

April 2022

# Corrida ao Net Zero: Um Plano de Inovação em Minas Gerais



# Agradecimentos

## Este relatório foi escrito pela Energy Systems Catapult

- Felipe Cruz, Gerente Internacional de Desenvolvimento de Negócios

## Com as contribuições de:

- Dra. Inês Tunge, Gerente de Prática – Renováveis
- Sathsara Abeysinghe, Engenheira de Sistemas de Energia
- Hassan Hassan, Analista Internacional
- Andrew Pease, Gerente de Aceleração de Tecnologia

## Contribuições da equipe da Connected Places Catapult:

- Guilherme Johnston, Chefe de Parcerias Globais
- Aline Martins, Líder Global de Pesquisa Colaborativa & Desenvolvimento
- Erika Azevedo, Representante da América Latina
- Ben Gower, Analista Global de Cidades
- Rachel Capstick, Gerente de Projetos

## Contribuições da equipe do ICLEI América do Sul:

- Armelle Cibaka, Coordenadora Regional de Gestão do Conhecimento e Juventude
- Marília Israel, Analista de Projetos

## Contribuições do Estado de Minas Gerais:

- Alessandro Ribeiro Campos, Coordenador, Núcleo de Sustentabilidade, Energia e Mudanças Climáticas da Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais
- Pedro Oliveira de Sena Batista, Superintendente, Superintendência de Política Minerária, Energética e Logística da Secretaria de Estado Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais

## Contribuições do Ministério das Relações Exteriores

- Lucas Brown, Cônsul Britânico de Belo-Horizonte
- Cristina Hori, Gerente de Ciência & Inovação, Rede de Ciência & Inovação

## Peer Review:

- Carl Perrin, Diretor – Instituto de Crescimento Limpo & Mobilidade Futura da Universidade de Coventry

# Prefácio

## DR AMY HOCHADEL

Diretora, Programa Global,  
Connected Places Catapult



Como o primeiro estado latino-americano a aderir à campanha Race to Zero, Minas Gerais está na vanguarda do desenvolvimento de ousadas ações para enfrentar os efeitos das mudanças climáticas. Como um dos maiores e mais industrializados estados Brasileiros, suas ambições de chegar ao zero carbono são fundamentais para garantir que o país cumpra com seus próprios compromissos climáticos.

Como líder mundial em inovação climática, o Reino Unido é o parceiro perfeito para colaborar com Minas Gerais e trabalhar em parceria com o Estado para alcançar esses objetivos. Como aceleradora do Reino Unido para cidades, transporte e lugares, a Connected Places Catapult vem trabalhando com Minas Gerais em diferentes projetos que vão desde a promoção de segurança nas estradas até a melhoria da experiência do usuário no transporte público. Estamos muito felizes em ver os resultados de mais um projeto com foco no desenvolvimento de soluções inovadoras para apoiar os esforços de descarbonização de Minas Gerais.

Trabalhando em parceria com a Energy Systems Catapult e o ICLEI América do Sul e o Governo do Estado de Minas Gerais com o apoio da UK Science and Innovation Network, não apenas apoiamos o Estado na identificação de soluções climáticas inovadoras, mas também fomentamos colaborações entre stakeholders locais e Britânicos que são fundamentais para o desenvolvimento de soluções conjuntas entre Reino Unido e Minas Gerais.

Estamos ansiosos para continuar nesta jornada agora, testando e implantando tecnologias combinadas do Reino Unido e Minas Gerais desenvolvidas pelo Reino Unido e inovadores Mineiros.

## MARÍLIA CARVALHO DE MELO

Secretária Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável  
do Estado de Minas Gerais



A inovação tecnológica tem um papel chave na modernização da economia estadual rumo ao alcance da meta de neutralidade de carbono. Pacotes direcionados dentro da política de inovação podem fortalecer as condições facilitadoras de promoção da redução dos custos unitários de várias tecnologias de baixa emissão e, em conjunto com instrumentos de financiamento e de atração de demanda, ampliar a capacidade de difusão no território estadual. Esse plano irá orientar a implementação de projetos e programas de ação para fortalecimento de um ecossistema estadual de inovação para descarbonização e um ambiente favorável para impulsionar investimentos em projetos de P&I e demonstração de novas tecnologias limpas.

O projeto, desenvolvido em parceria com o ICLEI América do Sul a Energy Systems Catapult, a Connected Places Catapult, com apoio fundamental do Governo Britânico através do Science & Innovation Network, é mais um fruto da prospera cooperação entre o Governo do Estado de Minas Gerais e do Reino Unido para impulsionar o desenvolvimento verde e investimentos no estado. Confiamos que esse plano proporcione oportunidades para reduzir as atuais emissões e reduzir e seu crescimento, criando ao mesmo tempo co-benefícios sociais e ambientais.

# Prefácio

## FERNANDO PASSALIO DE AVELAR

Secretário de Estado de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais



O Governo de Minas Gerais está engajado e comprometido a convergir esforços para alcançar os objetivos da campanha global Race to Zero de atingir emissões líquidas zero de gases de efeito estufa até 2050 e fomentar o desenvolvimento sustentável em seu território. A meta será alcançada por meio da intensificação de ações de descarbonização, da atração de investimentos para negócios sustentáveis e para a criação de empregos verdes, que viabilizam o desenvolvimento econômico sustentável. Minas Gerais já é o estado que mais gera energia solar e tem investido, cada vez mais, no desenvolvimento econômico atrelado à sustentabilidade, atraindo investimentos para o setor de energias renováveis.

Em 2022, a Secretaria de Desenvolvimento Econômico (Sede-MG), em parceria com o Governo Britânico, com a Federação das Indústrias de Minas Gerais (Fiemg) e com a Energy Systems Catapult (ESC) vem realizando uma série de Workshops Minas Gerais e Reino Unido: Acelerando Inovação Rumo ao Net Zero, iniciativa que tem como pilar a colaboração entre os principais atores da economia mineira a fim de identificar ações necessárias para acelerar a descarbonização da indústria. Além dos workshops, esse relatório tem grande importância para auxiliar nessa meta. Analisar o mercado de energia em nosso estado, suas emissões, desafios regionais e oportunidades, e identificar possibilidades para avanços na aceleração da transição são ações que ajudam o estado a pensar no desenvolvimento econômico, na geração de empregos e renda, melhorando o bem-estar e o ambiente de negócios, atraindo mais investimentos sustentáveis.

## LUCAS BROWN

Cônsul Britânico em Belo Horizonte, Minas Gerais, Foreign Commonwealth and Development Office



Nas últimas décadas, o Reino Unido tem estado na vanguarda da ação climática. Desde 2000, estamos descarbonizando nossa economia mais rapidamente do que qualquer outro país do G20 e nos tornamos a primeira grande economia do Grupo a colocar em lei que chegaremos a net zero emissões de carbono até 2050. Como presidente da COP26, assumimos a responsabilidade de promover essa causa em nível global. Para atingir uma mudança global, trabalhamos incansavelmente para promover a agenda climática e colaborar com parceiros internacionais.

Tenho orgulho de representar o governo do Reino Unido em um Estado que abraçou a agenda climática como nenhum outro no Brasil. O governo do Estado de Minas Gerais mostrou ambição e pragmatismo ao se tornar o primeiro Estado da América Latina e Caribe a aderir à campanha Race to Zero. Essa conquista fez com que Minas Gerais fosse o líder da ação climática não apenas no Brasil, mas em toda a América do Sul, a caminho da COP26. Uma combinação oportuna de Secretarias de Governo de Estado tecnicamente excelentes, desejo político do mais alto nível e colaboração ávida com a missão diplomática do Reino Unido no Brasil proporcionou a oportunidade perfeita para alcançar tal resultado.

Após aumentar a ambição com sucesso, enfrentamos agora o desafio de implementar soluções. O caminho à frente não é simples. Há decisões difíceis sobre quais caminhos devem ser tomados em inovação e política. É por isso que colaborações como este Plano são cruciais para cumprir os ambiciosos compromissos que foram assumidos.

Devemos garantir que não estamos apenas trabalhando com outros governos, mas também trazendo à mesa o setor privado, a academia, as ONGs e o setor financeiro. Uma abordagem multissetorial é imperativa para enfrentar os desafios que as mudanças climáticas apresentam. É por isso que é uma honra para mim ter facilitado um relacionamento ainda mais forte com a UK Catapult Network nesta importante temática. As Catapults representam esta abordagem colaborativa a nível local, nacional e internacional.

