

O impacto da digitalização para reduzir lacunas e melhorar os serviços de infraestrutura

Resumo Executivo

Infraestrutura no desenvolvimento da América Latina

ideal



# O impacto da digitalização para reduzir lacunas e melhorar os serviços de infraestrutura

## Resumo Executivo

Infraestrutura  
no desenvolvimento  
da América Latina

# ideal

Título:  
IDEAL 2021:  
O impacto da digitalização para reduzir lacunas  
e melhorar os serviços de infraestrutura  
Resumo Executivo

Depósito legal: DC2021001009  
ISBN: 978-980-422-239-9

Editor:  
CAF  
Vice-presidente Conhecimento, Pablo Sanguinetti

Coordenação pelo CAF:  
Walter Cont

Design gráfico:  
Estudio Bilder

Fotografias:  
Robin Worrall (capa), Clem Onojeghuo (p. 8), Chapman Chow (p. 13),  
American Public Power Association (p. 16)

As idéias e propostas contidas nesta edição  
são de responsabilidade exclusiva de seus autores  
e não comprometem a posição oficial do CAF.

A versão digital deste livro se encontra  
em [scioteca.caf.com](http://scioteca.caf.com)

© Corporación Andina de Fomento  
Todos os direitos reservados

# Resumo Executivo



A infraestrutura é um fator chave para o desenvolvimento sustentável pela sua contribuição em múltiplas dimensões, contribuindo para o crescimento da economia e a competitividade das empresas, a integração do espaço nacional e regional, a diversificação do tecido produtivo, a inclusão social e a proteção ao meio ambiente, melhorando assim a qualidade de vida das gerações presentes e futuras.

Há anos vem sendo produzida pesquisa aplicada e setorial sobre este tema, por áreas de conhecimento e setoriais de organismos multilaterais, academia, consultores e setores público e privado. A análise tem evoluído desde os requisitos de investimento em infraestrutura para atingir os objetivos de desenvolvimento, passando pela necessidade de ser eficiente na execução e destino dos investimentos, até uma visão mais abrangente, que leve em consideração os serviços prestados pela infraestrutura.

Paralelamente, tem surgido um conjunto de tendências que impactam e, ao mesmo tempo, interagem com os diferentes setores de infraestrutura. Sem pretender apresentar uma lista exaustiva, uma tendência muito importante nas últimas duas décadas corresponde aos avanços tecnológicos gerados pela digitalização, que ocorreram de forma complementar com outros, considerados neste relatório, como a agenda sustentável, a descentralização e o crescimento populacional nas cidades. Mais recentemente, economias e diversos setores foram abalados pela situação da pandemia de COVID-19 e tiveram que se adaptar a uma nova realidade imposta pela circulação do vírus.

Esta edição do IDEAL busca levar a análise ao nível dos serviços prestados pela infraestrutura tendo a digitalização como tema transversal, priorizando dois setores: **energia elétrica e transporte urbano de pessoas**, por serem

os mais expostos à digitalização. Por sua vez, esses setores oferecem riqueza suficiente e uma variedade de desafios, partindo do fato de que o setor elétrico tem sido tradicionalmente considerado um serviço público básico, enquanto o transporte de passageiros muitas vezes não. Assim, a evolução da digitalização e as barreiras que surgem em termos de inovação e segurança nas políticas de fornecimento, tarifação e subsídios têm sido muito diferentes. No entanto, a situação de pandemia do COVID-19 os colocou, até certo ponto, no mesmo nível de importância.

## Lacunas nos serviços de infraestrutura na América Latina e no Caribe

A análise sobre as lacunas de infraestrutura vem variando seu enfoque ao longo dos anos. Num primeiro momento, essa lacuna era estimada como a necessidade de investimento, em nível global ou em nível de país/região, para atingir um nível de infraestrutura que satisfizesse um determinado objetivo de cobertura ou de referência (em comparação com um país ou grupo de países). Em um segundo momento, foi reconhecida a necessidade adicional de ser eficiente na execução e destinação dos investimentos.

Mais além dessa mudança, nos últimos anos têm sido apontadas várias limitações desses enfoques (IDEAL 2017/2018). Por um lado, as definições de lacuna de infraestrutura levam em conta

considerações puramente monetárias. Por outro lado, seus objetivos visam atender às necessidades da população em termos de cobertura de serviços, relegando outras dimensões importantes como qualidade, custos, etc. Ao mesmo tempo, as agendas globais e dos bancos multilaterais, e diversos estudos e relatórios especializados já sofreram mutação em direção a uma visão mais abrangente, que leve em consideração os serviços prestados pela infraestrutura.

Este Relatório se propõe a iniciar a análise ao nível das lacunas de serviços na América Latina e Caribe (ALC), para depois abordá-las por meio de diferentes intervenções, entre as quais se destacam os investimentos, as regulamentações e outras políticas públicas.

Partindo do pressuposto de que os serviços de infraestrutura têm como objetivo satisfazer às necessidades dos usuários, os déficits —ou lacunas— na prestação desses serviços podem se manifestar em diferentes dimensões. Dentro deste marco geral, uma primeira dimensão relevante é o **acesso**, que define a possibilidade de os usuários utilizarem o serviço. Uma vez dadas estas condições, podem ser considerados o restante dos elementos que fazem a satisfação

do usuário: a **qualidade** do serviço e o **custo** que representa não só a prestação dos serviços (recursos monetários reais envolvidos), mas também as tarifas pagas pelos usuários e seu peso relativo na renda familiar (acessibilidade financeira).

