se tornar uma região de renda média. No entanto, no final de 2019, a ALC voltou ao mapa da agitação social com crescentes protestos e demandas por mudanças. Já, em 2020 e 2021, a ALC se tornou um epicentro para a Covid-19, devido ao aumento de casos infecção e morte. Muito embora ações e medidas de contenção tenham sido aplicadas, gerou uma crise econômica e social, limitando a economia em um espaço fiscal e aumentando a pobreza e a fome.

Segundo o Informe Regional de Desenvolvimento Humano, divulgado pelo PNUD (2021), este é um reflexo da fragilidade política, econômica e social gerada por duas características da região, que permaneceram praticamente inalteradas, como a alta desigualdade e o baixo crescimento.

No início dos anos 2000, foi observada uma redução generalizada da desigualdade de renda, medida por pesquisas domiciliares (ver Figura 01), no que se refere ao índice de crescimento econômico, a redução do retorno do ensino superior, resultando na diferença salarial entre os trabalhos (qualificado e não qualificado) e o emprego. Mas, nos anos 2010, essa tendência estagnou e começou a se reverter em alguns países.

Figura 01 - Desigualdade de renda na América Latina e Caribe (índice de Gini 1992-2018)

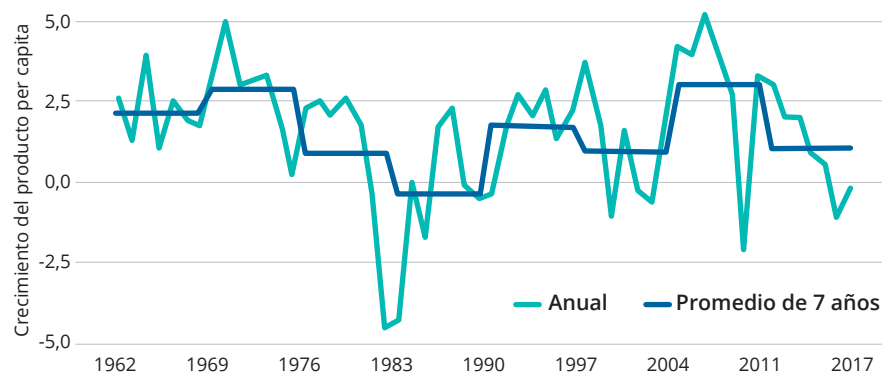


Fonte: ONU (2021).

Nota: Média não ponderada dos índices nacionais de Gini para a distribuição da renda domiciliar *per capita*. Os dados são de todos os países da América Latina, com exceção de El Salvador e Guatemala.

Esses padrões de desigualdade estão ligados aos padrões de crescimento da região, caracterizados por alta volatilidade e desempenho medíocre. A Figura 2 mostra o crescimento anual do Produto Interno Bruto (PIB) real per capita, entre 1962 e 2017, em 16 países, para os quais existem dados completos. A instabilidade persiste mesmo depois de eliminar as flutuações do ciclo de negócios calculando as médias de sete anos, uma vez que o crescimento nesse período varia de 0 a 3% ao ano.

Figura 02 - Dinâmica histórica do crescimento de produto *per capita* na ALC, média dos países - 1962 a 2017 (%)



Fonte: ONU (2021).

A combinação entre a alta desigualdade e o crescimento limitado cria um ambiente frágil para os governos que não conseguem atender suas necessidades fiscais, bem como para seus cidadãos, uma vez que suas perspectivas de prosperidade estão restringidas, podendo agravar ainda mais, após a crise sanitária mundial. Desse modo, reconstruir o que já havia sido conquistado pode levar tempo. A discussão dos fatores históricos que levaram às atuais conjunturas econômica, social e ambiental da ALC não faz parte do escopo deste estudo.

No entanto, esta breve contextualização ressalta que o futuro em direção ao desenvolvimento sustentável, requer que os desafios estruturais estejam em movimento e sejam devidamente contemplados, nas diversas políticas públicas nos países da região. A atuação do Estado não deve ser tolerante com a crescente desigualdade, pobreza e deterioração ambiental.

Para esclarecer os principais desafios a serem enfrentados, além de promover um maior conhecimento relativo a bons resultados e fortalecer parcerias e investimentos, a Agenda 2030, da ONU, é o guia para políticas, empresas e cidadãos que rumam em direção ao desenvolvimento sustentável. O tópico a seguir dedica-se a uma breve análise da implementação dos ODS na Região.

1.2 Implementação dos ODS na região

Em 2015, os 193 Estados-Membros da ONU, se comprometeram em trabalhar os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) ao adotar a resolução: “Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”.

Os ODS fornecem a base para enfrentar os desafios antigos e as complexidades que surgem em tempos atuais, como, por exemplo: a redução da pobreza e das desigualdades sociais, o processo de transição energética e o combate às mudanças climáticas.

Em setembro de 2019, os compromissos em torno da Agenda 2030, foram reforçados na declaração política conhecida como Década da Ação⁵, lan-

5. “Década da Ação” é um movimento lançado em setembro de 2019, por líderes globais reunidos na “Cúpula ODS” (Nova York), com objetivo de acelerar o cumprimento dos ODS globalmente num prazo de 10 anos.

çada por chefes de estado e governos durante a Cúpula dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

No documento, os estados se comprometeram a tomar ações concretas para atingir os ODS, entre as quais o investimento em dados e estatísticas, a fim de que seja possível maior clareza de quais são os principais desafios a serem enfrentados e endereçados por políticas públicas. Assim, os países da região vêm criando ou atualizando arranjos institucionais para a incorporação dos ODS nos planos de desenvolvimento nacional ou realizando o alinhamento destes planos com os referidos objetivos.

De fato, observa-se que em 2019, dos 33 países da região, 27 haviam criado um mecanismo institucional responsável pela implementação e acompanhamento da Agenda 2030 ou delegado essa tarefa a uma instituição existente.

Os dados disponíveis atualmente permitem analisar a evolução e projetar a dinâmica de um conjunto de séries de indicadores mundiais dos ODS, bem como de indicadores adicionais priorizados para a região da ALC, pelo Grupo de Coordenação Estatística, para a Agenda 2030 da CEPAL. Esses resultados são importantes pois permitem classificar as séries analisadas de acordo com a possibilidade de cumprimento das metas em 2030 de acordo com as tendências atuais, com ou sem intervenções políticas. Com este objetivo foram definidas categorias que indicam diferentes tipos de situações:

- i) séries estatísticas do grupo “verde”: referem-se a metas que já foram alcançadas ou seriam alcançadas em 2030 caso a tendência atual seja mantida e;
- ii) séries dos grupos “amarelo” e “vermelho”: referem-se a alvos que, de acordo com as tendências observadas e, considerando o impacto da pandemia no crescimento do PIB, não seria possível cumprir até o ano de 2030 sem uma intervenção por meio de políticas públicas direcionadas para acelerar o ritmo de progresso em direção à meta (amarelo) ou reverter a tendência observada (vermelho).

Ao todo foram analisadas 177 séries no nível regional. Dentre elas, apenas cerca de um terço estão na trajetória adequada e são classificadas como verdes, tais como: 7.1.1. proporção da população que tem acesso à energia elétrica, e 3.2. mortalidade neonatal.

Outras 32% são consideradas amarelas, tornando-se imprescindível a implementação de ações políticas para atingir as metas, como no caso das séries: 7.2.1. participação da energia renovável no consumo total de energia final, e 15.1.2 (a) proporção média das principais áreas de biodiversidade terrestre cobertas por áreas protegidas.

Para 36% das séries restantes, a tendência é de estagnação ou declínio, onde se encontram: 15.1.1. área de bosques (porcentagem de área total), e c-13.3 (a) emissões totais de gases de efeito estufa (MtCO_2e) (CEPAL, 2020a). Na Figura 03, pode-se observar a distribuição das séries relativas aos ODS por categorias de situação (verde, amarela e vermelha).

Figura 03 - Número de séries de ODS na América Latina e Caribe, segundo a possibilidade de se alcançar as metas estabelecidas até 2030



Fonte: ONU (2021).

Como resultado, o estudo ressalta a urgência de implementação de políticas públicas que respondam as demandas dessas metas, no difícil contexto socioeconômico da pandemia, sob o risco de não cumprimento dos compromissos decorrentes da Agenda 2030 (CEPAL, 2020a).

Além dos ODS, o “Acordo de Paris”, aprovado em 2015, é outro marco pioneiro na agenda global de desenvolvimento sustentável, pelo qual os países pactuaram em manter o aumento da temperatura global do planeta abaixo dos 2°C, em comparação com os níveis pré-industriais.

Todos os países signatários do “Acordo de Paris” também se comprometeram a adotar as “Contribuições Nacionalmente Determinadas” (NDCs), na sigla em inglês, com a finalidade de cumprir a meta. A mudança global do clima é considerada uma das principais barreiras para o cumprimento de quase todos os ODS. O relatório *“The Heat is On”*, lançado em 2019, pela Convenção-Quadro da ONU sobre a Mudança do Clima, destaca três ações para reverter o atual quadro: dados de qualidade, conectar as metas dos ODS às ações de combate à mudança do clima e monitorar o progresso das iniciativas (ONU, 2021).

Alinhado aos valores do desenvolvimento sustentável e à mitigação das mudanças climáticas no contexto global de crise econômica e sanitária, os pacotes de recuperação denominados “verdes” se espalharam pelo mundo. Os conceitos relacionados à recuperação verde, o perfil dos investimentos e sua distribuição pelos países e regiões do mundo são temas abordados no tópico a seguir.

1.3 O mundo e os investimentos em recuperação verde

As alterações climáticas e a degradação do ambiente representam uma ameaça existencial para o mundo. A pandemia da Covid-19 trouxe desafios adicionais com impactos econômicos e sociais severos para a humanidade.

Durante os estágios iniciais da pandemia, muitos países se comprometeram publicamente com uma “recuperação verde” por meio dos pacotes de estímulo nacionais e subnacionais. Além dos governos, algumas instituições vêm implementando ações, produtos e processos, nomeados como “verdes”. Cabe aqui ressaltar, portanto, o que vem sendo considerado recuperação verde, de acordo com algumas instituições de relevância global.

De acordo com o *World Resource Institute* (WRI), recuperação verde é a retomada econômica que visa as oportunidades de investimento em setores estratégicos. E, promove novas tecnologias, inovações nos meios de produção e uso mais eficiente de recursos públicos e privados, reduzindo pobreza e criando empregos. Busca também a redução da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), resultando em uma sociedade mais resistente a surtos de doenças e aos impactos das mudanças climáticas.

Pela ótica da OCDE, através da recuperação verde, os governos têm a oportunidade de desencadear inovação e reestruturar setores críticos da economia, acelerar os planos ambientais já existentes, e, se utilizar de pipelines de projetos alinhados a boas práticas ambientais e sociais que prezam pela sustentabilidade no uso de recursos naturais. Colocar em prática a recuperação verde é vital no enfrentamento aos desafios das mudanças climáticas e perda de biodiversidade (GIZ, 2021).

Na América Latina e no Caribe, a recuperação verde requer transformações estruturais progressivas que tragam respostas à elevada desigualdade e baixo crescimento que marcam o desenvolvimento da região. Essas transformações norteiam para uma recuperação econômica, bem como a redução de vulnerabilidades e desenvolvimento de resiliência com sustentabilidade que, a CEPAL, chamou de um grande impulso para o avanço sustentável ou *Big Push*.

Assim, o *Big Push*, pode ser definido como a articulação e a coordenação de políticas para mobilizar um conjunto de investimentos complementares e que impulsionem um ciclo virtuoso de crescimento econômico, geração de empregos, desenvolvimento de cadeias produtivas, diminuição da pegada e dos impactos ambientais, ao mesmo tempo em que recupera a capacidade produtiva do capital natural. Esse é o sentido que a CEPAL propõe para um novo estilo de desenvolvimento na região, tendo a sustentabilidade e a igualdade em seu centro (CEPAL, 2020b).

Alguns setores da economia se destacam por sua capacidade de transformação de estrutura produtiva dentro da lógica do grande impulso para a sustentabilidade. No estudo *“Construir un nuevo futuro: una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad”* (CEPAL, 2020b) são analisados sete sistemas setoriais que podem se tornar o centro dos esforços a favor do grande impulso:

- i) fontes de energia renováveis não convencional;
- ii) eletro mobilidade urbana;
- iii) digitalização;
- iv) indústria de fabricação de saúde;
- v) bioeconomia;
- vi) economia circular,
- vii) turismo.

Nestes setores, identificou-se amplos espaços para geração de empregos de melhor qualidade, inovação e incorporação de avanços tecnológicos, diversificação de exportação, ações de adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e desenvolvimento de esforços de cooperação regional.

Importante destacar que, embora haja um direcionamento do que deve ser considerado na recuperação verde, os caminhos específicos a serem percorridos devem estar vinculados e adequados à realidade de cada país e/ou região, analisando características como o grau de desenvolvimentos econômico, desigualdades, vantagens setoriais e recursos naturais disponíveis.

A seguir, serão abordados alguns exemplos de pacotes econômicos verdes no mundo, como o caso do Pacto Ecológico Europeu e do *Big Push* na América Latina, além do direcionamento de investimentos setoriais.

1.3.1 Pacto Ecológico Europeu

Em dezembro de 2019, a Comissão Europeia apresentou o Pacto Ecológico, com um compromisso de alcançar a neutralidade climática até 2050, estabelecendo um roteiro para esta mudança.

Os 27 Estados-Membros devem reduzir as emissões em, pelo menos, 55% até 2030, se comparados aos níveis de 1990. A intenção é recuperar a economia, de forma que esta seja mais competitiva, mais eficiente e menos dependente da utilização de recursos. O Pacto Ecológico Europeu é financiado por um terço dos 1,8 bilhões de euros, advindos de investimentos do Plano de Recuperação do *Next Generation EU* e pelo orçamento da UE.

No setor de mobilidade, a Comissão promove o crescimento do mercado veicular, com nível nulo ou baixo de emissão de gases, além de fornecer infraestruturas para carregamento ou abastecimento veicular, em caso de viagens curtas ou longas.

No setor energético, a Comissão propõe aumentar para 40 % a meta vinculativa de fontes renováveis no cabaz energético da UE. As propostas preveem a adesão a combustíveis renováveis, como o hidrogênio, na indústria e nos transportes, estabelecendo metas adicionais (Comissão Europeia, 2021).

1.3.2 Observatório de recuperação global

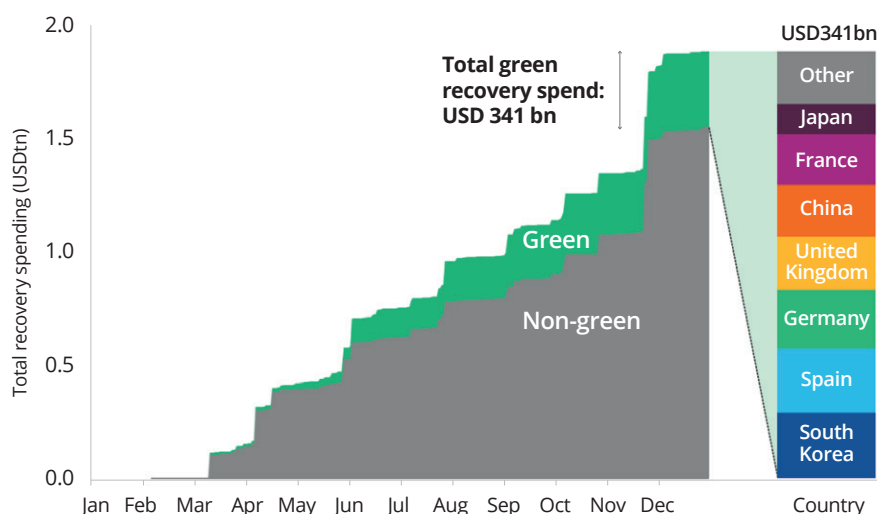
A necessidade de compreender os investimentos e os impactos destinados à recuperação da pandemia, levou a Universidade de Oxford, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e parceiros, a produzirem o Observatório de Recuperação Global, apoiado pelo Fundo Monetário Internacional (FMI) e GIZ por meio da Rede de Política Fiscal Verde (GFPN).

O Observatório acompanha as políticas fiscais e os gastos, com iniciativas de recuperação das cinquenta maiores economias, dando origem ao relatório *"Are We Building Back Better? Evidence from 2020 and Pathways for Inclusive Green Recovery Spending"*.

Com base nos dados do Observatório e, a partir de uma análise de mais de 3.500 políticas fiscais anunciadas em 2020, constatou-se que as cinquenta maiores economias anunciaram 14,6T USD em gastos fiscais endereçados à crise, dos quais 1,9T USD (13%) foram para a recuperação econômica de longo prazo. Deste montante, excluindo os gastos incertos, apenas 18% das despesas de recuperação aumentam a sustentabilidade, conforme metodologia utilizada (UNEP, 2021).

Ressalta-se que a maioria dos gastos verdes vieram de um pequeno grupo de nações de alta renda (Coréia do Sul, França e Alemanha) (ver Figura 04) devido às restrições aos gastos nos mercados emergentes e nas economias em desenvolvimento, sugerindo que será necessário um financiamento concessional substancial de parceiros internacionais para diminuir a pobreza crescente e a deterioração da desigualdade.

Figura 04 - **Gastos com recuperação verde pelas 50 maiores economias do mundo ao longo de 2020**



Fonte: Global Recovery Observatory (2021).

Em linha com as análises da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), descritas anteriormente, o estudo destaca cinco grandes oportunidades de investimento verde, com base nos dados de 2020, providenciados pelo Observatório: energia verde, transporte verde, atualizações de edifícios verdes e eficiência energética, capital natural e pesquisa e desenvolvimento verdes. Dentre estes segmentos, aqueles que receberam maiores investimentos foram energia verde (USD 66,1B USD) e transporte verde (86,1B USD).

No que tange à energia verde, grande parte dos investimentos foram direcionados para plantas de geração de energia renovável (novas ou reformadas) e para projetos de hidrogênio, sendo a China, a principal responsável pelos investimentos em energia verde, seguida pela Coreia do Sul, com o seu *Green New Deal*.

Já no setor de transportes, grande parte dos investimentos foram subsidiados para veículos elétricos e expansões de capacidade de transporte público. Medidas menores foram anunciadas na infraestrutura de carregamento de veículo elétrico e na infraestrutura de ciclismo e caminhada (UNEP, 2021).

1.4 Investimentos na América Latina e Caribe

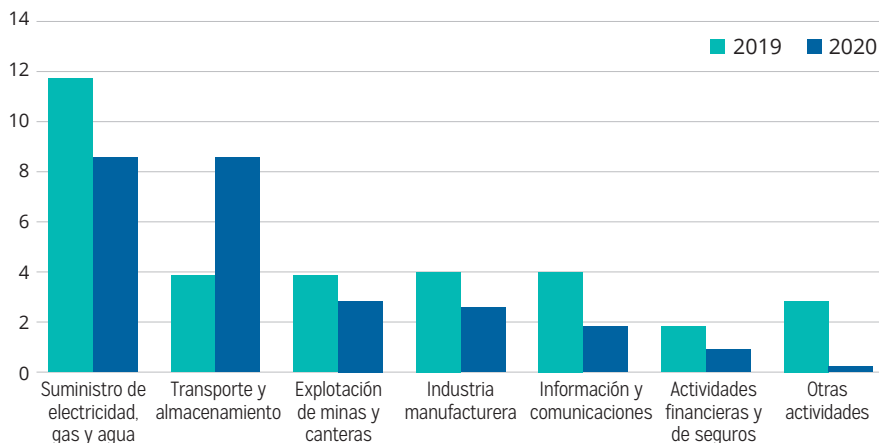
Onde observa-se um aumento de pacotes de recuperação verde de forma global, constata-se um forte impacto negativo sobre os movimentos transacionais de capital na América Latina e Caribe. Os Investimentos Estrangeiros Diretos (IED) tiveram uma redução significativa no ano de 2020, registrando o menor valor da última década (105M USD), o que representa uma queda de 35% em relação ao ano de 2019.

As fusões e aquisições transfronteiriças apresentaram retração de 21%, totalizando cerca de 26 bilhões de dólares, montante um pouco superior ao registrado em 2009, após a crise financeira internacional (CEPAL, 2021b).

É importante destacar que a estrutura setorial não registrou alterações substantivas na última década, mantendo-se o interesse por empresas do segmento de energia elétrica, gás, transporte e armazenagem.

Na Figura 05, observa-se que, em 2020, houve redução do montante registrado em fusões e aquisições internacionais na região em todas as atividades econômicas, exceto no setor de transporte e armazenamento, principalmente, devido às operações de grande escala no Brasil, Chile e México (CEPAL, 2021b).

Figura 05 - América Latina e Caribe: fusões e aquisições internacionais com empresas-alvo na região, por atividade econômica, 2019-2020
(em bilhões de dólares)



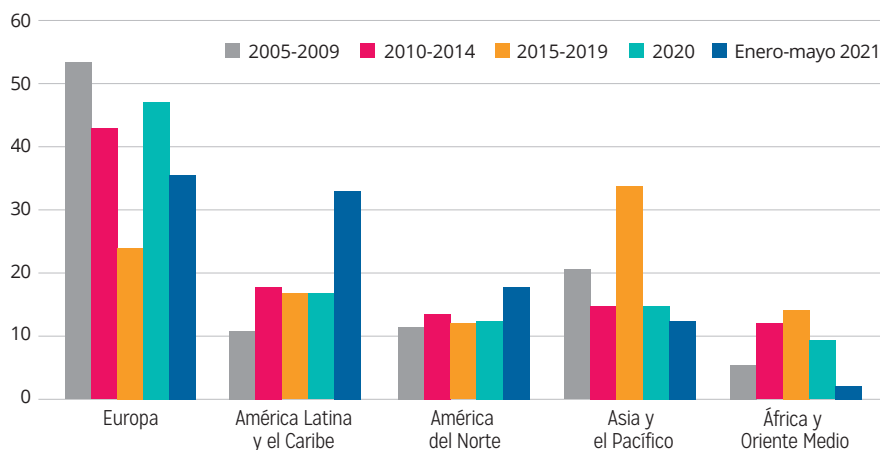
Fonte: CEPAL (2021b), com base em Bloomberg.

Nota: Se consideram as operações transfronteiriças complementadas em 31 de dezembro de cada ano que representam mais de 10% de capital da empresa adquirida.

A crise provocada pela pandemia, além de aprofundar a tendência de queda de fusões e aquisições transfronteiriças, tiveram um forte impacto nos anúncios de novos investimentos.

Em 2020, tais anúncios de investimentos em novos projetos caíram para níveis médios dos anos 2000, relacionando -45% em relação a 2019 (número de anúncios), e redução da metade do valor de 2019, a cerca de 56B USD (valores de investimento). No que se refere ao total destes investimentos, foram destinados: 25% para o segmento de energias renováveis e 10% para o segmento de telecomunicações.

Figura 06 - Anúncios mundiais de projetos de investimentos estrangeiros diretos em energias renováveis, por região, de jan./2005 a maio/2021
(em porcentagem do montante total)



Fonte: CEPAL (2021b), com base em Financial Times.

Cabe destacar a importância que a região da América Latina e Caribe apresenta no mapa mundial de projetos de investimento em energias renováveis (ver Figura 6). A região foi responsável por 17% do montante global em projetos, neste segmento, na última década. Além disso, os anúncios de investimentos para região entre os meses de janeiro a maio de 2021, resultaram em um aumento de 33%, valor próximo ao registrado na Europa (35%) (CEPAL, 2021b).

Após esta visão ampla dos investimentos e políticas relacionados à recuperação verde, no próximo tópico é realizado um recorte na temática de tecnologias verdes com intuito de apresentar os grupos tecnológicos que serão abordados em capítulos específicos deste livro.

1.5 Sinergia entre grupos tecnológicos

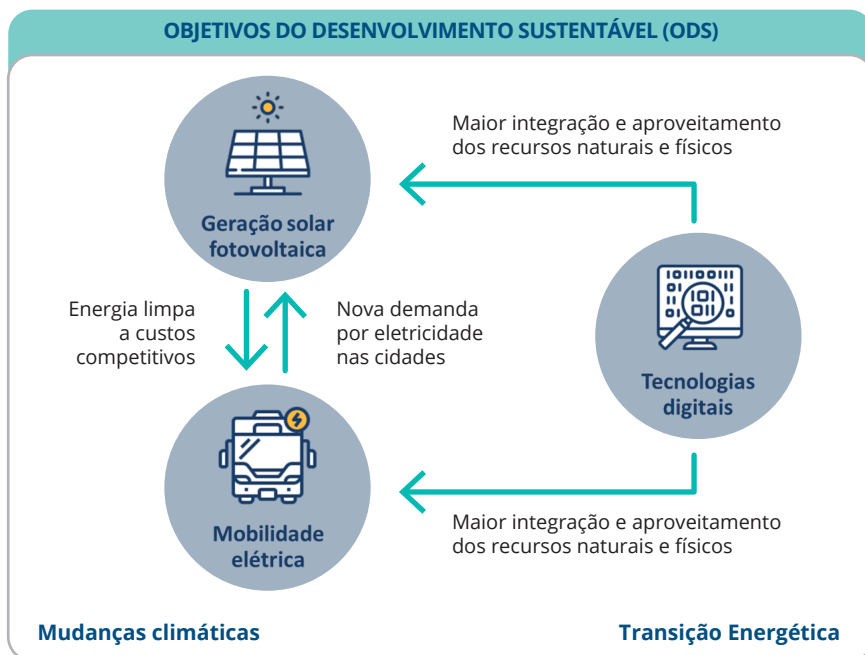
No âmbito dos pacotes econômicos de estímulo à recuperação verde que se espalharam pelo mundo e, dentro de um contexto maior de promoção da sustentabilidade, três temáticas relacionadas a determinados grupos tecnológicos são o objeto central deste estudo, como: geração de energias renováveis (solar fotovoltaica, armazenamento), eletromobilidade (ônibus elétrico, carregamento veicular) e tecnologias digitais (*Big Data*, *IoT*).

