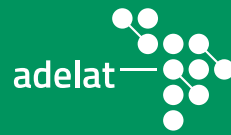


SEM INVESTIMENTO NÃO HÁ TRANSIÇÃO

O FUTURO DA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA AMÉRICA LATINA





AUTORES Y COLABORADORES

Grupo Mercados Energéticos (GME), David Felipe Acosta, Viviana Vitto, Aldo Pessanha, Alessandra Genu Dutra Amaral, María Antonieta Borrero, Roberto Cajamarca Gómez, Alejandro Falkner Falgueras, Sandra Marcela Quijano López, Horacio Nadra, Luiz Felipe Falcone De Souza, Claudio Bulacio, Ernesto San Miguel, Hilario Vistolet, María José Perez Vanmorlegan, Patricio Molina, Gastón Blanquet, Clarissa Machado, Talita Darwiche, Mariana Silva Barreto, Francisco Mualim, Victor Tavera, Pablo Jofré, Mónica Cataldo, Gina Pastrana, Sergio Zambrano, Dimas Carranza, Jorge Ponce, Julio Luján.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

5

2. O NOVO PAPEL DA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

7

3. INVESTIMENTOS ASSOCIADOS À TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

9

3.1. Eletrificação de novos usos	9
3.2. Mobilidade elétrica	10
3.3. Conexão à Geração Distribuída	11
3.4. Digitalização e automação	11
3.5. Medição avançada	12
3.6. Qualidade do serviço	12
3.7. Resiliência	12
3.8. Atualização da rede	13
3.9. Armazenamento com baterias	13
3.10. Normalização de perdas	13
3.11. Universalização	14

4. METODOLOGIA

15

4.1. Caracterização da situação de base	15
4.2. Objetivos da política nacional	16
4.3. Projeções de demanda	17
4.4. Parâmetros técnicos e custos de ativos	18
4.5. Cenário de Tendência de Crescimento (BAU)	18
4.6. Cenários de transição energética	18

5. RESULTADOS DO MODELO DE INVESTIMENTO

21

5.1. Cenário de transição energética Efetiva	21
5.2. Cenário de transição energética Parcial	22

6. CONDIÇÕES FAVORÁVEIS AOS INVESTIMENTOS**24**

6.1. Esquemas de remuneração regulatórios

24

6.2. Investimentos em outros segmentos da cadeia

25

7. CARACTERIZAÇÃO DOS BENEFÍCIOS DOS INVESTIMENTOS NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA**27**

7.1. Benefícios Operacionais

27

7.2. Benefícios Econômicos

28

7.3. Benefícios Sociais

30

7.4. Benefícios Ambientais

31

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**33**

8.1. Recomendações para o setor público

34

8.2. Recomendações para as Distribuidoras (DSOs)

34

8.3. Recomendações para os reguladores

35

8.4. Recomendações transversais

35

9. FONTES DE INFORMAÇÃO**37****ANEXO: CENÁRIOS DE DEMANDA E RESULTADOS POR PAÍS**

Argentina	38
Brasil	39
Chile	40
Colômbia	41
Equador	42
Guatemala	43
Peru	44

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A transição energética tornou-se um imperativo global, impulsionado pela necessidade urgente de mitigar os efeitos das mudanças climáticas, garantir a segurança energética e promover o desenvolvimento sustentável. Na América Latina, essa transição não é apenas uma oportunidade para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e cumprir os compromissos internacionais sobre mudanças climáticas, mas também representa um caminho para modernizar as economias e melhorar a qualidade de vida de seus habitantes. Nesse contexto, o segmento de distribuição de energia elétrica desempenha um papel crucial. A distribuição de energia elétrica, como elo final da cadeia de fornecimento de energia, é responsável por levar a eletricidade das redes de transmissão aos usuários finais, e seu papel tem se tornado ainda mais relevante em um cenário onde a integração de energias renováveis, a eletrificação de novos usos e a digitalização são tendências emergentes. No entanto, a transição para um sistema energético mais limpo e eficiente não pode ser alcançada sem um investimento significativo em infraestruturas de distribuição de eletricidade.

O principal objetivo deste estudo é oferecer uma visão detalhada das necessidades de investimento no segmento de distribuição de eletricidade de sete países-chave da região: Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Guatemala e Peru. Esta análise centra-se na implementação de onze vetores-chave associados à transição energética, que incluem desde a eletrificação de novos usos até a universalização do serviço elétrico.

O modelo de investimento foi encomendado pela Associação de Distribuidores de Energia da América Latina (ADELAT) e desenvolvido pela consultoria Grupo Mercados Energéticos, e toma como referência o estudo “Connecting the Dots”, realizado pela Deloitte para a Eurelectric, adaptando-o ao contexto latino-americano.

O estudo foi construído a partir de dois cenários prospectivos para o ano de 2040: um cenário teórico de “transição efetiva”, que busca atingir níveis de eletrificação semelhantes aos propostos pelo estudo realizado para a União Europeia até 2030, e um cenário de “transição parcial”, ajustado às particularidades e limitações da região. Estes cenários foram alimentados por dados fornecidos pelas empresas de distribuição associadas à ADELAT, uma caracterização detalhada da situação atual de cada país e projeções de demanda de energia.

O estudo pretende contribuir para a construção de uma linguagem comum que permita aos diferentes atores do setor elétrico – incluindo reguladores, empresas de distribuição, governos e sociedade civil – compreender e comunicar efetivamente os elementos-chave da atividade de distribuição no contexto da transição energética, promovendo uma ação mais coordenada em torno dela.

Além disso, os benefícios são explorados qualitativamente do ponto de vista operacional, econômico, social e ambiental. Essa abordagem abrangente permite que os investimentos sejam entendidos não apenas como um custo necessário, mas como uma oportunidade de gerar valor em múltiplas dimensões, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da região.

O sucesso dos investimentos planejados na transição energética depende, em grande medida, da existência de facilitadores-chave que permitam a sua implementação efetiva. Esses facilitadores incluem, entre outros, uma estrutura regulatória adequada e o acesso a financiamento e investimentos em outros segmentos da cadeia. O estudo analisa esses facilitadores, destacando políticas públicas e esquemas regulatórios que podem incentivar os investimentos necessários. Também aborda a importância da cooperação internacional, do acesso ao financiamento e da criação de parcerias público-privadas como mecanismos-chave para mobilizar os recursos necessários.

Este documento está organizado em oito capítulos. Após esta introdução, é apresentado o novo papel da distribuição de eletricidade na transição energética, seguido de uma análise detalhada dos investimentos necessários para suportar onze vetores-chave da transição. A metodologia do estudo, os resultados do modelo de investimento, as condições propícias para os investimentos, a caracterização dos benefícios associados e as conclusões e recomendações completam a estrutura do estudo.

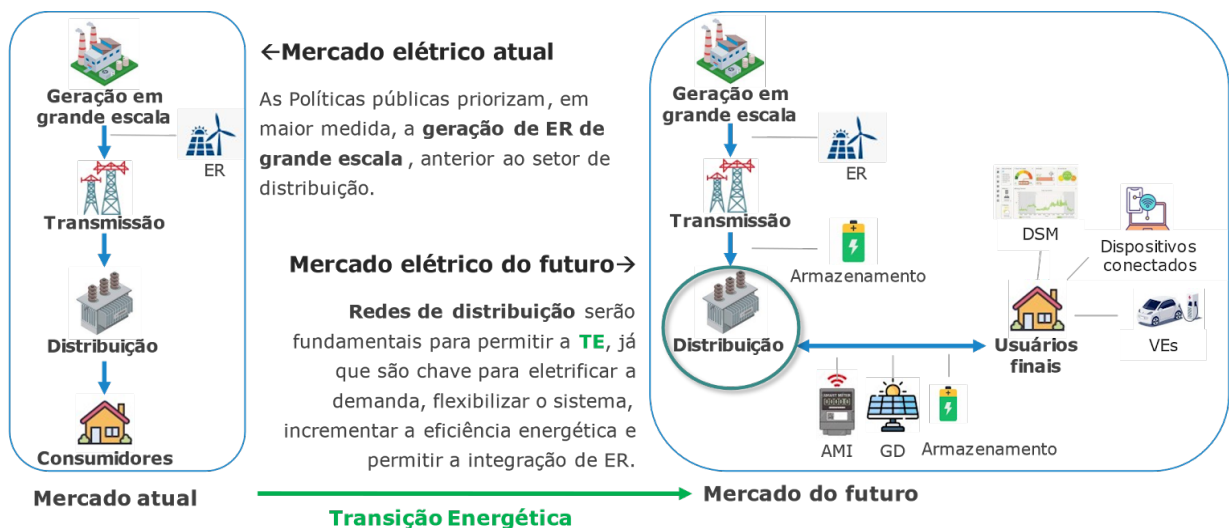


O NOVO PAPEL DA DISTRIBUIÇÃO DE ELETRICIDADE NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Historicamente, o foco do planejamento e investimento no setor elétrico tem sido a geração e transmissão, sendo as redes de distribuição consideradas o último elo da cadeia de fornecimento de energia elétrica. No entanto, a transição energética está invertendo essa dinâmica. A crescente penetração da geração distribuída, a demanda por eletrificação de setores como transporte e aquecimento e a necessidade de maior resiliência diante de eventos climáticos extremos colocaram a distribuição de eletricidade no centro das atenções.

A descentralização da geração de energia, impulsionada pela proliferação de tecnologias de geração distribuída (GD), requer uma reconfiguração das redes de distribuição. As redes que antes eram essencialmente unidirecionais, projetadas para transportar eletricidade de grandes usinas de geração para os consumidores finais, agora devem lidar com fluxos de energia bidirecionais, gerenciando tanto a injeção de energia gerada localmente quanto a demanda do consumidor. Esta mudança para uma rede mais distribuída e dinâmica transforma o papel dos DSOs de simples transportadores de eletricidade em gestores ativos de uma infraestrutura complexa que liga recursos heterogêneos de geração e consumo, responsáveis por equilibrar a oferta e a procura em tempo real e garantir a estabilidade e resiliência do sistema elétrico.

Figura 1. O novo papel dos DSOs na transição energética



A integração efetiva da geração distribuída depende em grande parte da digitalização e automação das redes de distribuição. Tecnologias como sistemas avançados de gerenciamento de distribuição (ADMS), medição inteligente e dispositivos de controle remoto são essenciais para monitorar e gerenciar a variabilidade inerente das fontes renováveis. Além disso, a capacidade de prever e responder a flutuações na geração

e demanda em tempo real torna-se um componente crítico para manter a estabilidade do sistema e evitar congestionamentos ou falhas na rede.

Os sistemas de medição avançados, por exemplo, permitem o monitoramento granular do consumo de eletricidade, fornecendo dados valiosos que podem ser usados para otimizar a operação da rede e melhorar a

qualidade do serviço. Além disso, os sistemas de automação de distribuição podem identificar e isolar falhas automaticamente, minimizando o impacto sobre os usuários e melhorando a resiliência da rede.

O processo de eletrificação de setores tradicionalmente dependentes de combustíveis fósseis, como transporte e indústria, está criando uma significativa nova demanda nas redes de distribuição. A mobilidade elétrica, em particular, está emergindo como um fator chave na transição energética, com impacto direto na infraestrutura de distribuição. O carregamento de veículos elétricos não apenas aumenta a demanda total de eletricidade, mas também introduz novos padrões de consumo que devem ser cuidadosamente gerenciados para evitar sobrecargas e garantir a estabilidade do sistema. Além disso, a possibilidade de os veículos elétricos atuarem como recursos de energia distribuída, com a capacidade de injetar energia de volta na rede (Vehicle-to-Grid, V2G), adiciona uma camada adicional de complexidade e oportunidade para os operadores de redes de distribuição.

As mudanças climáticas estão aumentando a frequência e a intensidade de eventos climáticos extremos, representando uma ameaça crescente à infraestrutura de distribuição de energia elétrica. A resiliência das redes, ou seja, a sua capacidade de resistir e se recuperar rapidamente destes acontecimentos, tornou-se uma preocupação central no planejamento e operação das redes de distribuição. A modernização da infraestrutura, juntamente com a implementação de estratégias de gerenciamento de risco, é crucial para garantir um fornecimento confiável e contínuo de eletricidade em um ambiente de crescente incerteza climática. Os DSOs devem investir em infraestrutura mais robusta e flexível, incluindo a implementação de redes subterrâneas, sistemas avançados de proteção e a adoção de estratégias de gerenciamento de risco. Além disso, a integração do armazenamento de energia no nível da distribuição pode oferecer maior flexibilidade operacional, permitindo que a rede mantenha o fornecimento mesmo durante

interrupções na geração ou transmissão.

A qualidade do serviço é outro aspecto que assume uma nova dimensão no contexto da transição energética. Os usuários não exigem apenas um fornecimento confiável de eletricidade, mas também serviços adaptados às suas necessidades em termos de flexibilidade, sustentabilidade e custos. Os DSOs devem garantir que, à medida que a rede se torna mais complexa, a qualidade do serviço seja mantida ou até melhorada, o que exigirá investimentos em modernização da infraestrutura e tecnologias de monitoramento e controle.

O sucesso da transição energética e a adaptação das redes de distribuição ao seu novo papel dependem em grande parte do marco regulatório e das políticas implementadas em cada país. É essencial que reguladores e formuladores de políticas desenvolvam um ambiente que promova o investimento na modernização da infraestrutura, a adoção de tecnologias avançadas e a integração de novas fontes de energia. Isso inclui a criação de esquemas de remuneração que incentivem a inovação e a eficiência, bem como a implementação de políticas que garantam a equidade no acesso aos benefícios da transição energética.

Em conclusão, o novo papel da distribuição de eletricidade na transição energética não apenas redefine a forma como a infraestrutura é projetada e operada, mas também apresenta novos desafios e oportunidades para os atores do setor. A capacidade das redes de distribuição de se adaptarem e evoluírem neste novo ambiente será decisiva para o sucesso da transição energética na América Latina. Investir na modernização das redes de distribuição, na digitalização e automação, e na resiliência e qualidade do serviço, não é uma opção, mas uma necessidade para garantir um futuro energético sustentável e próspero para a região.

INVESTIMENTOS ASSOCIADOS À TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

A transformação integral da infraestrutura de distribuição de eletricidade para a transição energética envolve uma série de investimentos estratégicos destinados a modernizar as redes, tornando-as mais resilientes, eficientes e capazes de suportar a crescente demanda de energia elétrica proveniente de novos usos, eletromobilidade, geração distribuída e digitalização. Abaixo estão onze vetores de investimentos-chave necessários nessas áreas, que seriam adicionais à tendência de crescimento, que servirão de referência para comparar o progresso nos cenários de ET efetivo e ET parcial.

Figura 2. Vetores de investimento na Transição Energética

1 Eletificação de Novos usos Ampliação da rede e capacidade de transformação associada a novas demandas residenciais, industriais e comerciais.	2 Eletromobilidade - Ampliação da rede e capacidade de transformação associada a novas demandas de veículos EV (autos, motos, ônibus, caminhões). - Infraestrutura de Recarga	3 Conexión a Generación Distribuida - Readequação da rede associada à conexão de Geração Distribuída. - Equipes de Geração Distribuída.	4 Digitalização e Automação Implementação de sistemas: ADMS, GIS avançado, gestão comercial, de ativos, sensores, interruptores, etc.
5 Infraestrutura AMI - Instalação de Medidores Inteligentes. - Implementação de sistemas de comunicação e MDM.	6 Qualidade de Serviço Ampliação e adequação da rede para cumprimento de indicadores de qualidade de serviço (encurtamento de alimentadores de MT).	7 Resiliência - Estratégia adotada em investimentos da rede e CCTT - Matriz de tecnologias, contemplando redes protegidas, pré-montadas, subterrânea, etc.	8 Atualização da Rede Investimentos relacionados com renovação de ativos que superaram sua vida útil ou estão muito próximos de alcançá-la.
9 Armazenamento por Baterias Investimentos em sistemas de armazenamento por baterias para otimização da operação (associada à penetração de GD).	10 Normalização das Perdas - Implementação de redes especiais (redes blindadas, rede de BT em altura, etc.). - Implementação de ferramentas de gestão de proximidade.	11 Acesso Universal - Extensão da rede e capacidade de transformação para conectar novos usuários. - Instalação de sistemas <i>stand-alone</i> para quando a extensão da rede não é possível.	X Investimentos BAU Ampliação da rede e capacidade de transformação associada ao crescimento tendencial da demanda (independentes da Transição Energética).

ELETRIFICAÇÃO DE NOVOS USOS

A eletrificação de novos usos é um dos pilares fundamentais da transição energética. Refere-se ao processo de substituição do consumo de combustíveis fósseis por eletricidade em setores que historicamente dependeram de combustíveis fósseis, como indústria, transporte, aquecimento e cozinha. Na América Latina, esse processo é crucial para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, melhorar a eficiência energética e diminuir a dependência de combustíveis importados.

