

# Cidades resilientes

**INFRAESTRUTURA  
URBANA E IMPACTO  
NA DISTRIBUIÇÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA  
FRENTE ÀS MUDANÇAS  
CLIMÁTICAS**

ENERGIA  
RESILIÊNCIA  
MUDANÇA  
CLIMÁTICA  
TRANSIÇÃO  
ENERGÉTICA

**CIDADES  
RESILIENTES:**  
INFRAESTRUTURA  
URBANA E IMPACTO  
NA DISTRIBUIÇÃO  
DE ENERGIA ELÉTRICA  
FRENTE ÀS MUDANÇAS  
CLIMÁTICAS





**RESILIÊNCIA  
URBANA**

**DESCARBONIZAÇÃO**

**CIDADES**

**TRANSIÇÃO  
ENERGÉTICA**



## 6 APRESENTAÇÃO

A Enel, em colaboração com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), apresenta o *Position Paper* “CIDADES RESILIENTES: Infraestrutura urbana e impacto na distribuição de energia elétrica frente às mudanças climáticas”. Ao longo desse documento a empresa discute a importância da resiliência como característica fundamental para o desenvolvimento da vida nas cidades, diante da luta contra a mudança global do clima. Como contribuição prática ao tema, será apresentada uma síntese do estudo “Resiliência e Adaptação: os impactos das mudanças climáticas na rede de distribuição elétrica e a criação de ferramentas para a gestão de arborização urbana”. A análise, realizada em cinco distritos da cidade de São Paulo, mostra o potencial impacto da vegetação

urbana sobre a infraestrutura do sistema elétrico e propõe soluções integradas para aumentar a resiliência das redes da Enel São Paulo.

**Essa publicação busca fomentar o diálogo entre setor público, privado e a sociedade civil, contribuindo para a construção de cidades mais seguras, sustentáveis e preparadas para o desafio do futuro.**




# SUMÁRIO



## GUIA DE NAVEGAÇÃO DO RELATÓRIO

Para facilitar a consulta, o material possui ícones com links que permitem a navegação.

 Sumário

 Buscar

 Impressão

 Retornar/Avançar

Apresentação 06

1. CIDADES RESILIENTES 10

2. ESTUDO DO RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES PARA O SETOR ELÉTRICO: PILOTO EM CINCO DISTRITOS DE SÃO PAULO

Mapeamento de risco 15

Plano preventivo integrado para queda de árvores 19

Considerações finais da síntese 21

3. PASSOS PARA O FUTURO 22

4. CONCLUSÃO 25



## CAPÍTULO 1

# CIDADES RESILIENTES

Pensar o desenvolvimento das zonas urbanas, hoje e no futuro, exige um planejamento orientado à construção de cidades resilientes, sustentadas por uma governança sólida e inclusiva. Essas cidades devem promover crescimento sustentável, garantir qualidade de vida à população e enfrentar os efeitos adversos das mudanças climáticas com responsabilidade e inovação.

A resiliência urbana se manifesta em múltiplas dimensões: econômica, ao proteger empregos e negócios durante crises; social, ao assegurar acesso a serviços essenciais para comunidades vulneráveis; e ambiental, ao enfrentar desastres naturais e adaptar-se às transformações climáticas. Nesse contexto, a preservação da floresta urbana desempenha papel estratégico, oferecendo serviços ecossistêmicos fundamentais — como a redução da poluição, mitigação das ilhas de calor e benefícios à saúde física e mental da população. A floresta urbana, portanto, não é apenas um elemento paisagístico, mas uma aliada na construção de cidades mais resilientes e preparadas para o futuro.

Diferentes ações têm sido empreendidas nesse sentido, como por exemplo a “Iniciativa Construindo Cidades Resilientes 2030 (MCR2030)”, liderada pelo Escritório das Nações Unidas para a Redução de Risco (UNDRR), que tem como objetivos promover a resiliência local por meio da defesa política, trocar conhecimentos e experiências e estabelecer redes de aprendizagem entre as cidades – criando alianças estratégicas. Ao nível local, o governo brasileiro lançou em 2024 o “Programa Cidades Verdes Resilientes”, com objetivo similar, e o Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) lançou o “Centro de Ciência para o Desenvolvimento (CCD)–Cidades Carbono Neutro”, liderado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e que conta com participação importante de empresas de diferentes setores da economia, órgãos municipais e universidades. O CCD visa desenvolver soluções e capacitações para apoiar prefeituras, empresas e a sociedade civil a descarbonizar suas atividades e aumentar a resiliência urbana. Respostas complexas demandam colaboração entre diferentes atores. Para isto, a integração entre poder público, iniciativa privada e sociedade é fundamental para comungar interesses comuns, gerir expectativas

e potencializar resultados. A transformação social em curso só será inclusiva se todos e todas estiverem envolvidos em um modelo de governança sólida que seja impulsionado pela justiça social.

Cenários que ganham importância pois, segundo projeção da ONU-Habitat, aproximadamente 68% (versus 57% em 2024) da população global viverá em cidades até 2050. Ou seja, um acréscimo de mais de 2.2 bilhões de habitantes. Crescimento impulsionado por uma urbanização acelerada em países em desenvolvimento e pela expansão de megacidades e de pequenos centros urbanos. Acompanhando este processo, está a demanda por energia.

