

Eletrificação para um desenvolvimento sustentável



Eletrificação para um desenvolvimento sustentável

ImpactoCAF é uma iniciativa criada pela Direção de Contribuições para o Desenvolvimento e Medição de Impacto, subordinada à Gerência de Planejamento e Impacto ao Desenvolvimento do CAF. A elaboração deste documento foi realizada por Cecilia Paniagua.

Lian Allub, Fernando Álvarez, Alejandra Botero, Fernando Branger, Sandra Conde, Matías Italia, Lesbia Maris, Daniel Ortega e Sergio Robredo forneceram valiosos comentários e sugestões ao documento.

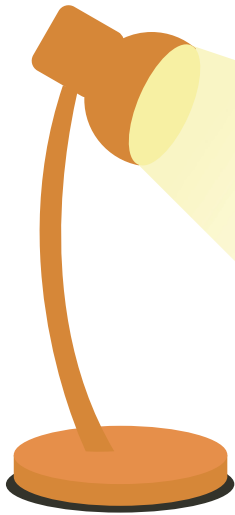
Além disso, este documento se beneficiou das contribuições de Pablo Fernández, Cristian Grisales, Juan Odriozola, Melina Petracca, Juan Ríos e Eliana Uesu.

Design gráfico: Humaga / La Plata, Buenos Aires, Argentina
www.humaga.com.ar

Revisão editorial: Rosario Inés De Rosa

© 2023 Corporación Andina de Fomento

As ideias e propostas contidas na presente edição são de responsabilidade exclusiva de seus autores e não comprometem a posição oficial do CAF.



Eletrificação para um desenvolvimento sustentável

Na América Latina e no Caribe (ALC) existem 4,6 milhões de lares sem acesso ao serviço de eletricidade¹, o que pressupõe desafios em termos de crescimento econômico, inclusão social e proteção ambiental.

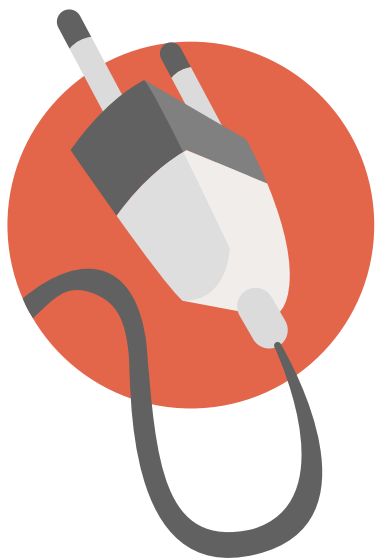
Quando uma casa não tem acesso à eletricidade, a disponibilidade de horas de luz é menor. Isto faz com que a dedicação de tempo a diferentes atividades seja afetada: os adultos, e especialmente as mulheres, podem dedicar menos tempo à produção e/ou ao trabalho fora ou dentro de casa, situação que os impediria de aceder a melhores condições de vida, renda mais elevada e, em última instância, repercutiria numa menor produtividade laboral.

Por seu lado, as crianças veriam o seu nível de escolaridade e desempenho acadêmico afetados devido à reduzida disponibilidade de horas diurnas para fazer as tarefas de casa e estudar. E, por sua vez, todos os membros do domicílio teriam a sua saúde afetada como resultado da contaminação do ar interior causada pela utilização de energia com elevado teor de carbono para iluminação, cozinha ou aquecimento. Tudo isto incide em uma menor qualidade de vida para os latino-americanos e caribenhos, especialmente aqueles que vivem em áreas rurais onde as necessidades de eletrificação são maiores.

Garantir que as famílias tenham acesso à eletricidade é uma necessidade em termos de crescimento econômico. Um maior acesso a este serviço resultará em melhores oportunidades de trabalho e produtivas, e em melhores condições educacionais e de saúde

Garantir que as famílias tenham acesso à eletricidade é uma necessidade em termos de crescimento econômico. Um maior acesso a este serviço resultará em melhores oportunidades de trabalho e produtivas, e em melhores condições educacionais e de saúde. Na medida em que uma maior eletrificação seja acompanhada pela geração de eletricidade baseada em fontes com baixo ou zero teor de carbono, os países da ALC serão capazes de cumprir o duplo objetivo de crescer e reduzir – ou pelo menos não aumentar – as emissões de gases de efeito estufa (GEE)^a, o que permitirá alcançar o desenvolvimento sustentável.

^a Os principais gases de efeito estufa são o dióxido de carbono (CO₂), o metano e o óxido nitroso. A partir da queima de combustíveis fósseis e dos padrões de uso do solo, uma fração destes se acumula na atmosfera e retém parte da radiação térmica, causando o aquecimento global ([Brassiolo et al., 2023](#)).



Embora os países da ALC tenham alcançado uma cobertura quase universal de eletricidade residencial, ainda há mais de 18 milhões de latino-americanos e caribenhos que não têm eletricidade.

Os problemas de cobertura e de qualidade da energia elétrica na ALC

Como resultado do progresso alcançado nas últimas décadas, os países da ALC alcançaram uma cobertura elétrica residencial quase universal² passando de uma conexão às redes de distribuição de eletricidade de 90% em 2001 para 98% em 2021³.

Este aumento da cobertura elétrica tem sido particularmente importante em alguns países da região que apresentavam defasagens significativas no início da década de 2000. São os casos da Bolívia e do Peru onde, para o ano de 2001, apenas 6 e 7 em cada 10 pessoas, respectivamente, tinham cobertura elétrica, enquanto em 2021 apresentaram o maior crescimento na taxa de cobertura elétrica, ambos com aumentos de cerca de 30 pontos percentuais (pp)^{3,b}.

No entanto, apesar destes avanços, ainda existe uma lacuna significativa: em 2021, mais de 18 milhões de latino-americanos e caribenhos, residentes em 4,6 milhões de domicílios, não tinham cobertura elétrica. Este atraso é explicado principalmente pela falta de ligações elétricas nas zonas rurais, que afeta 3,5 milhões de domicílios¹. Nestas áreas, os custos de distribuição são mais elevados devido à menor densidade populacional e aos desafios que envolvem uma geografia caracterizada por regiões de selva e montanha².