Os investimentos em sistemas de distribuição necessários nessa área incluem a ampliação da capacidade de transformadores e redes de distribuição para atender às novas demandas residenciais, comerciais e industriais. Isso envolve a construção de novas subestações, a instalação de transformadores de maior ca-

“

Os investimentos são distribuídos com especial enfoque naqueles que têm maior impacto na modernização.



pacidade e a extensão de linhas de média e baixa tensão. Além disso, será necessária a implementação de tecnologias avançadas que permitam uma gestão de energia mais eficiente.

O principal desafio é garantir que a infraestrutura elétrica seja capaz de gerenciar esses novos padrões de consumo sem comprometer a estabilidade e a qualidade do serviço. Isso requer não apenas investimentos em ativos físicos, mas também na capacitação de pessoal e na adoção de novas tecnologias que permitam uma operação mais flexível e resiliente da rede.

MOBILIDADE ELÉTRICA

A mobilidade elétrica é um dos vetores mais importantes da transição energética. A adoção de veículos elétricos (EVs) está ganhando força em todo o mundo, e a Amé-

rica Latina não será exceção. No entanto, a massificação desses veículos apresenta desafios significativos para as redes de distribuição de energia elétrica, que devem se adaptar para gerenciar a carga adicional e os novos padrões de demanda que geram.

Os investimentos em sistemas de distribuição neste campo estão focados na expansão da capacidade da rede e dos transformadores para atender às demandas de veículos elétricos. Além disso, o desenvolvimento de infraestruturas de carregamento é crucial, tanto nas zonas urbanas como rurais. Isso envolve desde estações de carregamento rápido em rodovias e postos de gasolina até carregadores residenciais e comerciais.

A rede de distribuição deve ser capaz de suportar a operação simultânea de várias estações de carregamento de veículos sem causar sobrecargas ou interrupções no serviço.

Para isso, são necessários investimentos em sistemas de gerenciamento da demanda e tecnologias de carregamento inteligentes, que permitam otimizar a utilização da rede e minimizar os custos associados.

Além disso, a integração de EVs na rede de distribuição abre portas para novas oportunidades, como o conceito de Vehicle-to-Grid (V2G), onde os veículos elétricos podem alimentar a energia de volta à rede em momentos de alta demanda. Isso requer investimentos em tecnologias de comunicação e controle, bem como modernização da rede para permitir a bidirecionalidade do fluxo de energia.

CONEXÃO À GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A geração distribuída (GD) é um componente essencial da transição energética, pois permite a integração de fontes renováveis diretamente na rede de distribuição. Na América Latina, a energia solar fotovoltaica, em particular, teve um crescimento significativo, com um número crescente de residências, empresas e indústrias instalando painéis solares para autoconsumo.

Para facilitar a integração da GD, as redes de distribuição devem ser adaptadas por meio de investimentos em readequação e incorporação de equipamentos específicos de geração distribuída. Isso inclui a instalação de inversores, sistemas de monitoramento e controle e dispositivos de proteção que permitem gerenciar a variabilidade da geração renovável sem comprometer a estabilidade da rede.

Um aspecto fundamental da GD é o gerenciamento de fluxos de energia bidirecionais. As redes de distribuição, que tradicionalmente eram unidirecionais, agora devem gerenciar a injeção de energia de vários pontos, exigindo maior flexibilidade e capacidade de resposta. Os investimentos em tecnologia de controle e automação são essenciais para permitir que a rede responda dinamicamente às mudanças na geração e na demanda.

DIGITALIZAÇÃO E AUTOMAÇÃO

A digitalização e a automação são os pilares sobre os quais a rede de distribuição do futuro será construída. Essas tecnologias permitem que as operadoras de rede gerenciem com mais eficiência e flexibilidade uma infraestrutura cada vez mais complexa. Os investimentos neste campo incluem a implementação de sistemas avançados de gerenciamento de distribuição (ADMS), sistemas avançados de informações geográficas (GIS), sistemas comerciais e de gerenciamento de ativos e a instalação de sensores, disjuntores e outros dispositivos que permitem o monitoramento e controle em tempo real da rede.

O ADMS, em particular, é uma tecnologia crítica que permite a operação otimizada da rede de distribuição, integrando informações de várias fontes e facilitando a tomada de decisões em tempo real. Isso inclui a capacidade de identificar e isolar falhas automaticamente, gerenciar a demanda de energia e otimizar o uso dos recursos disponíveis.

Além disso, a digitalização facilita a implementação de soluções inovadoras, como a resposta à demanda, em que os consumidores podem ajustar o seu consumo com base em sinais de preços ou na disponibilidade de energia renovável, ajudando a equilibrar a oferta e a demanda na rede.

A automação, por outro lado, permite uma operação mais eficiente e segura da rede, reduzindo a necessidade de intervenção manual e melhorando a resiliência a eventos inesperados. Isso inclui desde a automação de subestações e linhas de distribuição até a implementação de tecnologias de auto-reconfiguração que permitem que o serviço seja restaurado de forma rápida e eficiente em caso de falhas.

MEDIÇÃO AVANÇADA

A infraestrutura de medição avançada (AMI) é uma parte crítica da modernização das

redes de distribuição no contexto da transição energética. Os sistemas AMI incluem medidores inteligentes, sistemas de comunicação e sistemas de gerenciamento de dados de medição (MDM), que permitem o monitoramento preciso e em tempo real do consumo de eletricidade em todos os níveis da rede.

Os investimentos em AMIs permitem que os operadores de rede obtenham dados detalhados sobre o consumo de energia, o que é essencial para gerenciar com eficiência a rede em um ambiente cada vez mais complexo e dinâmico. Esses dados podem ser usados para otimizar a operação da rede, melhorar a precisão das contas de eletricidade e fornecer aos consumidores informações detalhadas sobre seu consumo, o que pode incentivar um uso mais racional da energia.

Além disso, os sistemas AMI são uma peça fundamental para a implementação de tarifas dinâmicas, que refletem as variações nos custos de geração de energia e promovem um consumo mais eficiente e sustentável. São também essenciais para a integração da geração distribuída e da mobilidade elétrica, uma vez que permitem gerir a injeção de energia na rede e otimizar a utilização das infraestruturas de carregamento.

QUALIDADE DO SERVIÇO

A qualidade do serviço na distribuição de energia elétrica é um aspecto crucial que influencia diretamente na satisfação do usuário e na confiabilidade do fornecimento de energia. No contexto da transição energética, a melhoria da qualidade do serviço torna-se ainda mais importante devido à crescente dependência da eletricidade para novos usos, mobilidade elétrica e geração distribuída.

Os investimentos nessa área estão focados na expansão e modernização da rede para atender a indicadores de qualidade de serviço mais exigentes. Isso inclui reduzir a du-

ração e a frequência das interrupções, bem como melhorar a tensão elétrica fornecida aos usuários. Para isso, é necessário implementar tecnologias avançadas que permitam o monitoramento e controle em tempo real da rede, como sensores e sistemas avançados de gerenciamento.

Um aspecto fundamental é o encurtamento dos alimentadores de média tensão (MT), o que reduz a exposição a falhas e melhora a capacidade de resposta a imprevistos. A implementação de equipamentos de restauração automática e a criação de rotas alternativas de energia também são investimentos essenciais para melhorar a qualidade do serviço.

RESILIÊNCIA

A resiliência da rede de distribuição elétrica é a capacidade de resistir, adaptar-se e recuperar-se rapidamente de eventos adversos, como desastres naturais, falhas técnicas ou ataques cibernéticos. No contexto da transição energética, melhorar a resiliência da rede é fundamental para garantir um fornecimento contínuo e confiável de eletricidade, especialmente diante de condições climáticas cada vez mais imprevisíveis e extremas.

Os investimentos em resiliência incluem a adoção de estratégias e tecnologias que permitam à rede enfrentar melhor esses desafios. Isso vai desde a implementação de redes protegidas contra incêndios florestais e outros riscos naturais, até a implantação de tecnologias de pré-montagem e redes subterrâneas, que são menos vulneráveis a danos externos. Além disso, é crucial investir na modernização dos centros de controle e telecomunicações (CCTT) para melhorar a capacidade de resposta a emergências da rede.

Uma abordagem abrangente da resiliência também considera a diversificação das fontes de geração, incluindo a geração distribuída e o armazenamento de energia, permitindo que a rede opere de forma autônoma em caso de desconexão da rede principal.

ATUALIZAÇÃO DA REDE

A atualização da rede de distribuição de energia elétrica é uma tarefa contínua que envolve a renovação de ativos que excederam sua vida útil ou estão próximos de alcançá-la. Esta atualização é essencial para manter a fiabilidade do fornecimento de eletricidade e para adaptar a rede às novas exigências decorrentes da transição energética.

Os investimentos nessa área se concentram na substituição de transformadores, cabos, subestações e outros componentes críticos que não atendem mais aos padrões atuais de eficiência e segurança. Além disso, a atualização da rede inclui a incorporação de tecnologias mais avançadas que permitem uma operação mais flexível e eficiente, como a automação de subestações e a digitalização dos processos de monitoramento e controle. Um aspecto fundamental da atualização da rede é a integração de recursos para lidar com geração distribuída e mobilidade elétrica, o que requer planejamento cuidadoso e investimento significativo em novas tecnologias e treinamento de pessoal.

Para efeitos do presente estudo, considera-se que este vetor é composto por todos os investimentos em atualização adicionais aos já incluídos no vetor tendência de crescimento e que são necessários para alcançar os cenários de transição energética efetiva e parcial.

ARMAZENAMENTO COM BATERIAS

O armazenamento de energia por meio de baterias é uma tecnologia que desempenha um papel crucial na transição energética, pois permite otimizar a operação da rede e melhorar a integração de fontes renováveis, como a energia solar e eólica. As baterias fornecem uma solução eficaz para gerenciar a variabilidade da geração renovável e garantir um fornecimento contínuo de eletricidade durante períodos de alta demanda ou interrupções na rede.

Os investimentos em sistemas de armazenamento de baterias concentram-se na instalação de baterias de grande porte em pontos estratégicos da rede de distribuição. Essas baterias podem ser usadas para armazenar energia durante períodos de baixa demanda e liberá-la quando a demanda é alta, ajudando a equilibrar a oferta e a demanda e reduzir a necessidade de operar usinas termelétricas caras e poluentes.

Além disso, o armazenamento de energia é essencial para a integração da geração distribuída e da mobilidade elétrica, pois permite uma melhor gestão dos fluxos de energia na rede e garante que a energia gerada localmente possa ser utilizada de forma eficiente. As baterias também desempenham um papel crucial na melhoria da resiliência da rede, pois podem fornecer energia de reserva em caso de falta de energia.

NORMALIZAÇÃO DE PERDAS

A normalização das perdas na rede de distribuição de energia elétrica é um grande desafio na América Latina, onde as perdas técnicas e não técnicas representam um percentual significativo da energia distribuída. Reduzir essas perdas é essencial para melhorar a eficiência operacional da rede, reduzir custos para os consumidores e minimizar o impacto ambiental.

Os investimentos nessa área incluem a implantação de redes especiais, como redes blindadas e redes de baixa tensão com melhores padrões de eficiência. Essas redes são projetadas para reduzir as perdas técnicas associadas à resistência dos cabos e conexões ineficientes.

Além disso, é crucial investir em tecnologias avançadas de contagem, como os sistemas AMI, que permitem a monitorização precisa do consumo de energia e a detecção de perdas não técnicas, como fraude ou roubo de energia. A implementação de ferramentas de análise de dados também é fundamental para identificar padrões de perda e tomar medidas corretivas.

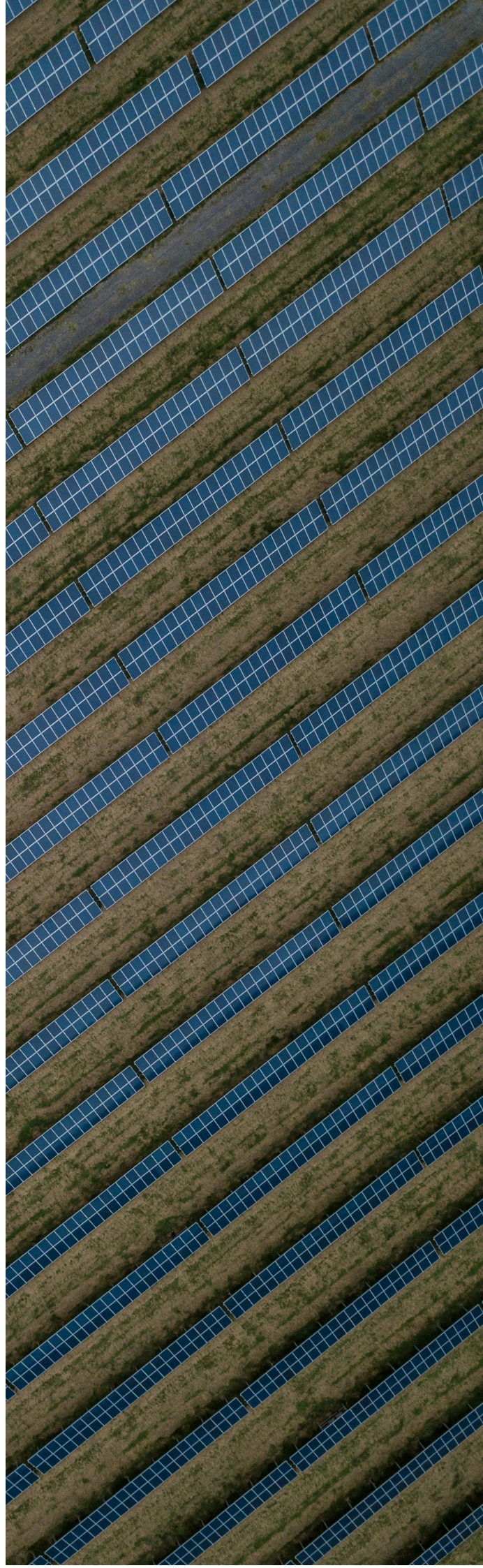
A normalização das perdas não apenas melhora a eficiência da rede, mas também contribui para a equidade e a justiça energética, garantindo que todos os usuários paguem pela energia que consomem e reduzindo as tarifas para aqueles que já estão em conformidade.

UNIVERSALIZAÇÃO

Universalizar o acesso à eletricidade é um objetivo fundamental na maioria dos países da América Latina, onde comunidades rurais e remotas ainda existem sem acesso a um fornecimento de eletricidade confiável e acessível. A transição energética oferece uma oportunidade para acelerar o processo de eletrificação, usando tecnologias e modelos de negócios inovadores que podem levar eletricidade às áreas mais difíceis de alcançar.

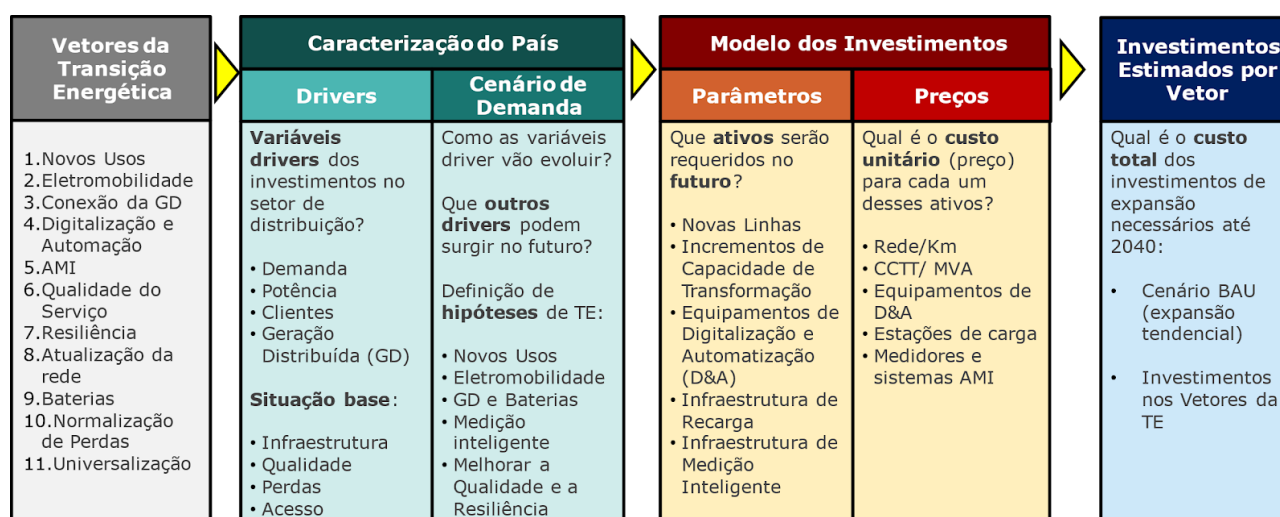
Os investimentos em universalização incluem a extensão da rede de distribuição para áreas rurais e de difícil acesso, bem como a instalação de sistemas de geração distribuída, como painéis solares e microrredes, que podem fornecer um fornecimento autônomo e confiável de eletricidade em comunidades isoladas.