No primeiro setor priorizado neste relatório IDEAL, **energia elétrica**, o acesso é definido pela conexão a uma rede elétrica. O custo da provisão reflete a eficiência do setor para a prestação do serviço. Este custo é determinado por diversos fatores (por exemplo, as tecnologias de geração, a sazonalidade da demanda e o grau de eficiência dos sistemas, entre outros), afetando as tarifas aos usuários finais e o gasto que elas representam no orçamento das famílias (ou empresas). No entanto, as tarifas também dependem de considerações sociais e/ou distributivas, que determinam a política de subsídios. Outro fator determinante na eficiência do setor é o nível de perdas (técnicas e não técnicas) nos diferentes segmentos. Por último, um serviço elétrico de qualidade é aquele que proporciona aos seus clientes um serviço com interrupções mínimas de intensidade e frequência.

## Tabela

### Determinantes das dimensões da lacuna de serviços nos setores selecionado

Fonte: Elaboração própria.

Setor	Acesso	Custo	Qualidade
<b>Energia elétrica</b>	Cobertura da rede elétrica	Custo médio / marginal de prestação de serviço, tarifas (acessibilidade financeira)	Confiabilidade do sistema (número e duração das interrupções)
<b>Transporte urbano</b>	Cobertura do serviço	Custo médio de prestação do serviço, taxas (acessibilidade financeira)	Tempo de viagem (total, espera, transferências), frequências, conforto, confiabilidade, segurança
<b>Logística nacional e internacional</b>	Acesso aos serviços logísticos	Custo médio de prestação do serviço, taxas (acessibilidade financeira)	Confiabilidade e personalização do serviço
<b>Logística urbana</b>	Acesso aos serviços logísticos urbanos	Custo para o usuário	Tempo/velocidade média dos corredores de carga
<b>Água e saneamento</b>	Disponibilidade de água potável (e água gerenciada com segurança) nas proximidades e de sistemas seguros de gestão de excrementos	Custo médio de prestação do serviço, taxas acessibilidade financeira)	Continuidade, contaminação, pressão
<b>TICs</b>	Conexão à rede (medida, geralmente, por meio de cobertura) e disponibilidade de equipamentos próprios ou nas proximidades	Custo médio de prestação do serviço, taxas acessibilidade financeira)	Velocidade de conexão, disponibilidade de rede, interrupções, latência

Nota: Esta lista é ilustrativa. Os indicadores são desenvolvidos no relatório com base nas informações disponíveis.

No segundo setor priorizado neste relatório, o **transporte urbano de passageiros**, o acesso não é uma medida binária como no setor de energia elétrica, mas é aproximado pela capacidade de uso do serviço. A dimensão custo abrange a eficiência do sistema para mobilizar as pessoas por meio diferentes meios de transporte, públicos ou privados, ao mesmo tempo que inclui as tarifas que os usuários devem pagar com base na utilização desse serviço e a participação desses gastos na renda das famílias. Por fim, a **qualidade** do serviço reflete os atributos não monetários da viagem para o usuário, considerando o tempo de viagem, seu conforto, confiabilidade e segurança.

Em outros setores (como logística, água e saneamento e TICs), a abordagem da lacuna de serviços se adaptada da mesma maneira. A tabela a seguir resume os determinantes das dimensões das lacunas de serviço nos setores priorizados e aqueles outros que são referenciados ao longo do relatório.

## Diagnóstico da lacuna de serviço na ALC

No setor de **energia elétrica**, os problemas da ALC se concentram principalmente na dimensão da qualidade, com índices de interrupções (em frequência e duração) que triplicam os valores da Europa e dobram os dos Estados Unidos, embora dentro da região as histórias individuais desses índices sejam muito variadas (México é o país com melhor desempenho — com menos de uma interrupção por ano e com duração inferior a meia hora, e a Argentina com o pior desempenho, com uma interrupção a cada 1,6 meses e duração média superior a 25 horas). Também são identificadas deficiências na dimensão das perdas do sistema (dobrando os níveis dos EUA, UE28 e Austrália), enquanto a composição da matriz energética desses países onde a hidroeletricidade tem uma participação importante permite que os custos não sejam elevados. Além dos custos de produção, deve-se considerar que em muitos casos as taxas estão distorcidas por componentes subsidiados e, mesmo assim, representam um percentual muito maior da renda do que nos Estados Unidos ou na Europa. Por último, o acesso é praticamente universal, embora haja algumas defasagens nas zonas rurais (como, por exemplo, no Peru e Bolívia).