A isto somam-se problemas de qualidade na rede elétrica^c que provocam instabilidade na prestação do serviço, afetando a qualidade de vida dos moradores dos domicílios e o desempenho econômico das empresas. Em 2019, 42% dos domicílios da ALC tiveram interrupções no seu serviço de eletricidade devido a problemas com fornecedores durante o último ano, e 21% destacaram que a última interrupção durou mais de 12 horas⁴. Esta situação também afeta as empresas da região, 58% das quais reportaram em 2017 cortes de energia elétrica no último ano⁵.

Ao comparar com os países desenvolvidos, é evidente o atraso que existe na qualidade do serviço elétrico na região: de acordo

b Progressos semelhantes na cobertura de eletricidade residencial, embora em menor grau, foram evidentes no Panamá, El Salvador, Jamaica e Colômbia, com aumentos próximos de 10 pontos percentuais. (OLADE, 2021).

c A qualidade do acesso à energia elétrica pode ser avaliada através da frequência e duração das interrupções na prestação do serviço (IDEAL, 2022), bem como também por outros atributos do fornecimento de energia elétrica que garantam o cumprimento de padrões aceitáveis - como níveis de voltagem - e que permitam evitar flutuações que possam causar danos em equipamentos e eletrodomésticos.

com os últimos dados disponíveis, enquanto a frequência das interrupções foi de 3,6 na ALC (2019), na Europa e nos Estados Unidos foi de 1,2 e 1,3, respectivamente (2016). Da mesma forma, a duração média das interrupções do serviço elétrico foi de 6,8 horas na ALC (2019), acima dos Estados Unidos e da Europa, com 5,7 (2018) e 1,7 horas de duração média, respectivamente⁶.

A eletrificação como base para o crescimento econômico

Os países da ALC precisam não só de aumentar a taxa de eletrificação, principalmente nas zonas rurais, mas também melhorar a qualidade do fornecimento do serviço elétrico. Esta melhoria na cobertura, acesso e qualidade da energia elétrica traz consigo impactos positivos em termos de crescimento e desenvolvimento econômico^d, que se refletem na melhoria das populações beneficiadas em indicadores laborais, produtivos, de condições de vida, saúde, educação e meio ambiente.



Evidências para ALC: Impactos da eletrificação

Nas regiões em desenvolvimento, como a ALC, há evidências de que um maior desenvolvimento energético^e —associado à disponibilidade, ao acesso e ao uso da eletricidade— tem impactos positivos na saúde e na educação. Especificamente, está associada ao aumento da esperança de vida ao nascer, à diminuição da taxa de mortalidade infantil, ao aumento da progressão para o ensino secundário e à uma maior frequência escolar⁷.

Para alguns países da ALC em particular, as evidências disponíveis mostram impactos positivos importantes nos indicadores de condições de vida, emprego, saúde e educação.

^d Encontrar uma associação causal entre o crescimento econômico e a eletrificação não é uma tarefa simples dada a complexidade do crescimento econômico, que é um processo dinâmico e de longo prazo (Stern et al., 2019; Stern y Kander, 2012) encontram uma relação positiva entre crescimento econômico e eletrificação. Também Calderón et al. (2015) encontram um efeito positivo e significativo a longo prazo da infraestrutura no PIB, com base num indicador que inclui capacidade de produção de eletricidade, transportes e telecomunicações.

^e Os autores medem o desenvolvimento energético com base num índice multidimensional que combina quatro indicadores, tanto a nível residencial como comercial, nomeadamente: utilização total de energia primária per capita, consumo per capita de energia elétrica, consumo de energia renovável e acesso à eletricidade.

BRASIL

A eletrificação teve efeitos positivos nas condições de vida, refletidos num aumento entre 16% e 20% no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), numa melhoria na educação associada a uma redução de 25% na taxa de analfabetismo e de 32% na taxa de população com menos de 4 anos de escolaridade e um aumento de 47% no emprego⁸.

NICARÁGUA

A eletrificação rural gerou um aumento de 23% na probabilidade de as mulheres trabalharem fora de casa⁹.

COLÔMBIA

A eletrificação provocou um aumento de 10% na fração de crianças de oito anos que completaram pelo menos um ano de escolaridade¹⁰.

EL SALVADOR

A eletrificação das casas nas zonas rurais reduziu as doenças respiratórias agudas nas crianças três anos após a intervenção, entre 39% e 65%, ao reduzir a concentração de partículas nas casas em 66%¹¹.

PERU

A eletrificação em residências rurais, a partir de um sistema solar doméstico, reduziu os gastos das famílias com outras fontes de energia utilizadas para iluminação, como velas (-81%) e baterias (-8%), aumentando o tempo dedicado a atividades recreativas, como a leitura, e aumentou os minutos de estudo das crianças em 11%¹².

Mercado laboral



O acesso à eletricidade tem impactos positivos nos **indicadores laborais** como o emprego, com aumentos que variam entre 17% e 47%¹³, que segundo alguns estudos tendem a beneficiar em maior medida as mulheres^{14,f}, e a renda, com aumentos entre 20% e 70%^{15,g-h}. Estas melhorias poderiam ser explicadas por uma redistribuição do tempo das pessoas para o trabalho: por exemplo, fornecer luz à noite pode fazer com que as pessoas aumentem o tempo que passam a obter ingressos remunerados, uma vez que podem trabalhar produtivamente durante mais tempo¹⁶.

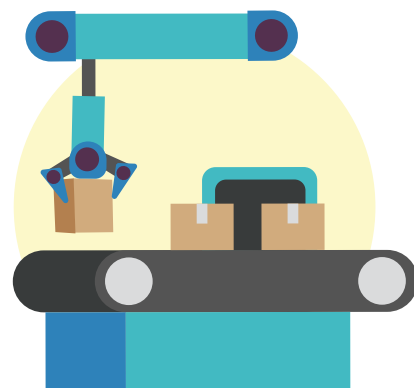
f Enquanto que [Dinkelman \(2011\)](#) só encontra impactos positivos no emprego de mulheres, [Khandker et al. \(2014\)](#) encontra impactos positivos tanto para mulheres como para homens, ainda que maiores para mulheres. No entanto, [Van de Walle et al. \(2017\)](#) encontra impacto somente no trabalho dos homens assalariados.

g [Lenz et al. \(2017\)](#) não encontram efeitos estatisticamente significativos da eletrificação sobre o emprego e renda.

h [Khandker et al. \(2014\)](#) encontram efeitos positivos na renda familiar mas não significativos na renda produto do trabalho.