A universalização do acesso à eletricidade não apenas melhora a qualidade de vida das pessoas, mas também impulsiona o desenvolvimento econômico e social, permitindo que as comunidades participem da economia moderna e tenham acesso a serviços básicos como educação, saúde e comunicação.



A estimativa das necessidades de investimento no segmento de distribuição de energia elétrica foi realizada por meio de um modelo que contempla diferentes cenários de transição energética. Esses cenários buscam ilustrar duas possíveis trajetórias que os países latino-americanos poderiam seguir em seu caminho para uma modernização abrangente do setor elétrico. Este capítulo descreve a abordagem metodológica adotada para caracterizar a situação atual dos sistemas de distribuição, as metas da política energética nacional, as projeções de demanda, os parâmetros técnicos e os custos dos ativos, bem como a definição dos cenários de transição energética que orientam a análise.

Figura 3. Estrutura do Modelo de Investimento



CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO DE BASE

O primeiro passo na metodologia do estudo foi a caracterização da situação de base dos sistemas de distribuição de energia elétrica nos países selecionados: Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Guatemala e Peru. Esta caracterização foi realizada através da recolha e análise de dados fornecidos pelas empresas de distribuição associadas à ADELAT, complementados com informação de fontes secundárias.

A caracterização incluiu uma avaliação da infraestrutura existente, identificando a capacidade instalada, o estado dos ativos, a cobertura da rede e os níveis de perdas técnicas e não técnicas. Além disso, foram analisados indicadores de qualidade do serviço, como duração e frequência das inter-

rupções. Esta fase também envolveu uma revisão das práticas operacionais atuais.

Foram considerados os principais fatores, como a evolução do consumo de eletricidade, a capacidade instalada e a necessidade de novas capacidades para suportar a crescente procura, o número e os tipos de clientes e o impacto atual e potencial da GD na rede de distribuição. Variáveis adicionais, como qualidade do serviço, perdas técnicas e não técnicas e acesso à eletricidade, foram incluídas. A tabela a seguir resume os principais indicadores da caracterização da situação de base para cada país analisado.

Tabela 1. Situação de base por país

Item	Unid.	Argentina	Brasil	Chile	Colômbia	Equador	Guatemala	Peru
1 - Indicadores Base								
Consumo	GWh	140.883	582.234	77.314	79.985	30.188	12.548	53.992
Potência Máxima	MW	29.105	101.472	11.549	11.413	4.641	1.970	7.606
Nº de Clientes	MM	15,6	92,2	8,0	16,6	5,7	3,9	8,6
Extensão da rede	Km	463.308	4.172.761	199.880	590.681	228.198	114.682	307.133
Partic. Rede BT (BT+MT)	%	52,5%	26,3%	50,2%	49,8%	48,9%	59,8%	57,0%
2 – Eletromobilidade	%	0,01%	0,08%	0,13%	0,12%	0,05%	0,02%	0,01%
3 - Conexão GD								
Capacidade Instalada	MW	30	25.818	2.894	211	70	208	5
GD/Consumo	%	0,04%	6,86%	6,11%	0,36%	0,31%	2,57%	0,01%
4 - Implementação AMI	%	1,00%	0,52%	8,85%	3,92%	3,12%	8,42%	1,31%
5 – Qualidade								
Frequência (SAIFI/FMIK/FEC)	#	10,2	5,2	7,4	15,4	5,1	5,1	5,2
Duração (SAIDI/TTIK/DEC)	h	16,5	10,5	13,6	23,4	6,1	23,4	15,9
6 – Armazenamento	MW	Não significativo						
7 – Perdas	%	15,6%	13,7%	10,2%	13,9%	15,0%	9,9%	9,8%
8 - Universalização	%	100,0%	99,5%	99,6%	95,5%	97,3%	89,9%	94,1%

A informação recolhida permitiu estabelecer uma base de referência clara sobre a qual foram projetadas as necessidades de investimento, tendo em conta tanto as limitações atuais como as oportunidades de melhoria da eficiência do sistema.

OBJETIVOS DA POLÍTICA NACIONAL

A análise dos objetivos da política energética nacional é essencial para compreender o contexto em que a transição energética se dará em cada país. Essas metas, definidas pelos governos nacionais e órgãos reguladores, definem objetivos de longo prazo em termos de descarbonização, eletrificação, integração de energias renováveis e melhoria da qualidade do serviço.

O estudo considerou políticas e planos nacionais, como compromissos de redução de emissões no âmbito do Acordo de Paris, metas de eletrificação rural, metas de eficiência energética e programas de incentivo à mobilidade elétrica e geração distribuída. Foram também levadas em consideração regulamentações específicas que afetam o setor da distribuição de eletricidade, tais como enquadramentos tarifários, requisitos de qualidade de serviço e normas técnicas.

Abaixo está um resumo das principais metas e projeções para os países considerados neste estudo, com base nos compromissos e planos estratégicos atuais de cada nação.



A transformação integral da infraestrutura de distribuição elétrica para a transição energética envolve uma série de investimentos.

Tabela 2. Objetivos e projeções de políticas nacionais

Metas e Projeções							
Redução de Emissões GEE (NDC)	Meta 2030 -27.7% IC -37.5% C	Metas 2025: -37% 2030: -43%	Meta 2030 -30% IC -35/45% C	Meta 2030 -51%	Meta 2025 -20/25% IC -37.5% C	Meta 2030 -11.2% IC -22.6% C	Meta 2030 -30% IC -40% C
Geração Renovável	57% ER (c/ G. Hidro)	45% ERNC	80% ER (c/ G. Hidro)	Incremento 20 GW ERNC	85% ER (c/ G. Hidro)	64% ERNC	35% ERNC
Geração Distribuída	1 GW Capacidade Instalada	37 GW Capacidade Instalada	6 GW Capacidade Instalada	X	X	X	5% Energia seja GD (até 2040)
Mobilidade Elétrica (Parque EV)	Autos 1% Ônibus 20% Motos 2% Caminhões 6%	Autos 0,85% ônibus 8,5%	Vendas 100% Elétricas (até 2035)	EV 100 mil	EV 100 mil	X	Autos 171 mil Ônibus 6,7 mil
Acesso Universal	X	100% até 2026	X	100% até 2035	100% até 2030	100% até 2032	100% até 2028
Medição Inteligente	X	100%, sem prazo	100% até 2025	75% até 2030	100%, sem prazo	X	100% até 2024

PROJEÇÕES DE DEMANDA

As projeções de demanda de eletricidade são um componente essencial do modelo de investimento, pois determinam a magnitude e o tipo de infraestrutura que precisará ser desenvolvida. Para a elaboração destas projeções, foram utilizados modelos econômicos que incorporam variáveis macroeconômicas, demográficas e tecnológicas, e foram definidas hipóteses de evolução do consumo considerando fatores como a eletrificação de novos usos, o crescimento da demanda associado à adoção de veículos elétricos, o impacto da geração distribuída e do armazenamento de energia na demanda da rede. efeito da implementação de infraestrutura de contadores avançados (AMI)

e demanda adicional derivada da melhoria da qualidade do serviço e da resiliência da rede.

Neste estudo, são apresentadas a seguir as projeções de demanda correspondentes ao cenário de Tendência de Crescimento (BAU) e de Transição Efetiva (ET Efetivo), com horizonte temporal até 2040. Registam-se variações entre os países devido a diferenças no crescimento econômico e na estrutura demográfica, com o Equador e a Guatemala a apresentarem um crescimento particularmente acelerado e o Brasil e o Chile a registarem as taxas mais baixas.

Figura 4. Projeções de demanda de energia

Comparativo de Taxas aa				
BAU 2040	Histórica 10 Anos	TE Efetiva 2040	ENEL TE 2050	
 3,69%	 1,88%	 4,21%	 4,19%	
 2,31%	 2,22%	 3,29%	 4,26%	
 2,87%	 2,69%	 3,45%	 2,66%	
 3,32%	 3,63%	 4,40%	 4,54%	
 4,99%	 4,86%	 5,68%	 -	
 4,31%	 3,99%	 6,02%	 6,00%	
 3,51%	 4,21%	 4,19%	 3,88%	

PARÂMETROS TÉCNICOS E CUSTOS DE ATIVOS

Para determinar os parâmetros técnicos e custos dos ativos, foram realizadas consultas às empresas associadas à ADELAT e revisados estudos técnicos e econômicos sobre tecnologias e distribuição de energia elétrica.

Foram estabelecidos parâmetros técnicos para cada um dos vetores de transição energética identificados, que incluíram, entre outros, os requisitos para a expansão de novas linhas e capacidade de transformação para suportar o aumento da demanda e a integração da geração distribuída, as necessidades de investimento em tecnologia para a digitalização da rede, incluindo sistemas ADMS, sensores, e dispositivos de controle remoto, os custos associados à instalação de estações de carregamento e implementação de medidores inteligentes e sistemas de gerenciamento de dados de medição.

Da mesma forma, foram estimados os custos unitários dos ativos necessários para a implementação dos investimentos, com base em preços de mercado e dados históricos. Foram incluídos os custos por quilômetro de rede, por megawatt de capacidade de transformação e por unidade de equipamentos D&A e AMI, entre outros.

CENÁRIO DE TENDÊNCIA DE CRESCIMENTO (BAU)

O modelo considera um cenário de linha de base de tendência de crescimento dos investimentos em DSO (BAU, Business As Usual), que serve de referência para comparar o impacto dos investimentos em cenários de transição energética, estimando a evolução do consumo de eletricidade até 2040 utilizando uma abordagem de projeção econométrica. Essa abordagem é baseada em modelos de Mínimos Quadrados Ordinários (OLS) que utilizam o Produto Interno Bruto (PIB) como principal variável explicativa para o crescimento da demanda de energia, assumindo que a rede de distribui-

ção continua se desenvolvendo de acordo com as tendências históricas, sem mudanças significativas na política energética ou na adoção de novas tecnologias, e sem implementar medidas adicionais para a transição energética. A projeção é feita de forma desagregada por setores, incluindo residencial, comercial, industrial e outros, considerando os investimentos de acordo com duas categorias principais:

Investimentos Obrigatórios ou “Mandatários”: incluem investimentos em DSOs necessários para atender ao crescimento da demanda e à expansão da rede para conectar novos usuários, cumprindo as normas e regulamentos vigentes, e aqueles que buscam corrigir situações que possam comprometer a segurança operacional, a qualidade do serviço ou o meio ambiente. Em alguns casos, esses investimentos podem responder a exigências regulatórias não diretamente relacionadas à operação de energia elétrica, mas que são obrigatórias por lei, como a correção de impactos ambientais.

Investimentos “Discrecionários”: Esses tipos de investimentos são planejados e realizados considerando os critérios internos da empresa, com foco na melhoria da eficiência operacional e na manutenção da competitividade no mercado. Os investimentos discrecionários podem incluir atualizações de tecnologia, expansão de serviços ou renovações de ativos para otimizar as operações e reduzir custos.

CENÁRIOS DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Os cenários de transição energética consideram uma evolução mais ambiciosa do sistema energético, impulsionada por políticas e tecnologias que buscam reduzir as emissões de gases de efeito estufa e aumentar a eficiência energética. Esses cenários foram projetados para capturar as diferentes rotas que os países poderiam seguir em seu caminho para uma rede de distribuição de eletricidade mais moderna, eficiente e resiliente.

Transição Energética Efetiva: Este cenário representa uma abordagem na qual os países fazem um esforço significativo para alcançar uma implementação robusta e ambiciosa das medidas necessárias para modernizar suas redes de distribuição de eletricidade. No âmbito do cenário de TE Efetiva, presume-se que os atores das políticas públicas, da regulação e do setor energético colaborem efetivamente para facilitar os investimentos necessários, resultando em todos os sete países atingindo níveis de eletrificação semelhantes aos propostos pelo estudo “Connecting the Dots” para a União Europeia em 2030 e muito acima das metas e projeções de políticas nacionais apresentadas na seção 4.2, particularmente em relação à geração distribuída e à mobilidade elétrica. O cenário também pressupõe que o acesso universal e a implantação de contadores 100% inteligentes sejam alcançados até 2040, o que é consistente com as metas nacionais, embora com diferentes anos de escopo.

Nesse cenário, há uma adoção rápida e massiva de tecnologias avançadas, como digitalização e automação da rede, integração de veículos elétricos (EVs) e conexão de geração distribuída (GD). Esse cenário também inclui um aumento adicional na demanda de energia derivada da eletrificação de setores que atualmente dependem de fontes convencionais de energia (como GLP, diesel e outros combustíveis fósseis).

Nesse cenário, a demanda de pico é projetada usando perfis de carga típicos do setor e curvas de geração solar. Esses perfis são cruciais para entender como as variações na geração distribuída e no armazenamento afetarão a demanda em diferentes momentos do dia e do ano. A projeção é baseada em dados da consultoria GME e ferramentas como o GlobalSolarAtlas, desenvolvido pela Solargis, ESMAP e Banco Mundial.

Transição Energética Parcial: Nesse cenário, o progresso em direção à modernização da rede é mais gradual, com menos adoção de tecnologias avançadas e foco na manutenção da operabilidade básica da rede.

Esse cenário pressupõe que existem barreiras significativas, como restrições financeiras, incerteza regulatória ou menor prioridade política, que limitam a capacidade dos países de fazer os investimentos necessários em larga escala.

Nesse cenário, a conexão à geração distribuída e a penetração da mobilidade elétrica também atingem níveis acima das metas e projeções da política nacional, embora as diferenças sejam mais moderadas, mantendo-se a mesma premissa de universalização do acesso e implantação de contadores 100% inteligentes em 2040. O cenário pressupõe uma adoção mais lenta de tecnologias avançadas e uma eletrificação mais moderada de novos usos. Esse cenário reflete uma realidade em que os países avançam, mas sem atingir os níveis de desenvolvimento esperados no cenário de TE Efetivo.

Abaixo está um resumo das premissas consideradas para cada um dos cenários de transição energética avaliados.



Os cenários de transição energética consideram uma evolução mais ambiciosa do sistema energético.

Tabela 3. Cenários de Transição Energética Efetiva e Parcial

Vetor	Cenário TE Efetiva	Cenário TE Parcial
Eletificação de Novos Usos	Residencial: eletrificação parcial GLP e biomassa Industrial: eletrificação parcial Carbono mineral, biomassa, GLP, diesel e óleo combustível Comercial e Setor Público: consumo 100% eletrificado	Cenário de eletrificação limitada (50% do cenário de TE Efetiva)
Eletromobilidade	20% do parque veicular	10% do parque veicular
Conexão a GD	GD equivalente a 20% do consumo	GD equivalente a 10% do consumo
Digitalização e Automação	Sistema 100% digital e automatizado . Implementação de sistema ADMS, GIS avançado, sistemas de gestão comercial, de ativos, sensores, interruptores, etc.	Sistema 50% digital e automatizado .
AMI	Implementação de 100%	Implementação de 50%
Qualidade do Serviço	Função das características da rede de cada país. Em média, os alimentadores são encurtados em 10-16% .	Função das características da rede de cada país. Em média, os alimentadores são encurtados em 5-8% .
Resiliência	Estratégia de resiliência em função do risco climático de cada país (alta participação de rede subterrânea)	Estratégia de resiliência 90% Aérea - 10% Subterrânea
Atualização da Rede	Em função das características da rede de cada país	Em função das características da rede de cada país
Baterias	Incorporam-se SAEB à medida que a GD supera o limite de 15% do consumo energético	Não contempla SAEB
Normalização de Perdas	Normalização de 100% de clientes irregulares	
Universalização	Universalização 100% garantida, seja por rede ou stand-alone	

Para desenvolver esses cenários, foi utilizado um modelo flexível e padronizado, que permite estimar as necessidades de investimento no segmento de distribuição de energia elétrica para cada um dos onze vetores de investimento identificados. A avaliação das necessidades de investimento foi realizada para cada país, considerando um horizonte temporal até 2040. A análise é baseada em preços constantes em dólares a partir de dezembro de 2023, o que fornece uma estimativa dos valores reais que facilita a comparação entre diferentes países e cenários.

É importante ressaltar que o valor estimado de investimentos para cada cenário corresponde àqueles que seriam realizados exclusivamente pelos DSOs, excluindo outros investimentos que possam ser desenvolvidos por diferentes atores, como os correspondentes a ativos de conexão de Geração Distribuída ou infraestrutura de recarga de veículos elétricos.

Além disso, os investimentos resultantes não são considerados restritos pelos contextos regulatórios, financeiros ou operacionais de cada país. São investimentos necessários, independentemente das barreiras atuais, ressaltando a importância de políticas e marcos regulatórios que facilitem sua implementação.