Tais grupos de tecnologias têm sido alvo de vultosos investimentos e políticas públicas, nos âmbitos nacional e local, uma que são aderentes às tendências de transição e descentralização energética, além de maior participação dos consumidores nos serviços e mercados de energia e mobilidade.

Segundo a análise do Fórum Econômico Mundial (2017), a integração da eletrificação dos transportes, sua digitalização e o fornecimento de energia limpa podem gerar mundialmente, um valor de mais de 2,4 B USD até 2025, pelo aumento da eficiência do sistema em conjunto com a criação de novos serviços. Além disso, cada uma destas tecnologias, quando implementadas utilizando as características e potencialidades de cada país da América Latina e Caribe, podem contribuir para avanços nas metas de diversos ODS e com a finalidade de melhorar a qualidade de vida de sua população.

Na Figura 07, pode-se visualizar as sinergias da implementação dos grupos tecnológicos destacados, no amplo contexto do desenvolvimento sustentável, transição energética e mudanças climáticas.

Figura 07 - **Contexto de implementação e sinergia entre grupos tecnológicos: geração solar fotovoltaica, tecnologias digitais e mobilidade elétrica**



Fonte: os Autores (2021).

No que tange à contribuição para a Agenda 2030, a geração de energia solar, por exemplo, corrobora com a meta do aumento da proporção de energia renovável no conjunto de fontes energéticas (ODS 7).

A implementação de tecnologias de eletromobilidade, por sua vez, possibilita avanços nas metas de eficiência energética (ODS 7) e contribui para a melhoria da qualidade do ar nas cidades (ODS 11). Já as tecnologias digitais, atuam de forma transversal nesses setores, possibilitando maior integração dos grupos tecnológicos, surgimento de novos modelos de negócios e a inserção de novos atores. Recursos como o *Big Data* e a *IoT* potencializam a gestão sustentável e o uso eficiente de recursos naturais pertinente ao ODS 12.

Na Figura 08, pode-se observar exemplos de contribuições possíveis da mobilidade elétrica, tecnologias digitais e geração solar fotovoltaica para o alcance das metas dos ODS na América Latina e Caribe no horizonte de 2030.

Figura 08 - Contribuições possíveis da mobilidade elétrica, tecnologias digitais e geração solar fotovoltaica para o alcance das metas dos ODS na América Latina e Caribe no horizonte até 2030



Fonte: Adaptado de CEPAL (2020a).

Uma introdução à contextualização da relevância dos grupos tecnológicos pode ser observada nos tópicos a seguir.

1.6 Energia renovável e a geração solar fotovoltaica

As energias renováveis compreendem diversas fontes, como a hidráulica, a biomassa, a eólica e a solar. No entanto, o foco em questão é a geração solar fotovoltaica, pelo seu significativo potencial e pela sinergia que apresenta com os demais grupos tecnológicos. O crescimento da eletromobilidade nas cidades, aumentará a demanda por eletricidade, podendo ser abastecida com esta fonte de energia limpa a custos competitivos. As tecnologias digitais permitem o melhor aproveitamento desta fonte e viabilizam a otimização da sua integração com as redes de eletricidade.

De fato, a geração solar fotovoltaica apresenta um significativo crescimento na região, devido à redução dos preços dos componentes e, somada às políticas, em favor da participação de fontes de energia limpa e renovável na rede elétrica, dentre outros fatores. No Brasil, por exemplo, a geração a partir de painéis fotovoltaicos nas modalidades distribuídas de micro e minigeração foi a segunda fonte com maior incorporação de capacidade instalada na matriz elétrica, em 2019, superando as fontes eólica e fotovoltaica centralizadas, atrás apenas da hidrelétrica (EPE, 2021).

Em várias cidades da América Latina, a tecnologia fotovoltaica está inserida em modelos de negócios inovadores, inclusive por meio das crescentes interfaces com a eletromobilidade. Somam-se as possibilidades de impacto social em comunidades de baixa renda, onde são instalados painéis fotovoltaicos com a participação ativa da comunidade, gerando, em alguns casos, novos empregos. A transformação do consumidor, em pró-consumidor (produtor e consumidor), traz novos desafios para reguladores e distribuidores, enquanto as tecnologias de gerenciamento de redes digitais permitem avanços promissores na eficiência do sistema elétrico.

Para compreender as possibilidades de penetração de energia renovável no setor elétrico da região, a CEPAL, em parceria com a Organização Latino-Americana de Energia (OLADE), a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA) e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), elaborou um estudo sobre a complementaridade dos sistemas elétricos e o uso de ener-

gias renováveis na região. Como resultado, verificou-se que para alcançar uma penetração de 40% de fontes renováveis variáveis, com a correspondente infraestrutura e manutenção, é necessário que cerca de 1% do PIB da região seja investido anualmente entre 2019 a 2032 (CEPAL, 2020b).

Segundo o estudo, além dos benefícios que isso traria em termos de segurança energética e meio ambiente, o desenvolvimento de uma infraestrutura elétrica sustentável que promova a interconexão regional baseada em energias renováveis, permitiria a criação de aproximadamente sete milhões de novos empregos, qualificados e não qualificados até 2030, baseados na implantação de tecnologias solar, eólica e biomassa. Além disso, se a indústria de bens de capital para energia renovável estivesse localizada na América Latina e no Caribe, a fabricação de painéis solares e de turbinas eólicas representaria quase um milhão de empregos a mais, internalizando os benefícios econômicos destes investimentos.

1.7 Tecnologias digitais e seu papel transversal

As tecnologias digitais atuam de forma transversal nos ODS, impactando as novas dinâmicas de produção e emprego, a educação à distância e os processos da indústria 4.0, acompanhando enormes desafios e oportunidades, que exigem constante adequação e aprendizado por parte de toda sociedade.

Nos segmentos de energia, mobilidade e cidades inteligentes e sustentáveis, em especial, as tecnologias digitais se difundem em um ecossistema de multi-atores e modelos de negócios inovadores, com potencial de reduzir as emissões de GEE e poluentes locais, aumentar a eficiência energética e racionalizar o uso de recursos, contando com a crescente participação dos consumidores e em benefício destes.

O aumento da inserção de energias renováveis, a medição inteligente, a eletromobilidade e a transformação dos consumidores em prosumidores, são elementos associados à transição energética que depende do avanço da digitalização do sistema elétrico, tornando as redes mais ágeis.

A tendência da Mobilidade como Serviço (MaaS), permite combinar serviços de transporte públicos e privados, através de plataformas digitais com

informação centralizada e praticamente instantânea para comodidade dos usuários, utilizando recursos de Big Data, aprendizado de máquina e Inteligência Artificial (IA). No caso de casas e edificações, a Internet das coisas (IoT), a computação em nuvem, as redes móveis de quinta geração (5G) possibilitam um melhor padrão de utilização de eletrodomésticos e consumo de energia.

De acordo com estatísticas recentes, o atraso em termos de acesso às tecnologias e seus usos, na América Latina e Caribe, é considerado grave, uma vez que estas definem competitividade, além de serem fundamentais para o bem-estar social no mundo pós-Covid-19.

Além disso, as tecnologias digitais surgem fortalecem a integração de um mercado regional através de estratégias que incluem a coerência normativa; a integração de infraestrutura digital, incluindo Redes 5G; a promoção das inovações digitais e do empreendedorismo, principalmente nas, micro, pequenas e médias empresas (MPMEs); acesso universal à Internet de banda larga; proteção de dados e segurança digital e políticas de concorrência (CEPAL, 2020b).

Ressalta-se que a governança digital deve ser promovida por meio de métodos inclusivos que garantam privacidade e segurança de dados, proteção de direitos econômicos, sociais e trabalhistas, prevenção de processos de precariedade do trabalho e; garantir que os sistemas da proteção social e seus benefícios sejam proporcionados por meio de tecnologias digitais eficientes, seguindo critérios de acessibilidade e facilidade de uso (CEPAL, 2020b).

1.8 Mobilidade elétrica e o transporte coletivo

A eletromobilidade, com enfoque especial na eletrificação do transporte urbano coletivo, é um tema importante, relacionado aos ODS acima mencionados, e apresenta amplos impactos ambientais, sociais e econômicos. Na América Latina e Caribe, 80% da população vive em zonas urbanas e o transporte público realiza, em média, por 68% das viagens de passageiros, democratizando seu espaço e dando oportunidades para os cidadãos (NAÇÕES UNIDAS, 2020). A manutenção da representatividade do transporte público, tendo em vista um aumento da renda *per capita*, requer a modernização dos serviços prestados de forma a atender as necessidades da po-

pulação com segurança, qualidade e sustentabilidade. Os ônibus elétricos são, portanto, um oportuno e estratégico segmento para o desenvolvimento do processo de eletrificação veicular.

Aparte do seu peso social, a eletrificação do setor de transportes ganhou evidência global pela sua representatividade nas emissões de GEE. A região da América Latina contribui com cerca de 9% das emissões globais atribuídas ao setor dos transportes. No entanto, houve um aumento de 46%, entre os anos de 2000 a 2017, provenientes da aviação e do transporte marítimo, atingindo 578 milhões de toneladas de CO₂. Os veículos particulares representam 32% do total, enquanto o transporte público não chega a 15% (ONU, 2020). Assim, a eletrificação dos ônibus urbanos está inserida na estratégia de zero emissão de GEE nos transportes, com impactos significativos na emissão de poluentes locais e, portanto, na qualidade do ar nas cidades.

Com suas grandes metrópoles e muitas cidades de grande e médio porte, a América Latina vem se candidatando nos últimos anos a ser um importante campo para o desenvolvimento do transporte público eletrificado. Em março de 2021, em 12 países da região, operavam 2.306 ônibus de tração elétrica (MOBILITAS, 2021). A implementação vem sendo viabilizada em grande parte pela aliança Zebra (*Zero Emission Bus Rapid-deployment Accelerator*), uma iniciativa financiada e facilitada pela P4G, liderada pela C40 Cities e pelo Conselho Internacional de Transportes Limpos, com o apoio de outras instituições como o WRI. A China domina o mercado de ônibus elétrico na região latino-americana. A empresa chinesa BYD concentra cerca de 40% do mercado, além de atuar também na fabricação de baterias e de novas soluções integradas de energia.

Neste contexto, cabe analisar as diversas oportunidades e desafios da implementação de ônibus elétricos na América Latina e no Caribe, bem como a sua integração com outros grupos tecnológicos. Destaca-se as possibilidades de desenvolvimento de cadeias produtivas relacionadas à indústria automotiva e à eletromobidade, bem como a geração de energia elétrica, a partir de fontes limpas e renováveis, nomeadamente a energia solar fotovoltaica.

Além disso, três países da região possuem as principais reservas de lítio do mundo (Argentina, Bolívia e Chile), e há áreas muito bem equipadas com energia solar e eólica, que permitiriam a produção de hidrogênio a custos

inferiores aos patamares praticados até então. O Chile e o Peru também possuem grandes reservas de cobre, material essencial na indústria elétrica e eletrônica, de modo geral.

1.9 Conclusão

A implementação de tecnologias verdes ganhou impulso na história recente como resposta às crises climática, sanitária e econômica, que afligem o mundo. Estas tecnologias estão alinhadas com o que se convencionou chamar de recuperação verde da economia. Este processo busca aproveitar as oportunidades de investimento em setores estratégicos, promover novas tecnologias e inovações nos meios de produção, reduzir a pobreza, criar empregos, reduzir a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), dentre outros objetivos.

No entanto, convém ressaltar que os efeitos e resultados entregues à sociedade pelas tecnologias verdes dependem em grande parte do contexto econômico e socioambiental em que estão inseridas, bem como das políticas públicas a que estão relacionadas.

A América Latina e o Caribe sofreram amplamente com os impactos econômicos, sociais e de saúde da pandemia, apesar dos esforços feitos para mitigá-los. Essa pandemia revelou e exacerbou as grandes lacunas estruturais da região, como altos níveis de desigualdade, informalidade, baixo crescimento, balança de pagamentos limitada e baixa produtividade.

Este contexto precisa ser levado em consideração na implementação de pacotes de recuperação verde para região, nas políticas públicas nos diferentes níveis de governo, nas estratégias industriais nacionais e no direcionamento de investimentos estrangeiros. Além disso, a implementação de novas tecnologias verdes deve estar alinhada com os ODS, da Agenda 2030 da ONU, de forma a contribuir para o alcance de suas metas no horizonte de 2030.

Se os desafios são grandes, as oportunidades também são muitas. Os períodos de crise podem ser de intenso aprendizado e importantes transformações. Isso é particularmente verdadeiro no caso da crise pandêmica da Covid-19, que transformou os problemas crônicos do estilo de desen-

volvimento da economia mundial em um quadro agudo que requer uma resposta imediata. Na América Latina e Caribe, o *Big Push* ou o grande impulso para a sustentabilidade, proposto pela CEPAL, propõe um novo estilo de desenvolvimento na região, tendo a sustentabilidade e a igualdade em seu centro.

O *Big Push* depende, em grande medida, das políticas industriais em um contexto de aceleração da quarta revolução industrial e das oportunidades relacionadas às mudanças disruptivas no novo ciclo tecnológico. Neste contexto, alguns setores da economia se destacam, por sua capacidade de transformação de estruturas produtivas, dentro da lógica do grande impulso para a sustentabilidade, como: as fontes de energia renováveis, a eletromobilidade urbana e a digitalização, os quais são o foco do projeto *Green Tech Talks* e deste estudo.

Nestes setores, identificou-se amplos espaços para geração de empregos de melhor qualidade, inovação e incorporação de avanços tecnológicos, diversificação de exportação, ações de adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e o desenvolvimento de esforços de cooperação regional.

Além disso, a integração da eletrificação dos transportes, sua digitalização e o fornecimento de energia limpa é capaz de gerar crescimento econômico e o aumento da eficiência do sistema em conjunto com a criação de novos serviços.

Nos próximos capítulos, os temas de geração de energia renovável (geração solar fotovoltaica), tecnologias digitais e eletromobilidade (ônibus elétrico) são analisados com maior profundidade.

Referências bibliográficas

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2020a). *La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en el nuevo contexto mundial y regional: escenarios y proyecciones en la presente crisis*. <https://bit.ly/3c8aatM>

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2020b). *Construir un nuevo futuro. Una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad*. <https://bit.ly/2Ymvdpw>.

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2021a). *Construir un futuro mejor: Acciones para fortalecer la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://bit.ly/3H2HHUG>.

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2021b). *La Inversión Extranjera Directa em América Latina y el Caribe*. <https://bit.ly/3o9ONhl>.

Comissão Europeia (2021). *Pacto Ecológico Europeu*. <https://bit.ly/3oaAHwh>.

Empresa de Pesquisa Energética (2021). *Balanço Energético Nacional (BEN): Relatório Síntese*. <https://bit.ly/3o4bx2c>.

GIZ (2021). *Felicity Green Recovery: Financing Energy for Low-carbon Investment – Cities Advisory Facility*.

Mobilitas (2021). *Avanços dos ônibus elétricos na América Latina*. São Paulo: OTM. <https://bit.ly/3bRcg1l>.

Organização das Nações Unidas (2020). *PNUD Brasil: Década da Ação pede aceleração do cumprimento da Agenda 2030*. <https://bit.ly/3BVKWcQ>.

Organização das Nações Unidas (2021a). *Atrapados: Alta desigualdad y bajo crecimiento en América Latina y el Caribe. Informe regional de desarrollo humano*. <https://bit.ly/3DmPvOY>.

Organização das Nações Unidas (2021b). *Los ODS en América Latina y el Caribe: Centro de gestión del conocimiento estadístico. Datos, estadísticas y recursos institucionales para el seguimiento de la Agenda 2030*. <https://bit.ly/3kj7WN0>.

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (2020). *Green Recovery*. <https://bit.ly/3BXmaZC>.

United Nations Environment Program (2021). *Are We Building Back Better? Evidence from 2020 and Pathways for Inclusive Green Recovery Spending*. <https://bit.ly/3wupuud>.

Capítulo 02

Ônibus elétricos



Flávio Raposo

Flávio Raposo de Almeida é engenheiro de produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e École Centrale de Nantes (França). Possui mestrado (MSc.) pelo Programa de Planejamento Energético (PPE) da COPPE/UFRJ, e é analista na Empresa de Pesquisa Energética (EPE) desde 2015, onde atuou em diversas áreas como energias renováveis, eficiência energética e eletromobilidade, com destaque especial para a avaliação técnica econômica de ônibus elétricos urbanos no Brasil. Atualmente trabalha com temas ligados à transição energética e cidades inteligentes, além de participar da elaboração dos principais relatórios sobre estatísticas energéticas do Brasil publicados pela EPE.

“ A mobilidade elétrica no transporte coletivo estimula a criação de novos negócios imersos em um ecossistema de inovação e permite a geração de emprego e renda. ”

2.1 Conceitos relacionados aos ônibus elétricos

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) publica, anualmente, o Informe de Mobilidade Elétrica para a América Latina e o Caribe, relatório no qual aponta os avanços e tendências da mobilidade elétrica, além de relatar casos de aplicação da tecnologia nos países da região. Conforme descrito na sua primeira edição (ONU, 2016), os ônibus elétricos utilizam um sistema de propulsão elétrica, impulsionado por baterias⁶ com freios regenerativos e outros componentes elétricos.

Adicionalmente, o informe ressalta a existência de outros tipos de ônibus que utilizam propulsão elétrica baseada em sistemas de alimentação por meio de catenárias ou trilhos. É o caso dos trólebus presentes em alguns sistemas de transporte de cidades como São Paulo e Cidade do México, por exemplo. Porém, os ônibus elétricos independentes de infraestrutura viária de fornecimento de energia (autônomos e híbridos) são, atualmente, as tecnologias de maior destaque no mundo, mas ainda em fase intermediária de adoção nos países da ALC.

A tecnologia dos ônibus elétricos autônomos se baseia no uso de banco de baterias de lítio-ferro-fosfato (LFP), na sigla em inglês, que permite o funcionamento durante um dia completo, com apenas uma recarga realizada durante a noite, em sistemas de carga estacionária. Por outro lado, os ônibus elétricos híbridos são equipados com um banco de baterias menor de lítio e titânio (LPO), na sigla em inglês e se descarregam em pouco tempo, de forma que utilizem um sistema de carga de oportunidade⁷ ou recarga ao longo do trajeto (PNUMA, 2016). No entanto, o maior avanço na ALC está se dando por meio dos veículos elétricos a bateria com recarga noturna nos pátios e garagens (ONU, 2020).

6. Baterias e sistemas de baterias (PNUMA, 2016).

7. *System opportunity charge*, na terminologia original em inglês.

Cerca de 80% da população da América Latina e Caribe vive em zonas urbanas e, o transporte público, responde por 68% das viagens de passageiros (CEPAL, 2020). Tal cenário se configura como o maior uso de ônibus per capita do mundo, oportunizando que os ônibus elétricos sejam uma prioridade na região. Diversos países da ALC operam essa tecnologia por meio de programas pilotos e testes operacionais ou, pela adoção em massa nos sistemas de transporte público. Se a tendência se mantiver, a partir de 2025, mais de 5 mil ônibus elétricos serão implantados anualmente nas cidades latino-americanas (ONU, 2021).

A região tem um enorme potencial para o desenvolvimento de mobilidade elétrica devido à alta penetração de energias renováveis nas matrizes elétricas dos seus países, além de interesse em reduzir a dependência de combustíveis fósseis no seu setor de transportes (ONU, 2020). Adicionalmente, o uso de veículos elétricos no transporte público traria diversos benefícios ambientais, econômicos e sociais para a região, reforçando a agenda do *Big Push* ou grande impulso para a sustentabilidade proposto pela CEPAL.

2.2 Benefícios sociais

A adoção de ônibus elétricos contribui para a melhoria das condições de saúde pública e trata de questões importantes como a modernização do transporte público e a implementação de tecnologias de propulsão alternativas, menos intensivas em carbono, e capazes de apoiar um sistema de mobilidade mais sustentável. Além disso, a discussão sobre novas tecnologias pode estimular propostas urbanísticas mais amigáveis, centradas no pedestre e no uso de bicicletas (PNUMA, 2020), e que favoreça a melhor qualidade do serviço prestado aos cidadãos.

A conectividade veicular também é um benefício potencial do processo de modernização. Os veículos elétricos são compostos por componentes elétricos-eletrônicos, em grande parte. Fato que permite estabelecer uma sintonia fina com as tecnologias da informação e comunicação (TICs) e que pode ser explorada conjuntamente sob diferentes enfoques como, por exemplo, a conexão do veículo às diversas fontes de dados presentes em uma cidade, por meio de uma abordagem baseada no conceito de *smart cities* (PNME, 2021).

2.3 Benefícios econômicos

A mobilidade elétrica no transporte coletivo estimula a criação de novos negócios imersos em um ecossistema de inovação e permite a geração de emprego e renda, em especial, na fase de recuperação que se seguirá à pandemia da Covid-19. Adicionalmente, segundo o Plano Nacional de Mobilidade Elétrica brasileiro (PNME), uma questão econômica e estratégica condicionante para a adoção dessa tecnologia é a segurança energética. A adoção de tecnologias de propulsão alternativas ao uso de hidrocarbonetos reduz a vulnerabilidade a instabilidades geopolíticas, em especial, para os países importadores de combustíveis fósseis.

2.4 Benefícios ambientais

Além de possibilitar a redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE) e contribuir para a agenda ambiental global, os ônibus elétricos não emitem material particulado (MP) e outros agentes contaminantes. Atua, também, na melhoria da qualidade do ar dos centros urbanos e ajuda a mitigar os índices de mortalidade⁸ por doenças respiratórias da população latino-americana.

A mobilidade elétrica é priorizada pelos países da América Latina e do Caribe como forma de descarbonizar o setor de transportes e reduzir sua dependência dos combustíveis fósseis. De acordo com PNUMA (2021), 27 dos 33 países da região têm priorizado esse setor como um elemento central para alcançar suas metas de redução de emissões. Diversos governos nacionais e locais consideram a adoção dessa tecnologia como estratégia, principalmente, para melhorar a qualidade do ar e enfrentar as mudanças climáticas.

Uma forma de mensurar os avanços tecnológicos relacionados à transição para a mobilidade elétrica é através do nível de maturidade tecnológica ou *Technology Readiness Level* (TRL), na sigla em inglês, definido pela *National Aeronautics and Space Administration* (2021) e usado pela União Europeia na sua estratégia de pesquisa e desenvolvimento Horizonte 2020 (UE, 2014).

8. De acordo com a OMS, das dez principais causas de morte no mundo, duas estão relacionadas a doenças respiratórias: a Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica em terceiro lugar; e as Infecções das vias respiratórias inferiores em quarto lugar.

Figura 09 - Níveis de maturidade tecnológica (TRL)

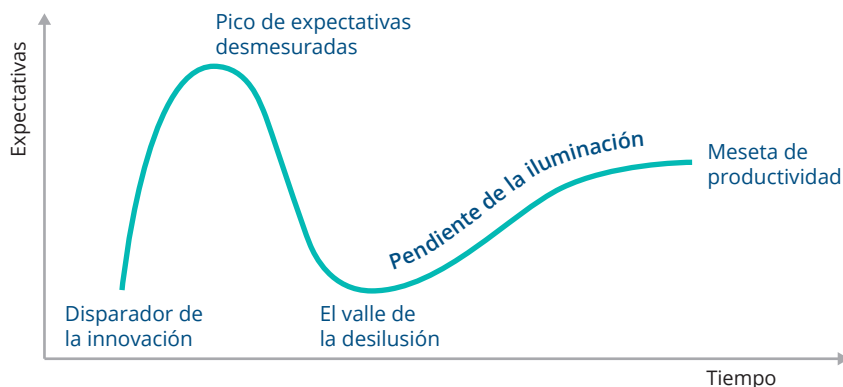


Fonte: National Aeronautics and Space Administration (2020).

A Agência Internacional de Energia (IEA), na sigla em inglês, classifica o TRL da mobilidade elétrica, baseada em baterias de qualidade mundial, entre os níveis 8 e 9 (IEA, 2020). No entanto, tal posição se deve essencialmente ao desenvolvimento alcançado pela China e pela Europa, que lideram, atualmente, os avanços na tecnologia. O PNUMA (2021) estima que a América Latina e o Caribe ainda se encontram entre os níveis 5, 6 e 7, mostrando que a região ainda está em fase de amadurecimento da tecnologia e em constantes melhorias.