Produção

Também são evidentes os impactos positivos na **produção** devido à eletrificação. Em particular, na produção industrial verifica-se um impacto positivo de 14%¹⁷ que poderia ser explicado pelo acesso em quantidade e qualidade à rede elétrica, pela redução do custo dos insumos energéticos, a refrigeração dos insumos de produção, a utilização de máquinas e equipamentos elétricos e equipamentos tecnológicos para gestão dos negócios, entre outros. No caso da agricultura, por exemplo, também se habilita a possibilidade de implementação de tecnologias adicionais, como bombas de água¹⁷. Da mesma forma, de acordo com os estudos disponíveis, a eletrificação teria impactos favoráveis na produtividade por trabalhador¹⁸.



Condições de vida

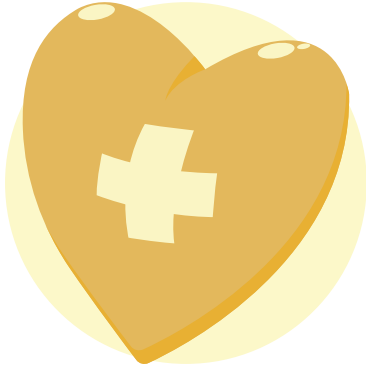
O acesso à eletricidade também gera efeitos positivos nas **condições de vida** das famílias, como uma melhoria no desenvolvimento humano entre 16% e 20% e uma redução da pobreza de 13,3 pp¹⁹. Estes impactos favoráveis poderiam ser explicados porque a eletrificação permite aos beneficiários aumentar o seu consumo de energia^{20,i}, quer seja através de uma maior procura de iluminação doméstica, de uma maior utilização de eletrodomésticos como fogões²¹, televisão e refrigeração, e de um melhor acesso a serviços como água potável e água quente²². Também, porque a maior disponibilidade de luz durante a noite permite que as pessoas aloquem os seus momentos de lazer para a realização de diversas atividades recreativas, como ver televisão, ouvir rádio, ler um livro, etc.²³



Por sua vez, o acesso à eletricidade tem efeitos positivos nos níveis de capital social e de coesão, pois gera oportunidades para os indivíduos desenvolverem relações e interagirem entre si através de um maior acesso a serviços de informação e entretenimento, espaços públicos ou comunitários e/ou serviços ou segurança pessoal. Um exemplo desta natureza é a melhor iluminação dos espaços públicos²².

i Os projetos de eletrificação rural, além de melhorarem o acesso à população diretamente beneficiada com o serviço elétrico, poderiam gerar efeitos de repercussão nos vizinhos e familiares que acedem indiretamente ao serviço, o que lhes permitiria aumentar o seu consumo de eletricidade e reduzir os seus gastos energéticos. ([Van de Walle et al., 2017](#) e [Lenz et al., 2017](#)), bem como ter acesso a melhores serviços de saúde, educação e abastecimento de bens.

Saúde



O acesso à energia elétrica, ou o seu acesso em melhores condições^j, gera benefícios nos **indicadores de saúde**, como a redução da taxa de internamentos hospitalares por doenças respiratórias, a diminuição da incidência de doenças respiratórias em crianças entre 39% e 65%, doenças oculares, cardiovasculares e/ou diarreicas. Está também associada a uma redução da mortalidade infantil e materna e a um aumento da esperança de vida devido à redução da exposição à contaminação do ar interior²⁴. Estes efeitos positivos na qualidade do ar podem ser explicados por dois canais. Por um lado, quando o acesso à eletricidade permite que os domicílios substituam por eletricidade o consumo de fontes de energia emissoras de CO₂²⁵ que afetam a qualidade do ar, como a biomassa ou o querosene, utilizados para iluminação, aquecimento ou para cozinhar²⁶. E, por outro lado, a melhoria da qualidade do ar pode se dar à mudança na forma como a eletricidade é gerada; por exemplo, usinas que utilizam carvão em comparação com usinas hidrelétricas que utilizam energias renováveis como a água, parques eólicos que utilizam o vento e usinas solares que utilizam energia solar para gerar energia elétrica.

Adicionalmente, o acesso à rede elétrica permite aos centros de saúde melhorar as suas instalações físicas e os serviços de saúde que prestam – por exemplo, através de iluminação adequada durante procedimentos médicos e melhor armazenamento de vacinas e funcionamento de equipamentos médicos –, bem como a gestão de destes serviços por meio do uso e acesso às telecomunicações²⁷.

Educação

A eletrificação e/ou o seu acesso em melhores condições também gera impactos positivos nos **indicadores educativos**^k, como a redução da taxa de analfabetismo em 25%, o aumento nos minutos de estudo das crianças em 11%, o incremento dos anos de escolaridade das crianças entre os 6% e os 72% (variando de 0,3 a 2 anos), crescimento na progressão do

^j O acesso à eletricidade melhorada refere-se à disponibilização e utilização de serviços elétricos mais seguros - com medidas que garantam a segurança das instalações elétricas, de forma a minimizar os riscos de acidentes e danos -, confiáveis - com disponibilidade do serviço de forma contínua, sem interrupções frequentes - e eficientes - que evitam perdas significativas durante a transmissão e distribuição de energia elétrica.

^k [Squires \(2015\)](#) encontra efeitos negativos da eletrificação na assistência, anos de escolarização e graduação escolar. Isto poderia ser explicado pela maior participação das crianças no mercado de trabalho e porque as mulheres adultas do agregado familiar podem ser atraídas para o mercado de trabalho, deixando as crianças mais velhas encarregadas de cuidar dos irmãos mais novos.



ensino fundamental para o ensino médio, maior permanência na escola e melhora no rendimento acadêmico²⁸. Estes impactos positivos poderiam ser explicados pelo aumento da jornada escolar efetiva, pelo maior acesso e utilização das tecnologias de informação e comunicação (TIC)²², e porque a disponibilidade de luz permite aumentar o tempo de estudo em casa, não só das crianças²⁹ mas também de adultos. Ainda, nos centros educacionais, o acesso à energia elétrica melhora as condições de iluminação dentro das salas de aula, as condições de trabalho dos educadores e a qualidade educacional a partir da possibilidade de ministrar aulas práticas em laboratórios e utilizar equipamentos educacionais como computadores, fotocopiadoras, televisores e projetores durante as aulas²².