No setor de transporte urbano de passageiros, são identificados diferentes elementos que fazem com que a lacuna de serviço tenha um importante componente referido às fragilidades de acesso. Em algumas cidades, como Bogotá e La Paz, os usuários precisam fazer longas caminhadas (de mais de 10 minutos) para chegar a um ponto de ônibus, expondo-se a situações de insegurança (principalmente as mulheres), e em quase todas as cidades analisadas o serviço informal proporciona uma capilaridade que o sistema formal não consegue oferecer (ainda que, às vezes, seja mais caro e inseguro que o serviço formal). As bicicletas públicas (presentes em muitas cidades analisadas) cresceram na participação modal, mas não o suficiente para serem acessíveis em curtas distâncias. Além disso, em termos de qualidade, o tempo de viagem do transporte público é maior do que o do transporte privado (ultrapassando uma hora em casos como Bogotá, Cidade do México e São Paulo) e, por sua vez, os usuários percebem deficiências em outras dimensões (alto nível de ocupação e, em algumas cidades, como Bogotá e Santiago, baixa frequência de serviço). Por outro lado, os sistemas de transporte público de cidades de porte semelhante (por exemplo, Cidade do México e São Paulo) apresentam diferenças no custo da provisão, aumentando, de forma relativa, a lacuna de custos. Finalmente, após levar em conta as políticas específicas de subsídio, há diferenças na acessibilidade financeira do serviço: por exemplo, São Paulo e Santiago têm um componente de subsídio semelhante, mas na primeira cidade o custo para o usuário final de baixa renda é muito maior; enquanto em Cali e Recife a acessibilidade financeira é semelhante para um usuário de baixa renda, mas a segunda cidade subsidia as viagens (cerca de 25% do custo da viagem) e a primeira não.



# Desenvolvimentos da tecnologia digital e seu impacto nas lacunas de serviço de infraestrutura

No Capítulo 2 do relatório, são estudados os avanços em tecnologia digital juntamente com outros específicos aos setores de infraestrutura priorizados neste relatório.

## Evolução do setor de TICs e outras tendências

A convergência entre as indústrias de telecomunicações, eletrônica e informática vem se consolidando ao longo das últimas duas décadas, favorecida por uma crescente disponibilidade geográfica no acesso inalâmbrico de banda larga, uma ampla penetração de terminais móveis com alta capacidade computacional, e um custo decrescente no transporte, armazenamento e processamento de grandes volumes de dados. Mais recentemente, essa convergência se aprofundou (principalmente nos países desenvolvidos) a partir de avanços como o 5G e a Internet das Coisas, que logo se converteram em insumos ou suportes para outras atividades econômicas e setores de infraestrutura. Uma condição necessária para que as inovações digitais comecem a se espalhar na ALC é um alto nível de cobertura e crescimento do setor de TICs, que permita proporcionar a infraestrutura necessária para que os demais setores possam se beneficiar dos avanços tecnológicos. Um conjunto de indicadores selecionados revela uma clara diferença (lacuna relativa) entre grupos de países em desenvolvimento e desenvolvidos. No nível individual, o Chile tem um bom desempenho em todas as dimensões nas residências (penetração, cobertura, qualidade e acessibilidade financeira), o Uruguai tem um bom desempenho em penetração e cobertura, a Argentina tem um bom desempenho em acesso e qualidade (mas o serviço é considerado caro para os usuários) e o Panamá tem bons indicadores de qualidade. No outro extremo, Bolívia e Paraguai apresentam indicadores baixos em todas as

dimensões, somando o Peru com baixa cobertura e a Colômbia com baixa qualidade. Finalmente, embora não se costume comparar indicadores diretos de custos, os gastos com dados na região, em proporção à renda, ultrapassa entre 50% e 75% o correspondente aos países desenvolvidos. Por sua vez, os desenvolvimentos tecnológicos disruptivos que levam à digitalização dos processos de produção (como data centers ou investimentos em big data) evoluíram junto com os países avançados, mas outros (como a interconexão de dispositivos —chamados M2M) o fizeram muito mais devagar. Por fim, destaca-se o papel do Estado na adoção da digitalização, contribuindo para a redução da lacuna, tanto absoluta quanto relativa.

Nesse contexto, observa-se nos últimos anos a convergência de três tendências no setor de energia elétrica: digitalização —eletrificação – descentralização. A eletrificação de setores específicos (por exemplo, transporte público e privado) pode ser fundamental para alcançar os objetivos climáticos contidos nos ODS. Por outro lado, sob a tendência de descentralização das atividades ao nível do usuário final, destaca-se a geração em pequena escala de energias renováveis não convencionais (ERNCs), que vai adquirindo maior importância à medida que o seu custo diminui (embora ainda não tenham atingido níveis competitivos, pois atualmente quadruplicam o custo da energia solar em grande escala) e o uso de baterias para armazenamento de energia (atividade que pode mudar significativamente com a massificação de veículos elétricos que podem tomar e injetar energia na rede). Essas atividades permitirão um papel mais ativo do setor de energias renováveis, inovando na geração e armazenamento distribuído e na resposta à demanda.

As tendências complementares à digitalização no transporte urbano são o *crescimento e a urbanização das cidades e as mudanças climáticas*. Com o crescimento das cidades, aumenta a utilização dos serviços de transporte e, conseqüentemente, suas externalidades (congestionamentos) e lacunas nos serviços (principalmente, tempos de viagem e cobertura, em particular, quando as cidades crescem em extensão). Por sua vez, o transporte tem um efeito significativo nas **emissões de gases de efeito estufa**, chegando a representar entre 25% e 35% do total das emissões nos últimos anos, dependendo do país. Por este motivo, ganham relevância as medidas que tendem a reduzir o tráfego (promoção da utilização de transportes públicos, promoção de viagens compartilhadas e de micromobilidade e caminhadas, entre outras) e a fomentar tecnologias mais limpas

(por exemplo, veículos elétricos). Essas medidas de transporte sustentável enfrentam de forma diferenciada as restrições à mobilidade e o distanciamento social impostos em decorrência da pandemia de COVID-19, podendo promover os modos de micromobilidade, enquanto que o retorno das viagens de transporte coletivo dependerá da implementação de medidas de biossegurança ou da administração de acinas. De qualquer forma, as mudanças geram desafios no planejamento e na prestação do serviço de transporte, tanto público quanto privado. O impacto ambiental líquido da eletrificação dos transportes depende do consumo final de energia e do mix da matriz energética do país.