 **68%**  
da população global viverá  
em cidades até 2050

 **+2,2 bilhões**  
de habitantes em relação a 2024

O setor de energia é parte central desses desafios. A transição energética, ou seja, a substituição dos combustíveis fósseis por fontes de energia renovável é urgente e necessária para que enfrentemos o aquecimento global. A descarbonização da economia tende ainda a gerar novos empregos e maior segurança energética, como apontou o estudo “Caminhos para a Transição Energética”<sup>1</sup>, realizado pela Enel e Deloitte. A eletrificação da economia poderá representar um saldo líquido positivo de 8 milhões de novos postos de trabalho até 2050 no Brasil.

 **8 milhões**  
de saldo líquido de novos postos  
de trabalho até 2050 no Brasil.

1. Disponível em: [https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/megamenu/inovacao-e-sustentabilidade/transicao-energetica/ENEL\\_TransicaoEnergetica\\_230508.pdf](https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/megamenu/inovacao-e-sustentabilidade/transicao-energetica/ENEL_TransicaoEnergetica_230508.pdf). Acesso em 08/12/2025.



Ao mesmo tempo em que é parte fundamental, o setor de energia também tem sido fortemente impactado pela maior ocorrência de eventos climáticos extremos. Secas, as mudanças no padrão dos ventos e dos ciclos agrícolas, no caso dos biocombustíveis, impactam significativamente a geração de energia. Já o setor de distribuição de energia elétrica – alvo desse documento – também sofre diferentes efeitos. A rede aérea, presente em quase a totalidade do sistema elétrico nacional (apenas 0,4% da rede elétrica brasileira é subterrânea, segundo estudo do [IPEA<sup>2</sup>](#)) embora segura, está sujeita a diferentes externalidades como ventos fortes, raios e granizo. A vegetação também pode afetar significativamente a operação. A queda de árvores e de galhos é uma das causas mais comuns de interrupções. Este problema é potencializado pela falta de ação integrada e preventiva de manejo arbóreo, como a poda e a supressão, quando necessária, sublinhados os limites legais de cada ator. Ações criminosas de roubo de equipamentos, a expansão urbana desordenada e a poluição também afetam diretamente a qualidade da rede e a vida útil de equipamentos.

12

Por isso é necessário o investimento em redes que sejam mais inteligentes e resilientes, considerando uma infraestrutura existente antiga, com equipamentos muitas vezes desgastados que não foram necessariamente pensados para enfrentar choques externos significativos e uma demanda energética muito maior quando comparada ao momento quando essa rede foi criada. A modernização da infraestrutura é imperativa, com o desenvolvimento de redes mais inteligentes que possam reduzir perdas, melhorar a eficiência e garantir maior resiliência para os consumidores. Também destacamos que, para aumentar a resiliência das cidades, investimentos de mesma natureza precisam ser feitos em outros setores como o de saneamento básico, telecomunicações e de mobilidade urbana.

Nesse sentido, parcerias são fundamentais. Interações entre os setores público e privado para viabilizar os investimentos necessários, modernizar e expandir o sistema elétrico em zonas urbanas

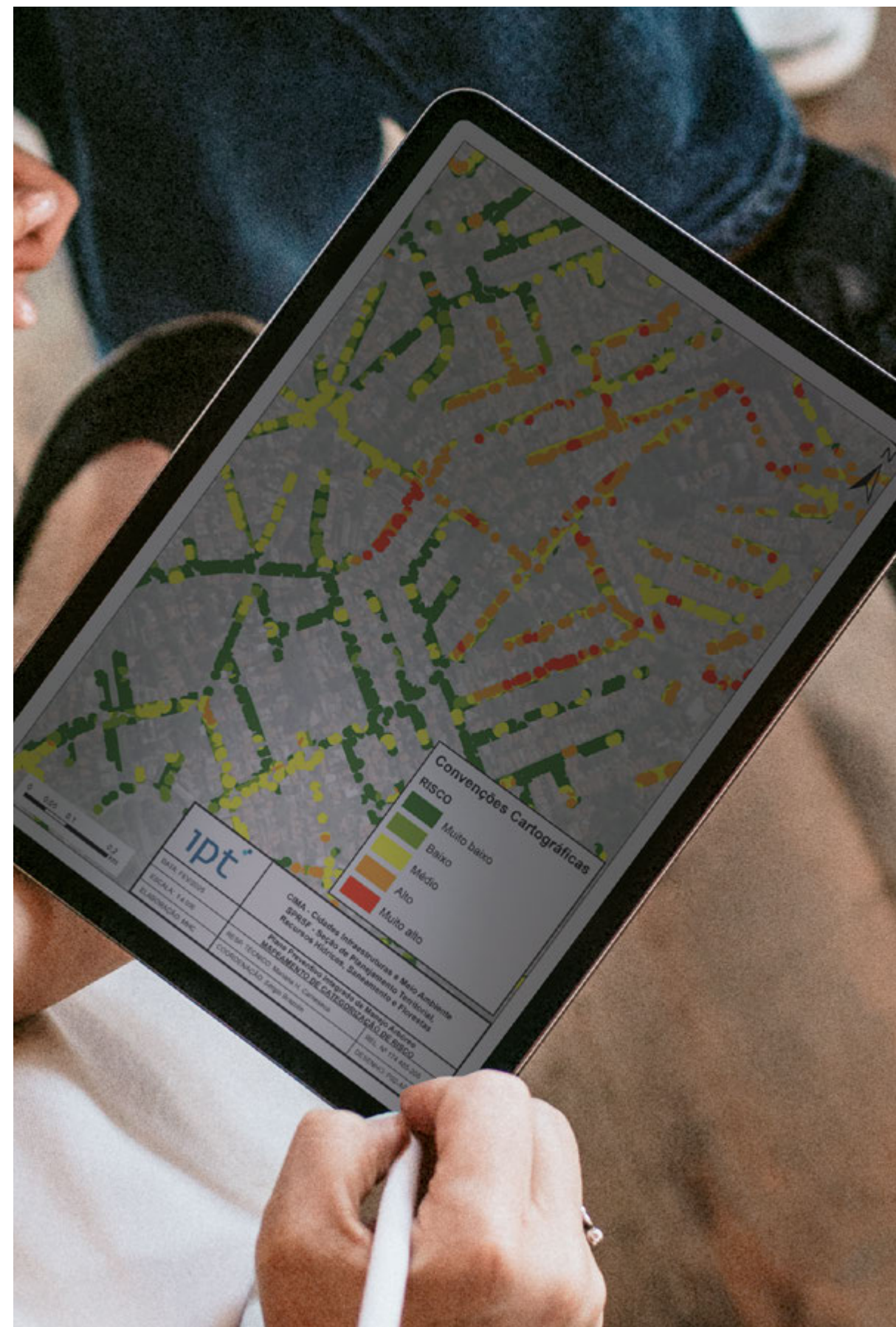
cada vez mais densas e com maior demanda no consumo de energia. Cenário ainda mais complexo em um setor da economia com forte regulação. O diálogo estabelecido entre as partes deve ser sólido, transparente, moderno e voltado para a solução dos problemas que exigem respostas rápidas.