Em termos de mensuração de expectativas, uma forma alternativa de avaliar o processo de maturidade tecnológica, é identificar o estágio de adoção da tecnologia na curva *hype cycle* da Gartner (GARTNER, 2020), identificado pelo PNUMA no seu 4º Informe de Mobilidade Elétrica para a América Latina e o Caribe. Nessa curva, são representadas a maturidade, adoção e aplicação comercial de tecnologias específicas em função da evolução das expectativas ao longo do tempo.

Figura 10 - *Hype cycle da tecnologia de Gartner*



Fonte: GARTNER (2020).

O próprio informe do PNUMA aponta que, nas informações verificadas para a região, a implementação de sistemas de transporte público elétrico e a definição da mobilidade elétrica, como parte de uma solução para a redução de emissões do setor de transporte, se situa entre o 'vale da desilusão' e a 'rampa de iluminação', propostas no modelo e ilustrados na Figura 10.

A desilusão está caracterizada pela oferta limitada. E, o alcance inicial da tecnologia, falta de informação, custo de oportunidade ao investir nessa tecnologia, frente às outras necessidades, bem como a própria resistência à mudança inerente ao processo de adoção tecnológica na sociedade. Por outro lado, a iluminação se dá por meio do surgimento de novos modelos de negócio que destacam as vantagens do uso da tecnologia e possibilitam colocar projetos piloto e operações comerciais em prática, visando o seu escalonamento posterior.

A adoção de uma nova tecnologia envolve oportunidades e desafios que motivam a investigação sobre as suas vantagens e desvantagens no decorrer de um processo de transição tecnológica. O caráter multisetorial da mobilidade elétrica, sobretudo no transporte público, contribui ainda mais para a complexidade da análise desse balanço. Apesar dos diversos aspectos positivos, a adoção de ônibus elétricos na ALC, apresenta condicionantes que influenciam para o sucesso ou o fracasso da sua implementação. Alguns condicionantes como o desenvolvimento de modelos de negócio estão avançando e se tornando oportunidades (vide seção *Novos modelos*

de negócio desse capítulo). Outros representam eventuais limitações, conforme tratado a seguir.

A região da ALC possui grandes cidades e, algumas delas, com linhas de ônibus de longo curso, nas quais, os ônibus elétricos à bateria (LFP) dificilmente se adequam à logística de operação e de recarga. Do ponto de vista técnico-econômico, há diversos parâmetros como tamanho da rota, eficiência energética, quantidade de usuários, tarifa de energia elétrica, valor de aquisição e vida útil dos veículos e de suas baterias que compõem a sua análise de viabilidade (EPE, 2020). A diversidade de fatores presentes no problema ilustra a variedade de limitações que podem vir a ocorrer, em cada localidade, em função das suas particularidades.

Sob a ótica da logística reversa, o ciclo de vida das baterias é uma questão que carece de maior integração entre mobilidade elétrica e economia circular. Além dos esforços de alguns países da região para inclusão das baterias nos regulamentos de materiais perigosos, ainda é necessário assegurar a sua reutilização e reciclagem além da vida útil (PNUMA, 2021). Ainda nesse tema, a importação de veículos elétricos de segunda mão é um fenômeno incipiente na região e não conta com padrões mínimos para componentes elétricos, em especial, as baterias. Tendo em vista o desenvolvimento desigual da mobilidade elétrica nos países da ALC, as consequências da falta de padronização podem gerar problemas para os países que ainda estão dando os primeiros passos rumo à transição para a eletromobilidade e importam veículos usados de seus vizinhos latino-americanos.

Na América Latina e o no Caribe, a heterogeneidade de sistemas de administração pública e de gestão têm conformado diferentes modelos e estruturas de coordenação e governança para tratar do tema. A mobilidade elétrica envolve múltiplos atores públicos e privados (foco da seção *Principais atores regionais*) e está relacionada a diferentes políticas, principalmente no transporte, energia e meio ambiente, que precisam ser conjugadas e coordenadas junto com as áreas de saúde, desenvolvimento, educação, economia e indústria, consideradas importantes para a transição rumo ao transporte público sustentável.

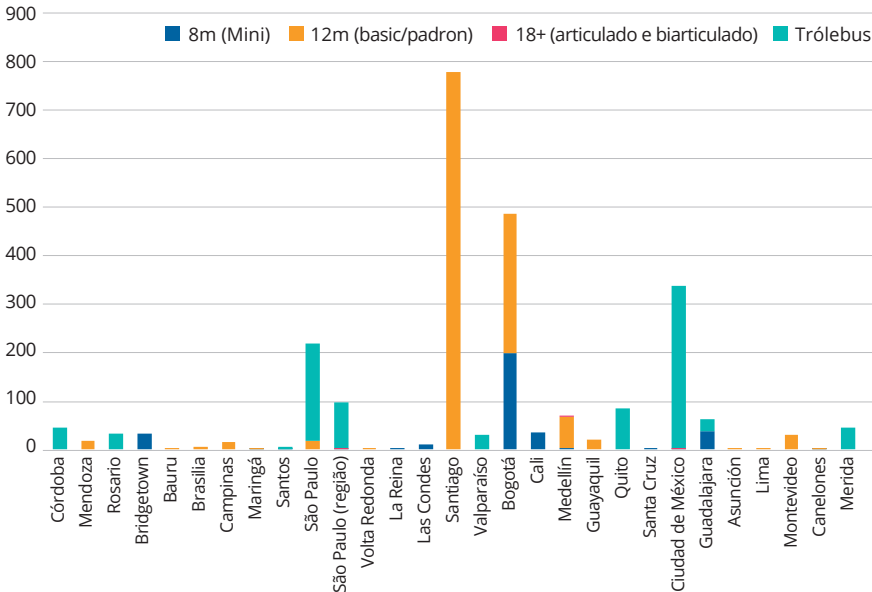
Apesar das incertezas e limitações da tecnologia de mobilidade elétrica, a implementação de estratégias adequadas para estruturar a sua coordenação em nível regional é fundamental para torná-la viável e acessível às cidades da América Latina e do Caribe.

2.5 Status e tendências

Em julho de 2021, um total de 2.473 ônibus de tração elétrica estavam em operação em 12 países da ALC, de acordo com os dados levantados pela plataforma E-Bus Radar (UFRJ, 2021), um ambiente colaborativo que se propõe em monitorar e mapear as frotas de ônibus em operação, além de quantificar as emissões de CO₂, evitadas por meio da operação desses veículos de emissão zero e promover a transparência de dados.

Os 2.473 ônibus de tração elétrica contabilizados, representam 2,74% de uma frota composta por 90.406 ônibus de todos os tipos, distribuídos entre as 29 cidades e regiões⁹ metropolitanas contempladas na plataforma, o que possibilita evitar a emissão de 255,78 mil toneladas de CO₂ por ano. A Gráfico 01 mostra a distribuição desses veículos nas cidades latino-americanas que participam da *E-Bus Radar* e quantifica os veículos em função do seu sistema de motorização elétrica: trólebus ou elétrico à bateria.

Gráfico 01 - Distribuição de ônibus elétricos nas cidades latino-americanas

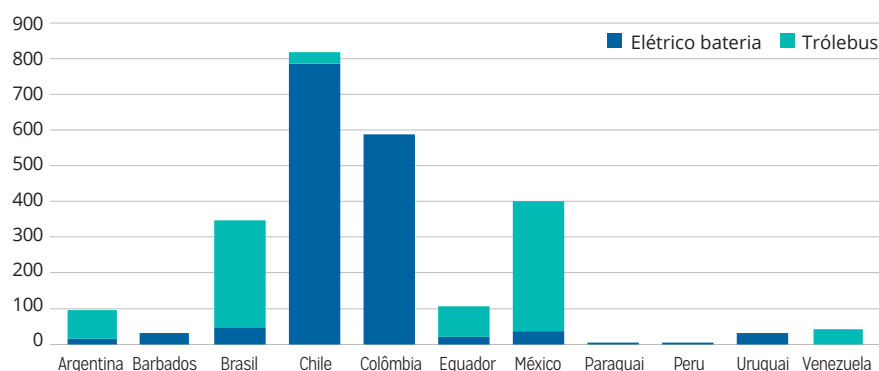


Fonte: adaptado de Universidade Federal do Rio de Janeiro (2021).

9. A plataforma *E-bus Radar* considera 28 cidades e a região metropolitana da cidade de São Paulo como localidades municipais que fornecem dados sobre os tipos de ônibus elétricos que compõem as suas frotas.

De acordo com o Gráfico 02, nota-se que o Chile, a Colômbia e o México são os países que estão à frente no processo de adoção da eletromobilidade nas frotas públicas de ônibus urbanos. As cidades que se destacaram por seu maior avanço em matéria de eletrificação dos ônibus no transporte público foram Santiago do Chile (Chile), Bogotá (Colômbia) e Cidade do México (México). O Chile é o país com a maior frota de ônibus elétrico da ALC e o caso mais significativo na implantação dessa tecnologia, com iniciativas de teste experimentais com ônibus elétricos desde 2013 na capital do país (MOBILITAS, 2021).

Gráfico 02 - Distribuição de ônibus com tração elétrica nos países da América Latina



Fonte: adaptado de Universidade Federal do Rio de Janeiro (2021).

Embora a tendência tecnológica de eletrificação dos ônibus urbanos municipais seja recente, a sua adoção já ocorre há algum tempo em algumas cidades latino-americanas que utilizam os sistemas de trólebus. Baseado em catenárias, foram o meio de transporte público predominante em grande parte do século XX junto com os bondes elétricos. Sua infraestrutura existe em várias cidades da região e apresenta boas possibilidades de recuperação caso se decida colocá-la de volta ao serviço (CEPAL, 2020).

A evolução da tecnologia de motorização elétrica baseada no uso de bateria, despontou na América Latina e Caribe, a partir de 2018, quando 127 ônibus deste tipo passaram a fazer parte das redes de transporte público municipais das cidades. De acordo com os dados de julho de 2021, apresentados pelo E-Bus Radar (Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2021), a

frota de ônibus com tração elétrica conta com 900 trólebus e 1.573 ônibus elétricos à bateria, dispersos entre 3 categorias principais que variam em função do comprimento de suas carrocerias:

- 1244 unidades de modelos convencionais a bateria de 12 a 15 metros, concentrados majoritariamente nas cidades de Santiago do Chile (Chile) e Bogotá (Colômbia) com 776 e 285 unidades respectivamente;
- 326 unidades de modelos midi a bateria com 8 a 11 metros, concentrados na cidade de Bogotá (Colômbia) e o restante disperso entre outras 10 cidades de países da região;
- 3 unidades de modelos articulados a bateria com 18 metros ou mais, presentes na região metropolitana de São Paulo (Brasil), em Medellín (Colômbia) e Cidade do México (México).

A região da América Latina e Caribe encontra-se em estágio intermediário de desenvolvimento da mobilidade elétrica. Segundo o PNUMA, as expectativas em relação à eletromobilidade como solução para a redução de emissões no setor de transporte, se situam entre a desilusão e a iluminação do *hype cycle* da Gartner¹⁰, em função de novas alternativas para adoção de ônibus elétricos passarem a surgir depois da euforia inicial. No entanto, no horizonte são previstas algumas tendências que irão influenciar esse processo.

2.6 Mobilidade sustentável frente à crise da Covid-19

As mudanças provocadas pelo cenário de pandemia no ano de 2020, afetaram significativamente o transporte e a mobilidade urbana. O transporte público sofreu baixa considerável, tanto pela redução do número de viagens realizadas quanto pela perda de passageiros que migraram para o transporte privado¹¹, devido ao temor pelo contágio e à redução de qualidade na prestação do serviço, oriunda da diminuição da frequência das linhas.

10. Para maiores detalhes, veja GARTNER (2021).

11. No geral, a redução no uso do transporte público afetou toda a população urbana de forma bastante desigual em função da renda. Resultados de pesquisas apontaram evidências de que a população mais vulnerável continuou se deslocando mais durante a pandemia, ficando mais exposta ao vírus – o que pode ter sido um dos motivos para o maior número de mortes por Covid-19 nos bairros periféricos (World Resource Institute, 2021).

No entanto, o modo de funcionamento deficiente do transporte público revelou evidências da relação entre a contaminação local e o impacto da Covid-19, reconsiderando o papel do transporte com o meio ambiente. A partir daí a convicção da necessidade de avançar para políticas de transporte mais limpas, especialmente a mobilidade elétrica, passou a ganhar mais força.

2.7 A regionalização da produção

Segundo PNUMA (2021), diversas tendências econômicas indicam que a crise derivada pela Covid-19 aponta para a importância crescente dos processos de regionalização da produção, o que pode ser uma oportunidade para a América Latina e o Caribe. A abrangência geográfica da região proporciona potencial em aspectos como da demanda e oferta de produtos e serviços ligados à mobilidade elétrica, quanto em termos de oferta mineral e energética.

A região tem condições propícias para produzir a base material necessária para a mobilidade elétrica (CEPAL, 2020). Além de contar com a maior produção mundial de cobre¹² (STATISTA, 2021), com grandes reservas de lítio¹³ (USGS, 2021) e de outros elementos estratégicos aplicáveis à indústria de veículos elétricos e baterias, a América Latina e o Caribe possuem alternativas energéticas renováveis que a tornam capaz de fazer parte de uma estratégia de redução de emissões em relação a produção e ao uso dos veículos elétricos.

2.8 A mudança de tendência em relação aos veículos elétricos

Os veículos elétricos estiveram presentes desde os primórdios da indústria automotiva mundial. No entanto, ao longo do século XX, perderam representatividade com a popularização das tecnologias baseadas em combus-

12. O Chile e o Peru contam com grandes reservas de cobre, metal mais demandado pela indústria de veículos elétricos do que pela indústria de veículos de combustão interna (CEPAL, 2020).

13. Argentina, Bolívia e Chile possuem as principais reservas de lítio do mundo (CEPAL, 2020).

tíveis fósseis. Atualmente, fatores como mudança climática, a qualidade do ar nos centros urbanos, os problemas geopolíticos associados à produção de petróleo e à dependência de combustíveis fósseis têm revitalizado o interesse pelos veículos elétricos.

A região se encontra em fase de amadurecimento tecnológico em relação à mobilidade elétrica e sua adoção nos sistemas de transporte público. Segundo PNUMA (2021), a América Latina e Caribe ultrapassou o pico de expectativas¹⁴ de que as soluções em mobilidade elétrica sirvam de resposta para a redução de emissões do setor de transportes e, hoje, se encontra entre a desilusão e a iluminação, devido à combinação de fatores como: a oferta limitada da tecnologia, falta de informação e resistência à mudança, de um lado, e, o surgimento de novos modelos de negócio que aumentam os benefícios da tecnologia, de outro.

2.9 Principais atores regionais

Os atores regionais, envolvidos no processo de transição para a eletromobilidade no transporte público na América Latina e Caribe, embora diversos, podem ser distribuídos em três grandes grupos: o governo e as suas instâncias de atuação, as empresas de segmentos ligados à cadeia da mobilidade elétrica e as organizações do terceiro setor que, por meio de redes de conexão com a iniciativa privada e os governos nacionais, buscam incentivar a inovação tecnológica.

O governo pode exercer o papel de indutor do desenvolvimento em diferentes instâncias ao definir as diretrizes da mobilidade elétrica no país, região ou cidade. Seja diretamente como foi o caso de Santiago (Chile), onde buscou atuar proativamente na regulação, ou, indiretamente como em São Paulo (Brasil), onde promulgou leis relacionadas à qualidade do ar nas cidades que passaram a exigir tecnologias de motorização mais limpas para o município.

Logicamente, ao se falar ‘governo’, diferentes instituições como agências reguladoras, ministérios, empresas públicas, institutos e secretarias po-

14. Conforme mencionado na introdução desse capítulo, uma forma de avaliar o processo de amadurecimento tecnológico é por meio da definição de hype cycle, de GARTNER (2021), o qual propõe um gráfico para representar a maturidade, adoção e aplicação comercial de tecnologias específicas.

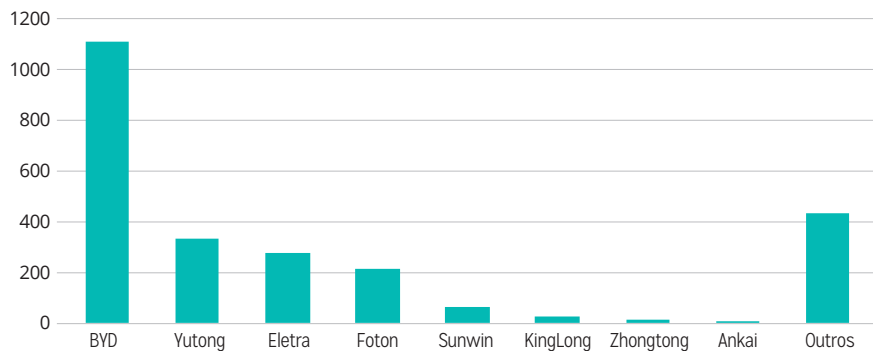
dem estar envolvidas com diferentes níveis de atribuição e responsabilidade, mostrando que não há uma receita única para o sucesso.

Especificamente para os ônibus elétricos, o país da região que mais se destaca atualmente é o Chile, o que pode ser explicado, em parte, pelo modelo de negócio aplicado e, também, pela ação do governo de articular a transformação do sistema de transporte na cidade de Santiago. A expectativa é que o Chile continue exercendo esse papel na região, já que na sessão anual, de maio de 2021, do *International Transport Forum* (ITF), organismo governamental integrado à OCDE, a ministra de Transportes e Telecomunicações reforçou o compromisso de ter, em 2040, 100% de ônibus elétricos, no transporte público urbano no país.

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) avalia que as cadeias de valor inerentes à eletromobilidade incluem, além da fabricação dos veículos elétricos em si, a infraestrutura de recarga de baterias e a produção e fornecimento de energia. Embora a exploração e transformação da matéria-prima tenham enorme potencial futuro para a geração de valor agregado na região, os atores regionais de destaque, atualmente, são as empresas ligadas à fabricação de ônibus inseridas na cadeia de valor de veículos elétricos e as empresas de energia ligadas às cadeias que envolvem o uso da eletricidade.

As empresas ligadas à fabricação de ônibus elétricos correspondem a um conjunto de atores que atuam importando ou montando localmente os ônibus e produzindo as baterias, além das encarroçadoras. De acordo com as informações da plataforma *E-bus Radar*, os modelos de ônibus elétricos em operação na América Latina e Caribe são fornecidos por 7 fabricantes chineses, um fabricante brasileiro (Eletra) e alguns fabricantes de trólebus antigos existentes ainda em algumas cidades.

Gráfico 03 - Distribuição das empresas de ônibus elétricos na ALC



Fonte: Universidade Federal do Rio de Janeiro (2021).

O maior destaque fica com a chinesa BYD, responsável por 45% dos veículos em operação na região. Além da sua forte presença no Chile e na Colômbia, onde concentra cerca de 88% da sua operação na ALC, a empresa possui atuação na Argentina, Equador, México, Paraguai, Panamá, Peru, Uruguai e Brasil, onde possui 3 fábricas, sendo duas em Campinas, para montagem de *chassis* e fabricação de painéis fotovoltaicos e, a mais recente no Polo Industrial de Manaus (PIM), para a montagem de bancos de baterias de Lítio-ferro-fosfato (LiFePO_4) usadas nos seus próprios ônibus.

Além de empresas chinesas que fazem importação direta da China ou produzem ônibus na ALC, há, também, vários países da região produtores de ônibus elétricos. A Eletra, por exemplo, é uma empresa brasileira criada em 1988, que tradicionalmente produz trólebus. No entanto, já se uniu com as empresas japonesas, Mitsubishi Heavy Industries e Mitsubishi Corporation, para criar o primeiro ônibus elétrico brasileiro, movido 100% a bateria, em 2013 (Eletrabus, 2021). No México, a empresa DINA *Camiones* fabrica um modelo trólebus híbrido, concebido em colaboração com a Universidade Autónoma Metropolitana (UAM), que opera no transporte urbano na Cidade do México e Guadalajara.

As encarroçadoras também constituem uma parte significativa da indústria automotiva regional e têm papel importante no desenvolvimento dos ônibus elétricos, sobretudo devido às parcerias com outros fabricantes. A BYD, por exemplo, monta seus chassis com carrocerias produzidas por

seus sócios locais Marcopolo¹⁵ e Volare, os quais começaram a produzir baterias para ônibus elétricos em consórcio com a chinesa. A encarroçadora brasileira, Caio, realiza parcerias com empresas especializadas em propulsão elétrica em projetos¹⁶ de ônibus elétricos e híbridos, além de produzir trólebus em conjunto com a Eletra e modelos híbridos e elétricos em conjunto com fabricantes de chassis (MOBILITAS, 2021).

No que tange às cadeias de valor de infraestrutura de recarga, produção e fornecimento de energia, as empresas de maior destaque na região, atualmente, são a Enel¹⁷ e a Engie. Ambas contribuíram para o maior programa de introdução de ônibus elétricos em Santiago (Chile) em conjunto com os operadores de transporte e o governo chileno. A parceria público-privada (PPP) definiu a compra dos ônibus elétricos e a implantação da infraestrutura de recarga pelas empresas de energia por meio de contratos de *leasing* com os operadores, os quais faziam pagamentos mensais à Enel e à Engie, pelo uso desses ativos, além de pagar também pela energia elétrica e o serviço de gestão de recarga das frotas de ônibus.

Muito embora o governo e as empresas tenham papel relevante como atores no processo de adoção tecnológica, as organizações multilaterais e as instituições do terceiro setor, com a sua rede de conexões, atuam como agentes de transformação importantes para a região da ALC. Dentre diversos exemplos, algumas instituições de destaque são apresentadas a seguir:

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) é a principal autoridade ambiental do mundo e o seu escritório da América Latina e Caribe lançou a plataforma MOVE, em 2016, para acelerar a transição para a mobilidade elétrica na região. Em julho de 2021, no lançamento do último relatório do PNUMA, foi apresentada a iniciativa regional MoveToZero, que reunirá compromissos dos setores público e privado, em favor do transporte com emissão zero e, cujo objetivo é promover a aquisição de frotas de veículos elétricos até 2025.

15. Uma das principais vantagens da Marcopolo é o seu modelo de negócio verticalizado, que facilita o desenvolvimento de carrocerias para quaisquer tipos de motorização e permite que sejam usados diversos componentes comuns (MOBILITAS, 2021).

16. Projetos de ônibus 100% elétricos, híbridos e Dual Bus em duas versões: híbrido + trólebus e híbrido + elétrico puro.

17. A atuação da Enel se dá em grande medida pela Enel X, voltada para soluções inovadoras em segmentos onde a energia tem um elevado potencial de transformação.

A Comissão de Estudos para a América Latina e o Caribe (CEPAL) propõe um novo estilo de desenvolvimento para a região, baseado na sustentabilidade e igualdade ao promover a ideia de um Big Push para a região, o qual destaca a mobilidade elétrica como um dos setores da economia por sua capacidade de transformação da estrutura produtiva dentro da lógica da sustentável.

O programa ZEBRA (Zero Emission Bus Rapid-deployment Accelerator) é uma aliança fundada pela P4G, que visa acelerar a implantação de ônibus elétricos, por meio da superação de barreiras políticas, técnicas, financeiras e de mercado, nas maiores cidades da América Latina como: São Paulo (Brasil), Medellín (Colômbia), Santiago (Chile) e Cidade do México (México). Essas metrópoles já demonstraram interesse em inovar e possuem compromissos para a descarbonização do transporte público. O programa busca a formação de parcerias com instituições financeiras regionais que possam investir 1 bilhão de dólares em tecnologia de propulsão elétrica e de zero emissão na América Latina até 2021, considerando o design e proposição de novos meios de financiamento e modelo de negócios para a operação do transporte público (PNME, 2020).

O C40 Cities e o Conselho Internacional de Transportes Limpos (ICCT, na sigla em inglês) lideram o ZEBRA, com o apoio do Centro Mario Molina Chile e do *World Resources Institute* (WRI). A P4G (*Partnering for Green Growth and the Global Goals 2030*), fundadora do programa, é uma iniciativa lançada em 2018, com a ambição de se tornar o fórum de liderança mundial para realização de parcerias público-privadas (PPP), em grande escala, para os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU e do Acordo de Paris para as Mudanças Climáticas.

A Aliança Zebra e suas principais instituições são parceiras do E-Bus Radar (mencionado na seção anterior), o qual foi idealizado e desenvolvido pelo Laboratório de Mobilidade Sustentável (Labmob), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil, e conta com a parceria e o apoio de entidades e iniciativas de atuação global, voltadas ao desenvolvimento sustentável: *Zero Emission Bus Rapid-deployment Accelerator* (ZEBRA), C40 Cities, ICCT e P4G. A plataforma tem a colaboração da entidade brasileira Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA) e o apoio do Instituto de Clima e Sociedade (iCS), também do Brasil, e a cooperação da Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE), União Internacional de Transporte Público (UITP) e do *World Resources Institute* (WRI).