## A digitalização em energia elétrica: redes elétricas inteligentes

Com o surgimento da nova economia digital, abre-se a oportunidade de avançar para uma Rede Elétrica Inteligente (REI). Uma REI é basicamente a sobreposição de uma rede física de eletricidade com um sistema de informações que conecte os equipamentos e os componentes tradicionais com infraestrutura de medição avançada. Isto permite melhorar a confiabilidade, segurança e eficiência (tanto econômica quanto energética) do sistema elétrico. Também facilita a gestão dos ativos da rede, a integração do sistema com fontes de energia renováveis e o desenvolvimento da comunicação em tempo real entre os consumidores e empresas.

A estrutura da REI pode ser dividida em quatro entidades: coletores de dados internos (sensores na rede e contadores inteligentes), prestadores de serviços de eletricidade e centros de controle, geradores de eletricidade e fontes de informação externas. Os medidores bidirecionais são essenciais para a implantação de uma rede inteligente, e são eles que permitem que os consumidores se comportem ao mesmo tempo como produtores e consumidores (*prosumidores*). Os sistemas de Infraestrutura de Medição Avançada (IMA) permitem coletar informações instantâneas sobre o demanda individual e agregada. Essas informações podem ser úteis para consumidores, que podem tomar decisões em tempo real sobre seu consumo de eletricidade, e para as empresas de distribuição ou comercialização, que podem detectar as fontes de perdas não técnicas (Donato et al, 2017).

Embora parte considerável dos investimentos em infraestrutura digital no setor elétrico em nível global tenha sido destinada a medidores inteligentes (56,6% de penetração nos Estados Unidos, 32,5% na Austrália e 33,8% na Europa), a implantação na ALC ainda é incipiente (3,2%), com algumas exceções (Assunção, Montevidéu e Santiago). O armazenamento distribuído e a gestão da demanda são ainda mais incipientes. O desenvolvimento das REIs varia entre as regiões, dependendo de fatores sociopolíticos, aspectos regulatórios, avanço tecnológico, acesso a financiamento, entre outros.

A seguir, são identificados os obstáculos mais importantes enfrentados pela implantação das REIs: (i) grandes investimentos (incluindo infraestrutura de TICs); (ii) uma base legal e regulatória que determine os incentivos, defina papéis e direitos de propriedade dos diferentes agentes, regulamente sua interação e permita a comunicação entre os seus componentes; (iii) a unificação das normas técnicas dos diferentes elementos da REI; e (iv) protocolos de cibersegurança. Por sua vez, a transição para o novo sistema elétrico enfrenta quatro desafios: (i) a eletricidade ainda é considerada uma *commodity*; (ii) os paradigmas regulatórios atuais não promovem suficientemente os recursos distribuídos; (iii) a incerteza em torno das regras não estimula os agentes interessados a tomarem decisões sobre infraestrutura complementar à rede; e (iv) alguns segmentos mostram resistência cultural à mudança.

Os efeitos esperados da implantação da REI são positivos. Por exemplo, a maior velocidade de recuperação de falhas contribui para um serviço de melhor qualidade (reduzindo a duração da falta de serviço), mas também induz a menores custos do sistema. A geração e transmissão mais eficientes impactam diretamente nas dimensões de qualidade e custos, implicando em menores tarifas finais. Os custos mais baixos de fornecimento afetarão diretamente a acessibilidade financeira, se for assumida uma transferência automática dos preços de atacado para as tarifas. A integração dos consumidores e a energia renovável podem impactar o acesso, por meio da operação de sistemas inteligentes isolados. Embora as evidências ainda sejam escassas, o caso de Chattanooga, (Tennessee, EUA) ilustra o impacto potencial de uma REI sobre a qualidade: após uma falha causada por uma tempestade de vento em junho de 2012, os sistemas automatizados de distribuição evitaram que 55% dos clientes sofressem uma interrupção, restaurando o serviço mais rapidamente.

## A digitalização no transporte urbano de passageiros: desenvolvimento de aplicativos, novos serviços, métodos de pagamento e integração

A digitalização representa uma oportunidade para aproveitar e otimizar o uso dos ativos existentes (como a infraestrutura, os veículos e a informação), possibilitando a melhoria do serviço de transporte urbano de passageiros. A seguir, destacam-se as inovações mais importantes no setor.

**Desenvolvimento de aplicativos para otimizar o uso de informação.** A partir do desenvolvimento de sistemas que recolhem informação sobre o estado do sistema de transporte em tempo real (estado do trânsito, das vias e do funcionamento de alguns modos de transporte, em particular), através de sistemas de georreferenciamento e especificações gerais de *feeds* de transporte público, surgiram aplicativos dedicados a fornecer informações aos usuários para o planejamento de viagens ou às autoridades do setor para o planejamento de transportes. Esses aplicativos podem ter diferentes funcionalidades: recomendação de rota para quem usa transporte particular (como o Waze), informações sobre o estado do transporte público (Cuando Subo —em Buenos Aires—, TransMiSITP - Bogotá, Moovit), ou ambos os serviços (Google Maps). Essas informações aumentam a qualidade do serviço para o usuário e melhoram a eficiência do sistema.