Um dos argumentos mais fortes para promover a descarbonização e a implementação de uma economia de baixo carbono é o que chamamos de crescimento verde. Entre 1990 e 2019, o Reino Unido alcançou um crescimento verde recorde. Ao mesmo tempo que as emissões no Reino Unido reduziram 44%, o declínio mais rápido do G7, a economia cresceu 78%; provando que o crescimento econômico pode ser alcançado tornando-se verde. O governo do Reino Unido acredita que esse desafio colossal cria talvez a maior oportunidade econômica deste século. Estou confiante de que as análises e recomendações deste Plano incentivarão a colaboração entre os principais stakeholders de Minas Gerais e fortalecerão o florescente ecossistema de inovação, acelerando assim a transição do Estado para uma economia de baixo carbono

# Conteúdo

<b>Agradecimentos</b>	<b>7</b>	3.5. Conclusões	50
<b>Prefácio</b>	<b>3</b>	3.6. Recomendações	50
<b>Resumo</b>	<b>8</b>	3.7. Estudos de Caso	50
<b>1. Introdução</b>	<b>11</b>	<b>4. Viabilizando a Inovação no Setor Energético</b>	<b>54</b>
<b>2. Análise dos Mercados de Energia Minas Gerais</b>	<b>12</b>	4.1. Quadro para Programas de Demonstração	55
2.1. Contexto	13	4.2. Aspectos da Integração	56
2.2. Desafio de descarbonização	14	4.3. Além da Demonstração – Escala da Inovação	63
2.3. Conclusões e recomendações	34	4.4. Estudo de caso britânico de como criar um ambiente de demonstração que possibilite e dimensione a inovação Living Labs	64
<b>3. Revisão de Estratégias para aproveitar a riqueza dos recursos solares de MG</b>	<b>36</b>	4.5. Conclusões e Recomendações	74
3.1. Contexto	36	4.6. Referências adicionais	75
3.2. Introdução	37	<b>5. Apêndice</b>	<b>77</b>
3.3. O clima é adequado para energia solar fotovoltaica em MG?	43	5.1. Políticas	77
3.4. Potenciais limitações e oportunidades para maior integração de Energia Solar Fotovoltaica em MG	46	5.2. Cenário da Descarbonização MG	78



# Resumo

## Enfrentando o desafio

O cumprimento da meta Net Zero (emissões zero) de Minas Gerais exigirá inovações sem precedentes em toda a economia. Inovação não apenas em novas tecnologias, mas em novas formas de implantação de tecnologias existentes, modelos de negócios, ofertas a consumidores e, crucialmente, novas políticas, regulações e design de mercado. Minas Gerais (MG) foi o primeiro estado da América Latina e Caribe a aderir à campanha ‘Corrida ao Zero’, comprometendo-se a alcançar as emissões líquidas zero de gases de efeito estufa (GEE) até 2050. O estado busca intensificar as ações de descarbonização, atraindo investimentos para negócios sustentáveis e gerando empregos verdes.

Impulsionar inovação para capturar as oportunidades de crescimento limpo requer uma compreensão profunda de como as diferentes partes dos sistemas energéticos interagem e de como viabilizar um ecossistema que impulse o empreendedorismo e o investimento do setor privado.

Em alto nível, este relatório teve como objetivo analisar o mercado de energia em MG, suas emissões, desafios regionais e oportunidades, e identificar alavancas fundamentais para potenciais avanços na aceleração da transição de MG para ambições sustentáveis do Net Zero. O objetivo é incentivar a colaboração entre os principais stakeholders de MG: governo do estado, prefeituras, operadores de redes de distribuição (DNOs), reguladores, academia, indústria, pesquisa e organização tecnológica (RTO), hubs e venture builders e um grande número de empresas e startups envolvidas no cenário de baixo carbono.

Embora o desafio seja assustador, a oportunidade comercial para as empresas capazes de entregar as inovações necessárias é enorme. Esta análise ajudará a identificar essas oportunidades e o que é necessário para destravá-las. Embora nossas suposições devam ser contestadas, nosso objetivo é mostrar “o que você tem que acreditar” para entregar o Net Zero.

### Mensagens-chave

**O sucesso depende da inovação em todo o sistema:** em tecnologia, mudança no uso do solo, comportamento, políticas, regulamentos e design de mercado. O Net Zero requer a mudança para tecnologias de baixo carbono sempre que possível, enfrentando a demanda por atividades difíceis de descarbonizar (por exemplo, aviação e pecuária), e garantindo sequestro suficiente de carbono para compensar quaisquer emissões residuais. Cada um desses elementos enfrenta barreiras significativas, e as mudanças de tecnologia e uso da terra são limitadas por taxas máximas de implantação viáveis e usos de terras concorrentes. O desenvolvimento de modelos que adotam uma abordagem holística do sistema é crucial para equipar o setor público com as ferramentas adequadas para definir caminhos econômicos para a Net Zero, colocar as políticas e regulamentos certos em prática e criar os arranjos de mercado necessários para liberar investimentos do setor privado e abraçar as oportunidades de crescimento limpo.

**Captura e armazenamento de Carbono (CCS) e bioenergia são essenciais para entregar o Net Zero.** A não implantação de qualquer um dessas opções significa deixar de lado as emissões negativas essenciais para compensar a demanda contínua por produtos como aviação e pecuária. A implantação do CCS é essencial para mitigar as emissões industriais e pode desempenhar um papel central na produção de hidrogênio. O desenvolvimento de um modelo de cadeia de valor de bioenergia é fundamental para apoiar a análise e a tomada de decisões em torno do uso ideal da terra, utilização da biomassa e diferentes caminhos para a produção de bioenergia. Tecnologias avançadas de gaseificação é um importante viabilizador do potencial da bioenergia.

**Net Zero significa uma transição profunda, longe dos combustíveis fósseis.** Portanto, os vetores de energia zero carbono requerem um dimensionamento sem precedentes para dominar o uso final de energia. Com poucas exceções, a energia final deve ser fornecida por vetores que são zero carbono no ponto de uso. O estabelecimento de projetos e ambientes de pesquisa, e demonstração e prova de conceito são fundamentais para a construção da capacidade local na área de transportadores de energia química sintética e combustíveis sintéticos (por exemplo, hidrogênio e combustíveis de baixo carbono-LCF), fundamental para o transporte e a descarbonização da indústria.

**Além da provisão de energia em larga escala, é necessário um aumento significativo da flexibilidade.** A flexibilidade é vital para desbloquear valor, e é a ação mais importante “sem arrependimentos” que pode ser tomada à medida que a MG se move para descarbonizar energia, transporte e indústria, economizando bilhões em investimentos e custos operacionais. O desenvolvimento do armazenamento de baterias, uma gama de tecnologias de resposta do lado da demanda (por exemplo, veículo-para-matriz (V2G) e carregamento inteligente), e implantação de medidores inteligentes são cruciais para permitir os benefícios da flexibilidade. O desenvolvimento de ambientes



de demonstração em ambiente real, como um Living Lab centrado no usuário, podem criar um ecossistema de inovação capaz de desenvolver uma cadeia de suprimentos local, aproveitando a oportunidade de crescimento limpo.

#### **Engajamento social é essencial para a capacidade de MG de atender ao Net Zero.**

As famílias e as empresas precisarão desempenhar um papel ativo no desenvolvimento e operação do futuro sistema energético do estado. O engajamento do consumidor e a construção da confiança são fundamentais para aumentar a oferta de flexibilidade do lado da demanda e, ao mesmo tempo, desenvolver modelos de negócios que capturem seu valor e superem os desafios de aceitação do consumidor ao fornecer novas soluções de mobilidade e dispositivos inteligentes. O Living Lab é uma ferramenta única para coletar insights dos consumidores, colocando os clientes no centro da transição energética Net Zero.

#### **O setor de transportes deve ser fundamentalmente transformado até 2050.**

Para o Net Zero, o transporte rodoviário requer a eliminação virtual do consumo de combustíveis fósseis. Os biocombustíveis, especialmente de biomassa residual, parecem ser uma escolha eficaz a curto prazo, enquanto a eletrificação é a rota mais provável a longo prazo, com veículos a célula a combustível desempenhando um papel importante, especialmente em veículos pesados. A implementação de carregamento inteligente será essencial para uma transição eficiente e suave para o transporte eletrificado. O transporte integrado e o planejamento energético da área local são fundamentais para um maior nível de infraestrutura compartilhada, garantindo que o planejamento do transporte ocorra juntamente com o planejamento para a gestão de energia, uso da terra e resíduos.