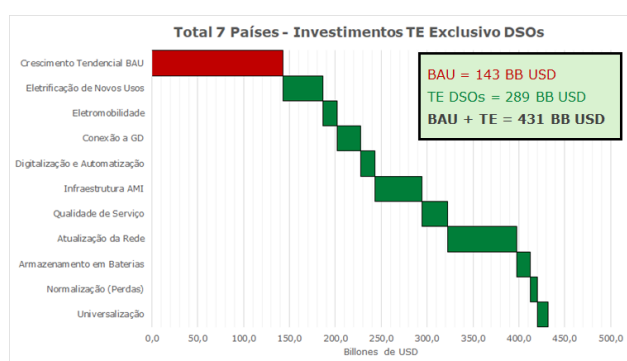
RESULTADOS DO MODELO DE INVESTIMENTO

Este capítulo apresenta os resultados detalhados do modelo de investimentos para a transição energética no segmento de distribuição de energia elétrica nos sete países considerados. Os resultados são analisados sob os dois cenários: Transição Efetiva e Transição Parcial. Em ambos os casos, são calculados os montantes totais de investimento necessários, identificados os vetores com maior peso percentual e apresentados os investimentos médios por ano exigidos por país. Além disso, são analisados indicadores-chave, como investimentos anuais em relação ao PIB, por cliente e por MWh.

CENÁRIO DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA EFETIVA

Para os sete países considerados, o modelo estima um total de US\$ 431 bilhões em investimentos acumulados necessários até 2040 pelos operadores de sistemas de distribuição de energia elétrica (DSOs), excluindo aqueles em ativos de conexão de geração distribuída (GD) que poderiam ser feitos por outros agentes. Esse valor é 201% maior do que os investimentos que seriam feitos no cenário de tendência de crescimento (US\$ 143 bilhões).

Figura 1. Resultados Cenário de Transição Efetiva



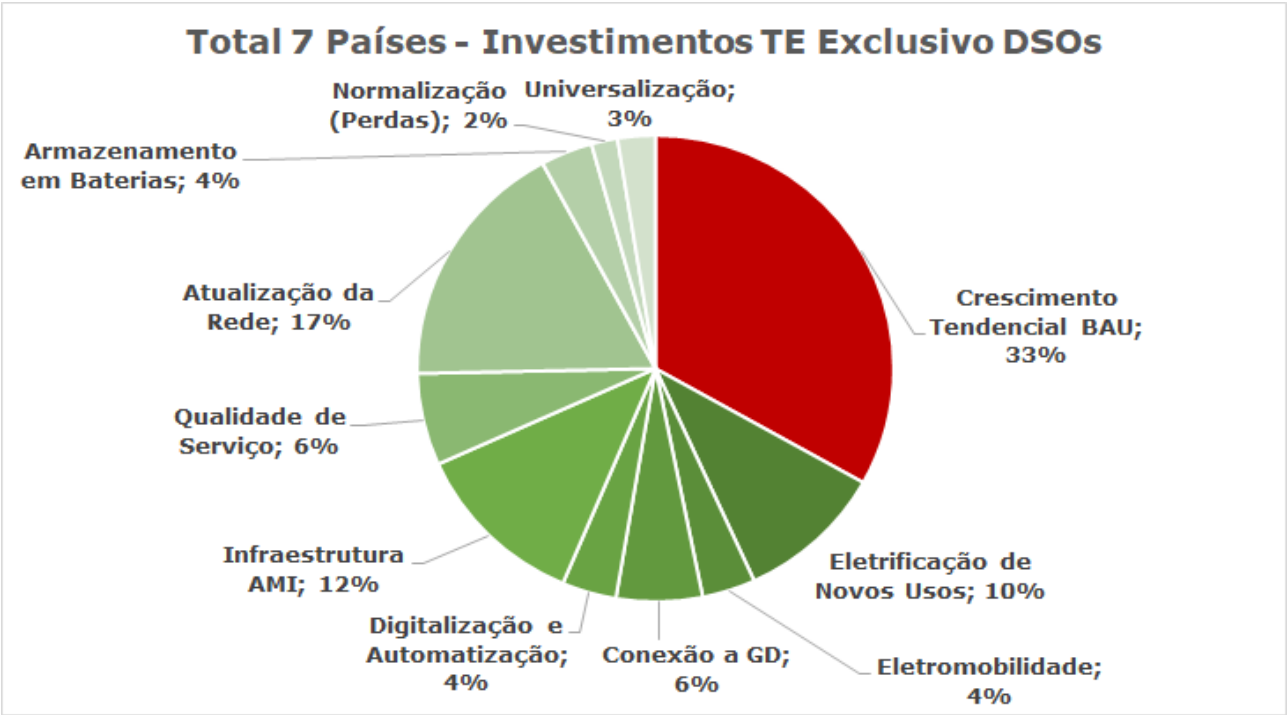
Os investimentos anualizados representariam entre 0,19% e 0,50% do PIB dos países avaliados e entre US\$ 75,4 e US\$ 97,4 por cliente (com base no número total de clientes conectados). Finalmente, os investimentos projetados para energia distribuída estão entre 6,0 e 16,1 USD/MWh. Abaixo está um resumo dos investimentos médios estimados por ano para cada país no cenário TE efetiva.

Tabela 4. Média de investimentos por ano no cenário TE efetiva

Investimentos de TE Efetiva até 2040: 11 Vetores + BAU (Bilhões de USD/Ano)								
Ítem		Argentina	Brasil	Chile	Colombia	Ecuador	Guatemala	Perú
Exclusivas DSOs	BAU	0,8	5,6	0,2	0,9	0,4	0,2	0,3
	11 Vetores de TE	1,6	10,7	0,7	2,1	0,7	0,5	0,8

Os investimentos distribuem-se por diferentes vetores da transição energética, com particular enfoque naqueles que têm maior impacto na modernização e eficiência da rede. Os vetores com maior peso percentual nesse cenário são a Tendência de Crescimento, que representa 33% do investimento total. No que diz respeito à transição energética, os vetores mais importantes são a Atualização da Rede (17%), a Infraestrutura AMI (12%) e a Eletrificação de Novos Usos (10%).

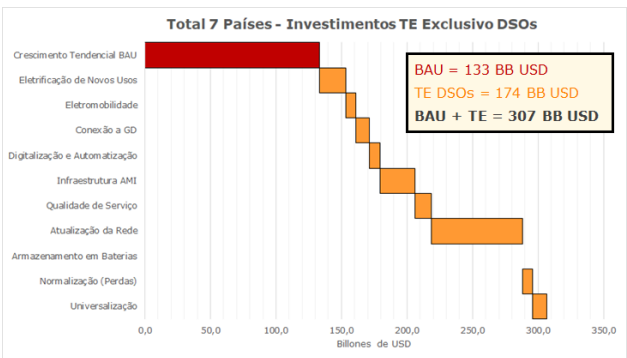
Figura 2. Distribuição dos vetores de investimento no cenário ET efetiva



CENÁRIO DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA PARCIAL

No cenário de Transição Energética Parcial, os investimentos necessários são menores em comparação com o cenário de Transição Energética Efetiva, refletindo uma adoção mais lenta de tecnologias avançadas e menor integração de energias renováveis e eletrificação de novos usos. **O modelo estima um total de US\$ 307 bilhões em investimentos acumulados necessários até 2040, para os sete países considerados**, investimentos que correspondem a DSOs e excluem aqueles em ativos de conexão de geração distribuída (GD) feitos por outros agentes. **Esse valor é 131% maior do que os investimentos que seriam feitos no cenário de tendência de crescimento (US\$ 143 bilhões).**

Figura 3. Resultados Cenário de Transição Energética Parcial



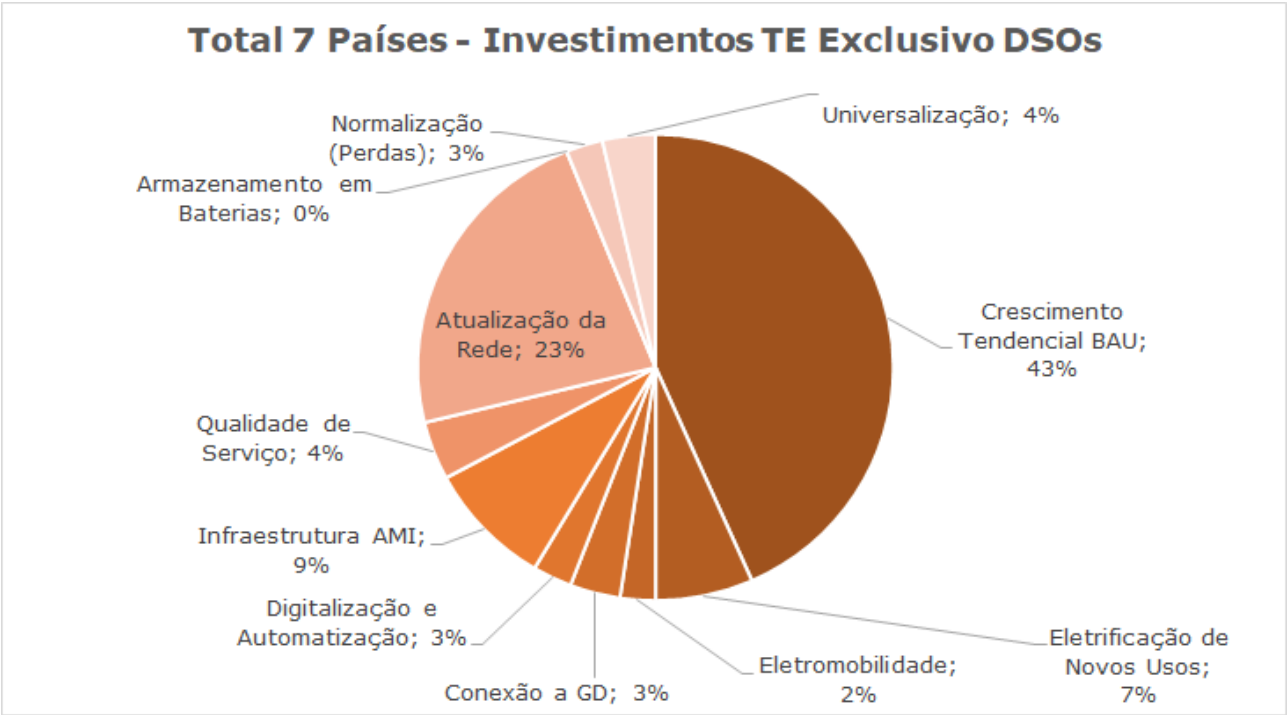
Os investimentos no cenário TE Parcial são distribuídos de forma diferente em comparação com o cenário TE Efetiva, com maior concentração na expansão da rede sob tendência de crescimento (BAU), que responde por 43% dos investimentos. Os outros vetores de investimento com maior peso percentual neste cenário são: Atualização de Rede (23%), Infraestrutura AMI (9%) e Eletrificação de Novos Usos (7%).

Abaixo está um resumo dos investimentos médios estimados por ano para cada país no cenário TE efetivo.

Tabela 5. Investimentos médios por ano no cenário TE parcial

Investimentos de TE Parcial até 2040: 11 Vetores + BAU (Bilhões de USD/Ano)								
Ítem		Argentina	Brasil	Chile	Colombia	Ecuador	Guatemala	Perú
Exclusivas DSOs	BAU	0,6	5,5	0,2	0,8	0,3	0,1	0,3
	11 Vetores de TE	0,8	6,6	0,4	1,2	0,4	0,3	0,5

Figura 4. Distribuição dos vetores de inversão no cenário de Transição Energética Parcial



A comparação entre os dois cenários mostra que, embora ambos exijam investimentos significativos, o cenário de Transição Energética Efetiva proporciona uma maior capacidade de suportar a demanda futura, integrar novas tecnologias e melhorar a resiliência e a qualidade do serviço. No entanto, esse cenário também implica um maior esforço econômico. O cenário de Transição Parcial, embora menos ambicioso, oferece uma alternativa mais moderada, mas pode limitar o potencial dos países para atingir os padrões de rede dos países desenvolvidos. A decisão sobre o caminho a seguir dependerá das prioridades políticas de cada país, da disponibilidade de financiamento e da capacidade de implementação.

CONDIÇÕES FAVORÁVEIS AOS INVESTIMENTOS

O sucesso da transição energética na América Latina depende não apenas da identificação das necessidades de investimento, mas também da criação de um ambiente propício para atrair e sustentar esses investimentos ao longo do tempo. Nesse sentido, as condições favoráveis são essenciais para garantir que os investimentos planejados sejam feitos de forma eficaz e eficiente. Este capítulo aborda duas das principais condições favoráveis: esquemas de remuneração regulatória e investimentos em outros segmentos da cadeia de valor da eletricidade, que são críticos para o desenvolvimento de uma rede de distribuição robusta e moderna preparada para desafios futuros.

ESQUEMAS DE REMUNERAÇÃO REGULATÓRIOS

Os regimes de remuneração regulamentares desempenham um papel crucial na atração de investimento para o setor da distribuição de eletricidade. Esses esquemas determinam como as empresas de distribuição de eletricidade (DSOs) recuperam seus investimentos e obtêm um retorno razoável, o que, por sua vez, afeta sua capacidade de financiar e executar projetos de infraestrutura.

Em um esquema de regulação de preços máximos (Price Cap), os reguladores estabelecem um limite máximo para as taxas que os DSOs podem cobrar, incentivando as empresas a melhorarem sua eficiência para aumentar seus lucros. Esse modelo pode incentivar a contenção de custos, mas se os limites de preços definidos forem muito baixos, pode desencorajar os investimentos necessários. Além disso, os DSOs estão expostos ao risco de que, se a demanda de eletricidade diminuir, os DSOs não consigam ajustar as tarifas para compensar a redução na receita, o que pode comprometer sua capacidade de recuperar os investimentos realizados.

Em um esquema de regulação pela receita máxima (Revenue Cap), os DSOs têm a garantia de um nível de receita predefinido para que, se a demanda diminuir, as taxas possam ser ajustadas para cima para garantir que as receitas projetadas sejam mantidas. Isso mitiga o risco de demanda, mas introduz o risco de eficiência: as empresas

podem ter menos incentivo para fazer investimentos que aumentem sua eficiência operacional, como os de novas tecnologias associadas à transição energética, pois suas receitas são garantidas.

No caso da regulação de custos mais benefícios (Cost Plus), os DSOs são compensados por seus custos operacionais mais uma taxa garantida de retorno sobre seus investimentos. Este regime também proporciona um incentivo limitado para investimentos em tecnologias mais eficientes, uma vez que os DSOs não têm motivação para reduzir os seus custos. Além disso, há um risco regulatório devido à dependência do regulador da aprovação de custos, o que limita a flexibilidade dos DSOs.

Finalmente, um esquema de regulação baseado em incentivos (Incentive-Based Regulation) oferece incentivos adicionais para que os DSOs melhorem a qualidade do serviço, a eficiência operacional e a inovação tecnológica. Os regimes de remuneração baseados em incentivos podem incluir mecanismos específicos para promover o investimento na digitalização, na resiliência e na redução das perdas.

No contexto da transição energética, alguns países começaram a desenvolver esquemas regulatórios específicos que oferecem incentivos adicionais para investimentos em áreas-chave, como eletrificação de novos

usos, mobilidade elétrica, digitalização e resiliência da rede. Esses esquemas podem incluir bônus por atingir metas de descarbonização, conexão à geração distribuída ou melhoria da eficiência energética.

Da mesma forma, os mecanismos de remuneração baseados em empresas modelo, que estabelecem uma remuneração ex-ante com base nos custos de uma empresa ideal, promovem economias de custos para as empresas, mas também limitam os incentivos para investir na modernização da infraestrutura. O estado da arte e os regulamentos modernos demonstram que um bom esquema de remuneração considera tanto o reconhecimento dos custos reais quanto os esquemas de incentivo à eficiência.

Assim, na América Latina, os esquemas regulatórios de remuneração têm desafios comuns que incluem:

Incerteza regulatória: Mudanças frequentes nas políticas e metodologias regulatórias podem criar incerteza para os investidores, dificultando o planejamento de longo prazo e o acesso ao financiamento.

Retornos insuficientes: Em alguns países, as taxas de retorno autorizadas podem não ser suficientes para cobrir o custo do capital, especialmente em economias com altos riscos macroeconômicos ou políticos.

Incentivos inadequados para inovação: Os esquemas regulatórios tradicionais podem não fornecer os incentivos necessários para que os DSOs invistam em tecnologias emergentes, como digitalização ou integração de VE, o que pode atrasar a modernização da rede.

Para que os regimes regulatórios de remuneração sirvam como verdadeiras condições favoráveis aos investimentos na transição energética, é necessário adaptá-los aos objetivos da transição energética, incorporando incentivos claros para que os DSOs invistam em temas prioritários, como a resiliência da rede, a integração da produção distribuída e a eletrificação de novas

utilizações. Além disso, é fundamental que as taxas de retorno reflitam os riscos inerentes aos investimentos e sejam vantajosas o suficiente para atrair capital, especialmente em países com altos níveis de risco. Por fim, os marcos regulatórios devem ser estáveis e previsíveis, o que permitirá que os DSOs e investidores planejem com maior certeza e reduzam o custo do financiamento, além de incorporar esquemas que recompensem a adoção de novas tecnologias e práticas inovadoras que melhorem a eficiência operacional e a qualidade do serviço.