**Aplicativos que dão origem a novos serviços.** Nesta categoria estão agrupados, em primeiro lugar, os aplicativos que permitem a realização de viagens por meio de novos serviços de transporte. Em primeiro lugar, as plataformas digitais de economia compartilhada constituem um modelo de negócio que faz a mediação entre a oferta de motoristas e a procura de viagens (por exemplo, Uber ou Cabify), e que permite a oferta de um serviço de transporte local e individual ou para pequenos grupos de usuários. Esta aplicabilidade foi alargada ao transporte capilar de mercadorias (Uber Eats ou Cabify Envios). As principais particularidades que os distinguem de alguns serviços de transporte tradicionais são a utilização de tarifas dinâmicas, reservas de viagens e a flexibilidade da oferta. Em cidades de ALC Latina há disparidade no uso

desses aplicativos de realização de viagens. Em um extremo, São Paulo e Bogotá são casos de alto uso (47% e 39% das pessoas pesquisadas na ECAF 2019, respectivamente), enquanto La Paz e Cidade do Panamá são casos de baixa intensidade (3% e 14%, respectivamente).

Em segundo lugar, os aplicativos que permitem o compartilhamento viagens (*ride-sharing*) oferecem um serviço de intermediação entre pessoas que desejam realizar um trajeto similar em uma mesma faixa de horário, dando-lhes a oportunidade de fazer esta viagem compartilhando o veículo e as despesas. Steer (2020) analisou a coincidência nas características das viagens (tempo e espaço) em cidades selecionadas da ALC, identificando uma potencial demanda por viagens compartilhadas (em particular, Santiago e São Paulo, seguidas por Buenos Aires, Cidade do México e Bogotá). Além disso, aproximadamente 50% das pessoas estariam dispostas a compartilhar viagens com conhecidos (Estupiñan, 2018).

Em terceiro lugar, uma versão mais moderna do aplicativo anterior consiste em plataformas de uso temporário de veículos (*car-sharing*). Este serviço permite que os usuários possam compartilhar um veículo depois que outros deixem de usá-lo, gerando um sistema de aluguel por horas ou viagens. Porém, as condições de distanciamento social podem impactar na disponibilidade e custo das alternativas de viagem ou carros compartilhados, caso estas se tornem permanentes ou, em caso contrário, atrasem sua projeção na região. Como alternativa, os aplicativos de viagem que usam bicicletas e patinetes elétricos funcionam de maneira semelhante, mas com foco na micromobilidade (por exemplo, Movo ou Grin). O grau de utilização dessas aplicações é relativamente baixo, dada a sua natureza incipiente: com exceção de Assunção, a taxa de utilização no melhor dos casos chega a 5% (Bogotá).

**Inovações nas formas de pagamento pelas viagens.** A digitalização contribuiu para o surgimento de novas formas de pagamento, introduzindo mudanças na cobrança e tarifação dos provedores de transporte, tanto público como privados. Essas novas formas podem ser implementadas mediante pagamento com um telefone celular ou usando cartões de crédito ou um cartão específico de transporte.

**Integração dos serviços de transporte.** Atualmente, estão aparecendo modelos inovadores de oferta conjunta de múltiplos

meios de transporte, públicos e privados, que possibilitam a integração em três níveis: físico, tarifário e digital. Existem duas modalidades alternativas que são a Mobilidade como Serviço e a Mobilidade sob Demanda. A primeira está baseada na prestação do serviço através de aplicações digitais que permitem a aquisição de planos de subscrição, com foco na agregação dos diversos meios de transporte.

Por outro lado, a segunda enfatiza o transporte de passageiros e mercadorias, reconhecendo que os serviços de mensagens reduzem a necessidade de viagens, e baseiam as tarifas na viagem (que pode ter uma ou várias etapas). Vários serviços de transporte público são oferecidos na região e houve avanços na unificação das tarifas (isto é, um único pagamento —ou uma versão alternativa de desconto por trechos— para uma viagem multimodal, como o Cartão Bip!, utilizado em Santiago, Chile, ou o cartão Sube em Buenos Aires, Argentina, que permitem o pagamento de passagens de ônibus, metrô e trem) e, em várias cidades, a integração modal do transporte público. Mas a integração total não foi alcançada, o que nos países desenvolvidos converge para um plano ou assinatura mensal.

O surgimento e a adoção de novas tecnologias digitais impõem diversos desafios ao setor: (i) grandes investimentos (em infraestrutura de TICs e tradicional); (ii) definição de padrões de dados e políticas de planejamento urbano; (iii) apropriação desigual dos benefícios da digitalização entre os usuários (os maiores beneficiários são provavelmente os grupos sociais de renda mais alta); e (iv) exposição a riscos de segurança cibernética.

A digitalização permite reduzir as lacunas de serviço no transporte urbano. Os aplicativos de planejamento de viagens têm um impacto direto na dimensão da qualidade do serviço, na medida em que permitem uma redução substancial no tempo de viagem, melhoram sua previsibilidade e reduzem o tempo de exposição a riscos de segurança pessoal (especialmente para mulheres). Por sua vez, os aplicativos de viagens têm efeitos em várias dimensões da lacuna: facilitam o acesso à rede troncal do transporte público em áreas remotas, permitem que as pessoas se desloquem sem possuir seu próprio veículo e reduzem os tempos de viagem do sistema de transporte (se as viagens compartilhadas substituem as viagens privadas individuais, gerando uma redução no congestionamento). Por fim, no caso da integração dos serviços de transporte, é provável que o acesso melhore e os tempos de viagem sejam reduzidos, devido à maior facilidade para se mover de forma multimodal.