Meio ambiente

Finalmente, a eletrificação também tem impactos positivos nos **indicadores ambientais**²². Essas melhorias podem ser explicadas de três maneiras. Em primeiro lugar, substituindo a utilização de fontes de energia emissoras de CO₂ por eletricidade³⁰ como, por exemplo, uma diminuição na utilização de lenha para cozinhar ou aquecer²¹, o que por sua vez reduz o desmatamento. Segundo, pelo uso de eletrodomésticos mais energeticamente eficientes,²¹ que reduzem o consumo de energia e, conseqüentemente, de fontes emissoras de CO₂ quando a energia elétrica é gerada com este tipo de energia. E terceiro, pela substituição do uso de fontes emissoras de CO₂ por fontes de energia renováveis^{31,1} ou fontes de energia não fósseis com baixo teor de carbono, como a energia nuclear. Esta substituição, combinada com a eficiência energética, pode dar lugar não somente a externalidades positivas, como a melhoria da qualidade do ar e a redução das emissões de GEE³¹, mas também a uma redução dos gastos das famílias com energia³².



¹ No entanto, deve-se destacar que a implementação e operação de tecnologias de energias renováveis podem gerar poluição e afetar a conservação dos ecossistemas e da biodiversidade (Moore et al., 2020; IDEAL, 2022). Por exemplo, parques eólicos e barragens hidrelétricas podem afetar espécies migratórias, e centrais de energia solar podem afetar habitats naturais ao utilizarem grandes extensões de terra para seu desenvolvimento (Pörtner et al., 2021). Da mesma forma, na fase de construção destas tecnologias também são geradas emissões de GEE, por exemplo na construção de usinas hidráulicas e nos processos de fabricação de painéis e moinhos (Spadaro et al., 2000). A isso acrescenta-se que o desenvolvimento de energias renováveis demanda minerais –por exemplo, para turbinas eólicas– obtidos a partir de atividades mineiras que podem afetar os ecossistemas. Além disso, são gerados resíduos a partir do descarte de painéis fotovoltaicos e turbinas eólicas após o término de sua vida útil ou quando são substituídos precocemente. A essas conseqüências ambientais são somados outros tipos de contaminação, como a sonora –por exemplo. Os ruídos das turbinas eólicas podem causar efeitos adversos à saúde das pessoas (Punch et al., 2010), como dores de cabeça e estresse (Pedersen, 2011).

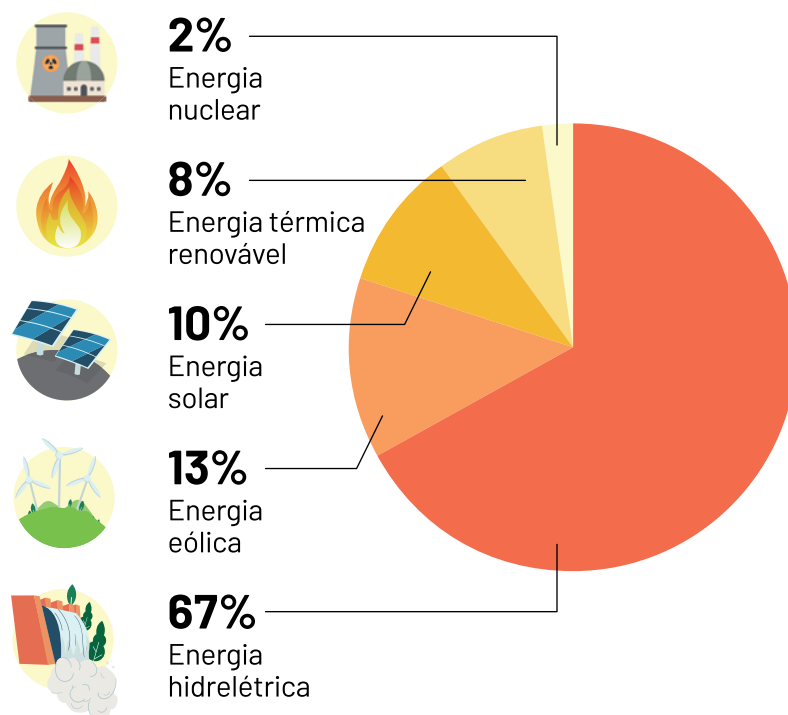
A eletrificação baseada em energias renováveis

A parcela da capacidade instalada de energia renovável foi consolidada para atingir 62% em 2021.

A expansão da cobertura e do acesso ao serviço elétrico nos últimos 20 anos na ALC foi acompanhada por um crescimento significativo na capacidade instalada, que aumentou mais de 100%^m, enquanto a parcela da capacidade instalada de energia renovável foi consolidada para atingir 62% em 2021³.

Vale ressaltar que, no grupo das energias renováveis, a hidrelétrica é a que concentra a maior proporção de capacidade instalada³.

ENERGIAS RENOVÁVEIS POR QUOTA DE CAPACIDADE INSTALADA NA ALC



Este esforço dos países da região para tornarem as suas matrizes de geração de eletricidade baixas em carbono faz parte de um esforço global para reduzir as emissões de GEE e mitigar as suas consequências no meio ambiente.

^m A capacidade instalada de energia elétrica, ou seja, a capacidade teórica máxima de geração de eletricidade que uma central de geração pode produzir em condições ótimas, passou de 221 mil MW para 481 mil MW entre 2001 e 2021. No mesmo período também houve um aumento na geração de energia elétrica de 75%, esta é a quantidade real de energia elétrica produzida, que passou de 937.028 GWh para 1.637.868 GWh no mesmo período.



As emissões de GEE, aquecimento global e suas consequências

A acumulação de GEE na atmosfera provoca o chamado aquecimento global, um aumento da temperatura média da superfície da Terra, que durante a última década (2013-2022) foi de 1,1°C em comparação com os tempos pré-industriais (1850-1900)³³, e espera-se que continue a aumentar nas próximas décadasⁿ.

Este aquecimento global traz consigo efeitos negativos diretos, como o aumento do estresse térmico, inundações, secas, incêndios florestais e a maior frequência de tempestades intensas, bem como efeitos indiretos que ameaçam a saúde da população através de alterações adversas na poluição atmosférica, na propagação de doenças, insegurança alimentar e hídrica, deslocamento e insalubridade mental³⁴.