**Políticas e regulações robustas e duradouras serão essenciais para construir a confiança necessária com os inovadores para investimentos em produtos e serviços de baixo carbono.** Desenvolver um quadro econômico equilibrado com incentivos à uma economia de baixo carbono (compreendendo

uma mix de mercado, preços e intervenções regulatórias) para moldar incentivos de mercado para atores em todos os setores emissores da economia é um importante facilitador de inovação. Para refletir a variedade de soluções de baixo carbono necessárias em diferentes partes do estado, a introdução de uma abordagem consistente e robusta para o Planejamento Energético da Área Local, potencialmente com o apoio de uma estrutura regulamentária, é fundamental. Isso ajudará a identificar a infraestrutura e o investimento de baixo carbono necessários em nível local e moldará a tomada de decisões por distribuidoras de energia, desenvolvedores e planejadores.

#### **A colaboração entre governo, reguladores, indústria, academia e inovadores é fundamental para atingir a meta do Net Zero.**

O governo deve desempenhar o papel de facilitador, reduzindo as incertezas do mercado, proporcionando um senso de direção, definindo caminhos de descarbonização e “trazendo à mesa” os principais stakeholders de MG para desenvolver ações colaborativas.

# 1 Introdução

De maneira geral, este relatório tem como objetivo analisar o mercado de energia em MG, suas emissões, desafios regionais e oportunidades, e identificar alavancas fundamentais para potenciais avanços na aceleração da transição de MG para ambições sustentáveis do Net Zero. O objetivo é incentivar a colaboração entre os principais stakeholders de MG: governo estadual, prefeituras, operadores de redes de distribuição (DNOs), reguladores, academia, indústria, pesquisa e organização tecnológica (RTO), hubs e construtoras de empreendimentos e um grande número de empresas e startups envolvidas no cenário de baixo carbono. Também visa aumentar as parcerias entre os stakeholders do Estado de Minas Gerais e do Reino Unido relacionados à inovação climática.



O relatório é a principal entrega de um projeto liderado pelo Connected Places Catapult (CPC) em colaboração com a Energy Systems Catapult, ICLEI América do Sul e o Estado de Minas Gerais. O projeto resultou diretamente do inédito Memorando de Entendimento (MoU) entre o Reino Unido e o Estado assinado em dezembro de 2020 e a adesão do Estado à campanha internacional “Race to Zero”.

O projeto, financiado pela Science & Innovation Network, teve como objetivo fortalecer o relacionamento Reino Unido-MG e desenvolver um plano de sustentabilidade e engajamento com foco em permitir que as partes colaborem ainda mais na agenda de carbono zero e impulsionem investimentos em projetos bilaterais de R&I e demonstração de novas tecnologias limpas.



# 2

## Análise dos Mercados de Energia em Minas Gerais

### 2.1

#### Contexto

**Minas Gerais (MG) está localizada na região Sudeste do Brasil. É o segundo maior território por população e o quarto maior território por área do país. MG tem mais de 21 milhões de habitantes, o que representa cerca de 10% da população brasileira. Quase 85% deles vivem em áreas urbanas. A área total do estado é igual a 586.528 km<sup>2</sup>, que é maior que a França ou a Espanha.<sup>1</sup>**

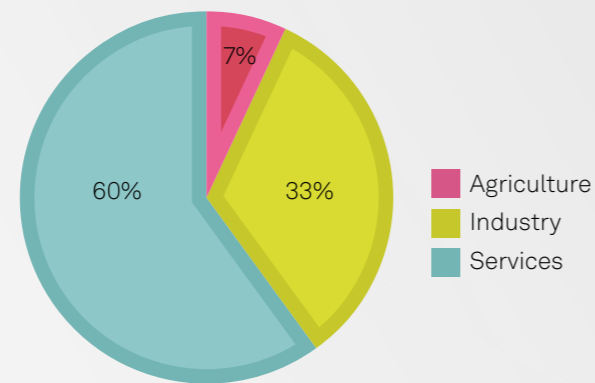
MG apresenta alguns dos rios mais longos e picos mais altos do Brasil, tornando-se lar de muitas usinas hidrelétricas. Essa grande capacidade de geração também é comparada com a crescente demanda dos consumidores industriais e domésticos. A rede elétrica em MG atende uma ampla gama de indústrias, incluindo fabricação de eletrônicos, automotivo e mineração - incluindo minério de ferro e manganês. Quase 60 mil empresas industriais estão em MG,

representando 12,6% das empresas industriais brasileiras em 2018. As indústrias do estado consomem mais de 18% da energia industrial brasileira. MG também é um grande produtor de commodities agrícolas, incluindo grãos de café, soja, milho, cana-de-açúcar e leite.<sup>2</sup>

O Estado é responsável por 8,7% do PIB brasileiro, comparável a países como Hungria (US\$ 141,5 bilhões), Catar (US\$ 166,9 bilhões) ou Argélia (US\$ 167,4 bilhões). Entre 2002 e 2017, MG tinha um PIB crescimento de cerca de 364%. O crescimento acelerado do PIB e da população aumentou a<sup>3</sup> demanda de energia.

Na composição setorial para o terceiro trimestre de 2021, a agricultura foi responsável por 6,9% do PIB total de MG (R\$ 12,8 bilhões); indústria para 33,2% (R\$ 61,6 bilhões); e serviços de 59,8% (R\$ 110,9 bilhões).<sup>4</sup>

Figura 1: Composição setorial de MG<sup>5</sup>



1 <https://www.gov.br/en/government-of-brazil/latest-news/2021/04/brazil-moves-towards-further-reducing-greenhouse-gas-emissions>  
 2 <https://www.indi.mg.gov.br/minas-gerais/destaques-de-minas-gerais/>; [https://drive.google.com/file/d/1sQc1ghvbiKUN1HbFdM4kWhL\\_twHGT\\_h-/view](https://drive.google.com/file/d/1sQc1ghvbiKUN1HbFdM4kWhL_twHGT_h-/view)  
 3 <https://www.indi.mg.gov.br/minas-gerais/destaques-de-minas-gerais/>; [https://drive.google.com/file/d/1sQc1ghvbiKUN1HbFdM4kWhL\\_twHGT\\_h-/view](https://drive.google.com/file/d/1sQc1ghvbiKUN1HbFdM4kWhL_twHGT_h-/view)  
 4 <http://fjp.mg.gov.br/pib-mineiro-tem-ligeira-retracao-no-terceiro-trimestre-de-2021/>  
 5 <http://fjp.mg.gov.br/pib-mineiro-tem-ligeira-retracao-no-terceiro-trimestre-de-2021/>

#### 2.1.1. Brasil no Contexto Energético

Até o momento, o consumo primário de energia do Brasil é dominado por combustíveis fósseis. O petróleo, o gás natural e o carvão juntos representaram aproximadamente 53% do consumo total do país em 2020. A energia hidrelétrica ficou em segundo lugar, totalizando 170GW de capacidade instalada (ou c.30%) do consumo primário de energia naquele ano, e as fontes de baixo carbono (incluindo eólica, solar, biocombustível e nuclear) representaram 14% do consumo total de energia.<sup>6</sup>

Figura 2: O abastecimento total de energia do Brasil entre 1990 e 2019 [Saldos Mundiais de Energia da AIE]<sup>7</sup>