Muitos países da região contam com instâncias de coordenação, para a gestão da mobilidade elétrica, que permitem a tomada de decisão em concordância com as instituições responsáveis por cada tema a ser desenvolvido. Segundo o PNUMA (2021), a ALC possui fundamentalmente quatro estruturas diferentes de governança, as quais variam essencialmente pela pluralidade de atores envolvidos no processo de construção de metas para o país.

Esse tipo de governança vem sendo construída no Brasil, por meio de uma rede de conexões que envolve diversos tipos de atores, a Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica (PNME). Esta plataforma é um espaço de articulação, convergência e trabalho em rede, em que os membros e parceiros mantêm a independência de suas agendas e interesses, mas, também, colaboram e têm acesso a um vasto e crescente repositório de conhecimento e articulação. A iniciativa é o resultado de um esforço conjunto de importantes atores do Governo, Indústria, Academia e Sociedade Civil que visa construir metas de longo prazo, considerando desenvolvimento tecnológico, políticas públicas e o mercado da mobilidade elétrica, nas seguintes linhas de ação:

- Fomento e indução ao mercado;
- Crescimento da inserção da mobilidade elétrica em atividades produtivas;
- Proposição de instrumentos de políticas públicas e regulação; e
- Criação de competências de pesquisa e desenvolvimento (P&D).

A plataforma é formada por um Conselho Gestor, um Comitê de Ciência & Tecnologia, 4 grupos de trabalho (GT) e um Secretariado que é representado pelo Instituto Clima e Sociedade (ICS), organização filantrópica que promove prosperidade, justiça e desenvolvimento de baixo carbono no Brasil. Os membros do conselho, do comitê e dos GTs são federações, associações, sindicatos, empresas públicas e privadas, ministérios, universidades, agências estrangeiras e instituições do terceiro setor, nacionais e internacionais, envolvidas com a mobilidade elétrica.

2.10 Novos modelos de negócio

A expansão da frota de ônibus elétricos na região tem sido acompanhada pela popularização de diferentes análises de custos e de modelos inovadores de aquisição de veículos. Dentre as análises, os estudos de custo total de propriedade (CTP) ou *Total Cost of Ownership* (TCO na sigla em inglês) têm ganhado destaque. Esse tipo de análise avalia as diferenças de custos associados à compra e operação de veículos de diferentes tecnologias e, à infraestrutura associada à sua vida útil.

Os resultados têm mostrado que os veículos elétricos, levando em consideração as características da localidade onde são avaliados e os parâmetros inerentes a cada opção tecnológica, apresentam um custo total inferior ao seu equivalente a combustão interna (Banco Mundial, 2019). O princípio fundamental por trás disso é que os ônibus elétricos possuem um custo de aquisição superior aos modelos à combustão interna. No entanto, os custos de operação e manutenção dessa tecnologia podem ser inferiores a ponto de torná-la financeiramente mais vantajosas em determinados horizontes de análise (EPE, 2020).

Paralelamente, foram desenvolvidos modelos de implementação diferentes que modificaram a estrutura tradicional, as responsabilidades e a remuneração de agentes que operam nos sistemas de transporte público. Esses modelos atuam sobre barreiras que são identificadas como fatores que desestimulam a aquisição de veículos elétricos por parte dos operadores privados. As alternativas buscadas para superá-las têm sido a integração de novos agentes que assumem responsabilidades e direitos relativos à prestação do serviço de transporte.

É importante notar que tanto os estudos custo total de propriedade (CTP) quanto o surgimento de novos modelos de negócio não garantem que uma operação ou sistema de transporte seja necessariamente lucrativo, uma vez que isso depende de diversos fatores como, por exemplo, taxas e subsídios aplicáveis a cada caso particular. No entanto, ambos estudos permitem visualizar as oportunidades que os ônibus elétricos podem gerar e abordar respostas às barreiras comuns para sua integração em frotas de transporte público.

Os países da ALC têm inovado no desenvolvimento de modelos de negócio

que permitem evitar os altos custos iniciais de adoção da tecnologia e reduzir os seus riscos financeiros associados. Para isso, eles vêm incorporando novos agentes nos processos de negócios envolvendo ônibus elétricos como, por exemplo, no caso de Santiago (Chile) em 2018. Esse caso foi baseado na separação de responsabilidades e atividades e, atribuiu a aquisição dos veículos à concessão da operação, inspirando soluções financeiras em seus vizinhos na região.

No modelo clássico, os operadores de transporte costumam ser os proprietários dos ativos, ou seja, dos ônibus, garagens e toda a infraestrutura ligada à sua operação. Nesses casos, a empresa concessionária de transporte público compra os ônibus e uma empresa de energia (geralmente uma distribuidora) fornece a eletricidade. No entanto, de acordo com o PNUMA (2021), o que se vê são quatro novos modelos de investimento em ônibus elétricos que vêm se destacando na América Latina e no Caribe e que permitem aumentar o custo-benefício no transporte urbano, bem como a viabilidade da sua implantação nas cidades da região.

O primeiro modelo é baseado em *leasing* ou arrendamento mercantil¹⁸, no qual um novo agente financia os ativos e os aluga às operadoras de transporte. Este é o caso mais representativo na América Latina e Caribe, pois foi utilizado por meio de uma parceria público-privada entre o Governo do Chile e as companhias privadas para a implantação de cerca de 400 ônibus elétricos na cidade de Santiago.

O segundo caso ocorre em Bogotá e, nele, se estabelece um contrato, no qual existe a figura de um provedor de frotas que compra os ônibus e as suas respectivas baterias. A empresa de distribuição de energia, por sua vez, fornece o local de carregamento.

O terceiro e mais recente modelo de negócio consiste na separação das baterias do resto dos componentes dos veículos, modalidade conhecida como *battery leasing* ou, arrendamento da bateria, em português. Nesse modelo é realizada uma separação entre os ativos, de modo que o veículo possa ser adquirido sem a bateria. Este componente, juntamente com a

18. Arrendamento mercantil, também conhecido como *leasing*, é um contrato que é celebrado entre o arrendador e o arrendatário – o cliente ou usuário que contrata o *leasing*. O arrendador faz a compra de algum bem específico e se torna seu proprietário e, durante o período de contrato do *leasing*, “arrenda” esse bem para o cliente que contrata a operação. No final do contrato, o arrendatário tem três possibilidades: renová-lo, devolver o bem ao banco e encerrar o contrato ou comprá-lo da instituição.

infraestrutura de carregamento, permanece como propriedade de outra empresa, que oferece a bateria e o carregamento como serviço de arrendamento ou *leasing* (BNEF, 2018). Para quem adquire o ônibus elétrico, o preço inicial do ativo fica bastante reduzido e a aquisição, gestão e carregamento de baterias fica a cargo de uma empresa especializada.

Este esquema está sendo adotado em São Paulo (Brasil) e requer um investimento em ativos elétricos do projeto de transporte, que pode ser recuperado com a tarifa de eletricidade. Esse tipo de modelo de negócio, no qual os fabricantes e investidores desempenham um papel fundamental, pode ajudar as cidades e os operadores privados a superar a falta de capital e a dificuldade de acesso ao crédito, reduzindo riscos financeiros e fortalecendo a sustentabilidade dos sistemas de transporte a longo prazo (PNUMA, 2021).

Por sua vez, o Uruguai desenvolveu um quarto esquema baseado no uso de um mecanismo de redistribuição fiscal transferindo os subsídios tradicionalmente destinados aos ônibus a combustão interna para a eletrificação do transporte público urbano. Com esta estratégia ele busca superar a barreira dos altos custos iniciais dos ônibus elétricos, acelerando a compra dos primeiros 32 ônibus elétricos para Montevideú em 2020.

Box 1: O caso de Santiago do Chile

O caso de implantação de ônibus elétricos no sistema de transporte público urbano na capital do Chile se deve essencialmente à parceria público-privada (PPP) realizada entre o Estado e as empresas privadas. O contexto nacional favorável ao investimento e comércio exterior, aliado à oportunidade de renovação da concessão e da frota de ônibus diesel, foram propícios à transição tecnológica, processo no qual o governo teve papel chave reduzindo prazos de aprovação e autorização e sustentar o planejamento e regulação desses ônibus elétricos.

O Estado chileno cobriu a diferença de custo entre os ônibus elétricos e a combustão na renovação dos 200 primeiros veículos, pois havia previsibilidade legal para investimentos por parte do governo na expansão do serviço de concessão (novos serviços ou quilometragem adicional). Com isso, aumentou a remuneração mensal do Estado para os operadores no intuito de compensar o CAPEX adicional para a compra de ônibus elétricos.

As companhias de energia elétrica, Engie e Enel, no intuito de fomentar o seu *core business* (centrado na venda de energia e na instalação de infraestrutura de recarga) estabeleceram contratos de *leasing* com os operadores e obtiveram a garantia de pagamento por parte do governo, dando estabilidade necessária para as empresas seguirem com o investimento.

Os contratos celebrados foram individualizados em 3 instrumentos financeiros. O primeiro, relativo à aquisição dos ônibus, previa uma remuneração mensal ao longo de 10 anos. Ao final do contrato, os ônibus ainda com 30% de valor residual se tornariam propriedade do sistema de transporte, ou seja, independentes do operador. O segundo contrato previa a remuneração pelo pagamento da instalação e adaptação da infraestrutura de recarga dos ônibus. Já o terceiro previa o fornecimento de energia elétrica para o abastecimento dos veículos.

A fabricante chinesa BYD foi a primeira a estabelecer esse tipo de arranjo junto à operadora Metbus, configurando a parceria Enel/BYD/Metbus, na aquisição dos 100 primeiros ônibus elétricos de Santiago. Nesse modelo, a operadora celebrou um contrato junto à BYD para manutenção e disponibilidade dos ônibus, dos seus componentes e do gerenciamento de carga da bateria, o que mitigou o risco operacional do próprio operador. Embora o operador incorresse nesse caso em custo mensal adicional, isso era compensando pelo OPEX inferior dessa tecnologia de motorização.

Esses exemplos mostram que a inovação em modelos de negócio se baseiam na entrada de novos agentes que permitem vencer barreiras relacionadas à adoção dos ônibus elétricos, atribuindo a cada parte, motivações e responsabilidades específicas. Logicamente, cada modelo deve ser usado em função das particularidades de cada localidade, no intuito de constituir a sua própria forma de transição para a mobilidade elétrica.

De modo geral, os pontos de destaque em termos de inovação, cabem à entrada das empresas de energia como agentes financiadores dos ativos e, ao papel do Estado em propiciar o ambiente favorável à transição. A entrada dessas empresas no processo permite inseri-las no novo contexto energético associado à mobilidade, ao expandirem o negócio principal

relacionado à venda de energia, considerando também, a instalação da infraestrutura de recarga. O papel do Estado em garantir um ambiente regulatório favorável, lastreado por contratos específicos destinados a cada agente, é crucial para que as empresas privadas invistam com menor aversão ao risco, aplicando taxas de retorno mais favoráveis que reflitam esse cenário e viabilizem os negócios.

2.11 Desafios e oportunidades no setor para a região

2.11.1 Barreiras e desafios

O relatório *Barriers to adopting electric buses*, do *World Resources Institute* (World Resource Institute, 2019), buscou identificar as principais barreiras que 16 cidades encontram na implementação de ônibus elétricos, com enfoque em países no hemisfério sul e destaque para 5 cidades latino-americanas¹⁹. Como resultado mais imediato, o relatório forneceu uma matriz de barreiras à adoção de ônibus elétricos, baseada em estudos de caso, a fim de trazer uma perspectiva real do problema vivenciado pelas cidades, conforme identificada na Tabela 1.

19. As cidades envolvidas no relatório foram Belo Horizonte e Campinas (Brasil), Santiago (Chile), Bogotá (Colômbia) e Quito (Equador). A pesquisa envolveu outras localizações, obtidas em estudos de caso, sendo 2 cidades na África, 5 na Ásia, 2 na Europa e 2 na América do Norte.

Quadro 01 - **Matriz de barreiras**

Elementos do ambiente comercial dos ônibus elétricos	Barreiras gerais		
	Tecnológicas	Financeiras	Institucionais
Veículos e baterias	Falta de informação sobre a vantagem ou desvantagem dos ônibus elétricos Limitações de alcance e de potência dos ônibus elétricos Falhas de <i>design</i> Mercado limitado ou desarticulado	Custos de capital iniciais elevados Falta de opções de financiamento	Dificuldades de engajamento fabricantes x cidades Falta de plano para remover o estoque de ônibus atual
Agências e operadores	Falta de informação sobre como começar Falta de dados operacionais	Gestão financeira e modelos de negócio rígidos Escalada de investimentos após os programas piloto iniciais	Sem políticas de habilitação apoiando a adoção de ônibus elétricos Percepção negativa do público Coordenar tarefas de manutenção Coordenação governamental frágil Trânsito informal
Rede e infraestrutura de recarga	Falta de entendimento dos requisitos para atualizar a infraestrutura Limitações das estações e pontos de recarga Instabilidade da rede Falta de padrões e regulamentos sobre cobrança da infraestrutura	Grandes despesas de capital para a infraestrutura da rede Dificuldade de determinar as responsabilidades pela infraestrutura da rede	Falta de espaço e terras para implantação da infraestrutura Planejamento limitado para implicações de longo prazo

Fonte: WRI (2019a).

A matriz de barreira foi categorizada em três tipos de barreiras gerais à inovação, baseada em energia limpa (tecnológicas, financeiras e institucionais) e, por três elementos chave dos ônibus elétricos (veículos e baterias, agências e operadores, e rede e infraestrutura de recarga). No entanto, o WRI selecionou 6 barreiras chave, que representam os temas principais listadas na Tabela 1 e agrupadas em tecnológicas, financeiras e institucionais:

2.12 Barreiras tecnológicas chave

As cidades não possuem informação suficiente (para):

- Determinar variáveis para análise de custo-benefício dos ônibus elétricos e de sua infraestrutura;
- Iniciar e operar projetos de ônibus elétricos por falta de estratégia e design para otimizar a sua implantação;
- Definir características operacionais, limitações e requisitos de manutenção dos ônibus elétricos disponíveis no mercado
- Planejar requisitos de infraestrutura anteriores à adoção dos ônibus elétricos.

As limitações tecnológicas em relação aos ônibus e sua infraestrutura de recarga estão presentes nas 3 componentes do ambiente comercial dos ônibus elétricos. Veículos e baterias produzem autonomia e potência limitada em relação aos ônibus convencionais, muito embora a indústria de baterias esteja em uma curva de aprendizado atualmente. As agências e os operadores não possuem ainda o conhecimento necessário para adotar novos modelos de operação para se adequar às limitações de autonomia e potência dos ônibus. E por fim, a rede e a infraestrutura de recarga são tecnologias novas em evolução, que encontram limitações e desafios de estabilidade.

2.13 Barreiras financeiras chave

Os operadores de transporte e as instituições do governo, tradicionalmente utilizam modelos rígidos de gestão financeira, que favorecem o

menor custo e risco de aquisição dos veículos. A maior parte dos modelos desconsidera o custo total de propriedade dos veículos e certos riscos inerentes aos ônibus elétricos e sua infraestrutura de recarga. Além disso, ignoram a nova dinâmica presente na operação dessa nova tecnologia e não levam em conta atividades associadas aos ônibus elétricos como a manutenção das baterias e da infraestrutura da rede.

A falta de opções de financiamento e escalabilidade dos ônibus elétricos no longo prazo é um problema para vários municípios, pois a compra dos veículos, a implantação da sua infraestrutura de recarga e as adaptações necessárias na rede elétrica requer uma estrutura de capital forte o suficiente para suportar a operação dos ônibus em larga escala. Frequentemente, nenhuma instituição financeira realiza esses investimentos além de projetos piloto, o que faz com que várias cidades operem programas piloto que não ganham escala.

2.14 Barreiras institucionais chave

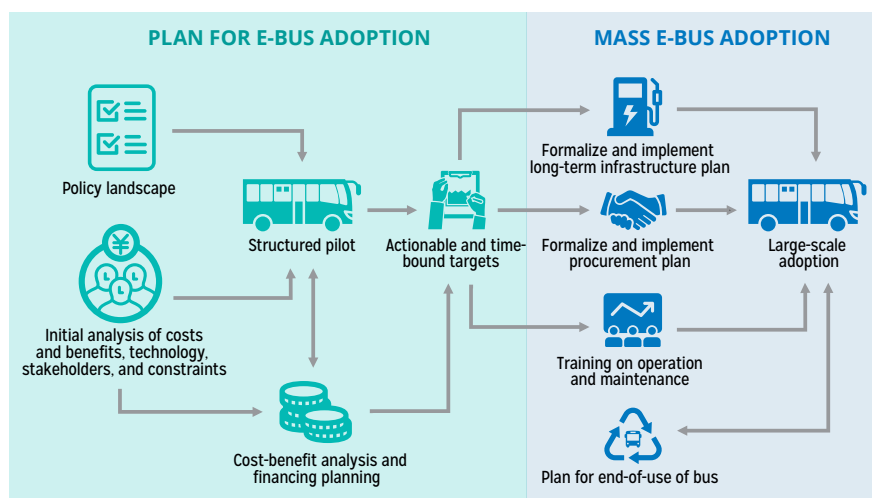
Uma das barreiras institucionais mais citadas na pesquisa é a **falta de políticas públicas favoráveis ou plano de implementação para guiar a adoção dos ônibus elétricos.** Em várias cidades, não há leis ou processos para fornecer um plano estratégico e planos existentes são ineficientes e carecem de objetivos claros e incentivos financeiros para a implementação dos ônibus elétricos. A principal razão identificada é a falta de interesse genuíno por parte dos políticos e *stakeholders* envolvidos.

Em vários casos, a barreira principal pode ser a **falta de capacidade institucional para iniciar, ou dar continuidade, aos projetos de ônibus elétricos devido à escassez de recursos ou capacidade jurisdicional de algumas cidades.** Adicionalmente, a ausência de acesso a terrenos disponíveis para implantação da infraestrutura de recarga dos ônibus por parte do município e das operadoras de transporte é um limitante, pois necessitam de locais permanentes para instalação. Enquanto essa questão não for considerada como barreira convencional à adoção dos ônibus elétricos, a necessidade de contratos permanentes para instalação e manutenção da infraestrutura de recarga permanecerá crucial, especialmente quando as frotas de ônibus elétricos ganharem escala.

Embora a presença de barreiras reveladas seja um obstáculo real verificado nas cidades que participaram da pesquisa, as lições aprendidas podem constituir um conjunto de boas práticas para os operadores de transporte e governos municipais.

Nesse intuito, a partir da mesma pesquisa, o WRI publicou um segundo relatório (WRI, 2019b) que fornece um guia passo a passo para estabelecer e alcançar os objetivos de adoção de ônibus elétricos, a partir de experiências das cidades avaliadas. Para tal, definiram 9 passos a serem seguidos pelas partes interessadas em promover essa mudança (Figura 11).

Figura 11 - **Fatores e ações habilitadores na adoção de ônibus elétricos**



Fonte: World Resource Institute (2019b).

Para um planejamento inicial e projetos de pequena escala, deve-se: considerar o panorama político existente; conduzir uma análise inicial para entender os custos e benefícios envolvidos e restrições; planejar e lançar um projeto piloto estruturado; coletar dados locais, atualizar a análise de custo-benefício inicial e explorar as opções de financiamento e; definir metas e prazos para adoção no longo prazo e em larga escala.

Para a adoção, em massa, de projetos de ônibus elétricos de larga escala, pelo menos 4 componentes devem ser considerados:

1. Formalizar e implementar um plano de infraestrutura de longo prazo para frotas de ônibus elétricos de grande porte;
2. Formalizar e implementar planos de aquisição de ônibus elétricos ajustados às condições da cidade e instrumentos financeiros de redução de custos e riscos;
3. Fornecer treinamento para operadores de ônibus com base nas melhores práticas e experiências locais;
4. Planejar o fim do uso dos ônibus, principalmente das suas baterias.

2.15 Oportunidades

As motivações e oportunidades associadas aos ônibus elétricos na América Latina e Caribe são inúmeras e vão desde questões de saúde pública à política industrial, inovação e geração de empregos. Alguns aspectos podem ser encarados de forma simultânea como motivação ou oportunidade. Por exemplo, o potencial de descarbonização nas atividades de transporte é uma motivação para resolver o problema real da qualidade do ar nas cidades nas cidades latino-americanas, ao mesmo tempo que pode se beneficiar do uso de uma matriz elétrica com nível de renovabilidade superior à média mundial.

Outros aspectos como a modernização do transporte público parecem se encaixar mais como motivações, visto que a região apresenta circunstâncias críticas, como alto índice de urbanização e população crescente que demandam soluções para a melhoria da qualidade de vida nas suas cidades. Por fim, aspectos como o potencial do mercado consumidor, a geração de empregos e todo o adensamento da cadeia produtiva ligado à produção, operação e manutenção de ônibus elétricos na região, são oportunidades únicas para consolidar a América Latina e o Caribe como ator relevante no processo de desenvolvimento dessa tecnologia.

2.16 O potencial de descarbonização

A pegada de carbono do setor de transporte na América Latina e Caribe cresceu, e tem crescido significativamente nas últimas décadas, devido à rápida taxa de motorização, população urbana crescente, pouco planejamento urbano, maior movimento de transporte de carga em mercados domésticos e de exportação, assim como o crescimento do poder aquisitivo (PNUMA, 2021).

O setor de transportes na América Latina e no Caribe se caracteriza por uma alta concentração em áreas urbanas, altas taxas de utilização de ônibus *per capita* e uso de caminhões para o transporte de cargas. Ao mesmo tempo, apresentam também uma das matrizes elétricas mais limpas do mundo (CEPAL, 2020), proporcionando uma vantagem única para a transição do setor de transporte rumo à eletrificação, como movimento essencial para alcançar os compromissos climáticos nacionais e internacionais de descarbonização.

2.17 A modernização do transporte público urbano

A discussão sobre mobilidade sustentável imprime uma nova abordagem que coloca o foco nos indivíduos e na dimensão social da relação entre pessoas, trânsito e espaço urbano. Para viabilizar essa transição deve-se articular uma combinação de ações que busquem reduzir a necessidade de viagens e sua duração; promovam o uso e combinação entre modais de transporte e, incentivem uma maior eficiência no sistema de transporte, com a inserção de tecnologias de baixa emissão como, por exemplo, a mobilidade elétrica.

Ao levantar as possibilidades de modernização do transporte público, esse processo passa não somente pelo veículo, mas, também, pela maneira de oferecer o serviço, concretizando na esfera público-privada, oportunidades de desenvolvimento de novos modelos de negócio. Surge assim, a chance de oferecer à população dos países latino-americanos um serviço de transporte público mais confortável, mais amigável ambientalmente e mais conectado às novas tecnologias de informação e comunicação (PNME, 2021).

2.18 O mercado consumidor latino-americano

O tamanho da frota de ônibus atual presente nos países da América Latina e Caribe dá uma ideia do potencial de mercado para a implementação dos ônibus elétricos, vide Tabela 02.

Tabela 02 - **Frota de ônibus convencionais em alguns países ou cidades da ALC**

País ou cidade	Frota de ônibus
Brasil	Mais de 390 mil ônibus em sistemas organizados de transporte urbano em 2020; 675.950 unidades (urbanas e interurbanas) em circulação, em 2019.
México	443 mil ônibus registrados e em circulação, dos quais 56% são privados e o resto públicos, em 2020.
Buenos Aires	18 mil unidades urbanas.
Bogotá	16.029 unidades.
Outras cidades	Santiago: 6.937 ônibus. Quito: 2.321 ônibus. Montevideu: 1.528 ônibus.

Fonte: CEPAL (2020).

As baixas taxas de motorização²⁰ associadas ao crescimento populacional e à urbanização em uma região desigual, como a América Latina e o Caribe, proporcionam grande potencial para o crescimento da demanda por viagens, o qual será tão maior quanto maior for a qualidade do serviço prestado (CEPAL, 2020). Esse é um ponto diretamente ligado com a motivação anterior. Estabelecer novos critérios para a renovação da frota de ônibus nas cidades latino-americanas, pode envolver aspectos associados à prestação do serviço visando o aumento da sua qualidade e a modernização do transporte público.

Segundo *E-Bus Radar* (UFRJ, 2021), as 29 cidades ou regiões metropolitanas que informaram seus dados, possuem apenas 2,74% de ônibus elétricos em suas frotas públicas municipais. A maior²¹ parte delas (20) situa-se em países

20. A taxa de motorização representa um racional entre a quantidade de veículos particulares como automóveis, veículos comerciais leves e motocicletas e a quantidade de habitantes de um país ou região. Taxas de motorização baixas significam que há poucos veículos por habitante, consequência direta da baixa taxa de propriedade de veículos.

21. As cidades e regiões metropolitanas oriundas desses 4 países representam 20 das 29 cidades que fornecem dados ao E-Bus Radar.

como Chile, Colômbia, México e Brasil e concentram mais de 80% dos ônibus elétricos registrados na plataforma, indicando que há mercados completamente inexplorados na região. Se por um lado o potencial de crescimento da frota elétrica nessas cidades é bastante significativo, esses números são ainda maiores quando se considera toda a região da América Latina e Caribe.