Estes danos serão enormes e potencialmente irreversíveis enquanto os países do mundo em geral, e a ALC em particular, não tomarem medidas urgentes para evitar que a temperatura continue a aumentar³⁵.

ALC é responsável por 10% das emissões globais e nos últimos 50 anos elas mostraram um aumento significativo.

A ALC é atualmente responsável por 10% das emissões globais^{35,o} e, embora a região tenha um nível de emissões totais e per capita inferior em comparação ao mundo desenvolvido, nos últimos 50 anos elas mostraram um aumento significativo. Enquanto em 1971 as emissões médias de CO₂ per capita na ALC representavam apenas 15% das dos países desenvolvidos da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), em 2021 esta participação cresceu até duplicar-se e atingir 30%³⁶.

ⁿ Na verdade, a temperatura média projetada para a ALC em 2021-2040 é 1°C mais alta do que em 1985-2014 ([Brassiolo et al., 2023](#)).

^o Na ALC, o setor energético –que inclui a geração de eletricidade– contribui com apenas 13% para essas emissões totais, enquanto os setores com maior contribuição são aqueles ligados ao uso da terra, mudança no uso da terra e silvicultura, e práticas agropecuárias (58%), indústria (16%) e transporte (11%), etc. ([Brassiolo et al., 2023](#)).



O compromisso da ALC para reduzir as emissões de GEE

No Acordo de Paris, 33 países da América Latina e do Caribe (de um total de 196 países signatários) se comprometeram a limitar o aumento da temperatura a 1,5°C em relação aos níveis pré-industriais.

Nesse sentido, por meio das chamadas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC, na sigla em inglês), 21 países da região que reúnem mais de 80% das atuais emissões de GEE na ALC estabeleceram, com base em suas circunstâncias e capacidades, metas específicas de redução das emissões de GEE e de adaptação aos impactos produzidos pelas alterações climáticas, bem como as medidas e ações para atingir esses objetivos.

Em 2020, os países da ALC emitiram 3.293 megatoneladas de dióxido de carbono (CO₂e) e, até 2030, no âmbito das NDC, comprometeram-se a uma redução de 11% nas suas emissões (2.952 MtCO₂e)^{35,p}.

Portanto, para que os países da região alcancem o desenvolvimento sustentável através de uma maior eletrificação e de um maior crescimento econômico, o aumento do produto per capita deve ser tal que as emissões de GEE dos países da ALC não cresçam ou bem o façam numa proporção menor³⁵.

Duas formas possíveis de atingir este duplo objetivo de crescer sem aumentar – ou mesmo reduzir – as emissões de GEE são a eletrificação da demanda energética residencial e a descarbonização da matriz de geração elétrica a partir de fontes renováveis.

Duas formas possíveis de atingir este duplo objetivo de crescer sem aumentar – ou mesmo reduzir – as emissões de GEE são a eletrificação da demanda energética residencial e a descarbonização da matriz de geração elétrica a partir de fontes renováveis. Conforme mencionado, o primeiro permite substituir o consumo de energia proveniente de fontes fósseis emissoras de CO₂ por eletricidade, enquanto o segundo permite satisfazer as necessidades de consumo energético dos países da região mediante a substituição da geração de eletricidade a partir de fontes de combustíveis fósseis com alto teor de carbono por fontes renováveis que não emitem CO₂ na fase

^p Os esforços para reduzir as emissões na ALC deveriam ser substancialmente incrementados se for considerado um aumento na população ou no produto per capita. Se o PIB per capita da ALC crescesse entre 2% e 4%, dado o crescimento populacional projetado de 0,6% em média anual entre 2020 e 2030, deveria reduzir as suas emissões por PIB entre 31% e 43%, um valor semelhante à redução que a União Europeia tem que fazer nesta variável se o produto per capita desta região crescesse 2% (42%) [Allub et al. (próxima publicação) em www.caf.com]

de geração. Tal como indicado pelos dados disponíveis para os países desenvolvidos, um maior investimento em energias renováveis repercute numa redução das emissões de CO₂, tanto a curto como a longo prazo³⁷.

As energias renováveis podem ser desenvolvidas em menor escala, permitindo-lhes chegar a zonas rurais e/ou remotas onde são evidentes as maiores lacunas na cobertura e no acesso à eletricidade e onde seria muito dispendioso ligar os agregados familiares à rede eléctrica principal.

Este tipo de energia pode ser desenvolvido em menor escala, o que lhe permite chegar a zonas rurais e/ou remotas – mais dispersas e com menor dimensão populacional – onde se evidenciam os maiores saldos pendentes em termos de cobertura e acesso à eletricidade e onde seria muito caro ligar as casas à rede eléctrica principal.

Em linha com a evidência para eletrificação da demanda residencial, os estudos existentes sobre o impacto dos projetos de energia solar e eólica, fora do sistema eléctrico interligado (*off-grid*), reportam impactos positivos nos indicadores de condições de vida, emprego, saúde, educação e meio ambiente.

IMPACTO DE PROJETOS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS EM ZONAS RURAIS

CONDIÇÕES DE VIDA

- ↑ do uso de luz nos domicílios³⁸
- ↓ nos gastos de energia nos domicílios entre 33% e 59%³⁹

EMPREGO

- ↑ da probabilidade de as mulheres participarem no trabalho agrícola em 33% e de os homens participarem no trabalho doméstico em 26%⁴⁰

SAÚDE E MEIO AMBIENTE

- ↓ do consumo de combustíveis contaminantes como o querosene entre 50% e 77% e do gasto entre 68% e 80%⁴¹
- ↓ na probabilidade de utilização de lâmpadas de querosene em 43%⁴⁰
- ↓ de doenças respiratórias e oculares⁴²
- ↓ das emissões de CO₂⁴³

EDUCAÇÃO

- ↑ da frequência escolar em 14%⁴²
- ↑ do tempo de estudo das crianças entre 8 e 30 minutos⁴¹ e na conclusão dos trabalhos escolares em 24%⁴²
- ↑ da probabilidade de as crianças da casa concluírem a primeira série em 15%⁴⁰

A ação do CAF e seu impacto na redução de emissões de GEE



No CAF, atento às necessidades da região em termos de eletrificação rural e urbana, e à exigência de que a geração de energia seja de baixo carbono e ambientalmente sustentável, os projetos de geração de energia são financiados a partir de fontes renováveis, como eólica, solar e hidrelétrica.