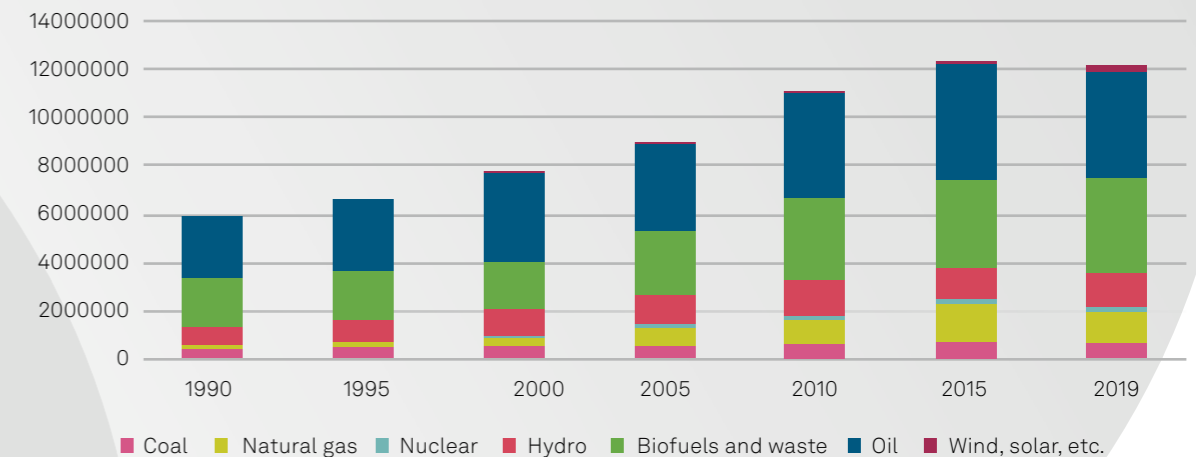
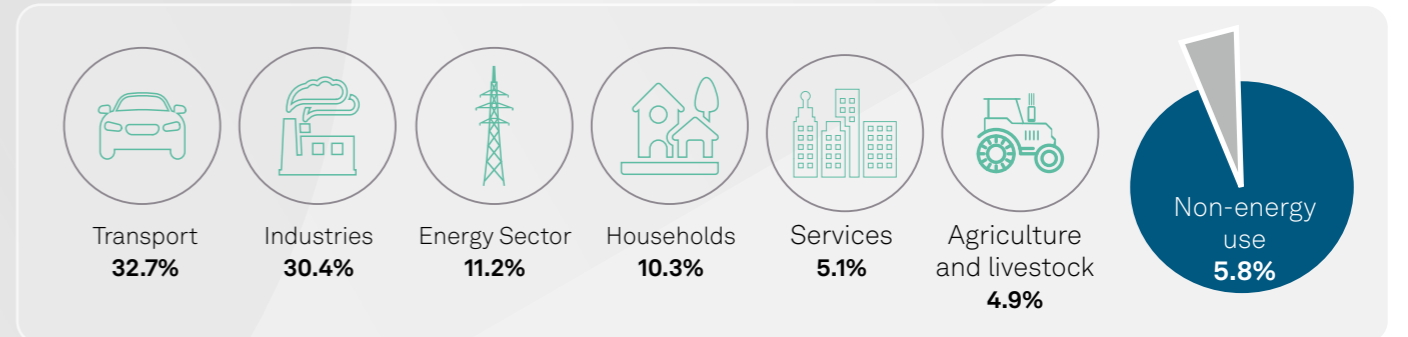


Figura 3: Demanda energética brasileira por setor em 2019<sup>8</sup>

A produção industrial e os transportes de carga/passageiros representam aproximadamente 63% do consumo energético do país.



Sob suas Contribuições Nacionalmente Determinadas, em consonância com o Acordo de Paris e suas declarações na COP26 em Glasgow, o governo brasileiro prometeu reduzir sua dependência do petróleo importado, deter o desmatamento e acabar com a degradação da terra até 2030. O país pretende reduzir suas emissões de gases de efeito estufa em 43% até 2030 e atingir sua meta de Net Zero até 2050<sup>9</sup>.

6 <https://www.eia.gov/international/analysis/country/BRA> and <https://www.statista.com/statistics/265609/primary-energy-consumption-in-brazil-by-fuel/>  
 7 <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-statistics-and-balances>  
 8 <https://www.epe.gov.br/sites-en/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-217/SUMMARY%20REPORT%202020.pdf>; p. 26  
 9 <https://www.wri.org/news/statement-brazil-sets-weak-2030-emission-reduction-target>

### 2.1.2. Contexto Energético de Minas Gerais

O mix energético de MG tem uma presença significativa de fontes renováveis, mas os combustíveis fósseis também são importantes. Os dados do Balanço Energético de MG estimam que as hidrelétricas representam 14% do mix energético; biomassa e seus derivados 41%; petróleo, gás natural e seus derivados 34%; e carvão e seus derivados 11%.<sup>10</sup>

Partes-chave da economia de MG são intensivas em carbono e difíceis de descarbonizar, como mineração, ferro e aço, papel e celulose e cimento. O setor mais importante para as exportações industriais do Estado é a extração de minerais metálicos, responsáveis por 57,84% do total exportado em 2021.<sup>11</sup>

### Desafio de Descarbonização

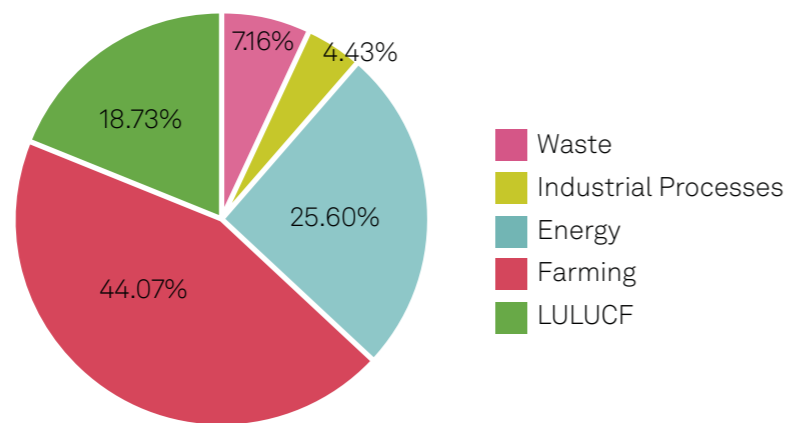
O Plano de Energia e Mudanças Climáticas (PEMC) estima que os custos relacionados aos eventos de mudanças climáticas nas próximas décadas sejam de R\$ 450 bilhões, sem considerar os impactos de eventos extremos (como chuvas fortes<sup>13</sup>, eventos de seca que representaram R\$ 12,8 bilhões desde 2008).

Nesse contexto, a descarbonização de MG é parte central dos planos ambiciosos do Estado, que são capturados no PEMC e no Programa de Energia Renovável de MG (PMER). Existem políticas de

médio e longo prazo, com o objetivo de acelerar a redução das emissões de gases de efeito estufa e promover a transição para uma economia de baixo carbono. São fornecidas diretrizes setoriais específicas de mitigação nesses planos, incluindo medidas voltadas para a indústria, energia, agricultura, uso e mudança de uso da terra e silvicultura (LULUCF); transporte e resíduos. Em 2019, as emissões foram distribuídas da seguinte forma: agricultura (44%), Energia (25%), processos industriais (5%) e resíduos (7%).<sup>14</sup>

## 2.2

Figura 4: Emissão de MG por Municípios & Setores



10 <https://energysustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/2192-0567-3-17/figures/1>  
 11 <https://perfilindustria.portalindustria.com.br/estado/mg>  
 12 [https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG\\_8/SEEG8\\_DOC\\_ANALITICO\\_SINTESE\\_1990-2019.pdf](https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DOC_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf)  
 13 PEMC, MG Energy & Climate change Plan: Energy sector, 2014 State foundation for Environment.  
 14 <https://plataforma.seeg.eco.br/territories/minas-gerais/card?year=2019&cities=false>

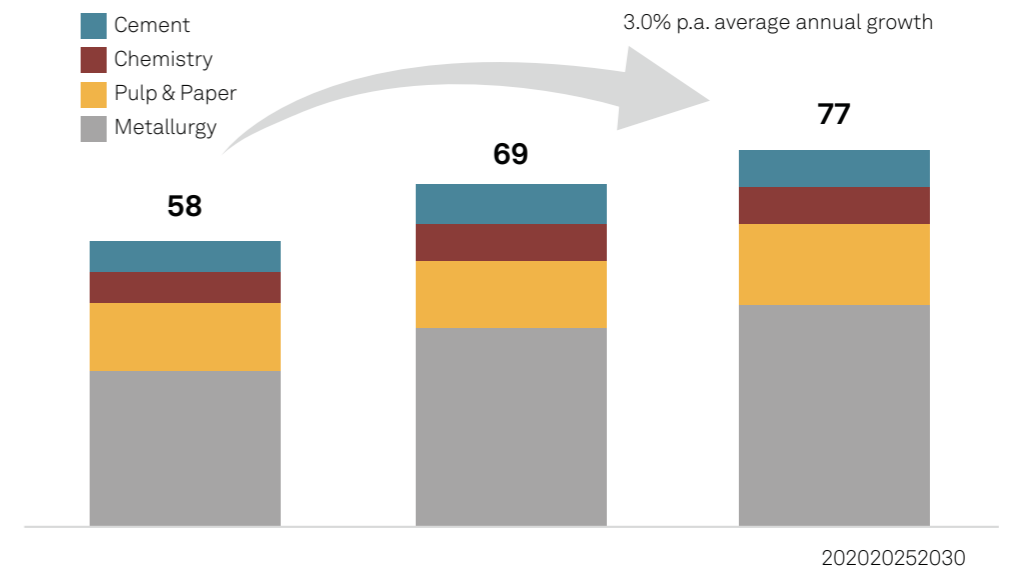
Ao contrário de outros países, a maior parcela das emissões não vem do setor energético; mas da agricultura e LULUCF.