A colaboração é valiosa no desenvolvimento de novas soluções para garantir maior resiliência na distribuição de energia. Novas tecnologias e processos serão mais bem desenvolvidos a partir do envolvimento de diferentes atores que tragam suas experiências e conhecimento para a mesa de discussão.

Nesse contexto, um exemplo relevante em que a colaboração desempenha papel fundamental na mitigação dos impactos causados por eventos climáticos extremos está diretamente relacionado às externalidades que afetam a operação dos sistemas de distribuição de energia. Ao longo desse documento será explorada a queda de árvores ou galhos na rede aérea de distribuição, que afeta a continuidade da prestação de serviço aos consumidores e cujo risco é potencializado pela ocorrência de eventos como fortes ventanias e tempestades. Para mitigar esse risco, além de proteções de rede, automatizações de sistemas e melhorias logísticas, são necessárias ações preventivas de adaptação às mudanças climáticas, como as podas de árvores, respeitando-se as responsabilidades legalmente definidas para as diferentes partes interessadas nesse tema.

Por esta razão o IPT desenvolveu, a pedido da Enel, um estudo com o objetivo de avaliar riscos e impactos na rede elétrica e elaborar um Plano de Manejo Arbóreo Integrado. Uma síntese desse estudo, denominado *“Resiliência e Adaptação: os impactos das mudanças climáticas na rede de distribuição elétrica e a criação de ferramentas para a gestão de arborização urbana”* será apresentada no decorrer desse documento, que traça o cenário atual e sugere estratégias futuras considerando cinco distritos do município de São Paulo, cidade que é a maior metrópole brasileira e da América Latina, com mais de 20 milhões de habitantes, sendo responsável por mais de 10% do PIB brasileiro.

2. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/4aa4bbf9-180a-4362-b2d4-e71d5822edad/content>. Acesso em 08/12/2025.



13



## CAPÍTULO 2

# ESTUDO DO RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES PARA O SETOR ELÉTRICO:

## PILOTO EM CINCO DISTRITOS DE SÃO PAULO

A ENEL BRASIL e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT S.A., por meio das Unidades de Negócio Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente – CIMA e de Energia – EN e do Núcleo de Sustentabilidade e Baixo Carbono – NUSCARBON, desenvolveram o projeto de Pesquisa intitulado “Resiliência e Adaptação: os impactos das mudanças climáticas na rede de distribuição elétrica e a criação

de ferramentas para a gestão de arborização urbana”. Este Projeto teve como premissas a preservação da arborização urbana, a manutenção preventiva ou manejo arbóreo, a necessidade de atuação integrada nas emergências com queda de árvores em eventos climáticos extremos e a diminuição das vulnerabilidades da rede de distribuição. Com este propósito, foram desenvolvidos:

### MAPAS DE RISCO

Para a categorização e priorização de áreas da cidade para ações preventivas quanto ao risco de queda de árvores e melhoria da rede de distribuição, para a redução dos danos à infraestrutura elétrica e dos acidentes com a população;

### PLANO PREVENTIVO INTEGRADO

Como subsídios para a elaboração de um Plano Preventivo Integrado de Manejo para a ENEL e para o embasamento de um Plano Preventivo Municipal para queda de árvores para a cidade de São Paulo, considerando as responsabilidades legais de cada ator envolvido.