## Granularidade e formação de mercado

Os avanços em matéria de conectividade e a proliferação de plataformas digitais possibilitam uma maior granularidade na oferta de diversos serviços, permitindo a redução das ineficiências associadas à combinação de oferta inelástica, demanda volátil e ausência de preços dinâmicos. Essas deficiências são típicas dos setores de energia elétrica e transporte urbano.

No primeiro setor, a instalação de medidores inteligentes residenciais permite que os usuários façam ajustes dinâmicos à sua demanda e possibilita a implantação da geração distribuída, por meio de conexão bidirecional. Assim, ocorre a incorporação de uma oferta mais granular. No setor de transporte urbano, as plataformas de economia compartilhada constituem um novo modelo de negócios que faz uma mediação entre a demanda de viagens e uma oferta flexível que se adapta, via sinalização de preço, às condições de relativa escassez.

## O impacto do COVID-19 nos setores de infraestrutura

### Aceleração da digitalização

Um capítulo especial analisa o efeito que a pandemia de COVID-19 teve em múltiplas dimensões, pessoais, econômicas e sociais. A transmissão massiva do vírus tem colocado os países da região em diferentes situações de estresse, causando prejuízos significativos, tanto em termos de vida como econômicos. Destaca-se o papel das TICs na mitigação dos efeitos negativos da crise, contribuindo nas áreas da saúde, educação e trabalho, bem como nas demais atividades econômicas, onde a atividade digital teve que substituir a atividade física. No entanto, os benefícios, ou a atenuação dos efeitos negativos, não foram necessariamente



apropriados para toda a população da região, a julgar pela presença de lacunas digitais, tanto absolutas (de acesso físico ou capacidade de pagamento por essas tecnologias, qualidade, capacidade de reconversão, uso de inovações, etc.) como relativas (maiores deficiências em domicílios de baixa renda, áreas rurais, usuários específicos como crianças ou idosos, ou trabalhadores em atividades econômicas com pouca probabilidade de teletrabalho).

## Impacto nos setores de infraestrutura

Os setores de infraestrutura enfrentam desafios específicos em algumas dimensões, mas comuns em outras. Por exemplo, o transporte público de passageiros deve resolver o problema de aumentar a intensidade de uso (e assim manter seu espaço dentro do modelo de mobilidade sustentável) em um contexto de restrições de biossegurança. As autoridades terão o desafio de manter esse modal como uma opção competitiva e segura para o transporte de pessoas. No médio prazo, mudanças no mercado de trabalho (principalmente na modalidade de teletrabalho), mas também em outros mercados e atividades (comércio, educação) podem gerar novos padrões de mobilidade, aos quais a oferta de transporte se adaptará (por exemplo, promovendo meios de transporte ativos, como bicicletas e scooters, e o planejamento urbano para a mobilidade de pessoas e logística). A logística urbana também tem sido afetada por mudanças nos padrões de distribuição (desde entregas para grandes empresas, até entregas múltiplas para pequenas empresas ou residências), afetando a ocupação do espaço público, sinistros viales e poluição ambiental. Por outro lado, as mudanças na mobilidade pessoal e de mercadorias contribuem, em uma nova normalidade, para um maior congestionamento. Consequentemente, é viável considerar que na região se realizem iniciativas de planejamento e regulação da mobilidade e uso do espaço público. O setor de água potável tem desempenhado um papel fundamental, tendo em vista a importância do recurso nas medidas de sanitárias (por exemplo, lavagem frequente com água e sabão). No entanto, a existência de uma lacuna nos serviços básicos, principalmente para a população que não tem acesso a serviços de qualidade, dificulta o cumprimento das medidas de saúde. Por outro lado, no setor elétrico, o maior impacto foi a queda do consumo de

eletricidade acompanhada de uma redistribuição geográfica e entre os usuários (da indústria e do comércio às áreas residenciais).

Um problema comum nos setores de eletricidade, água potável e transporte urbano de pessoas é que as operadoras enfrentam desafios para fornecer um serviço público em um contexto de graves dificuldades financeiras (geralmente endossado pelos governos). Os governos contribuem de diferentes formas, com apoio financeiro, transferências, pagamento de insumos, etc., mas essas medidas não são suficientes dadas as atuais restrições fiscais. É possível que comecem a ser buscadas soluções que visem reduzir custos e capacidade de uso (resolvendo um *trade off* com medidas de biossegurança de transporte, ou um *trade off* com outras medidas governamentais sobre a proibição de corte de serviços e adiamento de pagamentos em energia elétrica e água e saneamento). As agendas de infraestrutura sustentável continuarão presentes como um guia para essas soluções, e algumas iniciativas (como a transição para sistemas mais descentralizados e menos poluentes) demorem em avançar em um contexto de fortes restrições fiscais.

Por fim, a digitalização teve um papel colaborativo, ou pode ter, nestes setores, permitindo corrigir restrições ou adaptar serviços e, em muitos casos, antecipando temporariamente desenvolvimentos que teriam ganhado espaço no futuro. Por exemplo, se proliferaram plataformas de comércio, foram projetados aplicativos de rastreamento, por razões de rastreabilidade de saúde ou para organizar a oferta de transporte. No futuro, determinados empreendimentos podem melhorar a gestão operacional e comercial em serviços públicos, como água potável, eletricidade e transporte, reduzindo custos e aliviando a pressão fiscal para sua operação no curto e médio prazo, ou melhorando o planejamento de longo prazo.