2.19 Geração de emprego e renda

A regionalização da produção e o desenvolvimento regional das cadeias de valor associadas à mobilidade elétrica, conforme apontado como tendência pelo PNUMA (2021), representam consequências diretas para a ALC em termos de geração de emprego e renda, pois mobilizam os segmentos da indústria nacional ligados à cadeia produtiva, operação e manutenção de ônibus elétricos. A região está iniciando a sua transição para a produção de veículos elétricos de passageiros. Além de empresas chinesas importantes como BYD e Yutong, há produtores de veículos elétricos em diversos países da região, tanto ônibus quanto automóveis.

De acordo com a CEPAL (2020), o Brasil conta com três desses produtores: Eletrabus, Agrale e Caio. Além disso, a empresa BYD monta chassis com carrocerias produzidas pelos seus sócios locais, Marco Polo e Volare²², os quais passaram a produzir baterias para ônibus elétricos em consórcio com a empresa chinesa.

No México²³, há empresas locais que participam da produção de ônibus elétricos e o país apresenta capacidade técnica suficiente para produzir sistemas de propulsão elétrica, tendo em vista que já possui a presença significativa de fabricantes de produtos eletrônicos. Um programa agressivo de substituição de veículos poderia chegar a 42,6% de frota elétrica (cerca de 39.500 unidades) em zonas metropolitanas do Vale do México, Guadalajara e Monterrey, até 2030. Essa demanda potencial de unidades deveria construir alicerces para a criação de uma indústria local. A estações de recarga seriam em torno de 5.655 nas três zonas metropolitanas, com grande impacto na geração de empregos.

22. A empresa Volare lançou, em 2017, um miniônibus 100% elétrico em associação com a BYD (CEPAL, 2020).

23. Estima-se que a produção de ônibus elétricos no México pode gerar 185% a mais de valor agregado do que a produção de ônibus a diesel, sobretudo quando se considera a produção de autopeças.

Box 2: A reconversão de ônibus convencionais para elétricos

O nicho de conversão de ônibus a diesel, para elétricos, tem apresentado experiências bem-sucedidas no México e no Chile, ao mostrar que esta opção pode ser viável do ponto de vista econômico e ambiental, em comparação com a fabricação de veículos novos. A reconversão está surgindo como uma forma de incorporar a eletromobilidade ao mercado latino-americano, com grandes benefícios: redução do custo de investimento, descarbonização de veículos em operação que tenham características estruturais comprovadas nas condições das ruas e vias da região, compatibilidade de peças de reposição no ecossistema local, promoção da economia circular por meio da redução da geração de resíduos e sucatas, geração de empregos locais na conversão e redução das emissões durante a fabricação, devido ao reaproveitamento de componentes.

As oportunidades na geração de emprego e renda podem ir além da fabricação de veículos, visto que as cadeias de suprimento ligadas à mobilidade elétrica envolvem atividades que demandam profissionais de diversas naturezas como: desenvolvimento de *software*, serviços de pós-venda de veículos, instalação e gestão de pontos de recarga dentre outras, segundo PNUMA (2021). No entanto, o desafio no médio prazo será a capacitação da mão de obra local para atividades relacionadas às cadeias de valor dos veículos elétricos, de infraestrutura de recarga e de energia.

Referências bibliográficas

Bloomberg New Energy Finance (2018). *Bloomberg New Energy Finance, Electric Buses in Cities: Driving Towards Cleaner Air and Lower CO₂*. <https://bit.ly/3FnY8dw>.

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2019). *Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe. Posibilidades para la adopción de movilidad limpia en el sector de transporte de pasajeros en algunos países de América Latina*. <https://bit.ly/3uKXjpT>.

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2020). *Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe. Construir um nuevo futuro: una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad*. <https://bit.ly/2Ymvdpw>.

Eletrabus (2021). *Eletra, Tecnologia de tração elétrica: Elétrico puro 100% a bateria*. <https://bit.ly/2ZOdelH>.

Empresa de Pesquisa Energética (2020). *Avaliação Técnico-Econômica de Ônibus Elétrico no Brasil*. <https://bit.ly/3mkoqVa>.

Gartner Hype Cycle (2020). *Gartner Hype Cycle. Interpreting technology hype*. <https://gtnr.it/3abrRYt>.

International Energy Agency. (2020). *Energy Technology Perspectives Guide*. <https://bit.ly/3oyloOy>.

Mobilitas (2021). *Avanços dos ônibus elétricos na América Latina*. <https://bit.ly/3iC67cZ>.

National Aeronautics and Space Administration (2021). *Technology Readiness Level*. <https://go.nasa.gov/3Bgrnw3>.

Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica (2021). *1º Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica*. <https://bit.ly/3Fno8p2>.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2016). *Movilidad eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe 2017*. <https://bit.ly/2Yj6Fvg>.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2020). *Movilidad eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe 2019*. <https://bit.ly/3a9l8OT>.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2021). *Movilidad eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe 2020*. <https://bit.ly/2WJrGR7>.

Statista (2021). *Major countries in copper mine production worldwide from 2010 to 2020*. <https://bit.ly/3uGQDJH>.

U.S. Geological Survey. (2021). *Mineral Commodity Summaries: Lithium*. <https://on.doi.gov/3FjPEUI>.

União Europeia (2014). *Horizon 2020: Technology Readiness Levels*. <https://bit.ly/3Bdn1Gg>.

Universidade Federal do Rio de Janeiro (2021). *E-Bus Radar* [base de dados digital]. <https://bit.ly/3FnnDeH>.

World Resource Institute. (2019a). *Barriers to adopting electric buses*. <https://bit.ly/3Bgs48D>.

World Resource Institute. (2019b). *How to enable electric bus adoption in cities worldwide: A Guiding Report for City Transit Agencies and Bus Operating Entities*. <https://www.wri.org/research/how-enable-electric-bus-adoption-cities-worldwide>.

Capítulo 03

Tecnologias digitais



Joelmir Ramos

Joelmir Ramos é engenheiro de Eletrônica pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Possui mestrado (MSc.) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Eletrônica da UERJ. Atualmente trabalha com o desenvolvimento de protótipos robóticos humanoides e algoritmos de machine learning e processamento de linguagem natural. É o criador do Robô 14-bis, o primeiro robô humanoide do Brasil. É também autor do livro “Inteligência Artificial Para Humanos”, publicado em 2019.

“ A era dos dados que está produzindo a revolução digital mudou e continuará mudando os modelos de consumo, produção e negócios. ”

3.1 Conceitos relacionados às tecnologias digitais

O mundo está experienciando uma revolução tecnológica de impacto sem precedentes no estilo de vida humano. A Revolução Digital, também conhecida como quarta revolução industrial ou Revolução 4.0, foi estimulada pelo crescente uso de tecnologias computacionais extremamente velozes, que abriram o caminho para a era dos dados e da informação compartilhada, em caráter globalizado quase instantâneo.

Embora diversas tecnologias analógicas tenham desempenhado um papel importante na transformação do mundo nas últimas décadas, foi a digitalização da realidade física que possibilitou o desenvolvimento de inteligências virtuais capazes de induzir as decisões humanas tomadas no mundo real (Verhoef *et al.*, 2019). Para compreender os impactos da digitalização na região da ALC, convém esclarecer alguns conceitos.

O termo digitalização se refere efetivamente ao processo de codificação de informação analógica relacionada ao mundo físico. A Agência Internacional de Energia (IEA) ressalta que a digitalização tem três elementos fundamentais:

- i) os dados, que são referentes às informações digitais codificadas
- ii) a fase de análise, que consiste na etapa de mineração de grandes quantidades de dados para extração de insights relevantes
- iii) a conectividade permanente, associada à troca de dados entre máquinas ou entre humanos e máquinas, por meio de redes de comunicação interconectadas.

A conectividade de dispositivos eletrônicos, a produção de dados e a posterior análise dos dados são os elementos fundamentais do processo de digitalização (Sioshansi, 2019).

Algumas definições associadas ao conceito de digitalização dependem do estágio de implementação e do nível de impacto na sociedade. O termo Revolução Digital se refere ao “conjunto de mudanças nas relações de produção, trabalho e consumo diretamente relacionadas ao uso de tecnologias digitais como computadores móveis, inteligência artificial, IoT (*internet of things*), impressão 3D, veículos elétricos, geração de energias renováveis e redes inteligentes de monitoramento e distribuição de cargas elétricas. Tais mudanças, ocorrendo em paralelo, são responsáveis por um salto evolutivo comparável à terceira revolução industrial, porém, ocorrendo em um espaço de tempo menor.

3.2 Inteligência artificial (IA)

Basicamente, os sistemas computacionais dotados de inteligência artificial (IA) são capazes de se adaptar ao dinamismo de problemas do mundo real sem que seja necessária uma reprogramação explícita. Tais sistemas realizam essa proeza tecnológica a partir da coleta e análise de grandes conjuntos de dados, conhecidos também como ‘*big data*’ (Agência Internacional de Energia Renovável, 2019).

Em definição, a Inteligência Artificial pode ser compreendida como uma área da computação de dados que desenvolve algoritmos capazes de agir como humanos inteligentes. Em outras palavras, a Inteligência Artificial consiste em sistemas digitais que coletam e analisam dados para, em seguida, agir com base na melhor solução possível para um determinado problema (WCO, 2019).

Em essência, o comportamento inteligente da máquina digital advém do uso de algoritmos capazes de reconhecer padrões em amostras numéricas caóticas. Além disso, esses algoritmos são treinados para realizar inferências a respeito dos padrões detectados e, em seguida, sugerir tomadas de decisão que maximizem a utilização de recursos.

3.3 Big data

Devido à produção e transferência de dados em caráter global e com altíssima velocidade, as duas últimas décadas presenciaram uma explosão de informações compartilhadas. Dá-se o nome de *big data* tanto ao fenômeno da geração acelerada de dados, quanto ao acúmulo desses dados, cuja maioria ainda se encontra em estado bruto e não estruturado. Vários analistas consideram inclusive, que os dados são o novo petróleo, no sentido de que eles são a fonte atual de geração de riqueza.

Neste aspecto, a Inteligência Artificial é aplicada à big data para organizar, classificar e extrair informações relevantes que possam maximizar a eficiência de processos. No setor de energia, por exemplo, os dados gerados pelos sensores e pelos sistemas de monitoramento são convertidos em conhecimento útil capaz de auxiliar nos mecanismos que efetuam correções e ajustes nos circuitos, visando o ponto ótimo de funcionamento do grid (Jucikas, 2017).

3.4 Internet das coisas

Os dados são gerados diariamente, em sua maioria, por dispositivos eletrônicos conectados à internet. São eles que realizam a ponte entre o mundo real e o mundo virtual. Em particular, os aparelhos eletrodomésticos inteligentes, os inversores de frequência residenciais e os sistemas de geração e armazenamento de energia renováveis estão estimulando o aumento do controle e monitoramento do fluxo de energia nas cidades, além de fornecer um panorama completo e em tempo real da demanda energética e de eventuais pontos de desperdício (IBM, 2019).

Estima-se que os setores econômicos e produtivos associados à internet das coisas irá expandir de 25 bilhões de dispositivos em 2015 para 75 bilhões de dispositivos em 2025 (STATISTA, 2018).

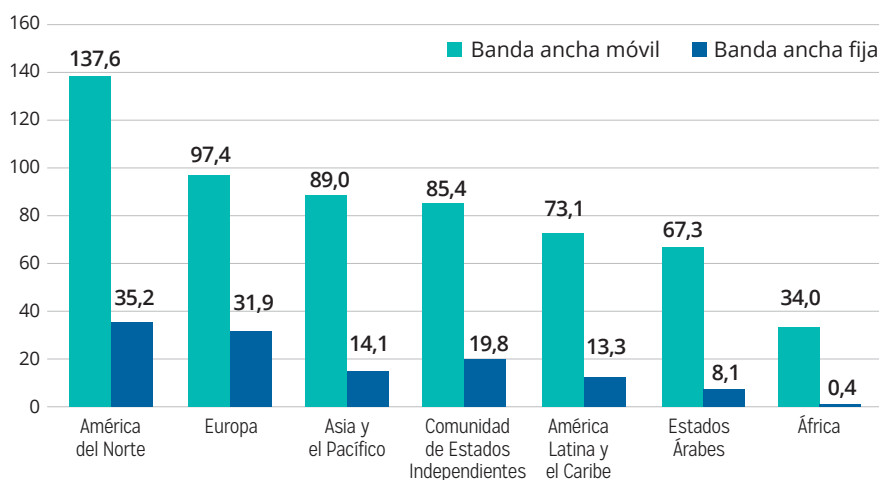
3.5 Status e tendências

A era dos dados que está produzindo a revolução digital mudou e continuará mudando os modelos de consumo, produção e negócios. Além de aumentar a produtividade industrial e o bem-estar social, essas mudanças tecnológicas podem ser combinadas com objetivos de crescimento econômico e sustentabilidade ambiental (CEPAL, 2018). Porém, isso não acontece de forma automática. A adoção de soluções digitais, assim como no caso de outros grupos tecnológicos, é fortemente condicionada por fatores estruturais e pelo contexto em que está inserida, como foi ressaltado no capítulo 1 deste livro.

Em países com estruturas produtivas heterogêneas, mercado de trabalho informal e com restrições socioeconômicas de acesso à tecnologias e conexão de internet, existe uma parte importante da sociedade que não consegue se apropriar do valor gerado pelas tecnologias digitais, o que pode levar a um aumento das desigualdades socioeconômicas. Em especial, no caso da América Latina e Caribe (ALC), o impacto das tecnologias digitais sobre o bem-estar da população depende da articulação entre as estratégias de negócio e as ações políticas que visem orientar a digitalização para o desenvolvimento com igualdade e sustentabilidade.

Dentre as métricas utilizadas para se ilustrar o avanço de tecnologias digitais em determinados países ou regiões está a porcentagem da população total que possui assinatura de banda larga por meio da tecnologia móvel. Na região da ALC, observa-se que este percentual teve um aumento expressivo entre 2010 e 2019, passando de 7% para 73%. Já o crescimento do acesso à banda fixa foi muito inferior, passando de 7% para 13%, no mesmo período. Apesar desta rápida evolução do acesso à banda larga, em outras regiões do mundo este percentual é mais elevado, tal como na Europa (97%) e na região da Ásia e Pacífico (89%) (ver figura 12).

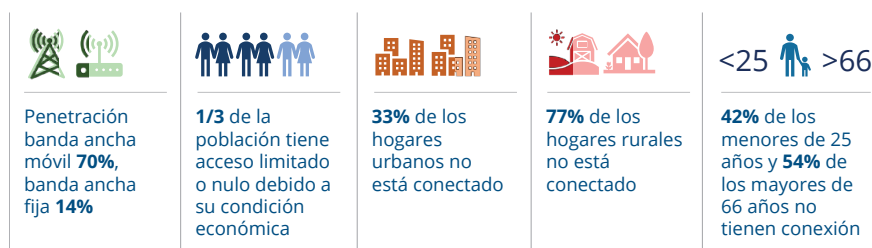
Figura 12 - **Banda larga fixa e assinaturas de banda larga móvel, 2019**
(em porcentagens da população)



Fonte: CEPAL (2019).

Em 2019, 66,7% dos habitantes da região possuíam conexão com a internet. O terço restante tem acesso limitado ou nenhum acesso às tecnologias digitais devido à sua situação econômica e social, principalmente em idade e localização (ver Figura 13).

Figura 13 - **Panorama da conectividade na região**

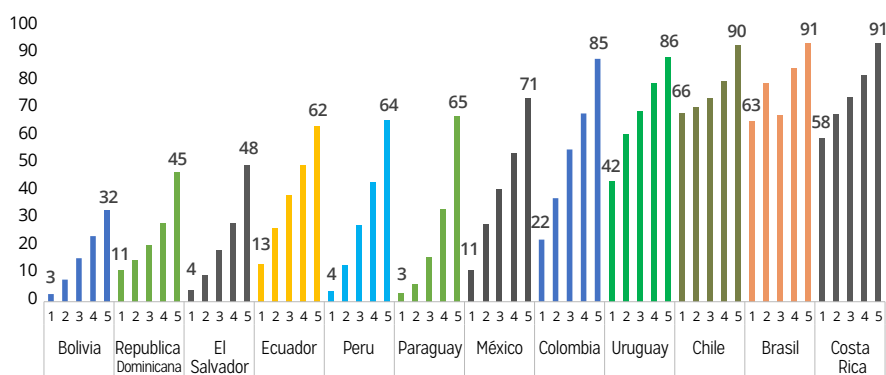


Fonte: CEPAL (2020).

Em 12 países da região, o número de domicílios no quintil de renda mais alta (quintil V) com conexão à Internet é de 81%, em média; os números correspondentes para as famílias no primeiro e segundo quintis são 38% e 53%, em média, respectivamente. Mais de 40 milhões de residências estão

desconectadas e metade está nos dois quintis mais pobres. Na figura 14, pode-se observar uma apresentação pormenorizada da distribuição percentual de conectividade pelos quintis de renda.

Figura 14 - Países da América Latina: porcentagem de famílias conectadas pelo quintil de renda, 2018



Fonte: CEPAL (2020).

Nota: As estatísticas do Brasil, Chile, Costa Rica, Equador, El Salvador, Paraguai e Uruguai incluem Internet móvel. Dados para todos os países correspondem ao ano de 2018, os dados do Chile e do Equador, correspondem a 2017.

As diferenças de conectividade entre áreas urbanas e rurais são significativas. Na região, 67% dos domicílios urbanos estão conectados à internet, enquanto nas áreas rurais apenas 23%.

As desigualdades de acesso às tecnologias digitais apresentam efeitos ainda mais contundentes sobre a economia e a sociedade no momento atual de crise sanitária global, na qual, o confinamento foi e ainda é a medida recomendada e adotada em muitos países. As restrições das atividades presenciais tornaram tais recursos tecnológicos fundamentais para manter empregos, atividades econômicas, atividades educacionais e, até mesmo, serviços de saúde on-line, entretenimento e cultura.

Após a pandemia, muitas das transformações socioeconômicas que ocorreram através das tecnologias digitais tendem a permanecer, como é o caso do *home-office* que vem se tornando prática comum em muitas instituições. Este fato apenas reforça a urgência de políticas de inclusão e cidadania digital como combate ao aumento da desigualdade de renda na região.

3.6 Digitalização e energias renováveis

O processo de digitalização tem impactado todos os setores da sociedade e, em especial, o setor de energia. Este setor foi fortemente modificado e aperfeiçoado nos últimos 20 anos, pela digitalização dos sensores e dos atuadores do *grid*. A estas mudanças, se somam também, o aumento de agentes capazes de gerar energias renováveis provenientes de painéis solares e geradores eólicos, que acabam sendo recursos adicionais ao sistema de distribuição de cargas.

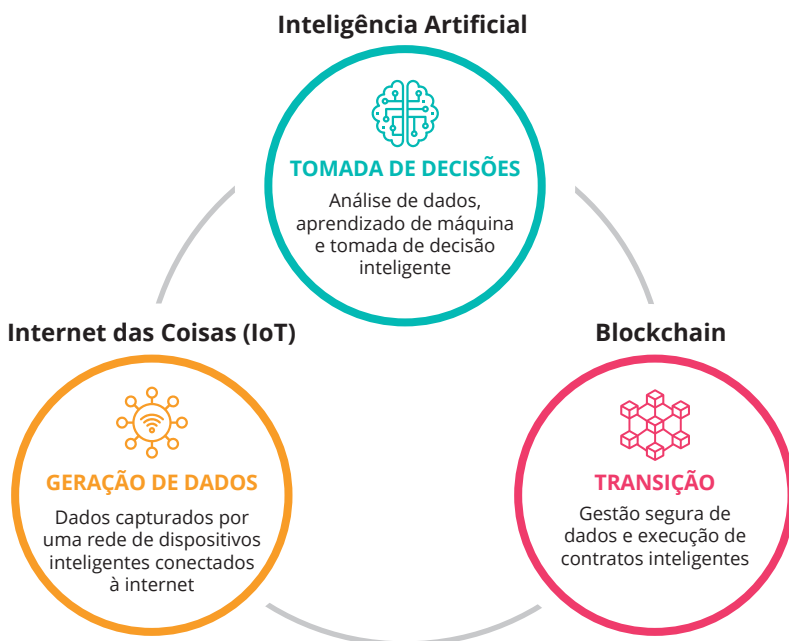
A digitalização e o uso de algoritmos de monitoramento inteligente no setor de geração de energias renováveis possibilitam o controle automático da distribuição dos recursos, em função da demanda dos equipamentos eletrônicos conectados à internet. Além disso, a análise do clima global em tempo real possibilita a construção de modelos preditivos de geração de energia solar e eólica e, posteriormente, a distribuição inteligente desses recursos dinâmicos.

Em 2015, a IBM foi capaz de mostrar uma melhoria de 30% na previsão de geração de energia solar em parceria com o Departamento de Energia do EUA na Iniciativa SunShot. O modelo meteorológico de autoaprendizagem integrada com as tecnologias de geração renováveis produziram grandes conjuntos de dados em tempo real, com medição de estações meteorológicas locais, redes de sensores globais e análise de imagens de satélites (IBM, 2018).

A utilização de Inteligência Artificial no setor de energia permite que as cidades possam planejar suas operações com segurança e confiabilidade. E este avançado nível de controle e monitoramento levaria à otimização de todo o sistema, reduzindo, conseqüentemente, os seus custos de operação. Por isso, a Inteligência Artificial e o *big data* são essenciais para o sucesso da utilização de energias renováveis em qualquer lugar do mundo (Agência Internacional de Energia, 2017).

As tecnologias digitais podem apoiar o setor de energias renováveis com melhorias no monitoramento, operação e manutenção de ativos energéticos. Para isso, três grupos específicos da tecnologia digital são essenciais para a implementação dessas melhorias: 1) a internet das coisas (IoT); 2) inteligência artificial (IA); e 3) *blockchain*. Estes três elementos reforçam-se mutuamente como parte de um leque de ferramentas (ver figura 15).

Figura 15 - Inovações digitais para o setor de energia



Fonte: Agência Internacional de Energia Renovável (2019).

3.7 Digitalização e mobilidade

O uso crescente das tecnologias digitais na mobilidade urbana reduz os engarrafamentos, o tempo de deslocamento e, conseqüentemente, reduz também a emissão de gases poluentes. Além disso, o uso cada vez mais frequente de veículos elétricos inteligentes e econômicos, eleva o grau de bem-estar e segurança dos cidadãos.

Atualmente, através da conectividade digital, aplicativos podem ser especialmente desenvolvidos para: monitoramento remoto de frota, gerenciamento de sistemas de coordenação baseados em troca de informação entre agentes veiculares, auxílio no deslocamento eficiente de usuários e, por fim, para obtenção de dados, visando o constante aprendizado dos algoritmos inteligentes (CEPAL, 2018).

A oposição ao uso do transporte público coletivo devido ao Covid-19 pode gerar um aumento no uso de transporte privado, abrindo mais espaços para a mobilidade compartilhada mesmo após o fim da pandemia, considerando também a vantagem para o cidadão de não precisar mais investir em um veículo particular. Em consequência, essa mudança na indústria da mobilidade estimula novos modelos de negócios como *Uber*, *Awto* e *Mobike*.

Na Austrália, a Tesla Hornsdale explora uma oportunidade de negócio para usuários de veículos elétricos que utilizam baterias. Usando IA, sistemas de armazenamento de energia compram eletricidade da rede nos horários em que os preços estão baixos e, depois, vendem essa energia de volta ao mercado, nos horários em que os preços estão mais altos.

A bateria de Hornsdale operou através de um licitador automático desenvolvido pela Tesla que permitiu o equipamento capturar os melhores fluxos de receita em um grau que não poderia ser alcançado por licitantes humanos. Em relação a um comerciante humano, o *software* de lance algorítmico poderia aumentar as receitas de uma bateria em cerca de cinco vezes, de acordo com a empresa especializada em desenvolvimento de *softwares*. Em seu primeiro ano de operação, as baterias Hornsdale geraram uma receita estimada de 24 M US, ao mesmo tempo que promoveram entre 40 M US e 50 M US de redução nos custos de manutenção do serviço de geração e distribuição de energia para os consumidores (Mazengarb, 2019).