Esta estratégia faz parte de um plano integral que procura promover uma transição energética justa^q com fontes renováveis convencionais e não convencionais, que acompanha o crescimento e a descarbonização das economias, garantindo a segurança energética, a cobertura e a acessibilidade financeira do serviço elétrico, além para promover o *powershoring*^r.

Financiamento de projetos de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis

Entre 2014 e 2023, o CAF financiou onze projetos de energia renovável por um valor total de US\$347 milhões na Argentina, Brasil, Chile, Equador, Peru e Uruguai. Esses projetos consistiram na construção, entrada em operação e manutenção de seis parques eólicos, vinte e seis usinas solares e duas centrais hidrelétricas.

Os projetos de energias renováveis financiados pelo CAF permitiriam produzir 2.850 GWh de eletricidade por ano, o que equivale a fornecer energia a um total de 1,1 milhões de domicílios.

Segundo cálculos próprios, esses projetos^s proporcionariam 2.850 GWh de geração de energia elétrica por ano, o que equivale a fornecer energia a um total de 1,1 milhões de domicílios, de acordo com o consumo médio de energia elétrica de cada país, e representa 2% da produção total de eletricidade renovável nestes países.

q A transição energética justa consiste na conversão de um sistema energético baseado em combustíveis fósseis e carvão para um sistema baseado em fontes primárias que contribuam para a redução das emissões de GEE, para o aumento da participação da eletricidade na matriz energética, para uma maior eficiência —através da redução das perdas na transformação, transmissão e distribuição de energia elétrica ou através da utilização de aparelhos que consumam menos energia—, e do desenvolvimento de tecnologias de captura e armazenamento de emissões de CO₂.

r *Powershoring* refere-se à descentralização da produção para países que oferecem energia de baixo carbono, segura, barata e abundante, perto de grandes centros de consumo, além de outras virtudes para atrair investimentos industriais. A ALC atende a muitas dessas condições: vários países possuem matrizes energéticas de baixo carbono e está geograficamente próxima da América do Norte e da Europa, ao que se soma seu enorme potencial em energias renováveis (CAF, 2022).

s Está excluída deste cálculo a contribuição da usina solar Chico Mendes no Brasil por se tratar de um projeto aprovado em 2022 que não está concluído e, portanto, o parque solar não está operacional. Estima-se que a redução anual de emissões seria de 270 e 48.300 tCO₂eq, respectivamente.

Por sua vez, esta geração de energia a partir de fontes renováveis reduziu as emissões de GEE num total de quase 4 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂eq) desde a entrada em funcionamento de cada projeto de energias renováveis até 2022. Em 2022, a redução das emissões de GEE destes projetos foi de 980 mil tCO₂eq, 1,1% do total de emissões de CO₂eq. atribuíveis à geração de energia elétrica ligada à rede para os cinco países com projetos operativos.

O Custo Social do Carbono (CSC ou SCS, por suas siglas em inglês)^t é uma medida que estima o valor monetário dos impactos associados às alterações nas emissões de CO₂ num determinado ano, expresso em termos de consumo equivalente⁴⁵. De acordo com as suas avaliações, a redução das emissões de GEE dos projetos do CAF traduziu-se num benefício entre US\$169 e US\$937 milhões no mesmo período. Em 2022, estima-se que o benefício da redução de emissões variou de US\$ 42 milhões a US\$ 233 milhões para as emissões reduzidas.



^t Estimativas feitas com base na estimativa global do CSC de [ToI\(2023\)](#) para três taxas de desconto: a) 1%: US\$ 610 milhões, b) 2%: US\$ 937 milhões, e c) 3%: US\$ 169 milhões.

ARGENTINA

O CAF financiou dois projetos de energia renovável no valor de US\$ 60 milhões: o parque solar Cafayate e os parques eólicos Villalonga e Chubut del Norte. A capacidade nominal instalada do parque solar foi de 81,3 MW, 7,4% do total de energia solar fotovoltaica instalada no país (1.104 MW em 2022), e a de ambos os parques eólicos foi de 80,6 MW, 2,4% do total de energia eólica instalada em o país (3.309 MW em 2022). Estes projetos permitiram aumentar a produção de energia em 649 GWh por ano, uma energia líquida gerada com potencial para abastecer 216 mil domicílios, e estima-se que contribuíram para reduzir as emissões de GEE em 1 milhão tCO₂eq desde a entrada em funcionamento de cada projeto até 2022. Em 2022, a redução total nas emissões de GEE foi de 276 mil tCO₂eq, o que representa 0,66% do total de emissões provenientes da geração de energia elétrica no país. Esta redução implicaria um benefício entre US\$ 43 e US\$ 242 milhões, segundo a estimativa do CSC.

BRASIL

No âmbito do Programa de Desenvolvimento e Saneamento Ambiental de São Caetano do Sul, aprovado em 2022 por US\$ 50 milhões, o CAF destinou US\$ 1,7 milhão para financiar o parque solar Chico Mendes com o objetivo de fornecer eletricidade com baixo teor de carbono à população do município. Este projeto permitiria aumentar a produção de energia em 0,73 GWh por ano e estima-se que contribuiria para a redução das emissões de GEE em aproximadamente 270 tCO₂eq por ano.

CHILE

O CAF financiou o parque solar fotovoltaico do Atacama por US\$ 79 milhões. A potência nominal instalada foi de 170 MW, 2,7% do total de energia solar instalada no país (6.250 MW em 2022). Este parque produz um total de 470 GWh por ano, o que permitiria fornecer eletricidade a um total de 215 mil famílias, e estima-se que contribuiu para a redução de emissões em 310 mil tCO₂eq desde a entrada em funcionamento do projeto até 2022. Em 2022, a redução total de emissões foi de 141 mil tCO₂eq., o que representa 0,46% do total de emissões provenientes da geração de energia elétrica no país. Esta redução representaria um benefício entre US\$ 13 e US\$ 74 milhões, de acordo com a estimativa do CSC.