15

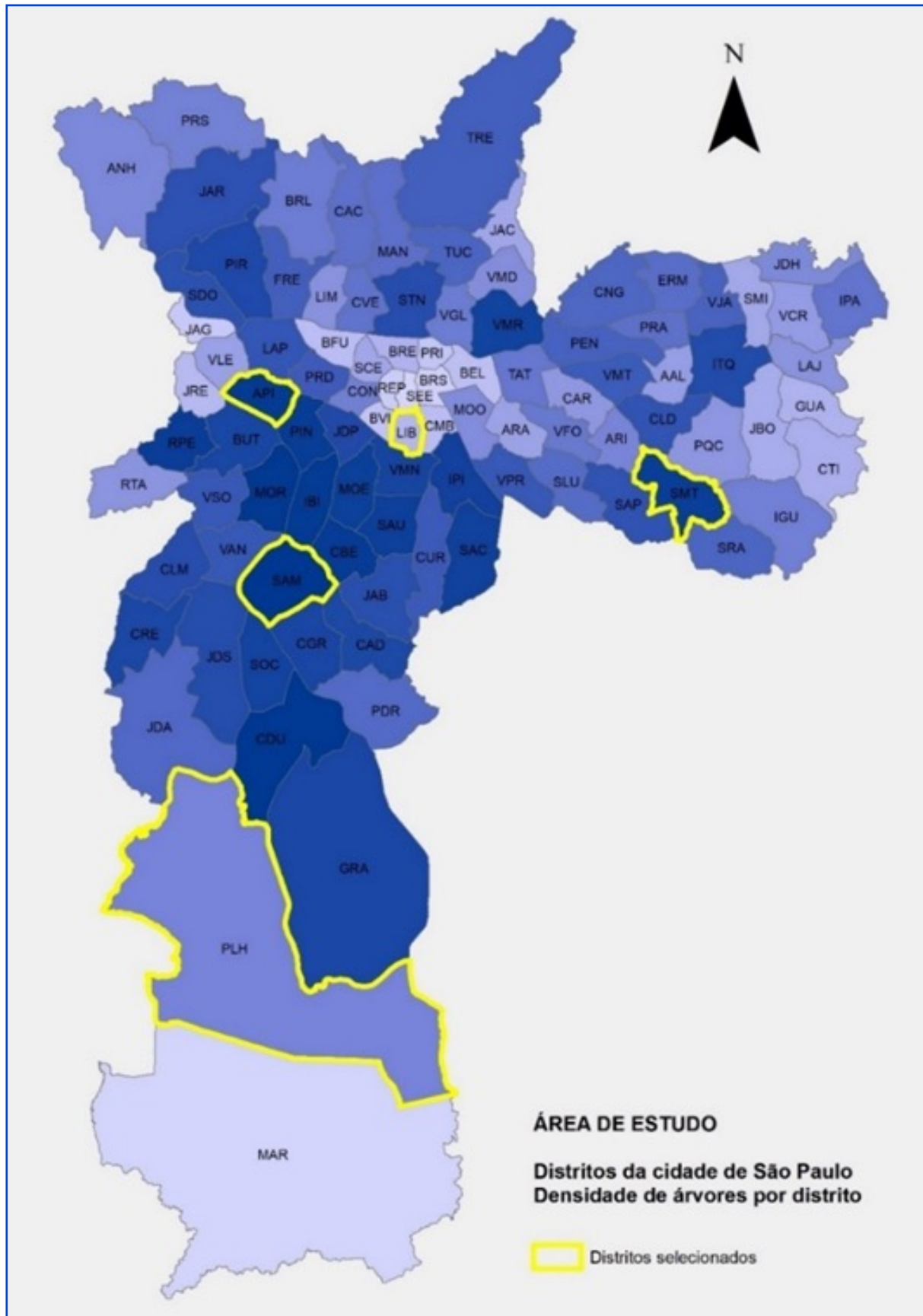
## Mapeamento de risco

Numa primeira etapa, com base nos dados secundários existentes na Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP) disponibilizados na plataforma *GeoSampa*, foram obtidos os dados das quedas de árvores e galhos no período de 2013 a 2024 e de densidade arbórea de um levantamento quantitativo realizado em 2011 nos 96 distritos da cidade, num total de 652.412 árvores. A Enel forneceu os dados de interrupção do fornecimento de energia elétrica (“causa árvore”) e o número de “clientes interrompidos” (CI), referente ao período de 2021 a 2023.

Neste estudo se correlacionou, em cada distrito, a Densidade Arbórea com o problema de interrupção, analisando a frequência de desligamentos da rede de distribuição (Fator Frequência) e a quantidade de clientes interrompidos por desligamento (Fator Impacto). A **Figura 1** ilustra a definição para o Projeto de cinco distritos em diferentes gradações de densidade arbórea, Fator Impacto e Frequência, sendo: Alto de Pinheiros, Liberdade, Parelheiros, Santo Amaro e São Mateus.