# Desafios e oportunidades: investimentos, regulamentações e políticas públicas

As mudanças tecnológicas que se avizinham têm o potencial de revolucionar os setores de infraestrutura. Na maioria dos países da ALC, esses setores estão pouco desenvolvidos, principalmente quando se analisa sua qualidade institucional, com forte presença de entidades públicas. Os esquemas regulatórios atuais ainda exigem atualizações para incorporar novas tecnologias. Esses avanços vão se aprofundar no futuro, impactando os setores de infraestrutura e criando oportunidades para reduzir as lacunas nos serviços, mas também gerando desafios relacionados à capacidade da região de enfrentar e aproveitar essas oportunidades, por isso é importante antecipar intervenções —modificações regulatórias, de investimento e/ou de ações de políticas públicas— necessárias para uma rápida adaptação e aproveitamento dos benefícios que oferecem as novas tecnologias.

Os principais impactos e desafios são:

- **Surgimento de novos agentes:** a digitalização deu lugar a agentes que antes não existiam no mercado e, com exceções pontuais, sua inclusão nos atuais marcos regulatórios tem sido limitada. No setor de energia elétrica podem-se citar os prosumers (consumidores-produtores). Do lado do setor de transporte urbano de passageiros, surgem novos atores prestadores de serviços (por exemplo, Uber, plataformas que facilitam viagens compartilhadas, *car-sharing*, etc.).
- **Novos papéis:** as novas tecnologias estabelecem novos papéis ou atividades para os agentes existentes no mercado, ou propõem uma redistribuição de atividades. Na energia elétrica, os benefícios da REI atingiriam seu potencial com uma separação entre distribuição e comercialização. No transporte urbano, a digitalização pode gerar mudanças na forma de cobrança e pagamento de viagens, bem como a integração tarifária entre sistemas e meios de transporte, gerando novos papéis no setor (por exemplo, administradoras

de serviços de pagamento ou operadoras de sistemas integrados de transporte).

- **Disponibilidade de dados:** os setores contarão com um maior fluxo de dados em tempo real. O desafio regulatório surge na propriedade e administração de dados, privacidade do usuário e os efeitos sobre a concorrência que podem surgir do uso diferenciado de dados.
- **Convergência de setores:** os novos desenvolvimentos tecnológicos em cada um dos setores usarão a mesma infraestrutura de TICs, fazendo com que os limites que existiam entre os setores se tornem mais difusos. Esta interconexão representará desafios no nível de investimento e no nível regulatório.

## Mudanças regulatórias necessárias

Levando em consideração a diversidade regulatória dos diferentes países, são levados em conta cinco aspectos cruciais para atingir o potencial de digitalização nos setores:

- **Análise de custo-benefício.** A digitalização tem custos e benefícios associados que devem ser devidamente avaliados individualmente, para cada uma das tecnologias e projetos estudados neste relatório, antes de se decidir por promovê-los.
- **Redesenho de mercados.** A transição para setores digitalizados requer, na maioria dos casos, um desenho de mercado que inclua novos agentes e nova distribuição de funções. No setor de energia elétrica, as mudanças necessárias são: (i) a separação das tarefas de distribuição e comercialização com esquemas de remuneração diferenciados, (ii) o surgimento da figura do agrupador da demanda, (iii) a criação do figura do Operador do Sistema de Distribuição; e (iv) a constituição da figura do agrupador de informação. No transporte urbano, o redesenho do mercado é baseado em: (i) adaptar a estrutura regulatória para plataformas de viagens, (ii) medidas para reduzir o congestionamento, (iii) a provisão abrangente de transporte urbano, e (iv) micromobilidade (e distribuição logística capilar) e seus efeitos na gestão do uso do espaço público e na segurança viária.



- **Novos esquemas tarifários.** Os impactos da digitalização e o envolvimento dos consumidores na prestação do serviço terão efeitos na determinação das tarifas. Na energia elétrica, a separação entre distribuição e comercialização vai permitir que as distribuidoras ofereçam diferentes planos de tarifas (com possibilidade de taxas dinâmicas) e disputem para incorporar clientes. Do lado do transporte urbano, a operação em plataformas de economia compartilhada já introduziu as modalidades de adaptação granular da oferta e a tarifação dinâmica.
- **Cooperação entre setores.** A interligação dos setores pelo uso compartilhado da infraestrutura, pela convergência através da tecnologia, gera uma instância de cooperação e coordenação regulatória intersetorial.
- **Novas capacidades regulatórias e setoriais.** A implementação adequada dos avanços proporcionados pelas novas tecnologias requer pessoal treinado para sua compreensão, operação e comunicação, e atualização dos sistemas de software. As novas capacidades exigidas representarão um desafio para o desenvolvimento de novas competências nas instituições envolvidas nos setores de infraestrutura.

## Investimentos

Para que as novas tecnologias sejam acopladas à infraestrutura dos setores, serão necessários investimentos que permitam adequar as redes e sistemas atuais. Além disso, são necessárias regras para a remuneração de novos investimentos em adaptações físicas da rede.