No âmbito do projeto oEnergy PMGD Solar Project no Chile, aprovado em 2023 por 30 milhões de dólares, a CAF financiará **23** painéis solares que produzirão 160,7 GWh de energia líquida anual. Esta energia abastecerá **73.500** domicílios e gerará uma redução das emissões de **48.300 toneladas** de equivalente CO₂, o que representa 0,16% das emissões de produção de eletricidade do país.

EQUADOR

O CAF financiou a Usina Hidrelétrica da DUE Hidroalto por US\$ 22 milhões. A potência nominal instalada foi de 49,5 MW, 1% do total da potência hidrelétrica instalada no país (5.191 MW em 2022). Esta usina produz 348 GWh por ano, uma energia líquida gerada com potencial para abastecer 205 mil domicílios, e estima-se que tenha reduzido as emissões em 385 mil tCO₂eq desde a entrada em funcionamento do projeto até 2022. Em 2022, a redução total de emissões foi de 51 mil tCO₂eq, o que representa 1,2% do total de emissões provenientes da geração de eletricidade no país. Esta redução representaria um benefício entre US\$ 17 e US\$ 92 milhões, de acordo com a estimativa do CSC.

PERU

O CAF financiou quatro projetos de energia renovável no valor de US\$ 90 milhões: os parques eólicos Marcona, Tres Hermanas, Huambos e Dunas e a usina hidrelétrica La Virgen. Os 3 parques eólicos têm uma potência nominal instalada de 166 MW, 41% do total de potência eólica instalada no país (409 MW em 2022) e a central hidroelétrica representa 1,5% do total de potência hidroelétrica instalada no país (5.503 MW em 2022). Estes projetos aumentaram a produção de energia em 1.119 GWh por ano, uma capacidade de geração de energia com potencial para abastecer cerca de 373 mil domicílios. Estima-se também que reduziram as emissões em 2,1 milhões de tCO₂eq desde a entrada em funcionamento de cada projeto até 2022. Em 2022, a redução total de emissões foi de 485 mil tCO₂eq, o que representa 5,6% do total de emissões provenientes da geração de eletricidade. Esta redução representaria um benefício entre US\$ 92 e US\$ 507 milhões, de acordo com a estimativa do CSC.

URUGUAI

O CAF financiou o parque eólico Artilleros Rouar por US\$ 58 milhões. A potência nominal instalada foi de 65,1 MW, 4,3% do total de energia eólica instalada no país (1.514 MW em 2022). Este parque produz 257 GWh por ano, o que equivale ao fornecimento de eletricidade a 93 mil domicílios, e estima-se que tenha reduzido as emissões de CO₂ em 99 mil tCO₂eq entre 2014 e 2022. Em 2022, a redução total de emissões foi de 26 mil tCO₂eq, o que representa 1,9% das emissões totais da geração de energia elétrica. Esta redução representaria um benefício entre US\$ 4 e US\$ 23 milhões, de acordo com a estimativa do CSC.



Outros apoios para aumentar a eletrificação e reduzir as emissões de GEE na ALC

AÇÃO DO CAF NOS ÚLTIMOS 6 ANOS (2018-2023)

8 projetos

de cooperação técnica relacionados à energia

US\$ 961 mil

em 19 países^v

da América Latina e do Caribe

Esses recursos foram direcionados para o financiamento de:

19 PAÍSES

- » estudos de análise integral do setor elétrico da ALC até 2050
- » fórum para promover a integração energética regional

ARGENTINA

- » estudos de viabilidade de energias renováveis em áreas rurais

EQUADOR

- » melhoria do serviço elétrico público

MÉXICO

- » estudo de projetos de adoção tecnológica e demonstração de sistemas de armazenamento de energia

PARAGUAI

- » implementação de um sistema inteligente para gestão de medição de energia elétrica na infraestrutura de distribuição

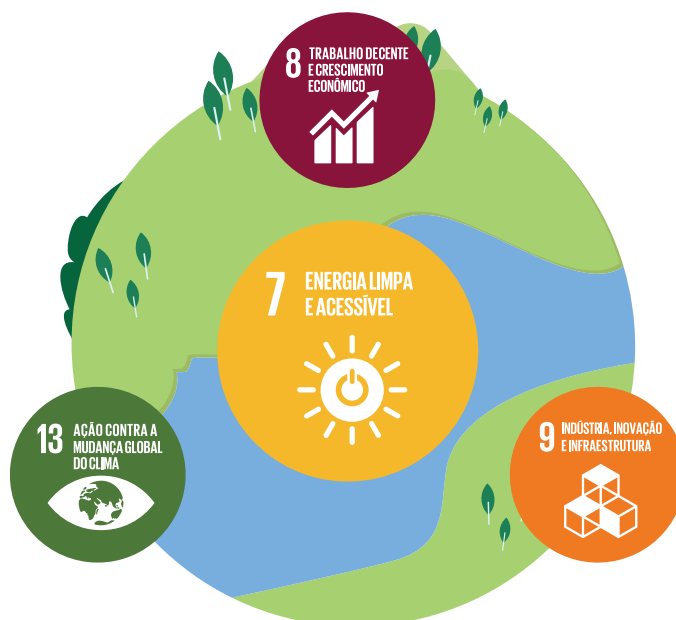
URUGUAI

- » formação de estudantes universitários em energias renováveis
- » estudo de inclusão de hidrogênio verde no sistema elétrico

^v Argentina, Barbados, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Equador, El Salvador, Honduras, Jamaica, México, Panamá, Paraguai, Peru, República Dominicana, Trinidad e Tobago, Uruguai e Venezuela.

Além disso, a agenda de conhecimento do CAF está desenvolvendo o Relatório de Economia e Desenvolvimento sobre a transição energética justa, um documento que busca compreender as oportunidades e desafios que a transição energética apresenta para a estratégia de desenvolvimento sustentável e inclusivo dos países da região e que será publicado em 2024.

Estas ações do CAF fazem parte do cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos na Agenda 2030 das Nações Unidas. Com a sua implementação se promove, fundamentalmente:



Resumo

Apesar do progresso na eletrificação dos países da ALC, ainda existem mais de 18 milhões de latino-americanos e caribenhos que não têm acesso à eletricidade. Esta situação agrava-se nas zonas rurais onde cerca de 3,5 milhões de domicílios não têm acesso a este serviço. Somado a isso, ainda existem problemas na qualidade do serviço que afetam a sua continuidade.