**Figura 1** Cinco distritos escolhidos no município de São Paulo: Alto de Pinheiros (API); Liberdade (LIB); Parelheiros (PLH); Santo Amaro (SAM); São Mateus (SMT)



Nos distritos selecionados, os mapas de risco foram elaborados considerando a seguinte equação, utilizada na gestão de riscos:

$$\text{RISCO} = \frac{\text{PERIGO} \times \text{DANO} \times \text{VULNERABILIDADE}}{\text{CAPACIDADE DE RESPOSTA}}$$

Onde:

#### PERIGO:

Corresponde a situação das árvores que condiciona o fator de risco de queda de árvores e galhos e que reflete na probabilidade dos episódios de queda;

#### DANO:

Reflete o impacto na distribuição de energia à população, como, densidade de consumo, clientes essenciais e vitais (eletrodependentes) e tensão de rede;

#### VULNERABILIDADE:

Reflete a fragilidade do sistema elétrico para um evento de queda de árvores e galhos, como exemplo, tipo de rede, montagem de chave seccionadora e estrutura de transformador;

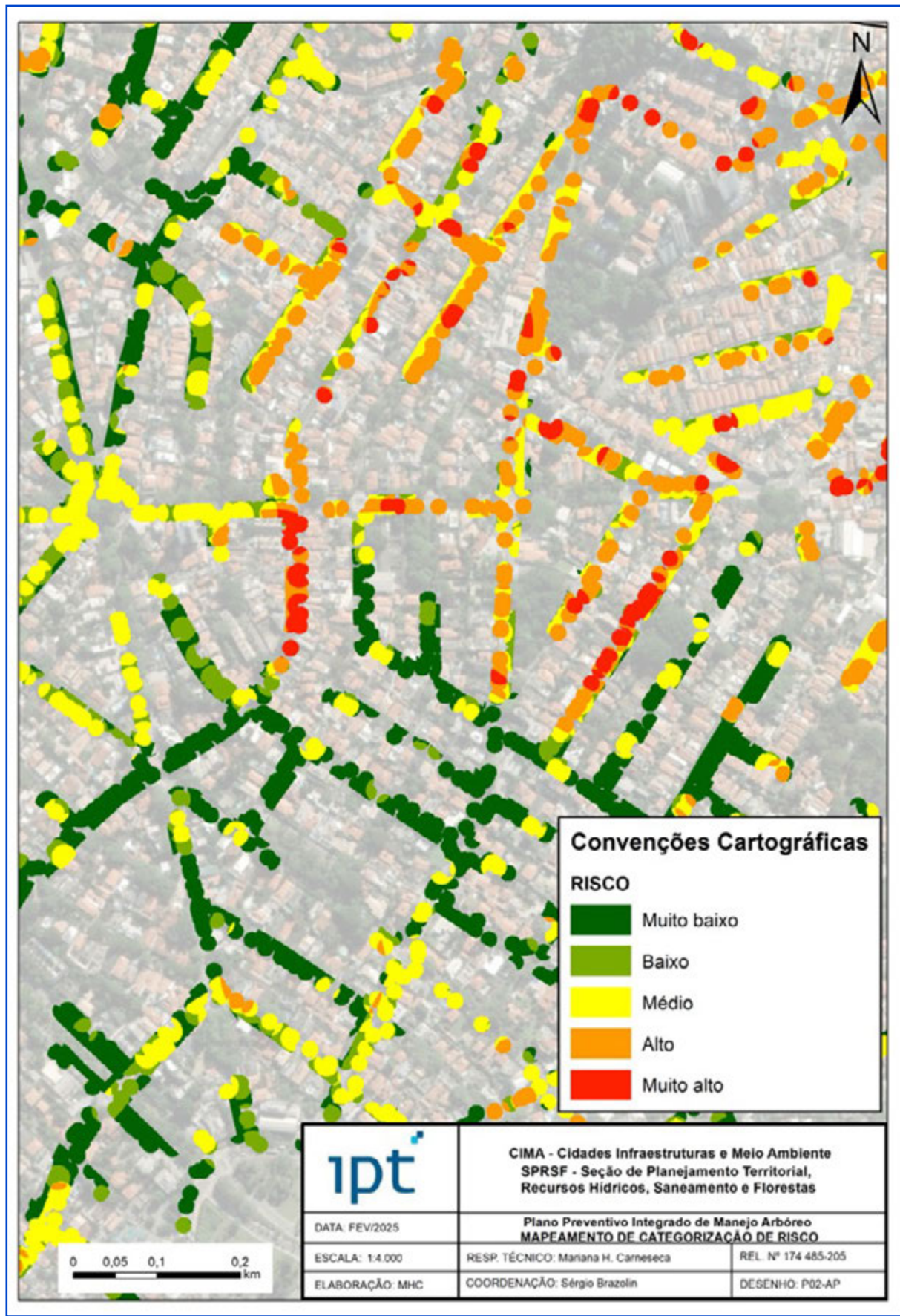
#### CAPACIDADE DE RESPOSTA:

Reflete a eficácia do atendimento e das ações para o retorno à condição normal (resiliência) – tempo de atendimento.

A **Figura 2** ilustra os mapas de risco para a categorização e priorização de áreas, quanto à tomada de ações preventivas.



Figura 2 Mapas de risco para ações preventivas



Esses mapas representam uma importante ferramenta de gestão para a concessionária e a prefeitura dentro de um Plano de Manejo Integrado. Com eles, é possível priorizar a manutenção das árvores por meio de

podas adequadas e da supressão de indivíduos com risco iminente de queda, além de adotar medidas que aumentem a resiliência da rede elétrica ao diminuir sua vulnerabilidade.



## Plano preventivo integrado para queda de árvores

Com base na análise dos documentos e Instruções de Trabalho da Enel Brasil, do termo de convênio entre a Prefeitura Municipal de São Paulo e ENEL para manejo arbóreo e na experiência do IPT na elaboração de Planos Preventivos de Defesa Civil, foi proposto um Plano Preventivo Municipal de Manejo Arbóreo e atendimento aos diferentes estados de

emergência, tendo como causa a queda de árvores. Para esta proposta de Plano se definiu quatro Níveis de Operação (**Tabela 1**), destacando-se os atores ou responsáveis relacionados direta e indiretamente e as ações necessárias na conservação da arborização urbana, na prevenção de desastres e nas emergências.