Na agricultura, as principais atividades são a produção de grãos (como arroz, açúcar, café, soja, milho e feijão) com aumento constante de produção anual de 2% desde 2015. Esse crescimento levou a um aumento de 22% nas emissões do setor agrícola entre 2005 (16,2MtCO<sub>2</sub>eq) e 2014 (19,8MtCO<sub>2</sub>eq), metade das quais se deve a mudanças no uso da terra e desmatamento. MG teve a segunda maior pecuária do Brasil, com mais de 23,8 milhões de bovinos em 2015, e a fermentação entérica contribuiu mais para as emissões estaduais de GEE entre 1990 e 2020.<sup>15</sup>

No setor industrial, a maior parte das emissões é proveniente da produção de metais, seguida de produtos químicos e minerais. MG abriga algumas das maiores indústrias intensivas em energia (ou seja, emissoras de carbono), difíceis de reduzir, incluindo setores-chave como refino, siderurgia, produção de alimentos, metalurgia e veículos automotores, com um número substancial de empresas manufatureiras menores que são cumulativamente significativas.

Em termos de demanda de energia, o setor industrial de MG responde por mais de 58,8%<sup>16</sup> da demanda total de energia do Estado. É um dos contribuintes mais significativos de emissão de carbono, com 1.68M tCO<sub>2</sub>e/ano<sup>17</sup>. A Figura 4 destaca o consumo de energia da MG por grandes indústrias ali sediadas.

Figura 5: Previsões atuais e futuras (2020-2030) para consumos de rede por grandes consumidores industriais, (TWh) com (1) Metalurgia incluindo alumínio primário, alumina, bauxita, aço bruto, ferroalloys e cobre; (2)- Químico incluindo petroquímico & soda-cloro<sup>18</sup>



### 2.2.1 Vias de descarbonização industrial

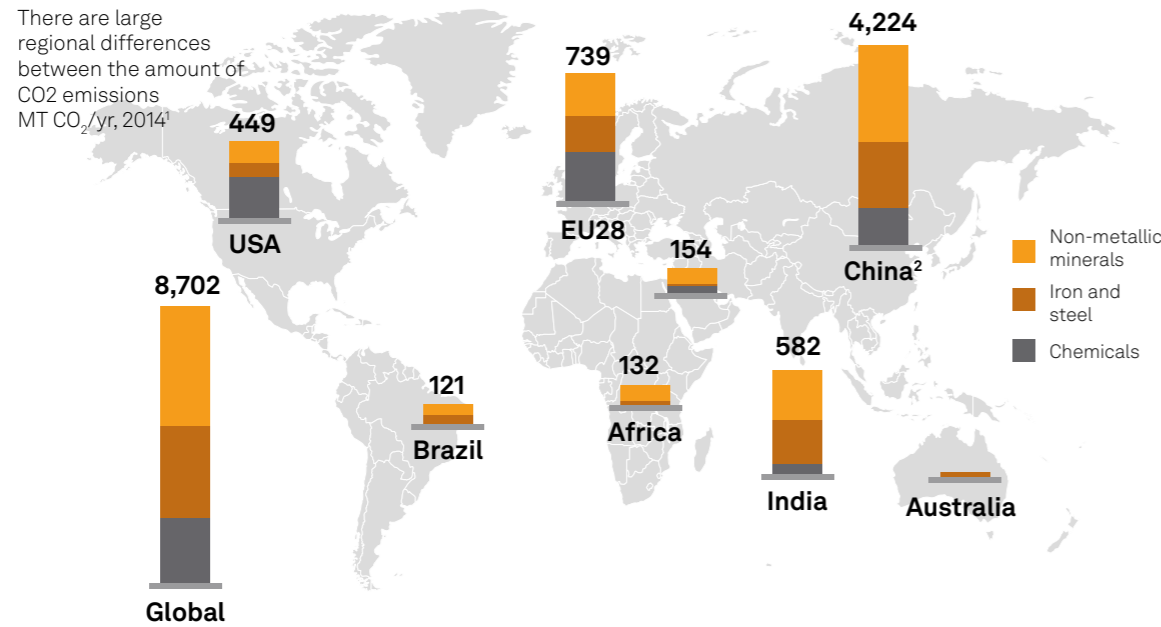
Esta seção avalia os desafios e oportunidades de descarbonização do setor industrial em MG. O caminho da indústria é apresentado aqui como um exemplo do que pode ser feito para apoiar tecnologias de baixo carbono. Este exemplo pode ser estendido a vias estratégicas de descarbonização de áreas de alta prioridade,

como agricultura, uso da terra, energia, etc., para cumprir as metas do Estado De Zero. Como mostrado na figura 06, os setores de mineração, ferro e aço e produtos químicos são responsáveis por grande parte das emissões mundiais. São setores fortemente presentes em MG.

15 [https://www.researchgate.net/publication/222675657\\_Assessment\\_of\\_land\\_use\\_and\\_land\\_use\\_change\\_and\\_forestry\\_LULUCF\\_as\\_CDM\\_projects\\_in\\_Brazil](https://www.researchgate.net/publication/222675657_Assessment_of_land_use_and_land_use_change_and_forestry_LULUCF_as_CDM_projects_in_Brazil) [accessed Feb 01, 2022].  
 16 EPE, Demand Scenarios for the PNE 2050, December 2018 (translated version)  
 17 Correct as of 2018, but BEN summary report figure quotes "an increase of 3.0M toe in absolute value in 2020"  
 18 [https://drive.google.com/file/d/1sQc1ghvbiKUN1HbFdM4kWhL\\_twHGT\\_h-/view](https://drive.google.com/file/d/1sQc1ghvbiKUN1HbFdM4kWhL_twHGT_h-/view)



Figura 6: Uma visão das emissões regionais para o setor industrial por produto<sup>19</sup>



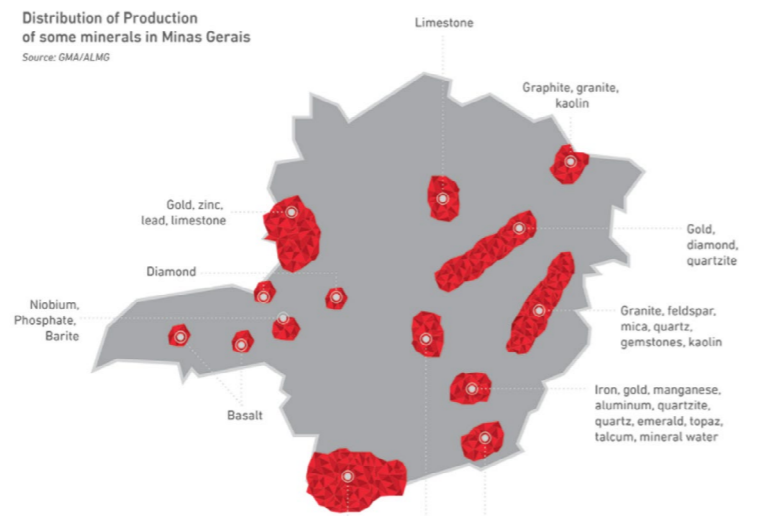
### 2.2.2 MG estado de jogo da indústria pesada

Em MG, a indústria pesada inclui uma riqueza de atividades minerais e de mineração, com mais de 300 minas operacionais no estado, das quais 67% são classe A<sup>20</sup>. 40 das 100 maiores minas produzem ouro, zinco, fosfato e nióbio.

A MG é responsável por 33% da extração mineral

metálica e 23,6% dos minerais não metálicos no país, incluindo minério de ferro, bauxita, fosfato, manganês, alumínio, potássio, zinco e ouro. O item mais exportado por MG em 2018 foi o minério de ferro, com participação de 30,6% de todas as transações externas e 71% das exportações minerais do estado. Essas indústrias têm locais de produção espalhados pelo estado, como visto na<sup>21</sup> Figura 7.