Na energia elétrica, serão necessários investimentos em medidores e sensores inteligentes, *switches* avançados, novos softwares e reforços da rede elétrica tradicional. O avanço da geração distribuída aumentou a necessidade de redes bidirecionais e equipamentos de medição inteligentes, que permitam aos clientes vender sua energia no mercado. Esses desenvolvimentos serão úteis para considerar os veículos elétricos como alternativas para o consumo, armazenamento e fornecimento de energia elétrica. Por sua vez, a intermitência do ERNC afeta a confiabilidade do sistema, podendo requerer diferentes alternativas de intervenção. No caso do transporte urbano de passageiros, prevêem-se maiores investimentos

para adaptar a infraestrutura tradicional às novas tecnologias. Exemplos de adaptações são a incorporação de GPS para localizar os veículos e enviar essa informação para paradas ou aplicativos de telefones celulares, e as adaptações de máquinas de cobrança para que reconheçam os novos meios de pagamento.

Um aspecto comum aos setores elétrico e de transporte urbano, que ganhará importância no futuro, é a massificação dos veículos elétricos públicos e privados. Isso envolve investimentos na substituição de frotas e sua incorporação, juntamente com veículos particulares, à rede elétrica.

## Políticas sociais

Os efeitos redistributivos são o resultado de um impacto diferencial na capacidade dos usuários de se beneficiarem das mudanças tecnológicas. Mas, a digitalização também pode permitir o uso de ferramentas para implementar políticas compensatórias.

No **setor elétrico**, foram identificados dois canais possíveis por meio dos quais podem ocorrer efeitos redistributivos. Um primeiro caso corresponde à redução de perdas de distribuição não técnica com o uso de medidores avançados (afetando usuários com ligações clandestinas, geralmente de menor renda), mas dado que os usuários passariam a estar identificados, um programa de tarifa social direcionado é um instrumento à disposição do regulador ou ministério do setor. Um segundo canal é o desaparecimento do subsídio cruzado entre consumidores com alta demanda e renda e aqueles com menor demanda (o comercializador teria menos possibilidades de aplicar esse tipo de subsídio). Para neutralizar esse impacto, podem ser mantidos os esquemas tarifários pré-existentes ou, alternativamente, direcionar um subsídio aos usuários de baixa renda.

No caso do **transporte urbano**, foram identificados dois canais possíveis. Em primeiro lugar, as condições para a adoção dessas tecnologias são o acesso a certas ferramentas e instrumentos digitais (a massividade das TICs nos permite pensar que não será um problema) e seu uso adequado (se pode neutralizar com programas de “alfabetização digital”). Em segundo lugar, a maioria das tecnologias tem surgido na esfera privada e seu uso e benefícios não são necessariamente transferidos para o

transporte público, limitando os benefícios para os usuários desse serviço. Por outro lado, a digitalização pode facilitar o direcionamento de subsídios ao transporte público, por meio das novas formas de pagamento.

Nestes, e em outros setores de infraestrutura, as políticas gerais ou específicas de subsídios estarão expostas às restrições fiscais pelas quais os países passarão nos próximos anos. O instrumento deve ser utilizado de forma mais eficiente, e não estão descartadas ações que promovam a eficiência produtiva (minimização de custos) com o objetivo de reduzir a carga tributária sem repassá-la diretamente aos consumidores.

## Políticas ambientais

O avanço das novas tecnologias gera externalidades positivas que podem favorecer a agenda ambiental. O Estado em cada país tem o papel de alinhar os incentivos privados com os benefícios sociais. No setor elétrico, os países têm tido que utilizar instrumentos que incentivam o investimento em fontes renováveis através de subsídios (que também ficam expostos às restrições indicadas no ponto anterior). Enquanto no setor dos transportes, os instrumentos mais utilizados tendem a aumentar a participação de meios alternativos ao transporte privado e/ou a eletrificação do transporte.

## Políticas de segurança

Uma tarefa fundamental do Estado nos setores de infraestrutura é a de supervisionar que os entes reguladores prestem a devida atenção à segurança das informações individuais, aos problemas de segurança cibernética e à resiliência dos sistemas elétricos e de transporte contra ataques ou outras eventualidades.

Mais recentemente, os riscos de transmissão do vírus COVID-19, principalmente em ambientes fechados, como ônibus ou metrô, com espaço limitado e poucos instrumentos de controle para identificação de passageiros doentes, ou a falta de higiene e limpeza das superfícies em geral, trouxeram à cena uma nova dimensão de segurança: a biossegurança. No setor dos transportes, em particular, isto significa rever as políticas associadas ao uso massivo

e intensivo do transporte público, para se adequar-se às restrições de distanciamento e mobilidade (tendo-se identificado políticas de distanciamento nas unidades de transporte público, ônibus ou metrô, desde muito rigorosas até medidas mais permissivas, nestes casos acompanhadas de medidas complementares de prevenção) e a promoção de modos alternativos de transporte sustentável.

Este relatório apresenta múltiplas instâncias nas quais a digitalização oferece novas oportunidades nos setores de eletricidade e transporte urbano que, uma vez implementadas, permitirão reduzir a lacuna de serviço nas suas dimensões (em acesso, qualidade e custo), mas também alerta que se requerem atualizações regulamentares e investimentos específicos e, por outro lado, os desenvolvimentos podem implicar riscos do lado da distribuição e da segurança dos dados que devem ser levados em consideração. A situação pela qual está transitando a região tem acelerado alguns desenvolvimentos tecnológicos (especialmente aqueles funcionais, para adaptar as economias às novas condições de mobilidade), e possivelmente relegue outros, sobretudo aqueles associados à participação do Estado no seu financiamento.