Aos desafios em termos de eletrificação somam-se os desafios ambientais: embora a nossa região seja responsável por 10% do total das emissões de CO₂, a sua participação tem aumentado nas últimas décadas e o apelo à implementação de medidas de mitigação é urgente para atingir os objetivos de redução de emissões estabelecidos no marco das CDN e evitar que as temperaturas globais continuem a aumentar com os consequentes danos econômicos e sociais que isso acarreta.

Portanto, os países da região têm um triplo desafio: investir na eletrificação —necessária para o crescimento—, incorporar infraestrutura energética que permita a geração de eletricidade com baixo teor de carbono —necessária para proteger o meio ambiente— e incluir as populações mais desfavorecidas, particularmente aquelas que vivem nas zonas rurais —necessário para não se deixe ninguém para trás.

O CAF financia projetos de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis —eólica, solar e hidrelétrica— que permitiram aumentar a eletrificação rural e urbana na região.

Estes projetos têm impactos positivos em termos de crescimento e desenvolvimento econômico, refletidos na melhoria dos indicadores do mercado de trabalho, produção, condições de vida, saúde, educação e ambiente das populações beneficiadas.

Os impactos na proteção do meio ambiente aumentam substancialmente quando a geração de eletricidade é proveniente de fontes renováveis. Estima-se que os projetos de geração de eletricidade a partir de fontes renováveis financiados pelo CAF reduziram as emissões de GEE em quase 4 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂eq) desde a entrada em funcionamento de cada projeto até 2022 — equivalente a um benefício entre US\$ 169 e US\$ 937 milhões, 1,1% das emissões totais provenientes da geração de eletricidade dos cinco países beneficiários de projetos em operação, o que contribui para as metas de mitigação da ALC estabelecidas no âmbito das CDN.



Notas de referências

- 1 [Hub de Energía \(2021\)](#)
- 2 [Allub et al. \(próxima publicação\) em \[www.caf.com\]\(http://www.caf.com\)](#)
- 3 [OLADE \(2021\)](#)
- 4 [ECAAF \(2019\)](#)
- 5 [Encuesta de Empresas del Banco Mundial \(2017\)](#)
- 6 [IDEAL \(2022\)](#)
- 7 [Banerjee et al. \(2021\)](#)
- 8 [Lipscomb et al. \(2013\)](#)
- 9 [Grogan e Sadanand \(2013\)](#)
- 10 [Grogan \(2016\)](#)
- 11 [Barron e Torero \(2017\)](#)
- 12 [Arraiz \(2015\)](#)
- 13 [Lipscomb et al. \(2013\); Dinkelman \(2011\); Grogan e Sadanand \(2013\); Bernard \(2012\); Khandker et al. \(2014\) e Akpandjar e Kitchens \(2017\)](#)
- 14 [Dinkelman \(2011\)](#) e [Khandker et al. \(2014\)](#)
- 15 [Kirubi et al. \(2009\); Chakravorty et al. \(2014\); Khandker et al. \(2014\); Bensch et al. \(2011\) e Kumar e Rauniyar \(2018\)](#)
- 16 [Van de Walle et al. \(2017\)](#)
- 17 [Rud \(2012\)](#)
- 18 [Kirubi et al. \(2009\)](#)
- 19 [Lipscomb et al. \(2013\)](#) e [Khandker et al. \(2014\)](#)
- 20 [Khandker et al. \(2014\)](#) e [Van de Walle et al. \(2017\)](#)
- 21 [Akpandjar e Kitchens \(2017\)](#)
- 22 [Moore et al. \(2020\)](#)
- 23 [Lenz et al. \(2017\)](#) e [Wagner et al. \(2021\)](#)
- 24 [Rivera et al. \(2021\); Barron e Torero \(2017\); Moore et al. \(2020\); Banerjee et al. \(2021\); Rom et al. \(2023\) e Oum \(2019\)](#)
- 25 [Bonan et al. \(2017\); Cabraal et al. \(2005\); Khandker et al. \(2014\) e Grimm et al. \(2017\)](#)
- 26 [Cabraal et al. \(2005\)](#) e [Heltberg \(2003\)](#)
- 27 [Cabraal et al. \(2005\)](#) e [Lenz et al. \(2017\)](#)
- 28 [Moore et al. \(2020\); Banerjee et al. \(2021\); Lipscomb et al. \(2013\); Bernard \(2012\); Oum \(2019\); Grogan \(2016\); Akpandjar e Kitchens \(2017\); Khandker et al. \(2014\) e Rom et al. \(2023\)](#)
- 29 [Khandker et al. \(2014\); Grimm et al. \(2017\); Lenz et al. \(2017\) e Bensch et al. \(2011\)](#)
- 30 [Khandker et al. \(2014\); Lenz et al. \(2017\); Grimm et al. \(2017\); Wagner et al. \(2021\); Rom et al. \(2023\) e Aklin et al. \(2017\)](#)
- 31 [Wagner et al. \(2021\); Rom et al. \(2023\) e Bharadwaj et al. \(2021\)](#)
- 32 [Rom et al. \(2023\); Grimm et al. \(2017\); Lenz et al. \(2017\); Bharadwaj et al. \(2021\); Aklin \(2017\) e Wagner et al. \(2021\)](#)
- 33 [IPCC \(2023\)](#)
- 34 [Watts et al. \(2015\)](#) e [IPCC \(2023\)](#)
- 35 [Brassiolo et al. \(2023\)](#)
- 36 [IEA \(2023\)](#)
- 37 [Rahman et al. \(2022\)](#)
- 38 [Grimm et al. \(2017\)](#) e [Wagner et al. \(2021\)](#)
- 39 [Grimm et al. \(2017\)](#) e [Rom et al. \(2023\)](#)
- 40 [Bharadwaj et al. \(2021\)](#)
- 41 [Karumba e Muchapondwa \(2018\); Grimm et al. \(2017\); Wagner et al. \(2021\) e Rom et al. \(2023\)](#)
- 42 [Rom et al. \(2023\)](#)
- 43 [Wagner et al. \(2021\); Rom et al. \(2023\) e Bharadwaj et al. \(2021\)](#)
- 44 [Arraiz \(2015\); Grimm \(2017\) e Furukawa \(2014\)](#)
- 45 [EPA \(2017\)](#)