Figura 7: Produção de alguns dos minerais em MG. As principais empresas incluem Alcoa, AngloGoldAshanti, ArcelorMittal, Cia. Brasil de Alumínio (CBA), CBMM, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Jaguar Mining, Kinross, Kinross, Mineração Curimbaba, Samarco, Usiminas, Vale, Vallourec e Votorantim. Centro de Tecnologia de Fundação Marcelino Corradi (SENAI/CETEF), em Itaúna- P&D em nova tecnologia para a indústria de fundição<sup>22</sup>

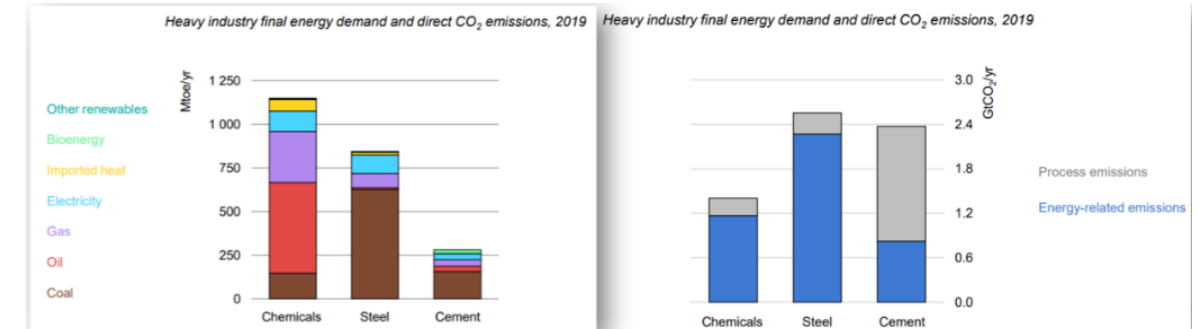


19 <https://www.mckinsey.com/-/media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/how%20industry%20can%20move%20to-ward%20a%20low%20carbon%20future/decarbonization-of-industrial-sectors-the-next-frontier.pdf>  
 20 Under Mining law, holders of mineral rights acquire ownership of the minerals extracted under this law. The regime sets out six licences: Class A- for large scale mining, Class B - small scale industrial mining and Class C- for very small-scale mining (up to 25 acres). <https://www.mayerbrown.com/en/news/2012/11/mining-in-sierra-leone-and-liberia>  
 21 Nomial GDP by sectors in 2018 added value- <https://acminas.com.br/minasguide/en/minas-gerais-economy-by-business-sectors/#:~:text=Minas%20Gerais%20followed%20the%20national,Minas%20Gerais%20Gross%20Domestic%20Product>  
 22 MG Mining sector <https://www.indi.mg.gov.br/en/minas-gerais/highlight-sectors/mineral-metallurgical/>

Junto com a mineração, indústrias de fundação como produtos químicos, ferro & aço e cimento são uma parte importante da economia de MG. As emissões dessas indústrias são difíceis de

reduzir, pois estão intrinsecamente relacionadas aos seus processos, como mostra a Figura 8, e dependem fortemente dos combustíveis fósseis.

Figura 8: Ilustração da dependência da indústria pesada em várias fontes de energia (L) e origem de suas Emissões relacionadas a processos ou energia (R)<sup>23,24</sup>



Como essas indústrias estão ligadas em termos de fornecimento de energia, políticas e regulamentos, financiamento, necessidades de matérias-primas, entre outros aspectos, há um mérito significativo em tomar uma abordagem orientada pelo sistema para construir caminhos robustos de descarbonização intersetorial.

Há uma grande oportunidade para as indústrias pesadas de MG se transformarem e se adaptarem para negócios à prova de futuro, investimento interno e entrega de longo prazo alinhadas com as metas da Net Zero. No entanto, uma intervenção coordenada é exigida por todas as partes da cadeia de valor, tanto técnicas quanto não técnicas, para posicionar MG na vanguarda

da corrida global em uma economia de emissões zero - Net Zero.

A colaboração é fundamental, pois o desafio de descarbonização só pode ser mitigado com a entrada e contribuições de todos os setores da indústria envolvidos, como metais e minerais, produtos químicos, alimentos e bebidas, papel e celulose, cerâmicas, vidros e refinarias de petróleo, além de energia emergente indústrias de transição, como captura de hidrogênio e carbono, uso e armazenamento. Uma abordagem estratégica integrada permitirá ao setor resolver problemas de sistemas, aumentar a competitividade e ser compatível com o Net Zero.

### 2.2.3 Estratégia de descarbonização industrial

Seguindo o plano de 10 pontos do governo britânico para a industrialização verde, foi publicada a Estratégia de Descarbonização Industrial do Reino Unido, delineando prioridades e oportunidades para o Reino Unido reduzir as emissões industriais territoriais em pelo menos 90% até 2050, incluindo aquelas mitigadas através do CCS. Essa estratégia estabelece um caminho para que a indústria e o governo trabalhem em direção às metas de 2050, ao mesmo tempo em que impulsionam a prosperidade.

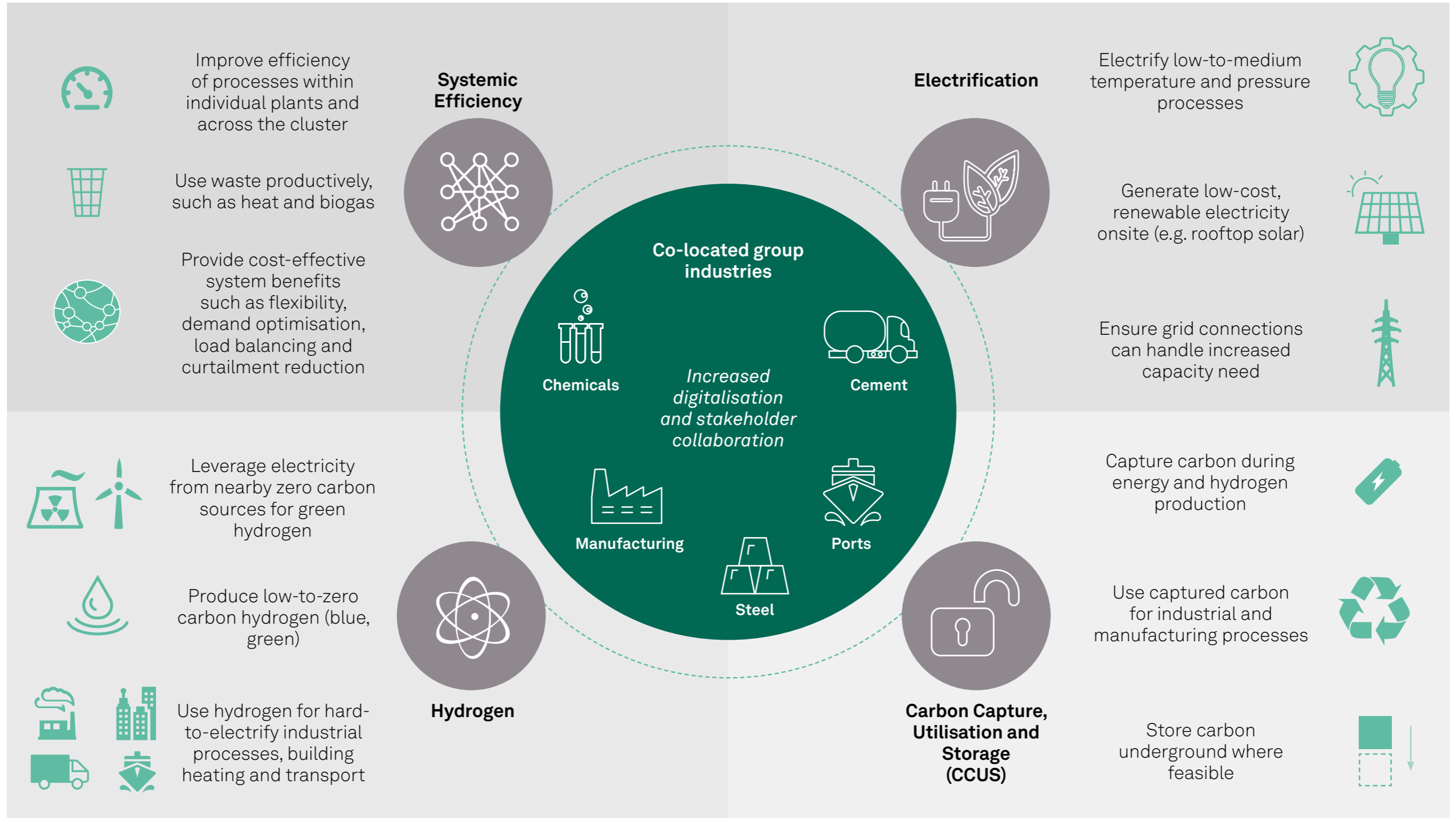
MG pode adotar uma abordagem semelhante e, com o quadro estrutural certo e o ecossistema de

negócios, a indústria pode trabalhar em conjunto para encontrar formas sistêmicas de redução do consumo industrial e das emissões da cadeia de suprimentos. Como as sinergias entre setores existem, adotar a abordagem de clusters parece uma boa escolha.