**Tabela 1** Níveis de Operação para prevenção e atendimentos de emergência para queda de árvores e atores envolvidos

| Níveis de Operação | Principais Atividades   | Atores   |
|--------------------|---|--|
| Observação         | <ul style="list-style-type: none"><li>• Inventário arbóreo</li><li>• Manejo preventivo (poda e supressão), no contexto de um <b>Plano preventivo Integrado de Manejo Arbóreo</b></li><li>• Mapeamento dos riscos de queda de árvores na cidade</li><li>• Monitoramento dos parâmetros climáticos (vento e chuva) para predição de eventos climáticos extremos</li><li>• Análise crítica do Plano Preventivo Municipal (desastres ocorridos)</li><li>• Promoção de atividades de educação para a população</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Secretarias municipais responsáveis pelo planejamento e manejo da arborização urbana e programas de educação</li><li>• Concessionárias de energia elétrica para o manejo das árvores sob a fiação elétrica</li><li>• Defesa civil municipal, nas vistorias de árvores de risco, programas de educação e análise crítica do Plano</li><li>• Órgão de monitoramento meteorológico – algumas cidades possuem um Centro de Operação – CO, que podem exercer esta atividade</li></ul>   |
| Atenção            | <ul style="list-style-type: none"><li>• Monitoramento dos parâmetros climáticos (vento e chuva), <b>com previsão de eventos climáticos extremos</b></li><li>• Comunicação aos atores e população do evento climático associado a queda de árvores</li><li>• Preparação da logística e mão de obra por cada ator</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Corporação do Corpo de Bombeiros, nas vistorias de árvores de risco</li><li>• Cidadãos e comunidades (solicitações de vistoria pela população)</li><li>• Órgãos de comunicação da prefeitura e da concessionária</li></ul>   |
| Alerta             | <ul style="list-style-type: none"><li>• Remoção das árvores e galhos que caíram</li><li>• Coleta e disposição dos resíduos</li><li>• Monitoramento meteorológico em tempo real e comunicação aos atores e população</li><li>• Reestabelecimento dos serviços (utilidades) e da mobilidade na cidade</li><li>• Comunicação à população e comunidades</li><li>• Registro dos desastres ocorridos</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Defesa civil municipal e Centros de Operação – CO, quando existente na cidade (<b>coordenação dos atendimentos</b>)</li><li>• Secretarias municipais e empresas terceiras responsáveis pelo manejo arbóreo (remoção das árvores e galhos caídos)</li><li>• Corporação do Corpo de Bombeiros no atendimento das emergências e garantia da segurança dos cidadãos</li><li>• Concessionárias de energia elétrica para o reestabelecimento da energia elétrica</li><li>• Empresas de telecomunicações, água e esgoto e gás, para reestabelecimento dos serviços</li><li>• Companhia de tráfego para garantir a normalidade da mobilidade</li><li>• Agentes de saúde, no caso de vítimas</li><li>• Guarda Civil Municipal e Polícia Militar para garantia da segurança</li><li>• Órgão de monitoramento meteorológico</li><li>• Cidadãos e comunidades (comunicação de desastres e apoio voluntário, em casos extremos)</li><li>• Órgãos de comunicação da prefeitura e das concessionárias/empresas</li><li>• Gabinete do Prefeito, se necessário o estabelecimento de um <b>gabinete de crise</b></li></ul> |
| Alerta Máximo      |   |  |

Este Plano tem como critérios de decisão para as mudanças de níveis de operação: i). a ocorrência de eventos climáticos intensos, por meio do monitoramento meteorológico (velocidades de ventos e rajadas e acumulados de chuva); e ii). a ocorrência de queda de árvores na cidade. Devido às mudanças climáticas globais, cuja frequência e intensidade dos eventos extremos intensificaram, o Plano deve ser adotado o ano todo, mas principalmente na estação do verão.

Em síntese, no nível de “Observação”, são prioritárias as ações preventivas de inspeção das árvores e de manejo (poda e supressão), bem como de manutenção e melhoria da rede de distribuição, tornando-a mais resiliente. Os mapas de risco servem como ferramenta de priorização para uma atuação conjunta dos atores diretamente relacionados à arborização urbana, como as concessionárias e a prefeitura.

No nível de “Atenção” os atores se preparam para evento climáticos extremos previstos, associados à queda de árvores. No nível de “Alerta” atuam nos atendimentos de ocorrências de queda de árvore para reestabelecimento da normalidade da cidade, quanto aos serviços de utilidades (rede elétrica, água e esgoto, gás e telecomunicação). O nível de operação “Alerta Máximo”, é estabelecido com a queda generalizada de árvores, quando a cidade perde sua capacidade de pronto atendimento, necessitando o estabelecimento de Gabinete de Crise para ações emergências administrativas como aumento da mão de obra e logística.