INVESTIMENTOS EM OUTROS SEGMENTOS DA CADEIA

Embora este estudo se concentre no segmento de distribuição, é importante considerar que a transição energética requer investimentos coordenados em todos os segmentos da cadeia de valor da eletricidade, incluindo geração, transmissão e comercialização.

A transição para fontes de energia renováveis e a eletrificação de novos usos aumentarão a demanda por eletricidade, o que, por sua vez, exigirá uma expansão significativa da capacidade de geração. Os investimentos em geração renovável e a integração da geração distribuída são essenciais para descarbonizar o fornecimento de eletricidade, e devem estar alinhados com as capacidades da rede de distribuição para lidar com a variabilidade das fontes renováveis, como solar e eólica.

O segmento de transmissão desempenha um papel fundamental na conexão de novas fontes de geração renovável com centros de consumo. A expansão e modernização das redes de transmissão e interconexões são necessárias para evitar congestionamentos e perdas de energia e garantir a estabilidade do sistema elétrico. Além disso, a integração de tecnologias avançadas de transmissão, como linhas de corrente contínua de alta tensão (HVDC), pode melhorar a eficiência e a capacidade de transmissão em longas distâncias, o que é particularmente relevan-

te em países com grandes territórios, como Brasil e Argentina. A coordenação entre os investimentos no transporte e na distribuição é crucial para evitar estrangulamentos e garantir que a eletricidade produzida a partir de fontes renováveis possa chegar de forma eficiente aos utilizadores finais.

Por fim, a transição energética também requer uma transformação na forma como a eletricidade é comercializada e com a qual os clientes interagem. A adoção de tecnologias como medição avançada (AMI) e a digitalização do relacionamento com o cliente permitirão que os DSOs ofereçam serviços mais personalizados e eficientes, como gerenciamento de demanda, faturamento dinâmico e integração de veículos elétricos. Esses investimentos em marketing e atendimento ao cliente são necessários para colher plenamente os benefícios da digitalização e engajar os consumidores na transição energética, promovendo o uso mais eficiente da energia e maior participação em esquemas de geração e armazenamento distribuídos.

“

O sucesso da transição energética na América Latina não depende apenas da identificação das necessidades de investimento.



CARACTERIZAÇÃO DOS BENEFÍCIOS DOS INVESTIMENTOS NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Os investimentos na transição energética na América Latina não são apenas necessários para cumprir os objetivos de descarbonização e modernização do setor elétrico, mas também geram uma série de benefícios que impactam positivamente em diferentes áreas. Este capítulo tem como objetivo caracterizar, de forma qualitativa, os benefícios operacionais, econômicos, sociais e ambientais que resultam da implementação de investimentos nos diferentes vetores da transição energética. A ADELAT desenvolverá uma segunda etapa do estudo na qual será feita uma aproximação quantitativa do impacto desses benefícios.

BENEFÍCIOS OPERACIONAIS

Os investimentos na transição energética têm um impacto direto na melhoria da eficiência operacional da infraestrutura elétrica, o que melhora a sustentabilidade financeira dos operadores das redes de distribuição. Os benefícios operacionais podem ser divididos em vários aspectos principais:

Custos reduzidos devido à menor necessidade de tarefas de inspeção. A digitalização e a automação, juntamente com a implementação da infraestrutura AMI, melhora a qualidade do serviço, investimentos em resiliência e atualizações de rede, permitem um monitoramento de rede mais eficiente, reduzindo significativamente a necessidade de tarefas de inspeção física. Isso se traduz em custos operacionais mais baixos (OPEX) para as operadoras.

Redução de despesas devido à redução da necessidade de intervenções derivadas de interrupções de serviço. Os mesmos vetores citados acima também contribuem para a redução dos gastos com OPEX ao reduzir a frequência e a necessidade de intervenções na rede. A capacidade de detectar e corrigir problemas remotamente e preventivamente por meio de maior automação do gerenciamento de rede (automação de autocorreção) reduz interrupções e intervenções no local.

Redução de despesas devido à otimização e flexibilidade da operação da rede. Os investimentos não apenas melhoram a operação da rede, mas também otimizam o uso dos ativos existentes. Isso permite maior

flexibilidade na operação, reduzindo os custos operacionais e de capital a longo prazo.

Redução dos riscos ocupacionais (associados à redução da necessidade de tarefas). A automação e digitalização das operações, juntamente com a implementação da infraestrutura AMI e resiliência e atualizações de rede, reduzem a necessidade de tarefas manuais e no local na rede. Isso, por sua vez, reduz os riscos ocupacionais associados, melhorando a segurança do pessoal dos distribuidores.

Redução de despesas na gestão comercial devido à menor necessidade de tarefas. A digitalização e a automação permitem uma gestão comercial mais eficiente, reduzindo a necessidade de tarefas como leitura de medidores, verificação de sinistros e reconexão e desligamento de serviços. A infraestrutura da AMI desempenha um papel crucial nessa redução, automatizando e otimizando processos que antes exigiam intervenção manual.

Redução de gastos com atendimento ao cliente e aumento do relacionamento digital. Por fim, a implementação de tecnologias digitais melhora a experiência do clien-

te, reduzindo a necessidade de interações físicas para resolver problemas e gerenciar serviços. Isso não apenas reduz os custos de atendimento ao cliente, mas também aumenta o engajamento digital, permitindo que as operadoras ofereçam um serviço mais ágil e focado nas necessidades do usuário.

Tabela 6. Benefícios operacionais

Benefícios Operativos	Eletificação de Novos Usos	Eletromobildade	Conexão a EERR (GD)	Digitalização e Automação	Infraestrutura AMI	Qualidade de Serviço	Resiliência	Atualização da Rede	Armazenamento em Baterias	Normalização (Perdas)	Universalização
Redução de gastos OPEX por menor necessidade de tarefas de inspeção				X	X	X	X	X		X	
Redução de gastos OPEX por menor necessidade de intervenções				X	X	X	X	X			
Redução de gastos OPEX e CAPEX (longo prazo) por otimização e flexibilização da operação da rede da distribuidora		X	X	X	X	X	X	X	X		
Redução de riscos laborais (associada à menor necessidade de tarefas)				X	X	X	X	X			
Redução de gastos em gestão Comercial por menor necessidade de tarefas (leitura, corte e reconexão, verificação de reclamações, etc.)				X	X						
Redução de gastos de atendimento ao cliente e aumento do relacionamento digital				X	X						

BENEFÍCIOS ECONÔMICOS

Os investimentos na transição energética não só têm um impacto positivo na operação da rede, como também geram benefícios econômicos significativos, tanto para os operadores das redes de distribuição (DSOs) como para os consumidores e a indústria em geral. Esses benefícios reforçam a viabilidade econômica da transição energética e destacam sua importância não apenas em termos de sustentabilidade, mas também como motor do desenvolvimento econômico da região. Os principais benefícios econômicos derivados destes investimentos são detalhados a seguir, em função dos diferentes vetores da transição.

Desenvolvimento de Novos Negócios. A eletrificação de novos usos, a eletromobildade, a conexão à geração distribuída (GD), a digitalização e a automação e a implantação da infraestrutura AMI abrem as portas para o desenvolvimento de novos modelos de negócios que podem ser capturados pelos DSOs. Essas oportunidades incluem o gerenciamento de demanda, serviços de carregamento de veículos elétricos e soluções avançadas de eficiência energética, entre outras.

Melhoria da competitividade na indústria. A conexão à geração distribuída e ao armaze-

amento de baterias permite uma redução de longo prazo nos custos de energia, o que melhora a competitividade das indústrias. Ao garantir um fornecimento de eletricidade mais estável e econômico, as empresas podem reduzir seus custos operacionais, resultando em uma maior capacidade de competir nos mercados local e internacional.

Redução na conta de energia do consumidor. A melhoria da qualidade do serviço, a maior resiliência e a modernização da rede se traduzem diretamente em uma redução da fatura final que os consumidores têm que pagar pelo consumo de energia. Isso se

deve à maior eficiência no uso da energia, à redução de perdas na rede e ao acesso a fontes de energia mais baratas e sustentáveis.

Redução das necessidades de investimento em medidas de contingência. A resiliência, a atualização da rede, a qualidade do serviço e o armazenamento de baterias contribuem para a diminuição da necessidade de investir em medidas de contingência, como geradores de emergência. A melhoria da qualidade do serviço elétrico reduz a frequência e a duração das interrupções, diminuindo a dependência de soluções alternativas e caras para garantir a continuidade do fornecimento.

Redução das necessidades de importação de energia. A incorporação de recursos energéticos distribuídos também reduz a dependência das importações de energia em alguns países. Ao aumentar a capacidade e a eficiência de armazenamento de energia local, reduz-se a necessidade de importação de combustíveis fósseis ou outras formas de energia, melhorando a balança comercial e reduzindo a exposição às flutuações do mercado internacional.



Tabela 7. Benefícios econômicos

Benefícios Econômicos	Elettrificação de Novos Usos	Eletromobildade	Conexão a EERR (GD)	Digitalização e Automaatização	Infraestruturra AMI	Qualidade de Serviço	Resiliência	Atualização da Rede	Armazenam ento em Baterías	Normalizaã o (Perdas)	Universaliza ção
Desenvolvimento de Novos Negócios potencialmente capturáveis pelos DSOs	X	X	X	X	X				X		
Melhora da competitividade na indústria gracias à redução de longo prazo nos custos da energia			X						X		
Redução na fatura final que paga o usuário residencial pelo consumo total de energéticos	X	X	X	X	X					X	
Redução de necessidades de investimentos em medidas de contingência (ex. geradores) graças à melhora na qualidade do serviço						X	X	X	X		
Redução nas necessidades de importação de energéticos (alguns países)			X						X		

BENEFÍCIOS SOCIAIS

A transição energética no segmento de distribuição de energia elétrica não só traz melhorias operacionais e econômicas, mas também gera impacto positivo na sociedade. Estes benefícios sociais manifestam-se em vários aspectos que vão desde a melhoria das condições de vida à promoção da equidade e da criação de emprego, e reforçam a importância de uma transição energética inclusiva e centrada nas pessoas, onde os investimentos em tecnologia e infraestruturas desempenham um papel crucial na construção de sociedades mais justas e equitativas. Os principais benefícios sociais derivados dos investimentos em diferentes vetores da transição energética são detalhados a seguir.

Mejora de las Condiciones de Vida y Pro-Melhoria das condições de vida e promoção da economia regional e circular. O acesso à eletricidade é essencial para melhorar as condições de vida das populações. A universalização da eletricidade permite que mais pessoas, especialmente em áreas rurais e de baixa renda, tenham acesso a um fornecimento confiável de energia. Isso não apenas melhora a qualidade de vida, mas também promove o desenvolvimento das economias regionais e fomenta a economia circular, criando um ciclo virtuoso de desenvolvimento econômico e social.

Redução da lacuna de gênero e desenvolvimento produtivo. A eletrificação de novos usos e a universalização do serviço permitem a redução da lacuna de gênero, especialmente em setores onde a energia é um facilitador fundamental para o desenvolvimento de atividades produtivas. Melhorar a eficiência energética em casa também libera tempo e recursos, o que pode ser particularmente benéfico para as mulheres, que tradicionalmente assumem a maioria das tarefas domésticas.

Geração de Emprego Qualificado. A eletrificação de novos usos, a eletromobilidade, a conexão à geração distribuída (GD) e o armazenamento de baterias geram novas oportunidades de emprego qualificado e de qualidade. A demanda por novas tecnologias e serviços energéticos cria mercados emergentes que exigem trabalhadores com habilidades especializadas, contribuindo para a redução do desemprego e o desenvolvimento do capital humano na região.

Melhoria da Segurança na Via Pública. A resiliência e a atualização da rede e da infraestrutura da AMI contribuem para a melhoria da segurança nas vias públicas. A modernização das redes de iluminação pública e a implementação de sistemas mais eficientes e confiáveis não apenas reduzem o crime, mas também melhoram a qualidade de vida, proporcionando ambientes mais seguros e habitáveis.

Identificação e direcionamento de usuários vulneráveis. A digitalização e a automação, juntamente com a infraestrutura da AMI, permitem uma melhor identificação e direcionamento de usuários vulneráveis que precisam de subsídios e assistência. Isso facilita uma gestão mais eficiente dos recursos destinados a apoiar as populações mais carentes, garantindo que as políticas de subsídios cheguem a quem realmente precisa e melhorando a equidade social.



Os investimentos na transição energética têm impacto direto na melhoria da eficiência operacional.

Tabela 8. Benefícios Sociais

Benefícios Sociais	Eletificação de Novos Usos	Eletromobildade	Conexão a EERR (GD)	Digitalização e Automação	Infraestrutura AMI	Qualidade de Serviço	Resiliência	Atualização da Rede	Armazenamento em Baterias	Normalização (Perdas)	Universalização
Acesso à eletricidade permite a melhora geral de condições de vida e a promoção de economias regionais e economia circular											x
O acesso à eletricidade permite a redução da desigualdade de gênero graças às melhorias na eficiência do consumo doméstico e às oportunidades para o	x										x
Geração de empregos qualificados e de qualidade graças ao desenvolvimento de novos mercados.	x	x	x						x		
Melhora na segurança nas vias públicas.							x	x		x	x

BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

A transição energética também gera benefícios ambientais significativos, que se manifestam por meio da redução do consumo de energia e das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Esses benefícios são consequência direta da implementação de tecnologias mais eficientes, da integração de fontes renováveis de energia e da otimização da operação da rede de distribuição de energia elétrica. Os principais benefícios ambientais derivados dos investimentos em diferentes vetores da transição energética são detalhados abaixo.

Redução do consumo de energia e das emissões por substituição de fontes convencionais. A eletrificação de novos usos, a eletromobildade, a conexão à geração distribuída (GD) e o armazenamento de baterias contribuem significativamente para a redução do consumo de energia e das emissões de GEE. Esse benefício é alcançado com a substituição de fontes de energia convencionais e menos eficientes por outras mais limpas e sustentáveis, como a eletricidade de fontes renováveis. A eletrificação em setores como transporte e indústria permite maior eficiência energética, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e reduzindo as emissões.

Redução de emissões pela substituição da geração convencional por recursos renováveis distribuídos. A conexão à geração distribuída possibilita a integração de fontes de energia renováveis, como solar e eólica, diretamente na rede de distribuição. A expansão da geração distribuída não só contribui para a descarbonização da matriz energética, como também promove um uso mais

eficiente e sustentável dos recursos energéticos disponíveis.

Redução do consumo de energia e das emissões através da otimização da operabilidade da rede. Os investimentos em digitalização e automação, juntamente com a infraestrutura da AMI e o armazenamento de baterias, permitem otimizar a operacionalidade da rede de distribuição. A otimização traduz-se numa maior eficiência na distribuição de energia, reduzindo as perdas técnicas e, consequentemente, o consumo de energia e as emissões associadas. Modernizar a rede usando essas tecnologias é crucial para maximizar a eficiência do sistema elétrico.

Redução do consumo de energia e das emissões através da redução das perdas de energia. A normalização de perdas reduz a quantidade de energia que deve ser gerada para atender à demanda, o que, por sua vez, diminui as emissões de GEE, evitando o desperdício de recursos e contribuindo para uma rede mais sustentável.

Tabela 9. Benefícios ambientais

Benefícios Ambientais	Eletrificação de Novos Usos	Eletromobildade	Conexão a EERR (GD)	Digitalização e Automaatização	Infraestruturra AMI	Qualidade de Serviço	Resiliência	Atualização da Rede	Armazenamento em Baterias	Normalização (Perdas)	Universalização
Redução do consumo de energia (e emissões) pela substituição de fontes convencionais por outras mais eficientes.	X	X	X						X		
Redução de emissões pela substituição da geração de fontes convencionais por recursos renováveis distribuídos.			X						X		
Redução do consumo de energia (e emissões) por melhorias na operabilidade da rede (otimização).				X	X				X		
Redução do consumo de energia (e emissões) pela diminuição das perdas de energia										X	



CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A transição energética na América Latina representa uma oportunidade histórica para transformar o setor elétrico e avançar em direção a um futuro mais sustentável, resiliente e inclusivo. A transição energética não é uma opção, mas uma necessidade imperativa para que a América Latina cumpra seus compromissos climáticos, garanta a segurança energética e promova o desenvolvimento econômico sustentável. Os investimentos na modernização da rede de distribuição de eletricidade são essenciais para responder ao crescimento da demanda, integrar fontes de energia renováveis, melhorar a qualidade do serviço e reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

Os resultados do modelo de investimentos mostram que a magnitude dos investimentos necessários para uma transição energética efetiva é significativa, e os países da região precisarão mobilizar recursos consideráveis para modernizar suas infraestruturas elétricas. No cenário de transição efetiva, os investimentos necessários são substancialmente maiores, destacando a importância de um compromisso firme de governos, empresas e sociedade em geral para atingir as metas de descarbonização. Dentre os principais resultados do estudo, destacam-se os seguintes pontos:

Os investimentos a serem realizados para o cenário TE Efetiva são estimados em US\$ 431 bilhões para o segmento de distribuição exclusiva de DSOs, valor 201% superior aos investimentos que seriam realizados no cenário de tendência de crescimento. Em contrapartida, para o cenário ET parcial, os investimentos somam US\$ 307 bilhões, 131% acima do cenário de tendência.