No entanto, a descarbonização industrial é um desafio global complexo que requer uma compreensão profunda e interações entre múltiplos stakeholders e interesses de setores. A figura abaixo da Figura 9 ilustra uma abordagem sistemática que pode ser adotada como parte da estratégia de descarbonização industrial de MG.

23 Emissões e remoções de gases de efeito de estufa MG (MG)  
 24 IEA- Iron & Steel Technology roadmap - [https://www.oecd.org/industry/ind/Item\\_10\\_IEA.pdf](https://www.oecd.org/industry/ind/Item_10_IEA.pdf)  
 25 [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/970229/Industrial\\_Decarbonisation\\_Strategy\\_March\\_2021.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/970229/Industrial_Decarbonisation_Strategy_March_2021.pdf)

Figura 9: Colaboração e ações entre jogadores e processos são fundamentais para atingir metas de emissão Zero líquidas<sup>26</sup>



26 <https://www.weforum.org/agenda/2020/10/industrial-clusters-can-be-a-key-lever-for-decarbonization-heres-why/26>

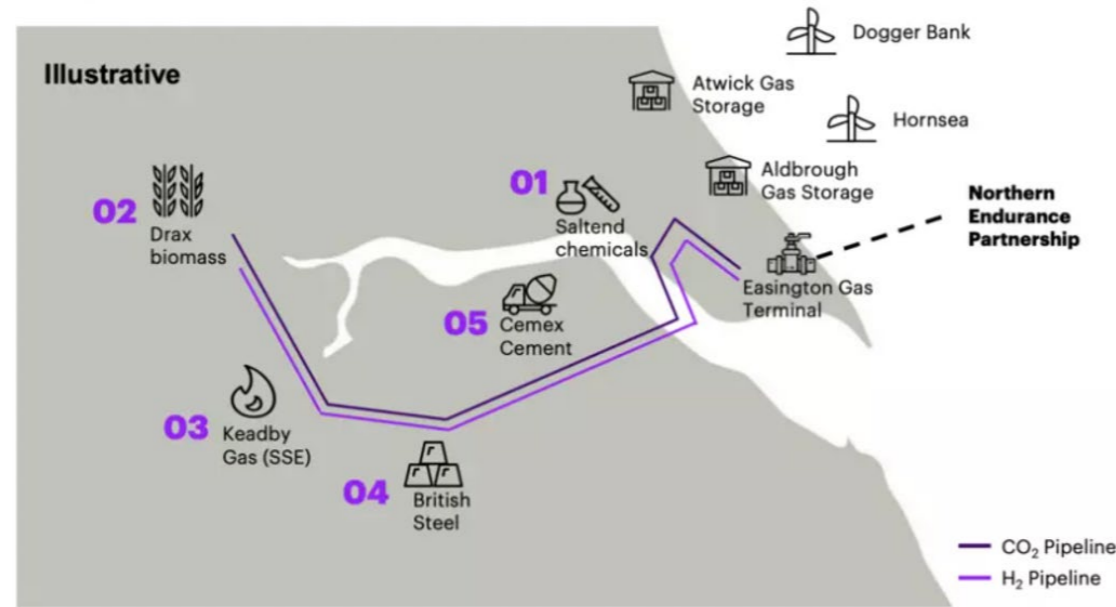


Below is a high level summary of some opportunities MG could consider as part of its decarbonisation pathways:

- An assessment of the economic and environmental implications of establishing clusters of large industrial plants for energy-

intensive industries. These should establish the importance these potential industrial clusters would have in local economies and communities and their potential to enhance MG's position to deliver cost-effective decarbonisation of these clusters.

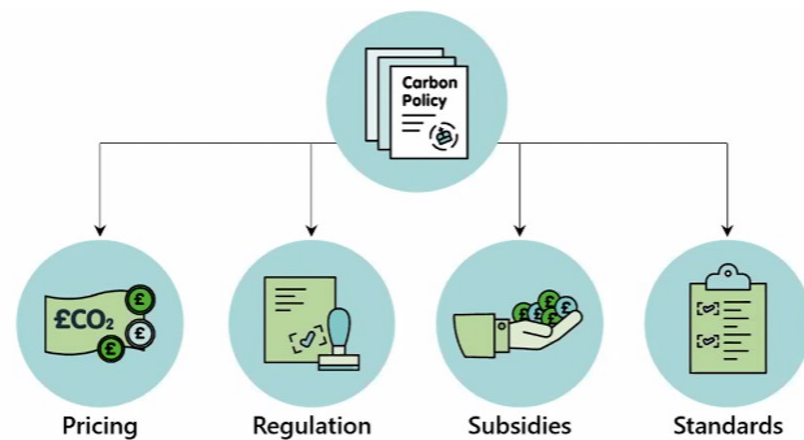
Figura 10: Ilustração das características do cluster<sup>27</sup>



- Um mergulho profundo para explorar métodos práticos para descarbonizar aglomerados industriais. Isso deve considerar a escala e a natureza das oportunidades específicas dos clusters. Essa avaliação detalhada caracterizará os principais parâmetros do cluster industrial

(como tamanho, sistemas de energia, interoperabilidade, localização geográfica, etc.) e parâmetros não técnicos, como financiamento, impactos de competitividade, política & regulamentos, etc.

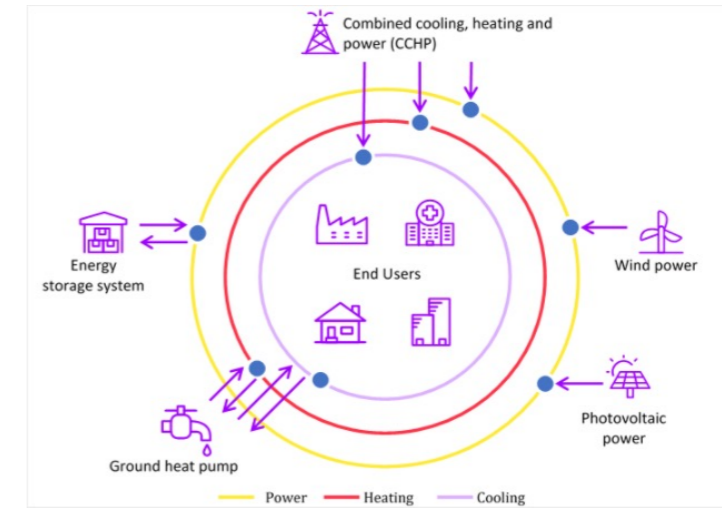
Figura 11: Exemplo de aspectos não técnicos a serem considerados para incentivo ao setor



27 <https://www.weforum.org/agenda/2021/03/decarbonizing-industrial-clusters-green-revolution/>

- Engajamentos de clusters<sup>28</sup> industriais: Há uma forte necessidade de reunir e engajar todos os principais stakeholders. A recomendação é que o estado trabalhe com parceiros locais, indústrias e comunidades para estabelecer os benefícios e abordagem para os Roteiros de Descarbonização do Cluster Net Zero.

Figura 12: Uma ilustração simplificada das partes interessadas que devem ser consideradas, incluindo investidores, formuladores de políticas, órgãos padrão...



### 2.2.4 Recomendações do setor industrial

Como destacado acima, várias plantas industriais intensivas em energia contribuem fortemente para as emissões globais de GEE do estado. Uma estratégia coerente a nível estadual é necessária para acelerar medidas econômicas para a descarbonização, ao mesmo tempo em que melhora a posição de MG na economia

global de baixo carbono. Ela deve visar aumentar a competitividade das principais regiões industriais, ao mesmo tempo em que impulsiona o investimento interno, criando e protegendo empregos locais em uma economia global de baixo carbono com mercados de exportação de baixo carbono.