## Considerações Finais da Síntese

O estudo realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) em parceria com a ENEL BRASIL destacou a importância do monitoramento e da gestão de risco de queda de árvores, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas como alguns dos distritos analisados em São Paulo, SP. A pesquisa evidenciou que eventos climáticos extremos tendem a aumentar a frequência e a gravidade das quedas, comprometendo a infraestrutura crítica do setor elétrico e de outros serviços essenciais à população. Nesse contexto, a implementação de um Plano Municipal Preventivo mostrou-se fundamental para a rápida mobilização de equipes, evitando maiores prejuízos e agilizando a retomada da normalidade. O protocolo de escalonamento operacional contribui para que os diferentes agentes – empresas de energia, equipes de emergência, órgãos públicos e concessionárias de serviços urbanos – possam atuar de forma integrada e estratégica. O estudo também demonstra que a resiliência do sistema não depende apenas da resposta emergencial, mas de ações preventivas baseadas em dados, como poda regular e monitoramento de árvores com risco potencial e aumento da resiliência do sistema elétrico. Além disso, a comunicação eficiente com a população se mostrou essencial para reduzir riscos de acidentes e melhorar a percepção de segurança.

Por fim, o Projeto reforça que a adaptação às mudanças climáticas exige investimentos contínuos em tecnologia, capacitação das equipes e articulação entre setores. O conhecimento adquirido nos cinco distritos serve como exemplo para ampliação do modelo para outros municípios, destacando a necessidade de políticas públicas integradas e atuação conjunta para a proteção da infraestrutura, da população e do meio ambiente urbano.



## CAPÍTULO 3

# PASSOS PARA O FUTURO

A imprevisibilidade e a complexidade desses desafios urbanos fazem da resiliência uma característica fundamental para as cidades cujo maior objetivo é oferecer qualidade de vida e segurança aos seus habitantes. Nesse caminho, é necessário incorporar novas dimensões estratégicas. Destacamos 5 (cinco) frentes:



### RESILIÊNCIA CONECTADA A JUSTIÇA AMBIENTAL

A resiliência urbana deve ser construída sob pilares justos, sem deixar ninguém para trás. As populações vulneráveis são as mais expostas aos impactos de desastres naturais e às falhas dos sistemas das cidades. Trazer a justiça ambiental garante que todos tenham acesso igual à proteção e a recursos necessários para enfrentar adversidades.



### DESENVOLVIMENTO DE MECANISMOS DE FINANCIAMENTO E MODELOS DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEIS

O desenvolvimento da resiliência também depende da disponibilidade de recursos financeiros, seja por meio de investimento públicos ou do capital privado, incentivos fiscais, fundos de financiamento, etc. Modelos de negócio sustentáveis e parcerias público-privadas podem acelerar a implementação de novas soluções.



### PARTICIPAÇÃO CIDADÃ E ENGAJAMENTO COMUNITÁRIO:

A cidade deve ser desenhada para as pessoas e, por isso, a população deve ser protagonista na construção da resiliência. Mecanismos como conselhos comunitários e orçamento participativo ampliam a colaboração, consolidam a governança e fortalecem o vínculo entre sociedade e poder público. O engajamento direto dos cidadãos na identificação de riscos e na formulação de soluções é essencial para garantir legitimidade e eficácia às ações.



### MÉTRICAS PARA AVALIAR A RESILIÊNCIA URBANA:

Processos precisam ser medidos para que possam ser avaliados e aprimorados. Com a resiliência das cidades não é diferente. Criar e adotar novos padrões de mensuração permitirão que as cidades avaliem sua capacidade de lidar com a crise, monitorar avanços e comparar resultados. Subsidiarão ainda tomadas de decisão e escolha de investimentos.



### COLABORAÇÃO ENTRE OS SETORES PÚBLICO E PRIVADO:

A construção de cidades resilientes exige uma atuação coordenada entre governos, empresas e sociedade civil. A colaboração entre os setores público e privado é essencial para viabilizar investimentos em infraestrutura e inovação, especialmente em áreas fundamentais como energia, mobilidade e saneamento. Parcerias bem estruturadas permitem compartilhar riscos, alinhar interesses e acelerar a implementação de soluções escaláveis. No setor elétrico, especialmente, a articulação entre empresas, prefeituras e órgãos reguladores é fundamental para modernizar a rede e responder de modo eficiente a eventos climáticos externos. A governança colaborativa baseada em transparência, confiança mútua e objetivos comuns é o caminho para transformar desafios em oportunidades.



O estudo apresentado no capítulo anterior ilustra como a academia e o setor privado podem estar unidos para compreender os riscos e planejar a construção de uma infraestrutura mais resiliente e segura à população. Sem dúvidas, sendo esse um processo inovador, é necessário tempo de resposta e adaptações metodológicas para aplicar e refinar o resultado. Por isso, olhando no curto e médio prazo, testes serão empregados para validar a metodologia, com vistas a expandir esse estudo a outras regiões da cidade de São Paulo. O objetivo é escalar essa solução, que se soma às avaliações hoje utilizadas e, chegar a outros contextos – mesmo em municípios que apresentem características sociais, ambientais e econômicas diferentes daquelas encontradas em São Paulo.

A atuação de empresas privadas de energia elétrica na poda de árvores no Brasil é regulada por normas ambientais e urbanas. Existe uma responsabilidade primária dos municípios, ou seja, a manutenção da vegetação urbana – incluindo a poda – é competência do poder público municipal. Os limites regulatórios de atuação das empresas distribuição de energia elétrica na atuação de poda de árvores na área urbana fica restrita aos indivíduos arbóreos que representam risco à rede elétrica, ou seja, quando há existência de ameaça de interrupção do fornecimento. Mesmo nesses casos é necessário apresentar previamente um plano de realização de podas ao município para obter autorização municipal. A Enel realizou, em 2024, cerca de 630 mil podas de galhos próximos à rede elétrica, dobrando o número de intervenções realizadas pela companhia no ano anterior. Em 2025, a companhia vai manter o patamar de mais de 600 mil podas realizadas.