Entre 33% e 43% dos investimentos necessários em ambos os cenários correspondem a despesas de Crescimento Tendencial (BAU), ou seja, investimentos que são necessários independentemente da transição energética.

Entre os onze vetores de transição energética analisados, destacam-se os correspondentes à atualização da rede, implantação de infraestrutura AMI e eletrificação de novos usos pela participação nos investimentos estimados.

Os resultados obtidos neste estudo são consistentes com as análises desenvolvidas pela Euroelectric-Deloitte para países europeus, o que reforça a validade da abordagem metodológica utilizada.

Os investimentos na transição energética geram benefícios que vão além da melhoria operacional do sistema elétrico. Do ponto de vista econômico, os investimentos podem estimular o crescimento, criar empregos e melhorar a competitividade dos países da região. Em termos sociais, os investimentos podem contribuir para reduzir a pobreza energética, melhorar a qualidade de vida e promover a inclusão social. Do ponto de vista ambiental, a transição para as energias renováveis e a redução das emissões de GEE são essenciais para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e conservar os recursos naturais.

Apesar dos benefícios potenciais, a transição energética enfrenta uma série de desafios e barreiras. Entre os mais significativos estão as restrições financeiras, a incerteza regulatória, a resistência à mudança por parte de alguns atores e a necessidade de desenvolver capacidades técnicas e operacionais nos DSOs. A superação desses desafios exigirá uma abordagem coordenada e estratégica, bem como o apoio contínuo de políticas públicas favoráveis à transição, que poderiam considerar as recomendações resumidas abaixo.

Figura 5. Recomendações para o setor público, DSOs e reguladores

Setor Público	DSO	Órgão Regulador
Planejamento Nacional Unificado (Geração, Transmissão e Distribuição), flexível e alinhado à TE	Planejamento estratégico alinhado com TE	Desenvolver esquemas de remuneração que permitam o reconhecimento antecipado dos investimentos associados à transição energética (via tarifário)
Facilitar o acesso dos DSOs ao financiamento de organizações multilaterais ou agências de desenvolvimento para o desenvolvimento de investimentos em TE	Gestão da mudança de paradigma em todos os níveis da empresa	Desenvolvimento de regulamentação relativa à prestação de novos serviços associados à TE: carregamento de veículos elétricos, agregador de procura, etc. (autorizando a participação de DSOs)
Facilitar a coordenação regional de aspectos associados à TE	Participação ativa dos DSOs para capturar os novos mercados associados à TE: gestão da procura, eficiência energética, carregamento de veículos, etc.	Desenvolvimento de regulamentos sobre o uso de dados e privacidade de informações (autorizando a participação de DSOs)
	Participação ativa dos DSOs para capturar novos mercados associados à gestão da informação: Big Data, Cibersegurança, etc.	Agilizar e simplificar os procedimentos de autorização associados aos investimentos em TE (ponto de vista do usuário)
Envolver as comunidades locais para a padronização e universalização (capacitações, workshops, etc.)		Desenhar estruturas tarifárias eficientes e consistentes com os investimentos da TE, permitindo a otimização dos investimentos de longo prazo
		Promover estudos pilotos (sandbox regulatório)

RECOMENDAÇÕES PARA O SETOR PÚBLICO

Planejamento Nacional Unificado: Recomenda-se desenvolver um planejamento energético nacional que integre políticas e estratégias de geração, transmissão e distribuição, garantindo que todas as áreas estejam alinhadas com os objetivos da transição energética e que promovam a sinergia entre diferentes setores, como energia, transporte e indústria. Esse planejamento deve ser flexível para se adaptar às rápidas inovações tecnológicas e mudanças na demanda de energia. Além disso, deve incorporar a participação de múltiplos atores, incluindo o setor privado, os governos regionais e locais e a sociedade civil.

Acesso ao financiamento: É fundamental que os governos facilitem o acesso dos DSOs a fontes internacionais de financiamento, como bancos multilaterais e agências de desenvolvimento. Este financiamento é crucial para realizar os investimentos necessários em infraestruturas de distribuição, especialmente em projetos de grande escala, como a integração de energias renováveis e a expansão de redes inteligentes. O setor público pode promover condições financeiras favoráveis, incluindo baixas taxas de juros e períodos de carência estendidos,

que permitam que os DSOs façam os investimentos necessários sem comprometer sua estabilidade financeira.

Coordenação regional: A coordenação entre os países da região deve ser incentivada para enfrentar os desafios comuns da transição energética. Isso inclui harmonizar regulamentos e padrões técnicos, criar mercados regionais integrados de eletricidade e cooperar em projetos de infraestrutura transnacionais, como interconexões elétricas. A coordenação regional também é fundamental para otimizar os recursos energéticos compartilhados e garantir a segurança energética em toda a região.

RECOMENDAÇÕES PARA AS DISTRIBUIDORAS (DSOS)

Planejamento estratégico alinhado à TE: Os DSOs devem desenvolver e atualizar continuamente seus planos estratégicos para alinhá-los com os objetivos da transição energética. Isso envolve antecipar futuras necessidades de investimento, identificar novas oportunidades de mercado e adaptar-se às mudanças na demanda de energia. O planejamento estratégico deve considerar a integração de tecnologias emergentes, como redes inteligentes, armazenamento de energia e sistemas avançados de geren-

ciamento de demanda, para garantir que as redes de distribuição estejam preparadas para desafios futuros.

Gestão de mudanças: A transição energética exigirá uma mudança de paradigma na forma como os DSOs operam. É necessário implementar programas de gestão da mudança que preparem todos os níveis da organização para as novas realidades do setor energético. Isso inclui o treinamento contínuo da força de trabalho em novas tecnologias e processos, a adoção de uma cultura de inovação e adaptabilidade e a reestruturação organizacional quando necessário para melhorar a eficiência operacional e a capacidade de resposta às demandas do mercado.

Participação em Novos Mercados: Os DSOs devem se posicionar proativamente para capturar novos mercados e serviços associados à transição energética. Isso inclui gerenciamento de demanda de energia, fornecimento de infraestrutura de carregamento para veículos elétricos e participação em mercados de agregação e resposta à demanda. Além disso, eles devem explorar oportunidades em áreas como segurança cibernética e gerenciamento de dados, que se tornarão cada vez mais importantes em um ambiente de rede digitalizado.

RECOMENDAÇÕES PARA REGULADORES

Esquemas de remuneração: Os órgãos reguladores devem projetar esquemas de remuneração que permitam aos DSOs recuperar antecipadamente os investimentos feitos na transição energética por meio de tarifas. Isso é fundamental para garantir que eles tenham incentivos financeiros para investir em novas tecnologias e modernização de rede. Os sistemas de remuneração devem ser transparentes, justos e capazes de se adaptarem às mudanças no mercado e na tecnologia.

Regulação de Novos Serviços: É essencial desenvolver um marco regulatório que facilite a prestação de novos serviços associados à transição energética, como carregamento de veículos elétricos e agregação de demanda. Essas regulamentações devem permitir e incentivar a participação de DSOs nesses mercados emergentes, garantindo que eles possam capturar novos fluxos de receita e contribuir ativamente para a sustentabilidade do sistema energético.

Proteção de dados: Com a crescente digitalização da rede elétrica, é crucial que os reguladores estabeleçam regulamentos claros sobre o uso de dados e proteção da privacidade. Isso inclui autorizar os DSOs a lidar e usar dados de maneiras que beneficiem os consumidores e o sistema como um todo, garantindo proteção contra o uso indevido de informações.

Simplificação de Procedimentos: Recomenda-se agilizar e simplificar os procedimentos de autorização e licenciamento de investimentos associados à transição energética. Isso inclui reduzir a burocracia e os tempos de espera para aprovações de projetos para atrair investimentos e acelerar o desenvolvimento da infraestrutura necessária.

RECOMENDAÇÕES TRANSVERSAIS

Envolver as comunidades locais: O sucesso da transição energética depende muito do apoio e da participação das comunidades locais. Recomenda-se desenvolver programas de treinamento e workshops voltados para as comunidades para explicar os benefícios da transição e como elas podem participar ativamente do processo. Isso é especialmente importante em áreas rurais, onde a normalização e a universalização do acesso à energia podem transformar significativamente as condições de vida. A participação da comunidade também pode facilitar a adoção de novas tecnologias e práticas energéticas, reduzindo a resistência à mudança e aumentando a aceitação social dos projetos.

Projetando estruturas tarifárias eficientes:

É crucial que reguladores e DSOs colaborem para projetar estruturas tarifárias que reflitam os custos reais dos investimentos em transição energética e incentivem o uso eficiente da energia. Isso envolve a elaboração de tarifas que não apenas cubram os custos de investimento, mas também incentivem os consumidores a adotarem práticas energéticas mais eficientes e participar ativamente da transição energética. As tarifas devem ser justas e garantir que todos os utilizadores, independentemente do seu nível socioeconômico, possam se beneficiar dos avanços tecnológicos e da modernização das redes.

Promover estudos-piloto: Autoridades, reguladores e DSOs podem promover estudos-piloto que permitam que novas tecnologias, modelos de negócios e estratégias regulatórias sejam testadas e ajustadas em um ambiente controlado. Esses estudos podem incluir a implementação de sandboxes regulatórios, que permitem a experimentação

segura e regulada antes da implementação em larga escala. Os resultados desses pilotos fornecerão dados valiosos que podem otimizar futuras decisões de investimento e políticas, minimizando os riscos associados à adoção de novas tecnologias.

A transição energética na América Latina é um desafio ambicioso, mas também uma oportunidade única para construir um futuro mais sustentável, equitativo e próspero. Os investimentos na modernização do sistema elétrico são o pilar fundamental dessa transformação, e seus benefícios vão muito além do setor energético, impactando positivamente a economia, a sociedade e o meio ambiente. O sucesso da transição energética na região dependerá da capacidade dos países de superar barreiras e se comprometer totalmente com a transformação de seus sistemas elétricos. As decisões tomadas nos próximos anos serão fundamentais para definir o caminho para um futuro energético mais sustentável, resiliente e justo para todos.



FONTES DE INFORMAÇÃO

O estudo foi baseado em uma ampla variedade de fontes de informação que fornecem uma base diversificada para a análise da transição energética no segmento de distribuição de energia elétrica na América Latina. As principais fontes consultadas são detalhadas abaixo:

Informações fornecidas pelas distribuidoras: Foram utilizadas informações diretas das distribuidoras, como planilhas e relatórios técnicos, que oferecem dados específicos sobre a infraestrutura existente e o consumo de energia.

Publicações de órgãos reguladores nacionais: Foram consultados documentos e relatórios emitidos por órgãos reguladores como ENRE (Argentina), ANEEL (Brasil), CNE (Chile), CREG (Colômbia), ARCONNR (Equador), CNEE (Guatemala), OSINERGMIN (Peru), entre outros.

Informações de agências governamentais e ministérios: Foram incluídos dados e análises publicados por várias agências governamentais e ministérios, fornecendo uma visão abrangente das políticas energéticas e dos planos de expansão da rede elétrica em cada país.

Associações de distribuidores: Foram consultados relatórios e publicações de associações setoriais como ADEERA (Argentina) e ASOCODIS (Colômbia) para obter uma perspectiva setorial sobre os indicadores e tendências da distribuição de eletricidade na região.

Documentos de Planejamento de Eletrificação Rural: Esses documentos forneceram informações essenciais sobre os esforços para expandir o acesso à energia em áreas rurais e remotas.

Relatórios de Sustentabilidade e Relatórios Anuais: As empresas de distribuição publicam regularmente relatórios de sustentabilidade e relatórios anuais em seus sites, que

incluem informações relevantes sobre suas operações, investimentos em infraestrutura e compromissos ambientais.

Relatório de Análise de Custo Nivelado de Energia da Lazard: Este relatório foi usado para obter referências sobre custos de energia nivelados.

Estudo “Connecting the Dots” da Euroelectric-Deloitte: Este estudo foi uma referência fundamental para a estruturação do modelo de investimento utilizado nesta análise, fornecendo um quadro metodológico comparativo.

Global EV World Outlook da IEA (Agência Internacional de Energia): Este relatório forneceu projeções sobre a adoção global de veículos elétricos, um componente crítico para entender as demandas futuras da infraestrutura de distribuição.

Estudos anteriores do GME e consultas a fornecedores: Foram incorporados dados e análises de estudos anteriores realizados pelo Grupo Mercados Energéticos (GME), bem como informações adicionais obtidas por meio de consultas a fornecedores e outras fontes especializadas.

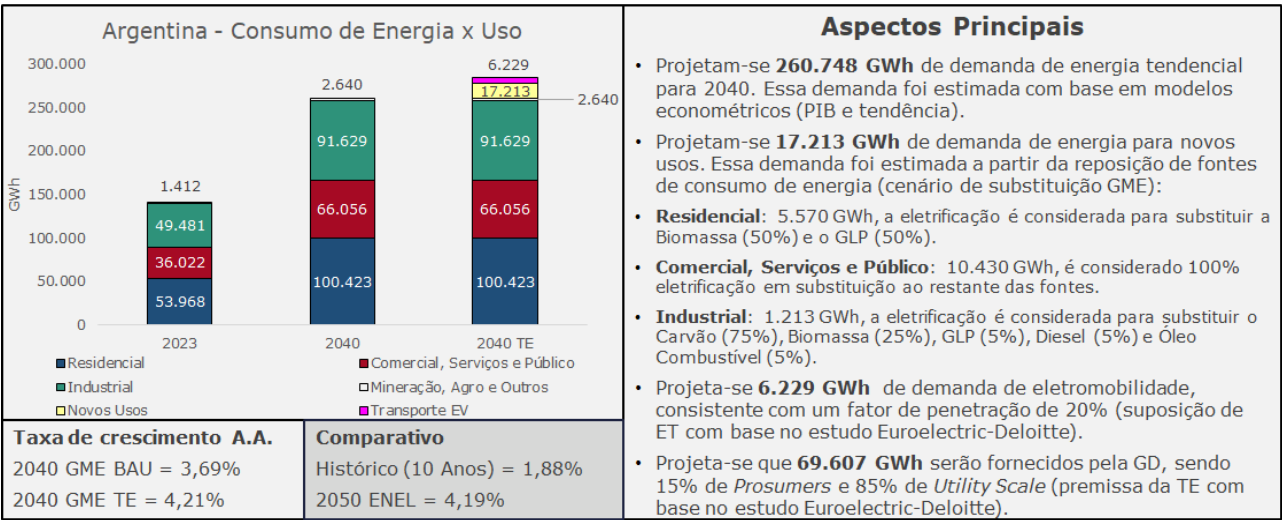
Resultados do Modelo de Demanda e fontes adicionais: Para a análise comparativa, foram consideradas projeções de estudos de Transição Energética (ET) da ENEL e de outros órgãos oficiais. Além disso, foram integradas fontes de informação de organismos internacionais como CEPAL, FMI e OLADE, o que proporcionou um contexto mais amplo sobre as tendências macroeconômicas e energéticas da região.