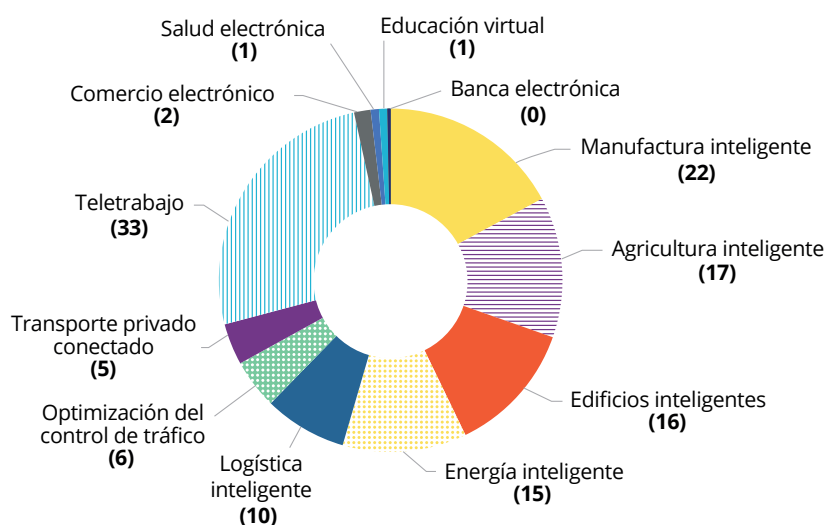
3.8 Impactos da digitalização na sustentabilidade

A otimização do uso de recursos, sejam eles quais forem, é um dos principais impactos positivos relacionado ao emprego das tecnologias digitais inteligentes. No setor produtivo, a incorporação da IA nas tomadas de decisão, permite extrair o máximo de benefícios com o mínimo de dano ambiental em áreas como a exploração de recursos naturais e manufatura. No setor de serviços, novos modelos de negócios como a economia compartilhada, permitem otimizar o uso de bens de capital a partir da conexão e interação de um número crescente de agentes. E no setor de hospedagem, casas e apartamentos compartilhados reduzem os custos e a necessidade de construção adicional de hotéis e pousadas, o que acaba levando à economia de materiais e consumo de energia.

Nos últimos anos a crise climática gerou uma necessidade urgente de reduzir as emissões de CO₂. O estudo *#SMARTer2030*, da iniciativa global para a sustentabilidade *eGlobal e-Sustainability Initiative* (GeSI), analisou o impacto de soluções digitais em diferentes setores da economia na emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE). Segundo as estimativas do estudo, a digitalização dos setores ligados à mobilidade, indústria, comércio, educação, dentre outros, poderia gerar uma redução de até 12 gigatoneladas (Gt) nas emissões globais totais de equivalente de dióxido de carbono (CO₂), até 2030 (GeSI, 2015).

A contribuição mais significativa para essa redução estaria associada às mudanças na estrutura de mobilidade, seguida de aplicações nos setores de manufatura e agrícola, como pode ser observado na Figura 16. A informação do tráfego em tempo real, iluminação e logística inteligentes e outras soluções habilitadas digitalmente, podem reduzir a emissão de CO₂ em até 3,6 Gt, o que incluiria a economia nas emissões de viagens não realizadas. A fabricação inteligente, incluindo manufatura virtual, produção centrada no cliente, cadeias de suprimentos circulares e serviços inteligentes poderiam reduzir a emissão de CO₂ em até 2,7 Gt.

Figura 16 - Potencial percentual de redução de dióxido de carbono (CO₂) até 2030 (%)



Fonte: Global e-Sustainability Initiative (2015).

Além da redução nas emissões de carbono, outros benefícios da digitalização, incluem o aumento da produção agrícola em 30% com a concomitante economia de mais de 300 bilhões litros de água e diminuição na demanda de petróleo em 25 bilhões de barris por ano, com a estimativa da redução de mais de 135 milhões de veículos à combustão na frota global (GeSI, 2015).

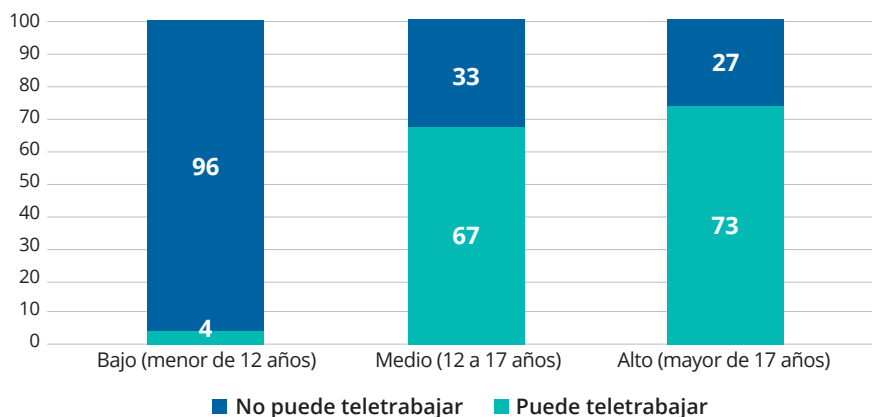
Em contrapartida, as tecnologias digitais apresentam também impactos negativos. Dentre eles é possível citar o aumento na demanda energética global, a exploração crescente de recursos minerais para produção de *hardware* e baterias e o surgimento de modelos de negócios que incentivem a cultura de substituição recorrente de dispositivos eletrônicos.

Além disso, outro fator negativo possui grande relevância: a substituição de trabalhadores por sistemas físicos ou virtuais, que utilizam inteligência artificial. Tais mudanças, se ocorrerem em um curto espaço de tempo, impossibilitariam a requalificação dos profissionais para novos postos de trabalho, e assim, as taxas de desemprego poderiam disparar. Esse panorama de desemprego em escala poderia acentuar as desigualdades sociais nos países menos desenvolvidos.

Em relação aos empregos, os processos de automação das atividades podem gerar efeitos de três tipos: o desaparecimento de empregos; a alteração nas características do emprego e, finalmente, a criação de novos tipos de emprego. O efeito deste fenômeno depende, em grande medida, do pragmatismo das políticas públicas orientadas para a proteção dos trabalhadores na ALC (CEPAL, 2021).

Uma das recentes causas do aumento no desemprego está relacionada à segmentação do mercado de trabalho e suas consequências ao nível da possibilidade de teletrabalho. Embora a Covid-19 tenha permitido acelerar os benefícios do teletrabalho, a proporção dos empregados que podem teletrabalhar, varia entre os países, está correlacionado com a estrutura produtiva e com as competências dos trabalhadores. Um trabalhador moderadamente qualificado tem 67% de chance de trabalhar em casa, cifra que chega a 73% para trabalhadores altamente qualificados e 4% para trabalhadores com baixo nível de qualificação (ver Gráfico 04).

Gráfico 04 - América Latina (7 países): probabilidade de teletrabalho de acordo com o nível de escolaridade (em %)



Fonte: CEPAL (2021).

Nota: Média simples do Chile, Equador, El Salvador, Honduras, México, República Dominicana e Uruguai.

3.9 Novos modelos de negócios

A revolução nas comunicações fomentou e acelerou o desenvolvimento da economia digital, entendida como a produção econômica baseada em modelos de negócios focados no fornecimento de bens e serviços digitais. As inovações digitais mudaram radicalmente os parâmetros associados aos valores de bens e serviços, em diversos setores, o que acabou tendo um efeito relevante na economia.

Como exemplo, é possível citar a desvalorização da mídia impressa com o surgimento da leitura digital, a reconfiguração da indústria da música e entretenimento, que ofertam serviços multimídia sob demanda e transmissão ao vivo (streaming) e, por fim, a nova dinâmica das indústrias de transporte e hospedagem com modelos de economia colaborativa (Bukht & Heeks, 2017).

Atualmente, esses novos modelos de negócios operam em plataformas digitais que facilitam as transações comerciais. Amazon, Alibaba e Mercado Livre são exemplos de plataformas digitais especializadas na entrega de produtos. Já o Ant Group, o Avant, o Mercado Pago e o Nubank são plataformas digitais associadas aos serviços financeiros. Na área de comuni-

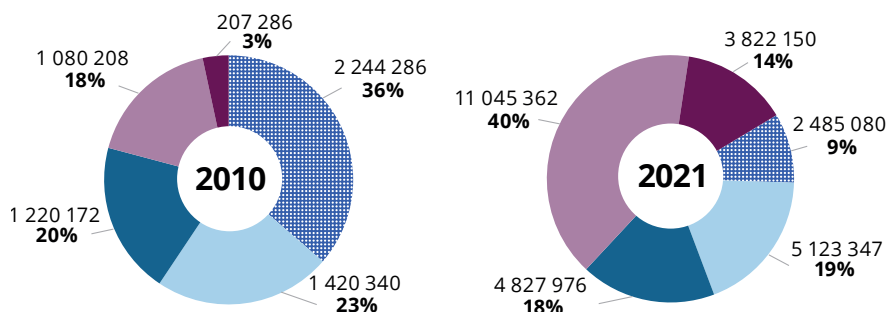
cação e redes sociais destacam-se o Facebook, Twitter, Instagram, TikTok, WhatsApp, WeChat e Telegram. No turismo e hospedagem marcas como Booking e Airbnb abarcaram boa parte do público consumidor deste tipo de serviço. Tais plataformas realizam contribuições importantes para a economia porque criam novas conexões entre oferta e demanda, em diferentes mercados, e contribuem para redução dos custos de transação e intermediação, gerando ganhos de eficiência e estimulando a abertura de novos mercados (CB Insights, 2021).

Com o passar do tempo, esses modelos evoluíram e embasaram sua proposta de valor não somente na redução dos custos de intermediação e transação, mas também, na exploração das informações dos dados que são gerados nas plataformas. Assim, esses modelos de negócios geram e capturam dados que ao serem processados e analisados posteriormente, com algoritmos inteligentes, emitem *insights* relevantes a respeito dos clientes. Tais *insights* permitem otimizar as estratégias de *marketing*, elevar a oferta através da simplificação de processos operacionais e ajustar os produtos às necessidades reais dos usuários.

Essas novas e modernas formas de criar valor levaram ao surgimento de novos atores no ecossistema digital. Em março de 2021, empresas de Internet (plataformas de serviços e comércio eletrônico) representavam cerca de 54% do valor de mercado digital. Enquanto isso, as empresas da chamada economia conectada representavam 46% do total, com preponderância das indústrias de *hardware* (19%) e *software* (18%), nos segmentos liderados pela Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) e Microsoft, respectivamente.

Com o tempo, as empresas do setor de telecomunicações, como a Verizon, AT&T, América Móvel e Telefônica, entre outros, foram perdendo a primazia. Atualmente, eles representam cerca de 9% do valor total do mercado digital. Ao comparar esses valores com os de março de 2010, a transformação é evidente. Naquela época a economia conectada representou 79% do valor total (incluindo setores de telecomunicações com 36%, *hardware* com 23% e *software* com 20%), enquanto as empresas relacionadas à internet representavam apenas 21% (ver figura 17).

Figura 17 - **Economia conectada e economia digital: valor das empresas em cada segmento industrial do ecossistema digital e proporção em relação ao total, de acordo com o valor de mercado, março de 2010 e março de 2021**
(em milhões de dólares e porcentagens)



Economía digital

■ Plataformas de servicios de Internet y software ■ Plataformas de comercio electrónico

Economía conectada

■ Software y servicios informáticos ■ Hardware ■ Telecomunicaciones

Fonte: CEPAL (2021).

Nota: "Economia conectada" refere-se ao núcleo da transformação digital, que consiste na implementação de redes de banda larga e uso massivo da Internet, e "economia digital" refere-se ao uso de plataformas digitais globais como modelo de negócio.

Em termos de investimentos, as gigantes da tecnologia (*bigtechs*) implementaram uma estratégia que lhes permitiu entrar em novos mercados com tecnologia adjacente ao núcleo do negócio, como mobilidade (Microsoft), biofarmacêutica (Google) e serviços financeiros (Amazon). Desde o início de 2020, as prioridades de investimento também incluem tecnologias relacionadas à energia renovável e tecnologias para o lar (Microsoft e Amazon), segurança em nuvem (Microsoft e Google) e saúde (Google). Na indústria automotiva, por exemplo, a conectividade veicular, a mobilidade compartilhada e a digitalização do varejo apresentam novos desafios e oportunidades para as fabricantes tradicionais.

Empresas de tecnologia como Amazon, Apple, Facebook, Google e Microsoft estão expandindo suas capacidades, principalmente no campo de computadores e *softwares* na nuvem e, assim, conseguem integrar seus sistemas operacionais com os carros e com a indústria. Em busca dessa expansão, estão surgindo alianças entre gigantes tecnológicos e os principais fabricantes de veículos. No início de 2021, a Apple e a empresa corea-

na Hyundai mantiveram negociações para acelerar a fabricação do veículo Apple Car. Paralelamente, a Ford e o Google, assim como a Toyota e Microsoft, estabeleceram uma aliança estratégica para melhorar a conectividade de seus veículos (CB Insights, 2021).

3.10 Desafios e oportunidades

A transição digital global apresenta dois grandes desafios: um no campo da *cyber* segurança e outro, no campo da automação do comércio e indústria. A crescente geração e compartilhamento de informações tornam os dados uma *commodity* virtual, sujeita às variações de valor em função do mercado e, conseqüentemente, à cobiça de indivíduos, empresas e governos.

Nesse sentido, a segurança de dados e a regulação do uso dos dados exercerá um papel fundamental e primordial à medida que o volume de dados for aumentando nos próximos anos. No campo da automação, faz-se presente o risco de desemprego em países menos desenvolvidos e com mão-de-obra desatualizada, podendo com isso acentuar as desigualdades e os conflitos sociais. Outro desafio importante se apresenta no campo da acessibilidade à internet por parte das populações de baixa renda. De forma que a exclusão digital dos mais pobres poderia agravar ainda mais as desigualdades e os conflitos supracitados.

Em contrapartida, a digitalização abre oportunidades em todos os setores das economias, uma vez que em essência, a digitalização otimiza processos, gerencia recursos escassos de forma inteligente, maximiza rendimentos financeiros, estimula inovação e competitividade, automatiza sistemas de compartilhamento e complementa as habilidades humanas de criação e produção.

Referências bibliográficas

- Agência Internacional de Energia. (2017). *Digitalization and Energy*. <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>
- Bukht, R.; & Heeks, R. (2017). Defining, conceptualising and measuring the digital economy, Development Informatics. *Working Paper series*, n. 68. Manchester: Centre for Development Informatics, Universidad de Manchester. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3431732
- CB Insights (2021). *The Big Tech Report: Investments, Acquisitions, & Key Themes*. <https://www.cbinsights.com/research/report/big-tech-investments-acquisitions/>
- Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2018). *Datos, algoritmos y políticas: la redefinición del mundo digital*. <https://bit.ly/3odLgyv>.
- Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2020). Universalizar el acceso a las tecnologías digitales para enfrentar los efectos del Covid-19". *Informe Especial Covid-19*, n. 07, Santiago, ago. <https://bit.ly/31yGkg2>.
- Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2021). *Comisión Económica para América Latina y el Caribe: Tecnologías digitales para un nuevo futuro*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46816-tecnologias-digitales-un-nuevo-futuro>
- Global e-Sustainability Initiative. (2015). #SMARTer2030: ICT Solutions for 21st. *Century Challenges*, Bruselas, jun. https://smarter2030.gesi.org/downloads/Full_report.pdf. Acesso em 10 de agosto de 2021.
- International Business Machines Corporation (2018). *Data science and machine learning*. www.ibm.com/analytics/machine-learning.
- International Business Machines Corporation (2019). *Machine learning helps IBM boost accuracy of U.S. Department of Energy solar forecasts by up to 30 percent*. <https://ibm.co/3F1SZqv>.
- International Renewable Energy Agency. (2019). *Innovation landscape for a renewable-powered future*. Abu Dhabi: Energy Agency. <https://bit.ly/306l9lo>.
- Jucikas, T. (2017). *Artificial intelligence and the future of energy*", Medium. <https://bit.ly/3EOYWa6>.
- Mazengarb, M. (2019). *Tesla big battery paves way for artificial intelligence to dominate energy trades: Renew Economy*. <https://reneweconomy.com.au/tesla-big-battery-paves-way-for-artificial-intelligence-to-dominate-energy-trades-31949>

Sioshansi, F.; Mostyn, B.; & Woodhouse, S. (2019). *Digitalization of energy.* "Consumer, Prosumer, Prosumager: How Service Innovations will Disrupt the Utility Business Model." <https://bit.ly/3CTlkYt>.

Statista (2018). *Internet of things (IoT) connected devices installed base worldwide from 2015 to 2025 (in billions)*. <https://bit.ly/31DktUN>.

World Customs Organization. (2019). *Study Report on Disruptive Technologies*. <https://bit.ly/3o9VbFA>.

Capítulo 04

Geração solar fotovoltaica



Rafael Boraschi

Rafael Boraschi Maria é economista pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) com Especialização em Varejo e Mercado de Consumo pela Fundação Instituto de Administração (FIA-SP). Atua no setor de energia solar fotovoltaica no Brasil desde 2016, com foco em Desenvolvimento de Negócios e Análises de Viabilidade Financeira e Comercial para projetos de geração distribuída. Desde 2020 é membro da ABRAPS (Associação Brasileira dos Profissionais pelo Desenvolvimento Sustentável), atuando no Grupo de trabalho de Cidades Sustentáveis e na Coordenação do Projeto *GreenTech Talks*, da mesma entidade.

“ A construção de usinas solares promove impacto muito positivo na geração de empregos. ”

4.1 Conceitos relacionados à geração solar fotovoltaica

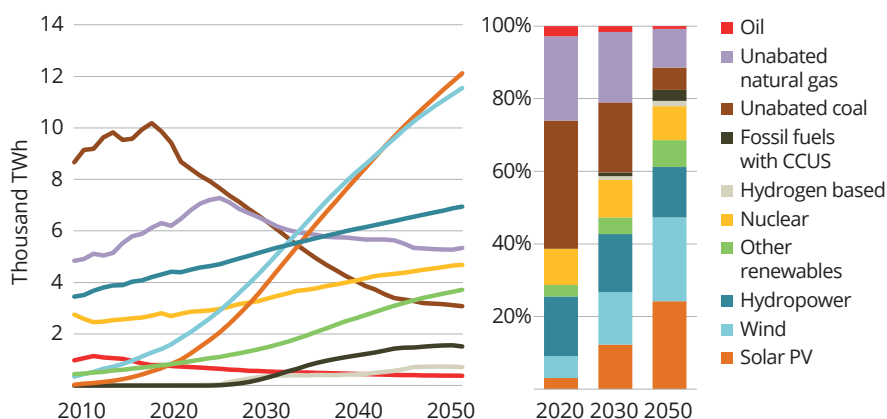
4.1.1 A energia solar em um contexto de transição energética

Como o mundo se transformará em relação à utilização de suas fontes de geração de energia (Agência Internacional de Energia Renovável, 2019) está na agenda de discussão sobre as etapas e desafios relacionados ao consumo (e produção) de energia para as próximas décadas. **A busca por fontes geradoras cada vez mais atraentes em termos de custos de extração, assim como de eficiência técnica e de segurança, passa por grandes transformações nos processos produtivos e industriais** que, por sua vez, influenciam toda a arquitetura de cidades, o dia a dia das comunidades e como elas se relacionam.

Com os avanços na última década de projetos ao redor do mundo ligados a geração de energia elétrica, começaram a ser planejadas e estruturadas outras formas de geração de energia, buscando vantagens competitivas e de infraestrutura em relação ao modelo atual baseado principalmente em fontes fósseis (Agência Internacional de Energia Renovável, 2019).

Este movimento de maior participação das energias renováveis e limpas, dentro de uma matriz energética cada vez mais diversificada (Gráfico 05), fica evidente nas expectativas da Agência Internacional de Energia (2020) que as fontes ligadas à geração eólica correspondam a quase 50% de toda a matriz energética até 2050.

Gráfico 05 - Composição da Matriz Energética Mundial, por fonte (2010-2050)

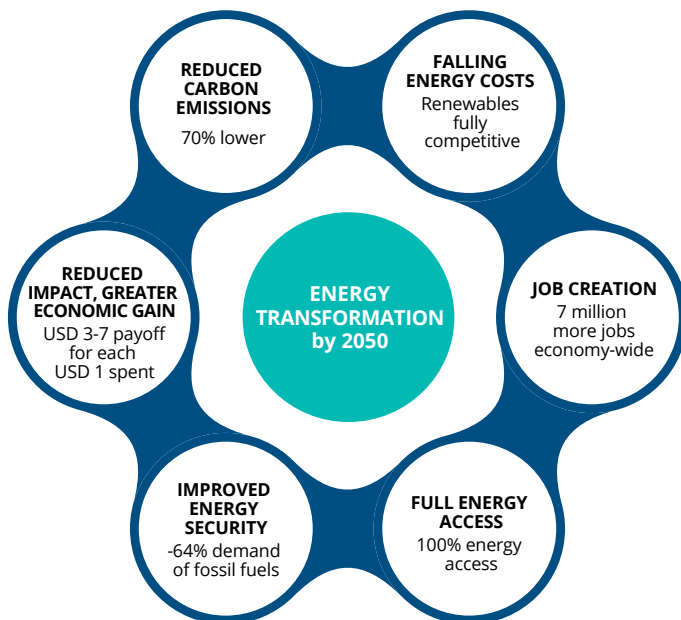


Fonte: International Energy Agency (2020).

Dentro da discussão sobre a transição energética atual, questões pertinentes ao aquecimento global, como as fontes e as matrizes renováveis, possuem impacto relevante para o meio ambiente através da redução na emissão de gases do efeito estufa (GEE) que promovem alterações climáticas. Alguns elementos estão presentes nesse processo e têm impacto direto na transformação pretendida até 2050 (Figura 18), como **a redução constante dos custos de energia e a criação de empregos** – mais de 7 milhões ao redor do mundo.

Cabe destacar o **processo de descarbonização** em curso das atividades produtivas, em especial no setor de energia (Agência Internacional de Energia Renovável, 2019), onde é necessária uma redução anual média de 3,5% ao ano nas emissões de CO₂ para que sejam atingidas as metas firmadas no Acordo de Paris. A perspectiva para 2050 é que seja atingida a potência fotovoltaica de 8.500 GW, a fim de evitar a emissão anual de aproximadamente 4,9 Gt de CO₂. Ou seja, isto representa 21% do total de reduções de emissão esperada por conta da atuação das energias renováveis e de medidas de eficiência energética no combate às alterações climáticas.

Figura 18 - **Necessidades e Oportunidades para a Transformação Energética até 2050**



Fonte: Agência Internacional de Energia Renovável (2019).

A energia solar fotovoltaica consiste na transformação de irradiação solar em energia elétrica, em que painéis fazem a captação no formato de corrente contínua (DC) e, através da inteligência de inversores, realiza a conversão para corrente alternada (AC), conforme padrão utilizado em residências, empresas comerciais e indústrias. A abundância de irradiação e o potencial de captação são imensos na ALC, sendo muito favorecida em termos de incidência solar. Considerando a média estimada da produção de energia em quilowatt-hora (kWh) por unidade de potência solar fotovoltaica instalada quilowatt-pico (kWp), percebemos que o Chile (5,3), Bolívia (5,0), México (4,9), Peru (4,8) e Argentina (4,5) são os países da região, que se destacam frente às 210 nações do mundo (*Energy Sector Management Assistance Program*, 2020).

Na vanguarda da construção de uma agenda que defenda junto aos mais diversos atores da sociedade, a implantação de projetos, ações e atitudes sustentáveis em nível social e ambiental de forma global, a Organização das Nações Unidas (ONU) promove o debate acerca de **17 Objetivos de**

Desenvolvimento Sustentável (ODS), que clarificam os conceitos sustentáveis e abarcam os temas mais relevantes para discussão, norteando a construção de uma agenda a ser implementada até 2030.

Destaca-se o ODS nº 07 da Organização das Nações Unidas (2021), que trata sobre o tema de **Energia Limpa e Acessível**, de forma que a energia solar fotovoltaica contribua fortemente para o desenvolvimento sustentável necessário para a promoção de bem-estar coletivo ao redor da América Latina e do mundo. São eles:

Figura 19 - **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável N° 7**

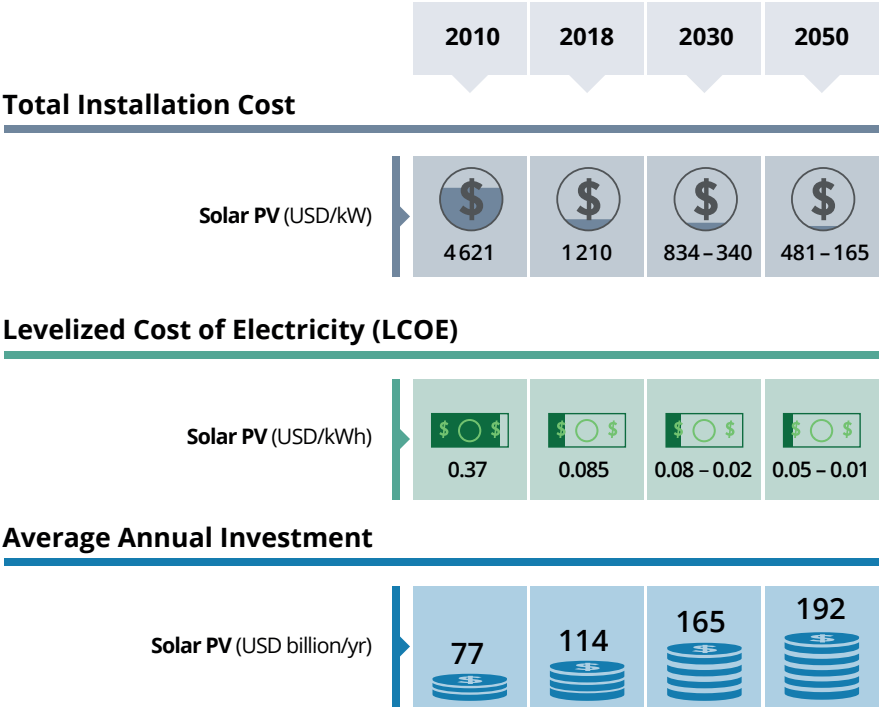


Fonte: Organização das Nações Unidas (2021).

1. Assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia;
2. Aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global.

A energia solar fotovoltaica tem apresentado queda significativa do preço ao longo da última década. A perspectiva é de que cada vez mais se torne uma fonte de energia a preços acessíveis. De um custo de USD 4621/ kW em 2010 (Figura 20), a expectativa é que, em 2030, esteja em USD 834-340 / kW até atingir o patamar de USD 481-165 em 2050. Estes valores se referem ao custo de instalação por cada kW (quilowatt) de potência solar instalada para a construção de usinas e sistemas fotovoltaicos. O custo por energia efetivamente gerada, mensurado em USD/ kWh, apresenta tendência de queda significativa, partindo de USD 0,37 em 2010 para a perspectiva de que esteja no patamar de USD 0,01, em 2050.

Figura 20 - Custos de instalação, Eletricidade e Investimento Anual no setor de Energia Solar Fotovoltaica



Fonte: Agência Internacional de Energia Renovável (2019).

O aumento substancial da participação da geração fotovoltaica na matriz energética – é atender 25% da demanda mundial por energia, em 2050 (Agência Internacional de Energia Renovável, 2019) – explicado pelo volume crescente de investimentos realizados e, que obteve um salto de B USD 77, em 2010, para B USD 114, em 2018, e que atinja quase B USD 200 por ano até 2050.

4.2 Modalidades de geração solar fotovoltaica

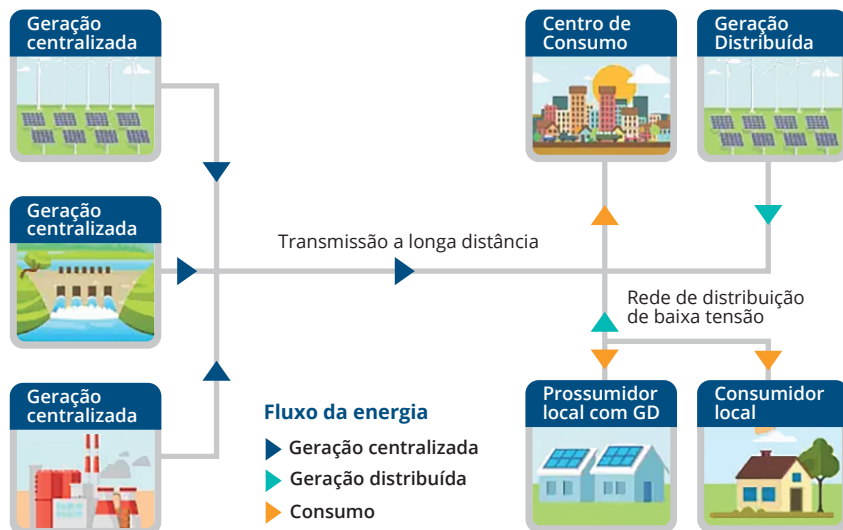
A geração fotovoltaica apresenta mais de um modelo possível de configuração de sistemas (Agência Internacional de Energia Renovável, 2019). Os maiores sistemas, ou sistemas com maior potência, que produzem energia elétrica em altíssimos volumes e que estão conectados ao sistema elétrico através de cabos de transmissão, constituem a categoria de geração centralizada - mercado comumente chamado de *utility scale*.

Estes sistemas possuem a capacidade de gerar energia para atender a demanda de milhares de unidades residenciais, comerciais e industriais ao mesmo tempo e, geralmente, são implantados em regiões remotas e afastadas dos grandes centros urbanos, onde há grande potencial de irradiação solar e a disponibilidade de terras é grande e vasta.

Por outro lado, a configuração de sistemas que busca atender diretamente residências, empresas e instituições de pequeno e médio porte é o de **geração distribuída** (Agência Internacional de Energia Renovável, 2019). Neste modelo, o sistema solar fotovoltaico é instalado próximo ao local de consumo - ou até mesmo de forma remota, desde que esteja conectado diretamente ao sistema de distribuição de energia - não necessitando de novos investimentos em infraestrutura para o segmento de transmissão.

Na modalidade de geração distribuída, os sistemas solares são dimensionados para gerar a energia elétrica necessária para atender toda a demanda de uma unidade consumidora de energia específica, ou um conjunto delas. Quando no período diurno o sistema produz excedentes de energia - que foram injetados na rede - além do necessário para autoconsumo, é criado e registrado na conta de energia um benefício por esta contribuição, formalizado como crédito de energia.

Figura 21 - Modelos de Negócio no Setor Solar Fotovoltaico



Fonte: Canalsolar (2021).

Como não há produção fotovoltaica no período noturno, as residências e empresas que se utilizam de sistemas solares continuam conectados ao grid público, consumindo sua necessidade energética através de energia elétrica provida da rede, e estes créditos são consumidos. Para esta modalidade de sistema dá-se o nome de **on grid**, ou seja, que faz interface direta com a rede pública para trocas, seja injetando ou consumindo energia.

Os sistemas fotovoltaicos que se utilizam de baterias para o armazenamento (Agência Internacional de Energia Renovável, 2019) e que atendem toda a necessidade energética de uma unidade consumidora de forma autônoma – por consequência, não estão ou não precisam estar conectados à rede pública – são conhecidos como sistemas **off grid**.

Ainda dentro da modalidade de geração distribuída, existe a possibilidade da construção de usinas solares remotas que atendam mais de um tipo de cliente ao mesmo tempo, podendo ser um conjunto de residências ou empreendimentos comerciais. Esta modalidade é conhecida como **geração compartilhada** e, é comum a comercialização de “partes” da geração deste tipo de usina no formato de cotas, seja através de modelos de consórcio

ou de cooperativas. A difusão desta modalidade depende basicamente de todo o potencial de benefícios fiscais promovidos por governos locais e de uma amarração jurídica que dê boa sustentação e segurança para investidores e consumidores.

Diante destes cenários, cabe destacar a falta de clareza e solidez em normativas regulatórias do setor energético que acaba causando instabilidade no desenvolvimento de novos negócios em todos os países da América Latina. No caso brasileiro, por exemplo, desde 2012 as usinas solares fotovoltaicas com potência menor do que 5 MW estão sujeitas às regras de produção e consumo de energia delineadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), onde a injeção de energia (em kWh) na rede pública através da geração por sistemas fotovoltaicos ao longo do período diurno, retorna em créditos a serem utilizados em momentos posteriores, quando o consumo ultrapassa o nível de geração (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, 2019).

As discussões em trâmite entre os diversos agentes do setor - investidores, políticos, desenvolvedores e associações - quanto às regras que definem a composição e aplicação destes créditos na redução dos custos de energia para os consumidores, traz instabilidade e falta de clareza aos diversos agentes, em relação aos benefícios econômicos que podem ser gerados para as unidades que aderem à modalidade fotovoltaica (ABSOLAR, 2019).

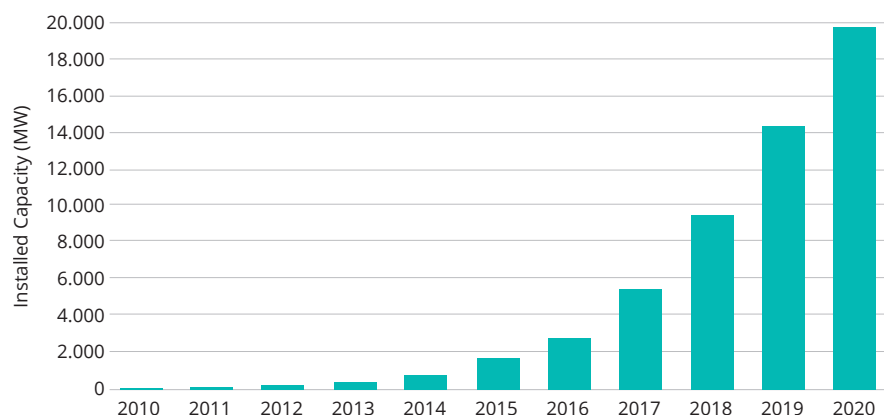
Sem a aprovação de uma lei que regule este tipo de atividade, há insegurança jurídica no não-estabelecimento de regras claras, que definam a política de benefícios para novos consumidores que planejam adquirir sistemas solares e injetar energia no *grid* público. Este é um fator que promove dificuldade para os agentes do setor (consumidores, investidores, desenvolvedores e mesmo governos regionais e locais) em estabelecer previsibilidade na redução de custos e viabilidade econômica (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2018), que por si só afetam a perspectiva de criação de empregos e a própria discussão sobre possíveis impactos ambientais.

4.3 Status e tendências

O processo de transformação energética deve considerar as condições, as prioridades e os desafios regionais. No caso específico da América Latina e Caribe, a recuperação da economia em um ambiente pós-pandemia pode-se beneficiar da abundância de recursos naturais para a produção de geração renovável, indo de encontro com a fragilidade técnica e a capilaridade dos sistemas elétricos existentes hoje, além da crescente demanda por energia que deve caracterizar o crescimento de todos os setores econômicos e produtivos para a próxima década (CEPAL, 2020).

É neste contexto que podemos entender que as energias renováveis têm um papel fundamental para o *Big Push* da Sustentabilidade na América Latina. A região apresentou na última década (2011-2020) um crescimento contínuo na implementação de projetos solares fotovoltaicos, seja através de investimento público ou privado. Neste período (IRENA, 2021), a região apresentou avanço considerável, atingindo 20.000 megawatts (MW) de capacidade fotovoltaica instalada em 2020. Um crescimento de quase 40% frente ao ano anterior e 10 vezes maior quando comparado a 2015, lembrando que a potência instalada na região no início da década apresentava valores irrisórios. A expectativa é que este patamar atinja 97 gigawatts (GW) em 2030 e 281 gigawatts (GW) em 2050 (IRENA, 2019).

Gráfico 06 - Capacidade Solar Fotovoltaica Instalada na América Latina entre 2010-2020 (em MW)



Fonte: Agência Internacional de Energia Renovável (2021).

O Brasil possui papel de destaque, respondendo por praticamente metade da potência instalada na região (ABSOLAR, 2021), principalmente a partir de 2012, momento em que a Agência Reguladora Nacional Brasileira (ANEEL) promulgou uma resolução normativa, que serviu como marco inicial para a geração distribuída no país e, que a partir de sua revisão e ampliação em 2015, tornou tecnicamente viável (e, por consequência, também o modelo de negócio) a construção de usinas solares remotas dentro deste segmento.

Não por acaso, cabe destaque ao papel que Brasil (com 18,4 MW) e o México (com 8,7MW) têm obtido como atores fundamentais na região e nos próximos anos dentro mercado solar, sendo os únicos dois países latino-americanos dentro do grupo Top 18 mundial com maior perspectiva de adição de potência fotovoltaica instalada no período 2021-2025 (*Solar Power Europe*, 2020).

Quando se observa os avanços no setor latino-americano considerando o ritmo de adição de potência instalada em operação em 2020 (REN21, 2021) pode-se destacar a performance de quatro países: Brasil (3,1 GW), México (1,5 GW), Chile (0,8 GW) e Argentina (0,3 GW). Este dado é importante para que sejam avaliadas as políticas energéticas de cada nação e como elas contribuem para o avanço da região na participação total. A expectativa, até chegar 2050, é que sejam adicionados anualmente, em média, aproximadamente 7 gigawatts (GW) de potência fotovoltaica pelos países da região (IRENA, 2019).

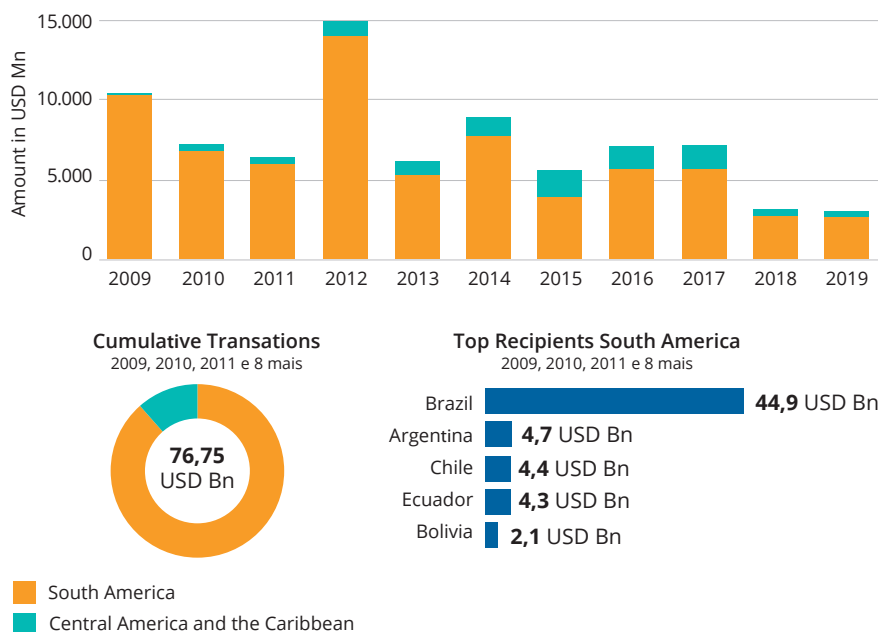
Tabela 02 - Perspectivas de Capacidade Solar Fotovoltaica Instalada no Mundo, 2021-2025 (em MW)

Country	2020 Total capacity (MW)	By 2025 Total capacity Medium Scenario (MW)	2021-2025 New capacity (MW)	2021-2025 Compound annual growth rate (%)
China	253,404	662,818	409,414	21%
United States	95,519	224,991	129,472	19%
India	45,918	133,935	88,017	24%
Germany	54,609	98,313	43,704	12%
Japan	71,182	109,663	38,481	9%
Australia	21,053	55,482	34,429	21%
Spain	14,153	37,654	23,501	22%
South Korea	14,977	36,647	21,670	20%
Netherlands	10,324	31,028	20,704	25%
Vietnam	18,070	36,774	18,704	15%
Brazil	7,613	26,029	18,416	28%
France	10,967	27,631	16,664	20%
Taiwan	5,818	19,535	13,717	27%
Poland	3,901	15,119	11,218	31%
Denmark	1,644	11,402	9,758	47%
Turkey	6,767	15,551	8,744	18%
Mexico	6,808	15,531	8,723	18%
Italy	21,191	29,568	8,377	7%

Fonte: Solar Power Europe (2021).

Os fluxos financeiros de investimento público em energias renováveis para a América do Sul, América Central e Caribe também têm sido consideráveis para o período 2009-2019 (IRENA, 2021), diante de todo o potencial apresentado. No total, foram mais de B USD 76 no período, liderados por Brasil (B USD 44,9), Argentina (B USD 4,7) e Chile (B USD 4,4). O México também tem papel de destaque com, aproximadamente, B USD 2,7 em investimentos públicos recebidos para o mesmo período.

Gráfico 07 - Financiamento Público em Energias Renováveis



Fonte: Agência Internacional de Energia Renovável (2021).

Enquanto muitos países ainda buscam direcionar seus esforços na construção de políticas públicas nacionais, é importante ressaltar o trabalho de governos locais e regionais junto às empresas e organizações sem fins lucrativos na construção de parcerias público-privadas para o setor. Cabe destacar o trabalho realizado por entidades como C-40 e o ICLEI, organizações mundiais que atuam em frentes que combatem alterações climáticas e que tem trabalhado junto aos governos municipais na América Latina na difusão de projetos fotovoltaicos de geração distribuída.

Este tipo de atuação é muito importante: o desconhecimento dos mais diversos atores públicos em relação aos benefícios financeiros, ambientais e sociais da energia solar é compensado pela atuação destes grupos, que já possuem *know-how* específico em sustentabilidade e o *networking* necessário para conectar investidores, corpo técnico, fornecedores e especialistas em regulação.

Pode-se citar, por exemplo, o *case* de Curitiba (C-40, 2021), localizada no Brasil, que implementou um projeto específico para a própria prefeitura da cidade, que adquiriu um sistema solar fotovoltaico para atender suas próprias necessidades em conjunto com um projeto de eficiência energética envolvendo substituição da estrutura de iluminação, gerando uma economia de BRL 100.000 por ano para o município e, evitando a emissão de 15,9 toneladas de CO₂/ano.

Outro fator a ser destacado é que a construção de usinas solares promove impacto muito positivo na geração de emprego. Só em 2019 foi estimada a geração de mais de 77 mil empregos em toda a América Latina (IRENA, 2021) no setor fotovoltaico como um todo, com destaque para Brasil, México e Chile, que respondem por mais de 90% do total de postos de trabalho criados no referido período.

Entretanto, muito mais importante do que apenas gerar novos postos de trabalho é o impacto que a construção de usinas solares possui nas comunidades próximas ao empreendimento. Não é incomum que a implementação de usinas solares de grande porte, por exemplo, seja realizada em localizações remotas, onde há baixo desenvolvimento socioeconômico da população. Exatamente por este motivo, um empreendimento deste porte causa grande influência na inserção de trabalhadores locais ou regionais na construção, operação e manutenção de usinas solares centralizadas.

Através da aplicação dos fundamentos da cultura **ESG** (que direciona o desenvolvimento de negócios privados através de políticas sustentáveis do ponto de vista da governança institucional através das frentes financeira, social e ambiental), várias empresas desenvolvedoras privadas (*Atlas Renewable Energy*, 2021) já estão criando programas que facilitam a inclusão e integração de pessoas da comunidade em decorrência de todas as atividades que sejam decorrentes da implementação de projetos de energia solar, originadas por conta do surgimento de uma operação do tipo.

Nestes programas, existe uma preocupação com temas sensíveis a estas comunidades, como a mitigação do desemprego, a equidade de gênero no mercado de trabalho e a inserção de temas sustentáveis dentro do contexto educacional, como consumo consciente e utilização de fontes renováveis de energia – tudo isso em desenvolvimento com os governos locais e regionais em formato de parceria.

4.4 Oportunidades e desafios

A energia solar pode ser considerada uma aplicação inteligente e útil, pois promove benefícios financeiros, ambientais e sociais a partir do momento em que usinas e sistemas fotovoltaicos são implantados. Porém, **cabe ressaltar que alguns modelos de cooperação da energia solar, junto a outras aplicações do setor de energia – notadamente, do setor elétrico – podem promover um benefício ainda maior para aqueles que dela se utilizam.** Como destaque, analisaremos os casos do armazenamento de energia em unidades que estejam próximas do local de consumo e a disseminação de postos para carregamento de veículos elétricos.

A geração de energia solar fotovoltaica encontra no **armazenamento de energia** um importante aliado na construção de um ecossistema de sistemas híbridos e *offgrid* (Greener, 2021). No primeiro caso, os sistemas que produzem energia para o autoconsumo de suas unidades, exportam o excedente de energia gerado para o grid público e consomem energia deste mesmo *grid*, em momentos em que a demanda total por energia de suas unidades é maior do que o total gerado e disponível no recipiente de armazenamento.

Já no caso dos sistemas *offgrid*, que não dependem da conexão junto à rede pública de distribuição de energia, toda a necessidade energética do consumidor acaba sendo atendida pela produção de um sistema fotovoltaico independente e instalado próximo ao local de consumo da unidade consumidora. Este sistema é o responsável pelo abastecimento da carga elétrica que ficará armazenada na bateria em todo e qualquer momento que não houver produção fotovoltaica ou, caso a mesma seja insuficiente em determinado momento.

Sistemas de armazenamento de energia elétrica através de baterias, portanto, dão maior previsibilidade quanto ao investimento necessário para aquisição de energia por um prazo relativamente longo, além dos custos necessários para manutenção e aquisição dos sistemas. Ao desconectar-se da rede ou, apenas, adquirir energia através do grid em momentos financeiramente mais conveniente e atrativo, o cliente cria a capacidade de se proteger contra possíveis aumentos no custo de aquisição de energia elétrica por métodos regulados e tradicionais.

As discussões acerca do mercado de armazenamento de bateria estão concentradas em 3 grandes pilares: custo acessível para aquisição, eficiência técnica em termos de gestão dos ciclos de carregamento e descarregamento e, na composição dos elementos químicos presentes em termos de toxicidade e segurança quando se fala de descarte e manuseio das mesmas. Estudos recentes (Greener, 2021) apontam avanços no desenvolvimento de baterias baseadas em lítio, ampliando o potencial para atender, de forma mais significativa, as condições anteriormente apresentadas.

A principal barreira de aquisição de sistemas integrados com baterias reside no custo de aquisição. Em média, este componente representa aproximadamente 50% do custo de aquisição de um componente de armazenamento que esteja acoplado a um sistema fotovoltaico, como no caso do mercado brasileiro, por exemplo (Greener, 2021).

A questão dos custos também é um empecilho quando o tema é **mobilidade elétrica**, aliado à competição com veículos historicamente fabricados com motores à combustão (ONU, 2021). Um dos principais desafios enfrentados dentro do setor, tem sido o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes para aumentar os ciclos de vida útil das baterias dos veículos elétricos e a evolução de metodologias de carregamento das mesmas - e que possam ser aplicadas com oferta ao mercado através de preços a custos cada vez menores.

A região da América Latina e Caribe conta com alguns fatores regionais que podem impulsionar a expansão da mobilidade elétrica, como a disponibilidade de matéria-prima para fabricação de baterias e a crescente demanda por mobilidade nas principais cidades.

Independente do porte dos veículos (levíssimos, leves e frota pesada) e da finalidade para a qual foram desenhados e planejados (transporte de pessoas ou cargas), todos eles dependem de uma consistente infraestrutura de eletropostos instalados para que possam ter autonomia suficiente para seu deslocamento. A modalidade de geração solar fotovoltaica próxima ao local de consumo e de armazenamento de energia para o carregamento dos veículos elétricos, é outra opção a ser implantada no suporte à construção de toda uma estrutura de eletropostos. Este modelo, inclusive, pode se adaptar como anexo a residências, estabelecimentos comerciais e condomínios verticais e horizontais, combinando os elementos de geração e

armazenamento de energia ao processo de mobilidade elétrica.

Porém, o grande desafio para o setor fotovoltaico continua sendo a expansão de políticas públicas sólidas e planejamentos nacionais de infraestrutura que facilitem a disseminação da estratégia de utilização de energias renováveis dentro da sociedade – tanto para pessoas como para empresas – e que promovam benefícios e incentivos nos âmbitos fiscal, jurídico e político, para a realização de projetos que englobem a utilização desta fonte limpa de energia.

Em parceria com estas políticas públicas, são necessários avanços em questões regulatórias dentro dos governos latino-americanos para um maior entendimento por parte de investidores e desenvolvedores de projetos acerca do arcabouço jurídico vigente, além dos principais riscos e desafios que norteiam o impacto no desenvolvimento dos projetos *on grid* e *off grid* de energia solar fotovoltaica na região.

Referências bibliográficas

Agência Internacional para as Energias Renováveis. (2019). *Future of Solar Photovoltaic: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects*.

Agência Internacional para as Energias Renováveis. (2021). *Renewable Energy Statistics*.

Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. (2019). *Energia Solar Fotovoltaica: Panorama, Oportunidades e Desafios*. <https://bit.ly/3kfb2k>.

Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. (2021). *"Panorama da Solar Fotovoltaica no Brasil e no mundo"*, <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico>

Atlas Renewable Energy (2021). *Sustainability Report 2017-2020*.

Banco Interamericano de Desenvolvimento. (2020). *El papel de la transición energética en la recuperación sostenible de América Latina y el Caribe*.

C40 Cities Finance Facility (2021). *The Solar PV Revolution in Brazil: How cities can take advantage*.

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe. (2020). *Construir un nuevo futuro: una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad*.

Energy Sector Management Assistance Program. (2020). *Global Photovoltaic Power Potential by Country*. Brasília: Banco Mundial.

Greener (2021). *Estudo Estratégico – Mercado de Armazenamento: Aplicações, Tecnologias e Análises Financeira*.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2018). *Texto para Discussão 2388: Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil e Possíveis Efeitos no Setor Elétrico*.

International Energy Agency (2020). *Net Zero by 2050 – A roadmap for the Global Energy Sector*.

Organização das Nações Unidas (2021). *Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/energy>.

Renewable Energy21 (2021). *Renewables 2021: Global Status Report*.

Solar Power Europe (2021). *Global Market Outlook for Solar Power: 2021-2025*.

Conclusão

A implementação de tecnologias verdes é uma urgência no alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e no enfrentamento das mudanças climáticas. Em um mundo que encara simultaneamente graves crises (sanitária, econômica e ambiental), a “recuperação verde” requer investimentos e inovação tecnológica capaz de promover maior eficiência no uso dos recursos naturais e humanos, além de combater a pobreza, reduzir os surtos de doenças, dentre tantos outros exemplos que foram mencionados ao longo deste livro.