Destacamos que esse arcabouço legal é importante para proteger as árvores e traz uma latente necessidade de discussão e colaboração entre diferentes setores da sociedade, sejam eles privados, públicos ou do terceiro setor.

É por isso que acreditamos que uma iniciativa como o CCD – Cidade Carbono Neutro, representa um importante fórum de discussão e pesquisa de soluções para criar uma cidade mais resiliente, com produtos e metodologias escaláveis para diversos municípios brasileiros. Precisamos cada vez mais de espaços que reúnam especialistas no tema para a construção de um futuro verdadeiramente sustentável.

Neste contexto, a Enel, com o objetivo de oferecer uma infraestrutura mais segura e eficiente aos clientes, prevê investir cerca de R\$ 24 bilhões no ramo de distribuição de energia no Brasil, entre 2025 e 2027, para fortalecer a resiliência da rede, com foco na modernização, digitalização e adaptação às mudanças climáticas. Acreditamos que a atualização das redes de distribuição as tornará mais robustas e menos vulneráveis a falhas causadas por eventos climáticos extremos, cada vez mais cotidianos. A digitalização da nossa operação também tem sido aumentada por meio da instalação de novos equipamentos, como os medidores inteligentes. Também foi ampliado o quadro de eletricitas, bem como, a frota operacional com o objetivo de reforçar a capacidade de resposta à emergência.

Investimos em fontes de energia renovável, como a solar e eólica, e na expansão da oferta de serviços que promovem a descarbonização da nossa economia, tendo a circularidade e a inovação como aceleradores do crescimento. Reforçamos que a natureza precisa ser parte da solução dos desafios e isso passa, fundamentalmente, pela transição energética que é de suma importância para o enfrentamento às mudanças climáticas.



**24 bilhões**

previstos em investimento  
entre 2025 e 2027



**+600 mil**

podas realizadas em 2025



**Ampliação**

de equipamentos, quadro de  
eletricitas e frota operacional

## CAPÍTULO 4

# CONCLUSÃO





A construção de cidades resilientes é um dos pilares para enfrentar os desafios da urbanização acelerada e das mudanças climáticas. O estudo realizado em parceria pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e a Enel, demonstra que a integração entre ciência, tecnologia, setor público e iniciativa privada é essencial para garantir a segurança, proteger a infraestrutura crítica das cidades e promover qualidade de vida.

A implementação de um Plano Preventivo Integrado, com base em dados e gestão colaborativa, pode representar um avanço concreto na mitigação de riscos urbanos nos eventos climáticos extremos. Os mapas de risco e os protocolos operacionais desenvolvidos oferecem metodologias replicáveis para outras cidades, fortalecendo a capacidade de resposta e a eficiência na gestão da arborização urbana e da rede elétrica.

Redes inteligentes, sensores ambientais, sistemas de automação e análise de dados em tempo real permitem antecipar falhas, otimizar a operação e acelerar a resposta a eventos extremos. O uso de mapas de risco georreferenciados, como os desenvolvidos pelo IPT, exemplifica como a integração de dados climáticos, estruturais e operacionais pode orientar ações preventivas e fortalecer a infraestrutura elétrica. Além disso, a integração entre sistemas públicos e privados – como os de meteorologia, mobilidade urbana e de defesa civil – amplia a capacidade de

resposta coordenada. Investir em tecnologia no setor elétrico é investir em segurança, eficiência e sustentabilidade.

A Enel reafirma seu compromisso com a transição energética justa e com a modernização da infraestrutura elétrica. Nesse contexto acreditamos que a natureza deve ser parte da solução, e não do problema — por isso, seguimos investindo em fontes renováveis e em soluções sustentáveis, baseadas em um modelo econômico circular que seja restaurativo e regenerativo por princípio.

Cidades resilientes exigem soluções inovadoras e ações coordenadas. Este projeto é um exemplo de como a colaboração entre diferentes atores pode criar novos processos e gerar impactos positivos e duradouros. Estamos prontos para continuar investindo no nosso país e na nossa gente e contribuir para um futuro urbano mais seguro, eficiente e sustentável. Tais desafios climáticos exigem respostas baseadas em dados. Esse estudo demonstra que é possível transformar vulnerabilidades em oportunidades e isso só acontecerá se cada ator assumir seu papel com responsabilidade e visão de futuro.

Convidamos empresas, governos, universidades e a sociedade civil a se unirem em torno desse compromisso em comum: tornar nossas cidades mais seguras, sustentáveis e preparadas para o amanhã. A hora de agir é agora.

## Créditos

### Coordenação Geral e de Conteúdo

Diretoria de Relações Externas e Sustentabilidade

### Colaboração

Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)

### Projeto Gráfico e Diagramação

f/damattadesign

**Equipe de conteúdo:** A Enel Brasil agradece, especialmente, aos colaboradores que contribuíram para o fornecimento de informações e conferência de dados para a produção do relatório.





[enel.com.br](http://enel.com.br)