ANEXO: CENÁRIOS DE DEMANDA E RESULTADOS POR PAÍS

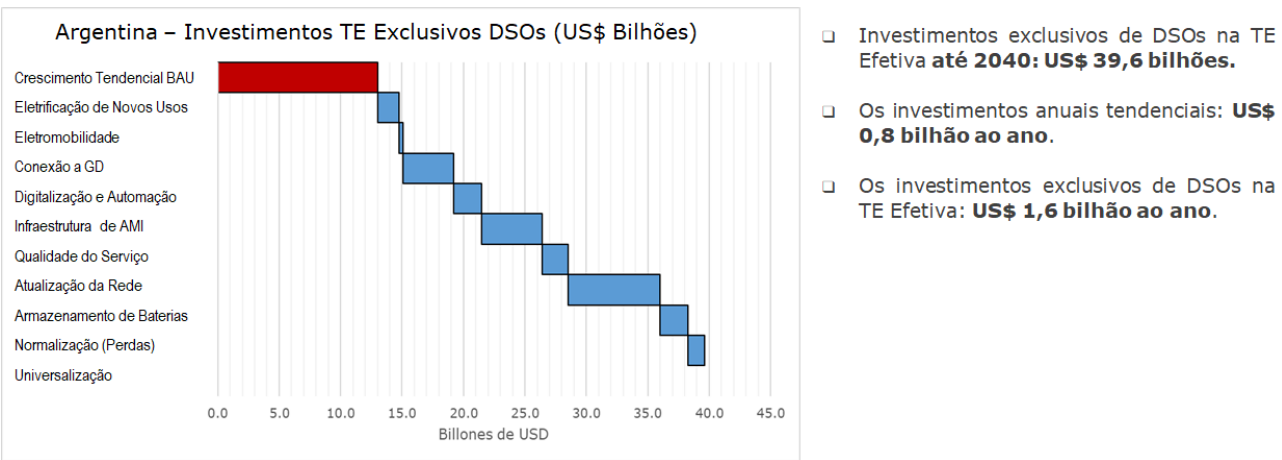


ARGENTINA

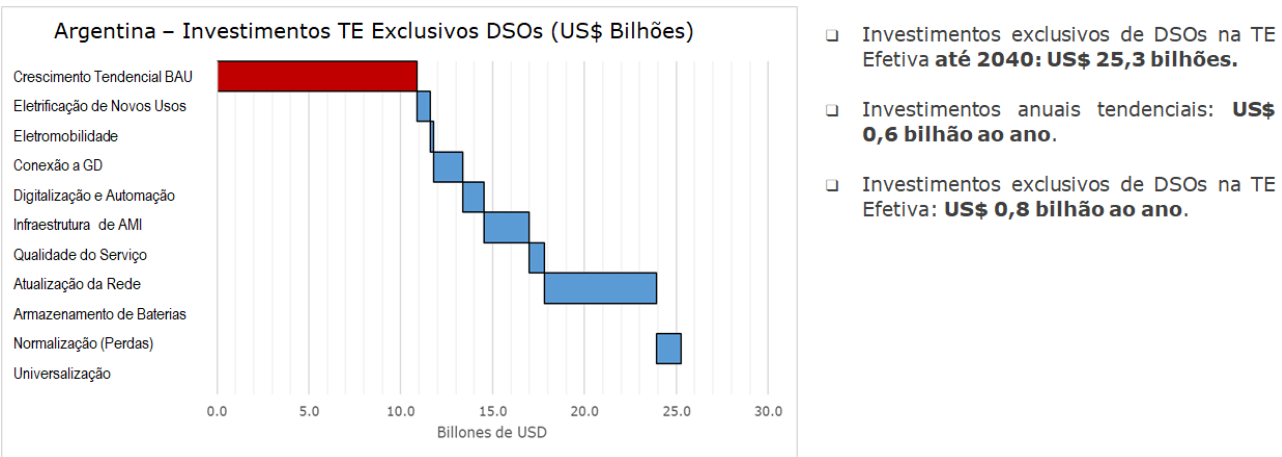
Projeção da demanda de energia



Resultado Cenário de Transição Efetiva



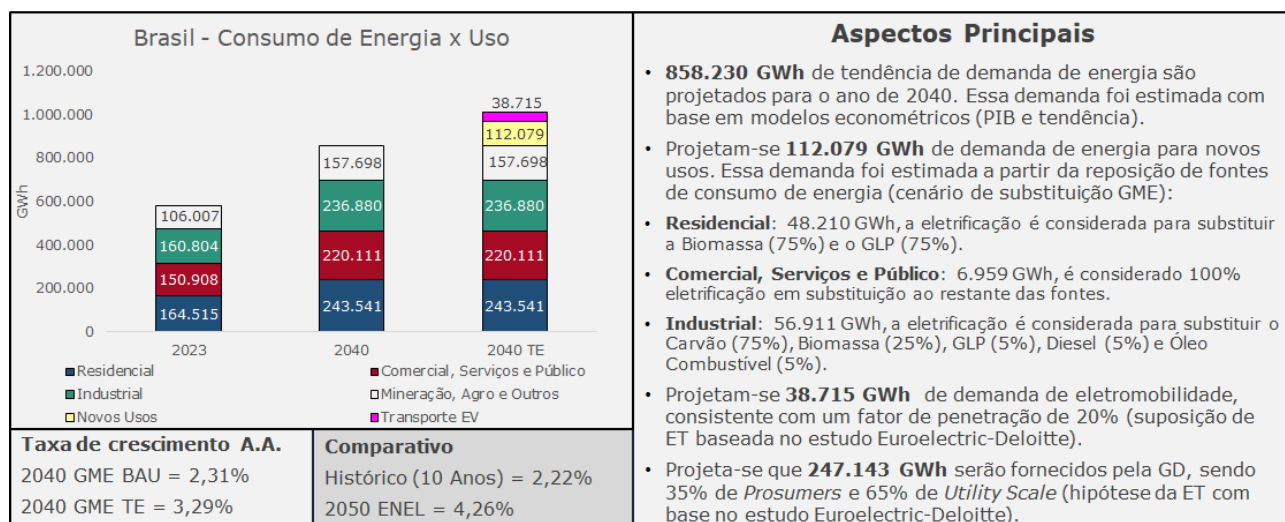
Resultado do Cenário de Transição Parcial



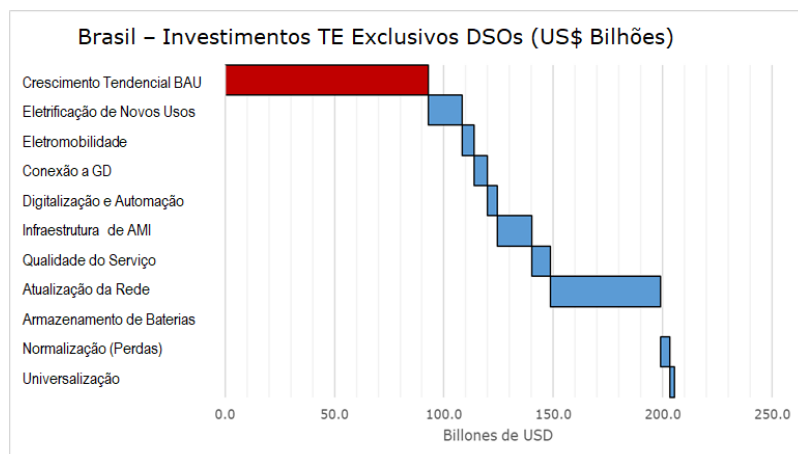


BRASIL

Projeção da demanda de energia

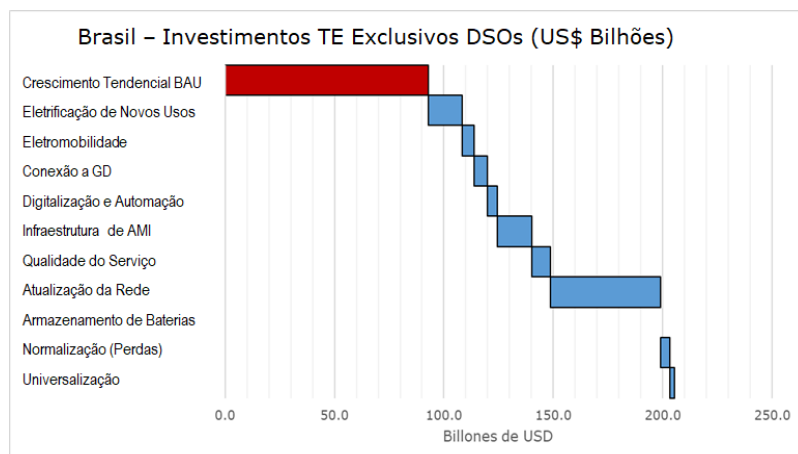


Resultado Cenário de Transição Efetiva



- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva **até 2040: US\$ 205,4 bilhões.**
- ❑ Investimentos anuais tendenciais: **US\$ 5,5 bilhões ao ano.**
- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva: **US\$ 6,6 bilhões ao ano.**

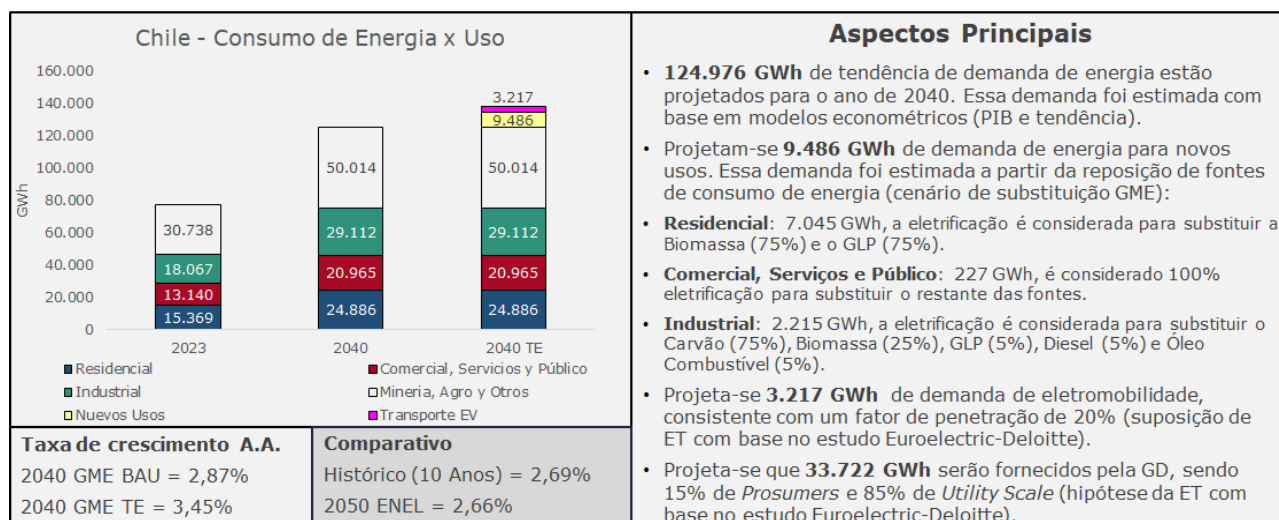
Resultado do Cenário de Transição Parcial



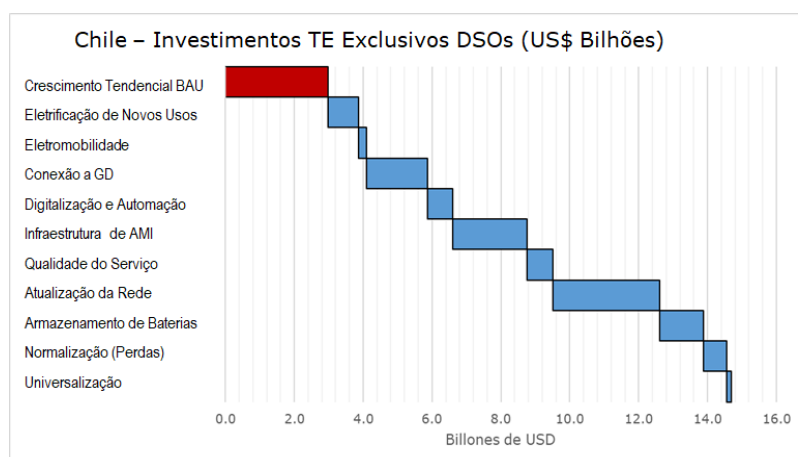
- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva **até 2040: US\$ 205,4 bilhões.**
- ❑ Investimentos anuais tendenciais: **US\$ 5,5 bilhões ao ano.**
- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva: **US\$ 6,6 bilhões ao ano.**



Projeção da demanda de energia

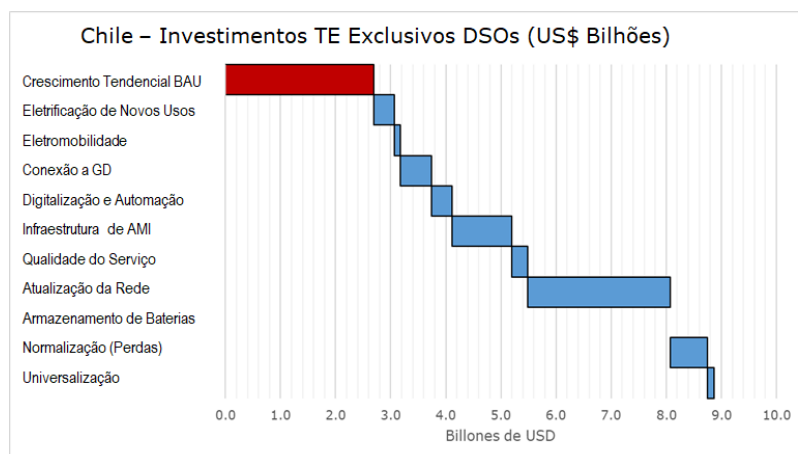


Resultado Cenário de Transição Efetiva



- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva **até 2040: US\$ 14,7 bilhões.**
- ❑ Investimentos anuais tendenciais: **US\$ 0,2 bilhão ao ano.**
- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva: **US\$ 0,7 bilhão ao ano.**

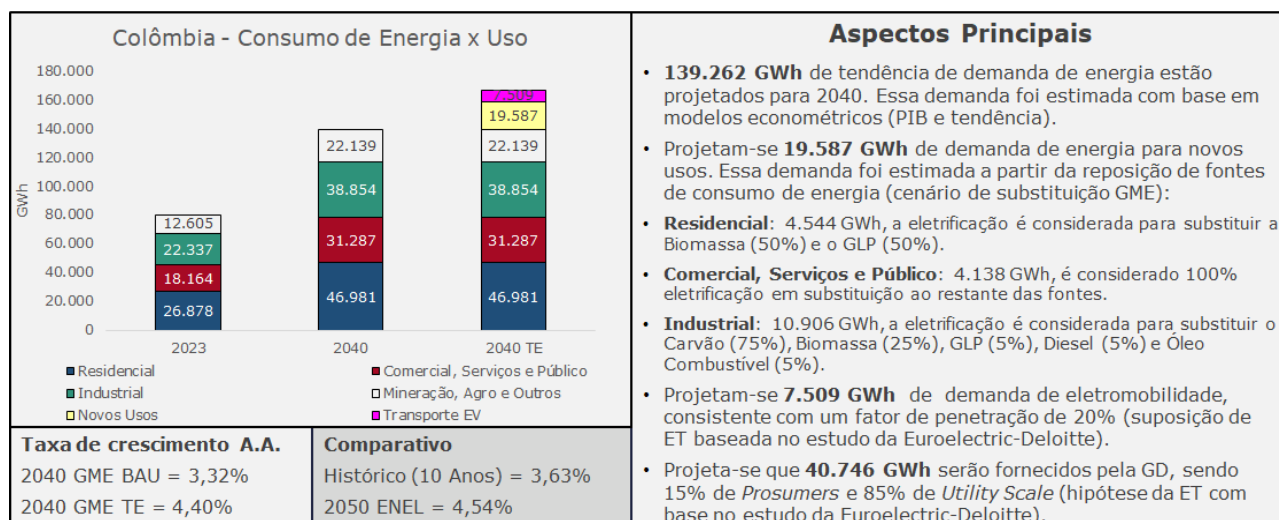
Resultado do Cenário de Transição Parcial



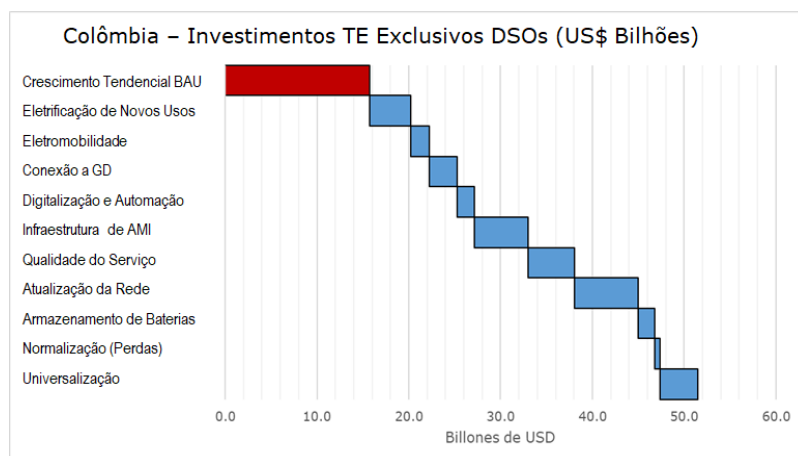
- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva **até 2040: US\$ 8,9 bilhões.**
- ❑ Investimentos anuais tendenciais: **US\$ 0,2 bilhão ao ano.**
- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva: **US\$ 0,4 bilhão ao ano.**



Projeção da demanda de energia

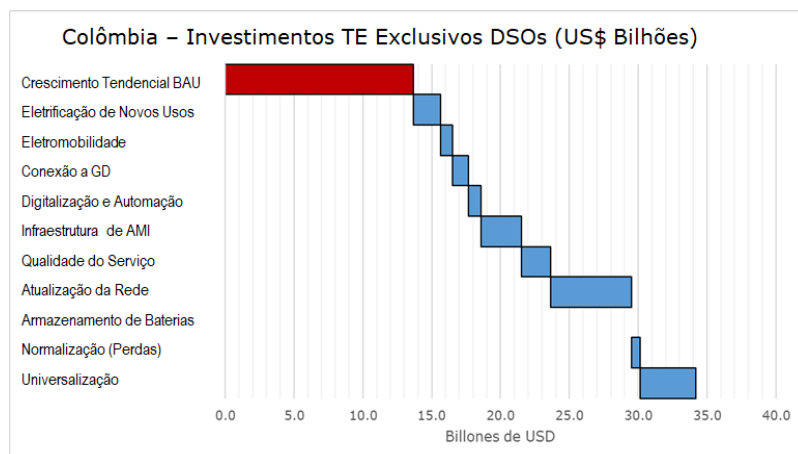


Resultado Cenário de Transição Efetiva



- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva **até 2040: US\$ 51,5 bilhões.**
- ❑ Investimentos anuais tendenciais: **US\$ 0,9 bilhão ao ano.**
- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva: **US\$ 2,1 bilhões ao ano.**