A capacidade de gerar impactos significativos e, em grande escala, para desafios tão complexos está diretamente relacionada ao oportuno emprego das tecnologias. Soluções tecnológicas internacionais precisam ser analisadas sob uma ótica regional para que produzam os impactos positivos desejados nos países da região. Por um lado, **é necessário reconhecer com maior assertividade os desafios regionais ou locais para que possa desenvolver e implementar as tecnologias mais adequadas.**

Por outro lado, **é necessário que se compreenda o contexto em que as tecnologias estão sendo implementadas**, através de estatísticas primárias, características culturais e sociais, de forma a se obter os resultados pretendidos. Além disso, **a adaptação de uma tecnologia existente ao contexto local pode culminar no desenvolvimento de novas tecnologias em um processo contínuo.**

O primeiro capítulo deste livro traz evidências de que na América Latina e no Caribe (ALC), a implementação de tecnologias verdes precisa considerar a necessidade de redução das desigualdades e estímulo ao crescimento econômico. A recuperação econômica, por sua vez, deve ser **norteada pelo que a CEPAL chamou de *Big Push* (ou grande impulso)** para a sustentabilidade, através do qual investimentos sustentáveis complementares e coordenados tem amplo potencial em transformar os estilos de desenvolvimento nos países da região. O *Big Push* depende, em grande medida, da coordenação de políticas diversas, incluindo as políticas industriais e tecnológicas em um contexto de aceleração da quarta revolução industrial e das oportunidades relacionadas às mudanças disruptivas no novo ciclo tecnológico.

Alguns setores da economia se destacam por sua **capacidade de transformação da estrutura produtiva, dentro da lógica do grande impulso para a sustentabilidade**, dentre eles: i) **as fontes de energias renováveis;** ii) **eletromobilidade urbana;** e iii) **digitalização**. Nestes setores, identificaram-se amplos espaços para geração de empregos de qualidade, inovação e incorporação de avanços tecnológicos, diversificação de exportação, ações de adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e desenvolvimento de esforços de cooperação regional.

Os ônibus elétricos urbanos, as tecnologias digitais e a geração solar fotovoltaica são tecnologias que estão inseridas neste contexto, apresentando grande capacidade de impulsionar a sustentabilidade na região da ALC. De forma complementar, **a integração da eletrificação dos transportes, sua digitalização e o fornecimento de energia limpa geram um círculo virtuoso com ganhos econômicos, em decorrência do aumento da eficiência do sistema, em conjunto com a criação de novos serviços.**

Na análise realizada ao longo dos capítulos 2, 3 e 4 deste livro, pode-se observar que tais tecnologias vêm apresentando um desenvolvimento significativo na região, especialmente na última década, trazendo mudanças importantes no modo de gerar energia, produzir e se deslocar nas cidades. **A análise ressalta o fato de que as tecnologias verdes apresentam impactos positivos e negativos potenciais nas dimensões ambiental, social e econômica, seja durante o seu uso ou, ao longo da sua cadeia de produção e/ou descarte.**

Muitos destes impactos ainda não são plenamente reconhecidos pelo fato de se tratar de implementação, relativamente recente, destas tecnologias. Nos parágrafos seguintes e no Quadro 02 foram consolidados os principais impactos potenciais positivos e negativos nas dimensões social, ambiental e econômica dos três grupos tecnológicos que são o foco deste livro: ônibus elétrico, tecnologias digitais e geração solar fotovoltaica.

No caso do ônibus elétrico urbano, dentre os impactos ambientais positivos, se destacam a redução de emissão de GEE em comparação com os ônibus de motorização a diesel e a redução da poluição local tendo em vista que não emitem material particulado (MP) e outros agentes contaminantes. Do ponto de vista econômico, a regionalização da produção e o desenvolvimento regional das cadeias de valor associadas à mobilidade elétrica, representam a geração de emprego e renda, pois mobilizam os segmentos da indústria nacional ligados à cadeia produtiva, operação e manutenção destes transportes.

Por outro lado, **impactos ambientais negativos da mineração de elementos estratégicos associados à mobilidade elétrica, como cobre e lítio, podem ser acelerados** pela intensificação do processo de produção de ônibus elétricos quando a sua adoção passar a se dar em grande escala. Dentre os potenciais impactos sociais negativos está o aumento do desemprego na cadeia automotiva tradicional, caso os investimentos corretos em capacitação da mão de obra local e o desenvolvimento da indústria na ALC não forem realizados.

As tecnologias digitais proporcionam oportunidades em todos os setores da economia, uma vez que em essência, a digitalização otimiza processos, gerencia recursos escassos de forma inteligente, maximiza rendimentos financeiros, estimula inovação e competitividade, automatiza sistemas de compartilhamento e complementa as habilidades humanas de criação e produção. **As tecnologias de IoT, big data e inteligência artificial, permitem a otimização da implementação da eletromobilidade e da geração solar fotovoltaica**, possibilitando que estas tecnologias se complementem de forma estratégica.

Dentre os impactos negativos que as tecnologias digitais podem suscitar está o aumento das desigualdades socioeconômicas. **Em especial, no caso da ALC, o impacto das tecnologias digitais sobre o bem-estar da**

população, depende da articulação entre as estratégias de negócio e as ações políticas que visem orientar a digitalização para o desenvolvimento com igualdade e sustentabilidade. No campo da automação, faz-se presente o risco de desemprego em países menos desenvolvidos e com mão-de-obra desatualizada, podendo com isso, acentuar as desigualdades e os conflitos sociais.

A geração solar fotovoltaica é uma peça fundamental na transição energética e na descarbonização das economias. E, figura-se entre as principais fontes renováveis competitivas disponíveis no mercado latino-americano capaz de deslocar o uso de combustíveis fósseis e reduzir as emissões de GEE. Dentre os benefícios sociais, ressalta-se que a construção de usinas solares promove impacto positivo na geração de empregos na região, com destaque para Brasil, México e Chile, por serem mercados mais desenvolvidos.

A implementação da tecnologia de geração solar também pode gerar impactos negativos, como por exemplo, nas atividades de mineração para produção das células fotovoltaicas que podem gerar contaminação de águas superficiais e evasão forçada de animais silvestres previamente existentes na área de extração mineral. O descarte dos módulos e placas fotovoltaicas depois que chegam ao fim de sua vida útil também pode impactar o ambiente negativamente, se não houver um gerenciamento apropriado dos resíduos.

Quadro 02 - Matriz de impactos ambientais, econômicos e sociais, positivos e negativos, da implementação de tecnologias verdes na América Latina e Caribe

Tecnologia	Impactos positivos	Impactos negativos
Impactos Ambientais		
Ônibus elétricos urbanos	Redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), sobretudo CO ₂ na atmosfera.	Baixo conhecimento até o momento sobre a reutilização e reciclagem de baterias após a sua vida útil em ônibus elétricos.
	Redução de poluentes locais como NOx, SOx e material particulado (MP), também contribuintes para a poluição atmosférica e aquecimento global.	Os impactos ambientais da mineração de elementos estratégicos associados à eletromobilidade como cobre e lítio podem ser acelerados pela intensificação da produção de ônibus elétricos.
	Possibilidade de conversão de ônibus a combustão em ônibus elétricos, o que permite reutilizar grande parte do material rodante dos ônibus, evitando o seu descarte e prolongando a vida útil de parte das peças e equipamentos.	As estimativas de emissões evitadas pelo uso de ônibus elétricos podem ser afetadas negativamente pelo uso de fontes não renováveis para a geração de eletricidade que abastece as suas baterias.
Tecnologias digitais	Elevação da eficiência na extração e utilização de recursos naturais, reduzindo as emissões de CO ₂ .	Aumento do uso de baterias de NiCd, NIMH, Chumbo-Ácido e Lítio-Ion, com impactos potenciais provenientes da atividade de extração dos minerais associados e do descarte das baterias, caso o mesmo não seja realizado de maneira apropriada.
	Monitoramento do clima e das demandas energéticas, maximizando a previsão da geração de energias renováveis e distribuição dessa energia na rede, e diminuindo a dependência do uso de energias não renováveis.	Elevação do consumo de energia elétrica em equipamentos e processos digitais que pode repercutir no aumento do uso de fontes não renováveis para geração de eletricidade.
	A digitalização de processos possibilita atividades em home office, reduzindo o deslocamento diário nos centros urbanos, e consequentemente, a emissão de poluentes.	A digitalização estimula o consumismo de equipamentos eletrônicos aumentando o volume de lixo eletrônico na sociedade.

Geração solar fotovoltaica	Contribuição para o aumento da participação de energias renováveis na matriz elétrica nacional e local.	Consumo de energia e outros impactos ambientais associados à mineração da matérias prima para produção de painéis solares fotovoltaicos.
	Baixo impacto na fauna e flora locais na instauração de usinas fotovoltaicas comparativamente à instalação de fontes convencionais e até outras renováveis.	O processo de descarte e reciclagem é insipiente, não havendo políticas públicas bem definidas na ALC e com poucas empresas realmente empenhadas no processo de descarte dos principais componentes.
	Geração de energia limpa, contribuindo para projetos e edificações zero emissão de GEE.	Impactos potenciais sobre o solo e a fauna local pelas usinas do segmento de geração centralizada, que chegam a ocupar vários hectares.
Tecnologia	Impactos positivos	Impactos negativos
Impactos Econômicos		
Ônibus elétricos urbanos	Geração de emprego e renda por meio da criação de novos postos de trabalho associados à implantação e uso de ônibus elétricos e de todo o ecossistema de inovação que o engloba.	Modelos de negócio mal articulados podem incrementar o risco operacional e financeiro dos operadores de transporte, bem como ampliar o impacto da oneração do poder público em casos de eventuais quedas de faturamento do sistema de transporte.
	Redução da dependência de hidrocarbonetos e da volatilidade de preços dos derivados de petróleo para os governos nacionais e operadores de transporte público.	Os níveis de importação de veículos, peças e equipamentos podem pressionar a economia nacional de países que não produzem ônibus elétricos.
	Estímulo à articulação de mecanismos financeiros e regulatórios para a criação de modelos de negócio que suportem a adoção da inovação tecnológica.	A mudança de paradigma tecnológico pode afetar a organização da produção de grandes indústrias do segmento automotivo a ponto de ocasionar a sua saída de países da ALC.

Tecnologias digitais	Geração de novos modelos de negócios pautados no comércio de produtos e serviços através do meio virtual.	Elevação da dependência de sistemas de monitoramento e controle automatizados e centralizados, que em estado de pane, podem desestabilizar cadeias de produção e serviços interconectados.
	Aumento da capacidade produtiva da indústria, aumento da eficiência dos processos produtivos e redução nos custos de produção.	Riscos associados à segurança de dados de empresas, instituições, governos e cidadãos.
	Criação de postos de trabalho destinados à profissionais capazes de operar ou desenvolver sistemas computacionais que se utilizam de inteligência artificial.	Riscos de aumento nas taxas de desemprego entre profissionais desatualizados.
Geração solar fotovoltaica	Atração de um volume de capital externo considerável para investimento dentro do setor de energia, que impacta diretamente em todos os setores (indústria, comércio e serviços).	Instabilidade regulatória que não proporciona clareza a investidores e empresas desenvolvedoras de projetos quanto à evolução dos modelos de negócio.
	Criação de empregos ao longo da cadeia produtiva dos painéis fotovoltaicos e nas atividades de instalação destes painéis no local dos projetos.	O investimento inicial nos painéis fotovoltaicos ainda pode ser elevado para as classes de renda mais baixas. As opções de acesso ao crédito para aquisição dos painéis ainda são restritas.
	Sinergia com investimentos em bateria elétrica, modernização das redes elétricas e mobilidade elétrica.	Incertezas na utilização de sistemas fotovoltaicos em conjunto com sistemas de armazenamento, principalmente no elevado custo de aquisição de baterias atualmente.

Tecnologia	Impactos positivos	Impactos negativos
Impactos Sociais		
Ônibus elétricos urbanos	Benefícios à saúde pública decorrentes da melhoria da qualidade do ar e redução de doenças respiratórias.	A desigualdade do processo de adoção tecnológica na região da ALC pode relegar os países menos avançados no processo de transição para a mobilidade elétrica a uma posição de importador de tecnologias obsoletas.
	Modernização do transporte público, redução de ruído nas cidades e indução à melhoria no planejamento urbano, com integração dos ônibus com o transporte não motorizado.	As limitações técnico-econômicas envolvidas na avaliação de viabilidade dos ônibus elétricos podem restringir a adoção dos ônibus a apenas parte da população das cidades, priorizando áreas mais desenvolvidas ou trajetos curtos.
	Possibilidade de ocorrer uma “sintonia fina” dos instrumentos de captura de dados de operação dos ônibus com as tecnologias de informação e comunicação (TICs) presentes nas cidades, aumentando a conectividade do sistema de transporte e da gestão municipal com impacto na qualidade do serviço prestado para o cidadão.	Pode ocorrer níveis significativos de desemprego na cadeia automotiva tradicional caso os investimentos corretos em capacitação da mão de obra local e desenvolvimento da indústria na ALC não forem realizados.
Tecnologias digitais	Mudanças significativas na forma como as pessoas se comunicam, aprendem, trabalham e acessam o lazer.	A desigualdades no acesso das populações mais pobres à internet.
	Estímulo à cultura de compartilhamento, tanto de informação, quanto de bens, como carros, bicicletas e imóveis.	Os indivíduos que não se adaptarem à rápida digitalização da sociedade podem enfrentar cada vez mais dificuldades para se integrarem aos processos.
	A captura de dados provenientes do comportamento humano tem auxiliado empresas e governos a se ajustarem cada vez mais e melhor às demandas da sociedade.	A elevação das taxas de desemprego pode estimular conflitos sociais.

Geração solar fotovoltaica	Possibilita a geração de energia elétrica em comunidades isoladas e de difícil acesso, levando maior conforto e opções de desenvolvimento para estas populações.	Necessidade políticas públicas nacionais consistentes que possam democratizar o acesso à produção de energia solar às comunidades com menor renda e, em locais remotos.
	Desenvolvimento de projetos com foco na integração entre os sistemas educacionais locais e a criação de uma cultura ligada à sustentabilidade, a partir da instalação dos painéis fotovoltaicos.	Potenciais distorções no acesso e custo da energia elétrica com aumento de desigualdades a depender do modelo de inserção desta fonte na rede de distribuição.
	Possibilidade de redução dos custos com energia elétrica, com menor impacto desta rubrica no orçamento das famílias.	Tendo em vista o combate às desigualdades sociais, pode ser interessante a implementação de políticas fiscais diferenciadas por classe de renda para a geração de energia solar distribuída.

Fonte: os Autores (2021).

Este livro traz uma contribuição para a expansão do conhecimento sobre as dinâmicas de implementação de tecnologias verdes no contexto da América Latina e Caribe. E ressalta oportunidades existentes nos países que compõem a região e as contribuições para o desenvolvimento sustentável de cada tecnologia, sem negligenciar os desafios existentes e os potenciais impactos negativos de sua inserção a serem mitigados. Adicionalmente, este conhecimento pode servir de insumo para ampliação das possibilidades de inovação e criação de novas soluções tecnológicas desenvolvidas localmente. Em última instância, ampliando o teor tecnológico da produção e da exportação dos países da ALC e gerando valor e competitividade para economia.

Esta abordagem pretende auxiliar na elaboração de políticas públicas eficazes e no direcionamento de investimentos que, de forma coordenada e em escala, possam promover as mudanças estruturais necessárias para que a América Latina e o Caribe tenham um futuro próspero e pacífico, com igualdade e sustentabilidade.



Referências bibliográficas

Agência Internacional de Energia. (2017). *Digitalization and Energy*. <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>

Agência Internacional para as Energias Renováveis. (2019). *Future of Solar Photovoltaic: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects*.

Agência Internacional para as Energias Renováveis. (2021). *Renewable Energy Statistics*.

Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. (2019). *Energia Solar Fotovoltaica: Panorama, Oportunidades e Desafios*. <https://bit.ly/3kfb2k>.

Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. (2021). *"Panorama da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil e no mundo"*, <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico>

Atlas Renewable Energy (2021). *Sustainability Report 2017-2020*.

Banco Interamericano de Desenvolvimento. (2020). *El papel de la transición energética en la recuperación sostenible de América Latina y el Caribe*.

Bloomberg New Energy Finance (2018). *Bloomberg New Energy Finance, Electric Buses in Cities: Driving Towards Cleaner Air and Lower CO₂*. <https://bit.ly/3FnY8dw>.

Bukht, R.; & Heeks, R. (2017). Defining, conceptualising and measuring the digital economy, Development Informatics. *Working Paper series*, n. 68. Manchester: Centre for Development Informatics, Universidad de Manchester. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3431732

C40 Cities Finance Facility (2021). *The Solar PV Revolution in Brazil: How cities can take advantage*.

CB Insights (2021). *The Big Tech Report: Investments, Acquisitions, & Key Themes*. <https://www.cbinsights.com/research/report/big-tech-investments-acquisitions>

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2018). *Datos, algoritmos y políticas: la redefinición del mundo digital*. <https://bit.ly/3odLgyv>.

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2019). Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe. *Posibilidades para la adopción de movilidad limpia en el sector de transporte de pasajeros en algunos países de América Latina*. <https://bit.ly/3uKXjpT>.

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2020). Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe. *Construir um nuevo futuro: una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad*. <https://bit.ly/2Ymvdpw>.

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2020). *Construir un nuevo futuro: Una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad*. <https://bit.ly/2Ymvdpw>.

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2020). Universalizar el acceso a las tecnologías digitales para enfrentar los efectos del Covid-19. *Informe Especial Covid-19*, n. 07, Santiago, ago. <https://bit.ly/31yGkg2>.

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2020a). *La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en el nuevo contexto mundial y regional: escenarios y proyecciones en la presente crisis*. <https://bit.ly/3qim3FQ>.

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2020b). *Construir un nuevo futuro. Una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad*. <https://bit.ly/2Ymvdpw>.

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2021). *Comisión Económica para América Latina y el Caribe: Tecnologías digitales para un nuevo futuro*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46816-tecnologias-digitales-un-nuevo-futuro>

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2021a). *Construir un futuro mejor: Acciones para fortalecer la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://bit.ly/3H2HHUG>.

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (2021b). *La Inversión Extranjera Directa em América Latina y el Caribe*. <https://bit.ly/3o9ONhl>.

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe. (2020). *Construir un nuevo futuro: una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad*.

Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe; & Tudela, F. (2021). *La RIOCC y la transición hacia una economía baja en emisiones y resiliente al cambio climático en América Latina y el Caribe*. Santiago: CEPAL.

- Comissão Europeia (2021). *Pacto Ecológico Europeu*. <https://bit.ly/3oaAHwh>.
- Eletrabus (2021). *Eletra, Tecnologia de tração elétrica: Elétrico puro 100% a bateria*. <https://bit.ly/2ZOdelH>.
- Empresa de Pesquisa Energética (2020). *Avaliação Técnico-Econômica de Ônibus Elétrico no Brasil*. <https://bit.ly/3mkoqVa>.
- Empresa de Pesquisa Energética (2021). *Balanço Energético Nacional (BEN): Relatório Síntese*. <https://bit.ly/3o4bx2c>.
- Energy Sector Management Assistance Program. (2020). *Global Photovoltaic Power Potential by Country*. Brasília: Banco Mundial.
- Gartner Hype Cycle (2020). Gartner Hype Cycle. *Interpreting technology hype*. <https://gtnr.it/3abrRYt>.
- GIZ (2021). *Felicity Green Recovery: Financing Energy for Low-carbon Investment – Cities Advisory Facility*.
- Global e-Sustainability Initiative. (2015). *#SMARTer2030: ICT Solutions for 21st. Century Challenges*, Bruselas, jun. https://smarter2030.gesi.org/downloads/Full_report.pdf. Acesso em 10 de agosto de 2021.
- Greener (2021). *Estudo Estratégico – Mercado de Armazenamento: Aplicações, Tecnologias e Análises Financeira*.
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2018). *Texto para Discussão 2388: Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil e Possíveis Efeitos no Setor Elétrico*.
- International Business Machines Corporation (2018). *Data science and machine learning*. www.ibm.com/analytics/machine-learning.
- International Business Machines Corporation (2019). *Machine learning helps IBM boost accuracy of U.S. Department of Energy solar forecasts by up to 30 percent*. <https://ibm.co/3F1SZqv>.
- International Energy Agency (2020). *Net Zero by 2050 – A roadmap for the Global Energy Sector*.
- International Energy Agency. (2020). *Energy Technology Perspectives Guide*. <https://bit.ly/3oyloOy>.
- International Renewable Energy Agency. (2019). *Innovation landscape for a renewable-powered future*. Abu Dhabi: Energy Agency. <https://bit.ly/306l9lo>.

Jucikas, T. (2017). *Artificial intelligence and the future of energy*, Medium. <https://bit.ly/3EOYWa6>.

Mazengarb, M. (2019). *Tesla big battery paves way for artificial intelligence to dominate energy trades: Renew Economy*. <https://reneweconomy.com.au/tesla-big-battery-paves-way-for-artificial-intelligence-to-dominate-energy-trades-31949>

Mobilitas (2021). *Avanços dos ônibus elétricos na América Latina*. <https://bit.ly/3iC67cZ>.

Mobilitas. (2021). *Avanços dos ônibus elétricos na América Latina*. São Paulo: OTM. <https://bit.ly/3bRcg1l>.

Nações Unidas. (2017). *PNUD Brasil: Glossário de termos do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13*. <https://bit.ly/3F3CmL7>.

National Aeronautics and Space Administration (2021). *Technology Readiness Level*. <https://go.nasa.gov/3Bgrnw3>.

Organização das Nações Unidas (2020). *PNUD Brasil: Década da Ação pede aceleração do cumprimento da Agenda 2030*. <https://bit.ly/3BVKWcQ>.

Organização das Nações Unidas (2021). *A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. <http://www.agenda2030.org.br>.

Organização das Nações Unidas (2021). *Atrapados: Alta desigualdad y bajo crecimiento en América Latina y el Caribe. Informe regional de desarrollo humano*. <https://bit.ly/3kjry3p>.

Organização das Nações Unidas. (2021). *Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/energy>.

Organização das Nações Unidas. (2021). *Los ODS en América Latina y el Caribe: Centro de gestión del conocimiento estatístico. Datos, estadísticas y recursos institucionales para el seguimiento de la Agenda 2030*. <https://bit.ly/3kj7WN0>.

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. (2020). *Green Recovery*. <https://bit.ly/3BXmaZC>.

Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica (2021). *1º Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica*. <https://bit.ly/3Fno8p2>.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2016). *Movilidad eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe 2017*. <https://bit.ly/2Yj6Fvg>.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2020). *Movilidad eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe 2019*. <https://bit.ly/3a9l8OT>.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2021). *Movilidad eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe 2020*. <https://bit.ly/2WJrGR7>.

Renewable Energy21. (2021). *Renewables 2021: Global Status Report*.

Sioshansi, F.; Mostyn, B.; & Woodhouse, S. (2019). *Digitalization of energy. Consumer, Prosumer, Prosumer: How Service Innovations will Disrupt the Utility Business Model*. <https://bit.ly/3CTlkyt>.

Solar Power Europe (2021). *Global Market Outlook for Solar Power: 2021-2025*.

Statista (2018). *Internet of things (IoT) connected devices installed base worldwide from 2015 to 2025 (in billions)*. <https://bit.ly/31DktUN>.

Statista (2021). *Major countries in copper mine production worldwide from 2010 to 2020*. <https://bit.ly/3uGQDJH>.

U.S. Geological Survey. (2021). *Mineral Commodity Summaries: Lithium*. <https://on.doi.gov/3FjPEUI>.

União Europeia (2014). *Horizon 2020: Technology Readiness Levels*. <https://bit.ly/3Bdn1Gg>.

United Nations Environment Program (2021). *Are We Building Back Better? Evidence from 2020 and Pathways for Inclusive Green Recovery Spending*. <https://bit.ly/3wupuud>.

Universidade Federal do Rio de Janeiro (2021). *E-Bus Radar [base de dados digital]*. <https://bit.ly/3FnnDeH>.

World Customs Organization. (2019). *Study Report on Disruptive Technologies*. <https://bit.ly/3o9VbFA>.

World Resource Institute. (2019a). *Barriers to adopting electric buses*. <https://bit.ly/3Bgs48D>.

World Resource Institute. (2019b). *How to enable electric bus adoption in cities worldwide: A Guiding Report for City Transit Agencies and Bus Operating Entities*. <https://www.wri.org/research/how-enable-electric-bus-adoption-cities-worldwide>.



**Associação Brasileira dos Profissionais
pelo Desenvolvimento Sustentável**

contato@abraps.org.br

www.abraps.org.br



Konrad-Adenauer-Stiftung e.V. (KAS)

Programa Regional Segurança Energética e
Mudança Climática na América Latina (EKLA)

Calle Cantuarias 160 Of. 202

Miraflores, Lima 18 - Perú

Tel: +51 (1) 320 2870

energie-klima-la@kas.de

www.kas.de/energie-klima-lateinamerika



ISBN 978-658943215-9