Resultado do Cenário de Transição Parcial

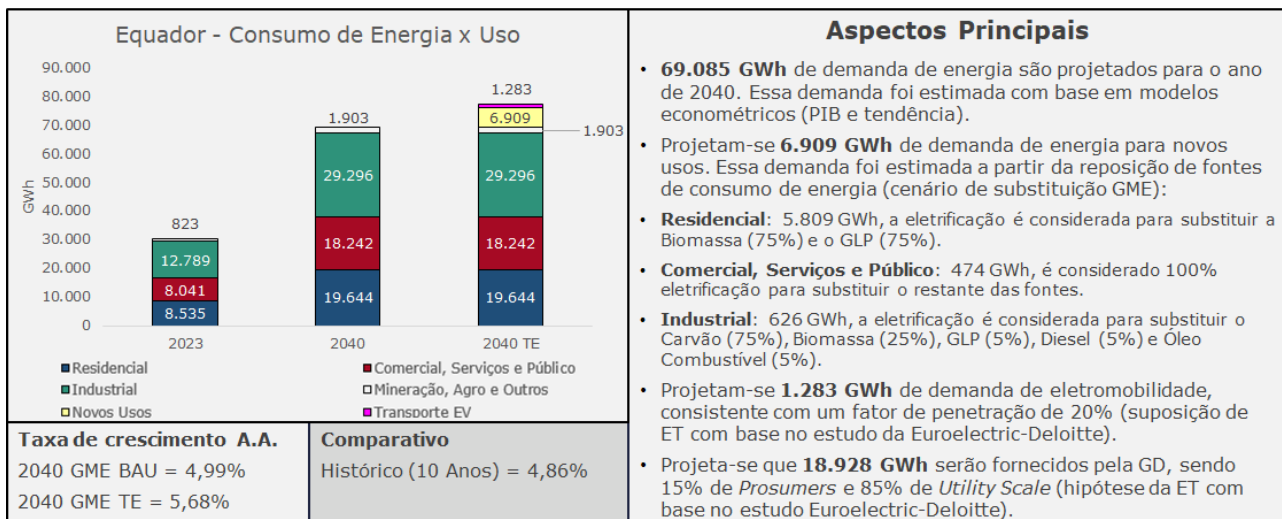


- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva **até 2040: US\$ 34,2 bilhões.**
- ❑ Investimentos anuais tendenciais: **US\$ 0,8 bilhão ao ano.**
- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva: **US\$ 1,2 bilhão ao ano.**

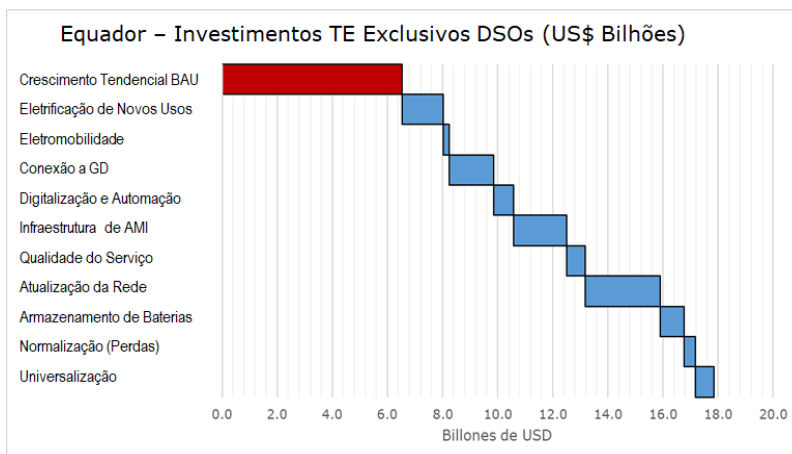


EQUADOR

Projeção da demanda de energia

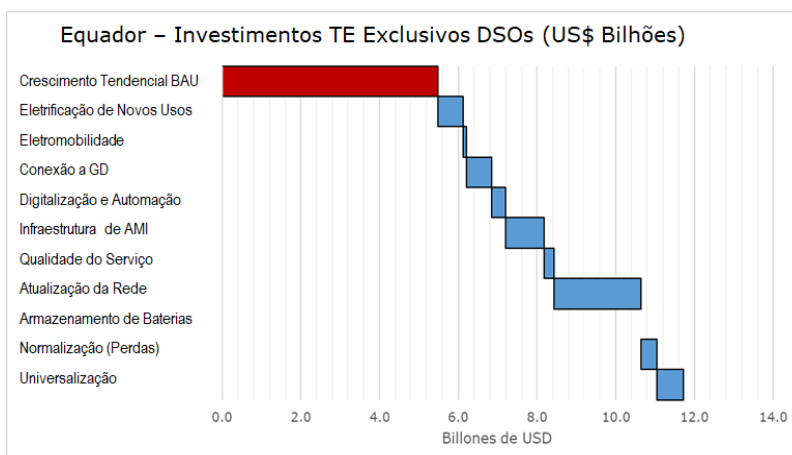


Resultado Cenário de Transição Efetiva



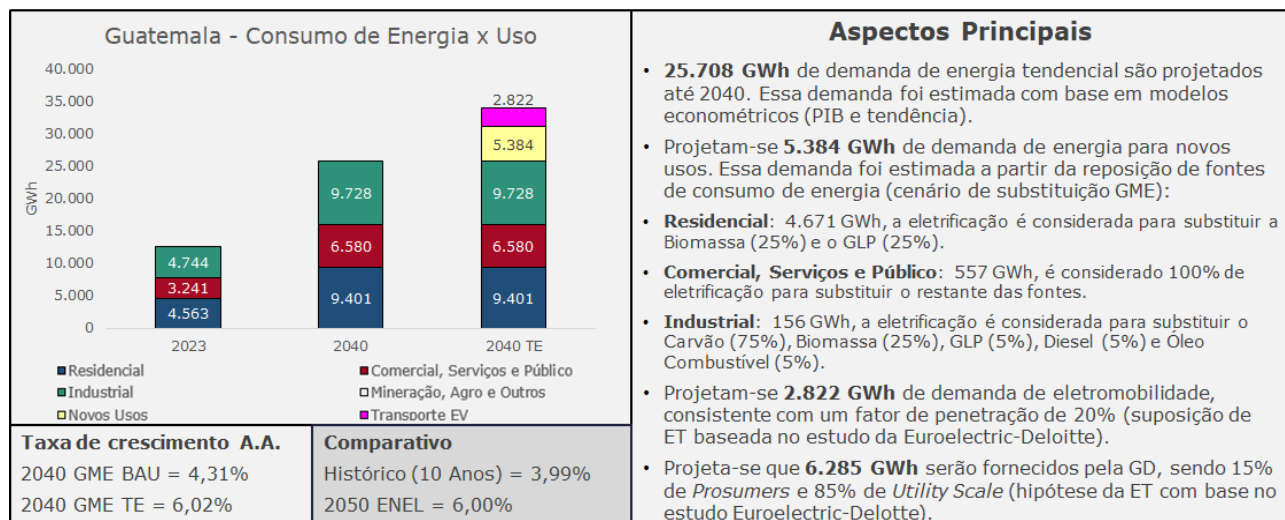
- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva **até 2040: US\$ 17,9 bilhões.**
- ❑ Investimentos anuais tendenciais: **US\$ 0,4 bilhão ao ano.**
- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva: **US\$ 0,7 bilhão ao ano.**

Resultado do Cenário de Transição Parcial

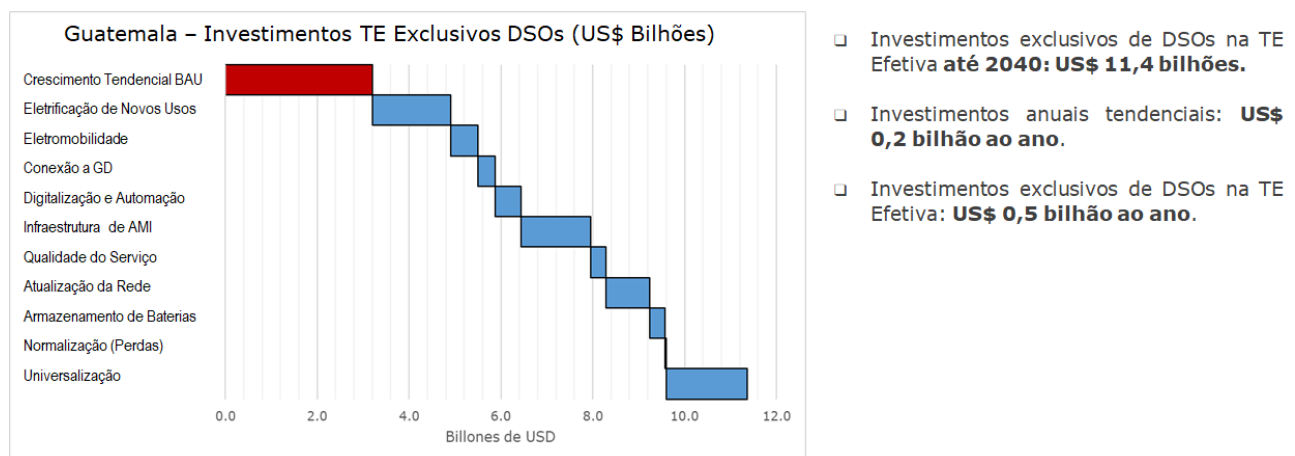


- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva **até 2040: US\$ 11,7 bilhões.**
- ❑ Investimentos anuais tendenciais: **US\$ 0,3 bilhão ao ano.**
- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva: **US\$ 0,4 bilhão ao ano.**

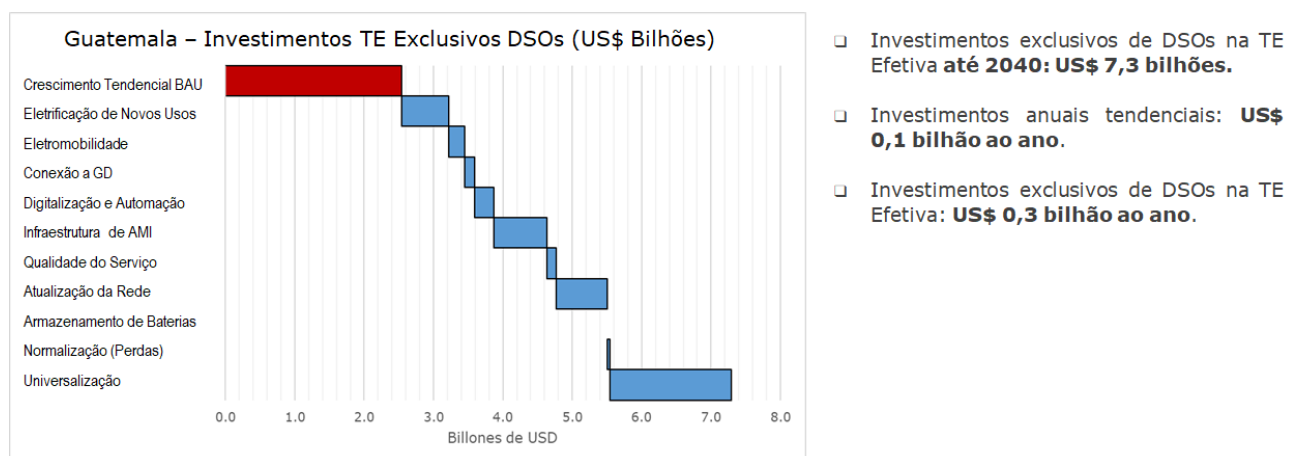
Projeção da demanda de energia



Resultado Cenário de Transição Efetiva



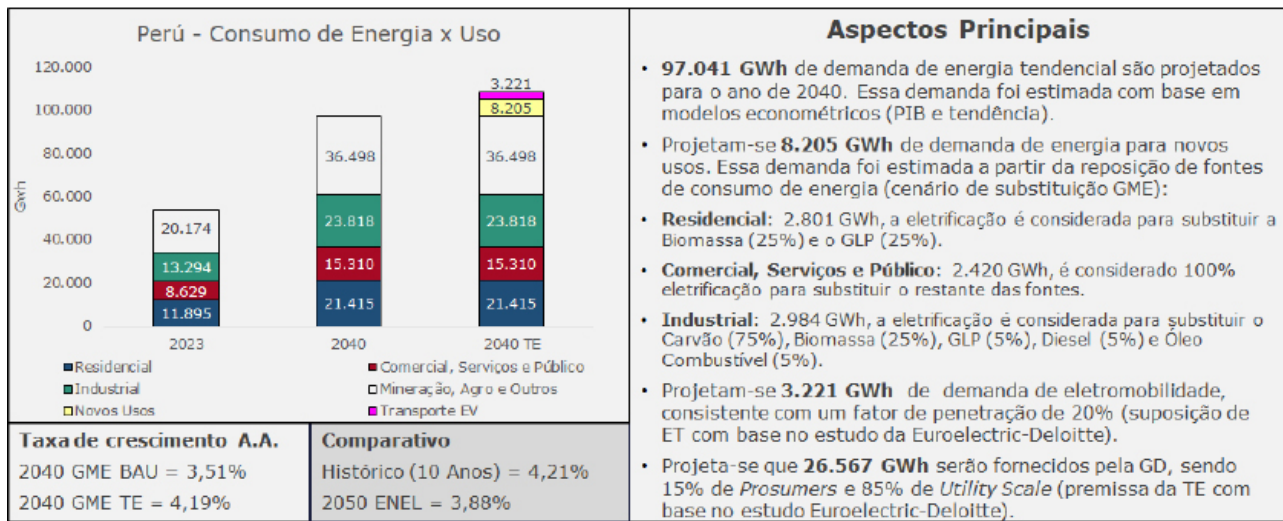
Resultado do Cenário de Transição Parcial



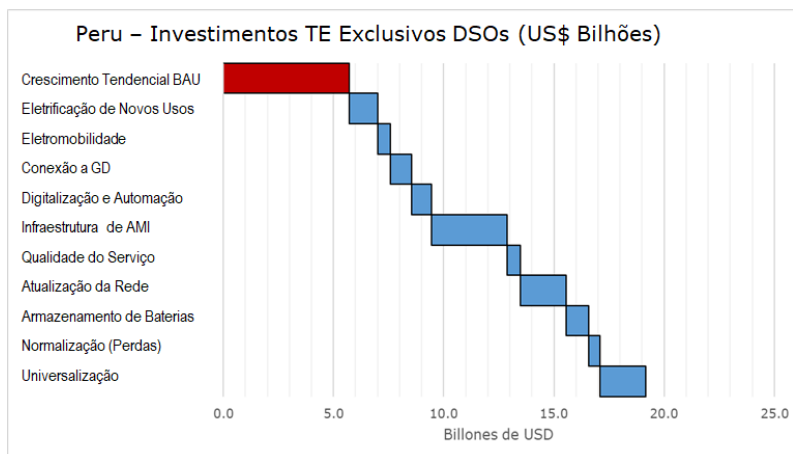


PERU

Projeção da demanda de energia

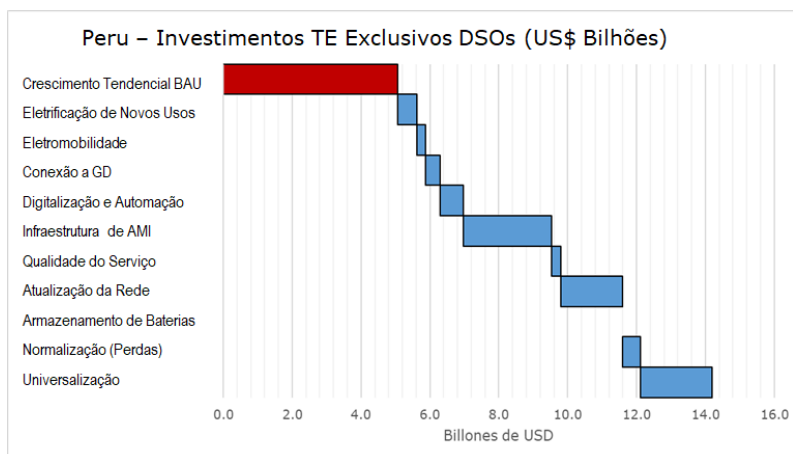


Resultado Cenário de Transição Efetiva



- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva **até 2040: US\$ 19,2 bilhões.**
- ❑ Investimentos anuais tendenciais: **US\$ 0,3 bilhão ao ano.**
- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva: **US\$ 0,8 bilhão ao ano.**

Resultado do Cenário de Transição Parcial



- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva **até 2040: US\$ 14,2 bilhões.**
- ❑ Investimentos anuais tendenciais: **US\$ 0,3 bilhão ao ano.**
- ❑ Investimentos exclusivos de DSOs na TE Efetiva: **US\$ 0,5 bilhão ao ano.**