#### Recomendações para aproveitar as oportunidades para desenvolver e entregar soluções de baixo carbono e custo-benefício e aumentar a competitividade das regiões

**RECOMENDAÇÃO 1:** Desenvolver uma estratégia clara para descarbonizar a indústria existente, identificando caminhos mais econômicos para a descarbonização (para reduzir o GEE e explorar opções menos problemáticas, maximizando os recursos e pontos fortes locais), incluindo sinais de mercado, mecanismos de financiamento, política correta & estrutura regulatória e Metas Baseadas em Ciência (SBTi).

**RECOMENDAÇÃO 2:** Identificar e demonstrar clusters pilotos, com tecnologias em escala do setor e infraestrutura compartilhada que possam reduzir significativamente o custo de cumprir as metas de emissões do estado e aumentar a probabilidade de que MG possa fornecer emissões Net Zero.

**RECOMENDAÇÃO 3:** Desenvolver roteiros e estudos de viabilidade para viabilizar os clusters industriais Net Zero e entregar planos robustos para ter sucesso, uma perspectiva sobre o equilíbrio do investimento em diferentes áreas da região.

**RECOMENDAÇÃO 4:** Criar clusters industriais sustentáveis (replicáveis para outras regiões, cross-clusters), com esforços coordenados entre empresas, governos e outras partes interessadas, como programas de pesquisa liderados por acadêmicos para permitir a entrega de economias de emissões mais significativas em nível de sistema.

Desenvolver roteiros e estudos de viabilidade para viabilizar os clusters industriais Net Zero e entregar planos robustos para ter sucesso, uma perspectiva

sobre o equilíbrio do investimento em diferentes áreas da região.

28 \*Industrial clusters refer to sites or places where related industries have co-located. The benefits include deploying and utilising shared decarbonisation infrastructure, enabling industry to reduce the unit cost for each tonne of carbon abated as well as opportunities for resource and energy efficiency and learning and innovation sharing.

29 <https://energypost.eu/industrial-clusters-the-logic-of-co-location-now-has-a-new-driver-net-zero-emissions/>

### 2.2.5 O Papel da Biomassa/Bioenergia para chegar no Zero Zero

A transição para o Net Zero só pode ser possível se todos os vetores de sistemas de energia se concentrarem na redução da geração de emissões de gases de efeito estufa. Em todo o mundo, estima-se que a agricultura contribua com até 24% das emissões totais de GEE. Conforme destacado no artigo 1.2, em 2021, a agropecuária em MG foi responsável por

uma GVA de R\$ 12,8 bilhões (6,9% do total) e representou cerca de 44% das emissões de GEE do estado. Isso está relacionado à forma como os bens agrícolas são produzidos e a mudança de uso da terra que eles desencadeiam quando as florestas são desmatadas para cultivar culturas ou pastar gado.

A agricultura sustentável e a natureza, desde o cultivo de culturas, a criação de animais, a produção de alimentos e materiais que as pessoas possam usar e desfrutar, cultivando a terra e criando gado, devem estar na vanguarda do plano estratégico de MG para enfrentar a biodiversidade e as crises climáticas. De acordo com o último relatório do WWF e estudos atuais no Reino Unido, há “uma oportunidade real para os agricultores aumentarem sua resiliência econômica, reduzindo a dependência de fertilizantes artificiais e ração animal importada, ao mesmo tempo em que reduzem as emissões. Restaurar cercas e aumentar a qualidade do solo sequestrará mais carbono e também protegerá os proprietários de terras contra futuros choques climáticos, à medida que os ecossistemas são devolvidos à saúde.”<sup>31</sup>

Tendo destacado que MG é o segundo maior estado do Brasil em termos de habitantes, é necessário um planejamento cuidadoso no nível do município para garantir que a demanda energética seja atendida, mantendo os potenciais conflitos com o uso da terra mínimos.

A competição entre energia de biomassa, conservação, agricultura e silvicultura é inevitável; no entanto, é necessária uma abordagem sustentável em níveis locais para garantir a produção e o uso de bioenergia com os menores impactos negativos no longo prazo.<sup>32</sup>

### 2.2.6 Estratégias de Biomassa/Bioenergia em MG

Em nível nacional, algumas das iniciativas do governo são a Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), o Plano Nacional de Adaptação às Mudanças Climáticas (PNA), o Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixo Carbono na Agricultura (Plano ABC).

ANo âmbito estadual, MG implementou uma série de leis para, por exemplo, limitar drasticamente a prática de queima de resíduos agrícolas em plantações. Isso resultou em uma redução de 75% nas emissões relacionadas aos resíduos agrícolas entre 2009 e 2015, caindo de 0,66

para 0,16MtCO<sub>2</sub>eq. Paralelamente, MG criou um grande programa em 2016 para recuperar pastagens degradadas e limitar os efeitos do desmatamento, que é a causa de 17% das emissões do setor.<sup>33</sup>

O Plano de Energia e Mudanças Climáticas (PEMC) tem como objetivo adotar iniciativas de estratégia territorial integrada para os seguintes setores: Energia; Agricultura, Silvicultura e uso da terra (AFOLU); Transporte; Indústria; e resíduos. Como parte desse plano, o Plano ABC para a agricultura de baixo carbono foi criado em 2012 como uma política pública para incentivar e

monitorar a adoção de boas práticas que previnem o desmatamento, reduzam as emissões e gerem resistência aos sistemas de produção sem comprometer a produtividade e o crescimento do setor.<sup>34</sup>

Especificamente, o Grupo de Gestão de Planos MG ABC é composto por diversas instituições do setor para garantir a implementação de seis tecnologias presentes no âmbito do plano nacional. “Ino caso da recuperação de pastagens degradadas, a MG comprometeu-se a recuperar 2 milhões de hectares dos 15 milhões de hectares que o Brasil se comprometeu, ou seja, 13,3% da meta nacional”<sup>35,36</sup>.

Em nível nacional, o plano visava reduzir as emissões do uso da terra agrícola em 6%, promovendo maior produtividade dos sistemas agrícolas existentes, práticas de manejo sustentável, reabilitando 15 milhões de ha de pastagens degradadas, 4 milhões de ha de floresta agrícola integrada, plantando 3 milhões de árvores comerciais e tratando 4,4 milhões de metros cúbicos de resíduos de animais. A meta era reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 160 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente anualmente até 2020.<sup>37</sup>

Uma segunda rodada do plano ABC foi lançada em 2021, o Plano ABC+, que promove a adoção da SPSABC, a ver: (i) sistemas integrados, como sistema agropastoral (ICL), sistema agrosilvopastoral (ICLF), sistema silvopastoral (ILF) e outros sistemas agroflorestais), sistemas de plantio direto; (ii) fixação biológica de nitrogênio (FBN); (iii) floresta plantada; (iv) restauração de pastagens degradadas e (v) manejo de resíduos de animais.<sup>38</sup>

### 2.2.7 Estratégia do Reino Unido - Estudo de Caso Devon

No Reino Unido, o Comitê de Mudanças Climáticas recomendou uma redução de 64% nas emissões de gases de efeito estufa do setor agrícola e de uso da terra para cumprir a meta de carbono Net Zero de 2050. Embora a pecuária não tenha uma meta específica, considera-se que a mesma meta seja adequada. O Reino Unido importa 10 bilhões de libras em leite e carne por ano, e, localmente, a maior densidade de população de gado e explorações estão no lado oeste do país: Ayrshire, Dumfries & Galloway, Cumbria, noroeste de Midlands, sudoeste de Gales, Devon, Somerset e Cornwall. Devon é uma das áreas do Reino Unido com mais gado, oferecendo paralelos com MG.



30 <http://fjp.mg.gov.br/pib-mineiro-tem-ligeira-retracao-no-terceiro-trimestre-de-2021/>

31 [https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2022-02/WWF\\_land\\_of\\_plenty.pdf](https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2022-02/WWF_land_of_plenty.pdf)

32 [https://www.climate-chance.org/wp-content/uploads/2020/05/synthesis-report-2018-local-action-book-case-minas-gerais\\_brazil-p85.pdf](https://www.climate-chance.org/wp-content/uploads/2020/05/synthesis-report-2018-local-action-book-case-minas-gerais_brazil-p85.pdf)

33 MG Integrated Development Plan 2011-2030

34 <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/21/9175/htm>

35 <http://diariodocomercio.com.br/agronegocio/estado-se-destaca-na-agricultura-sustentavel/>

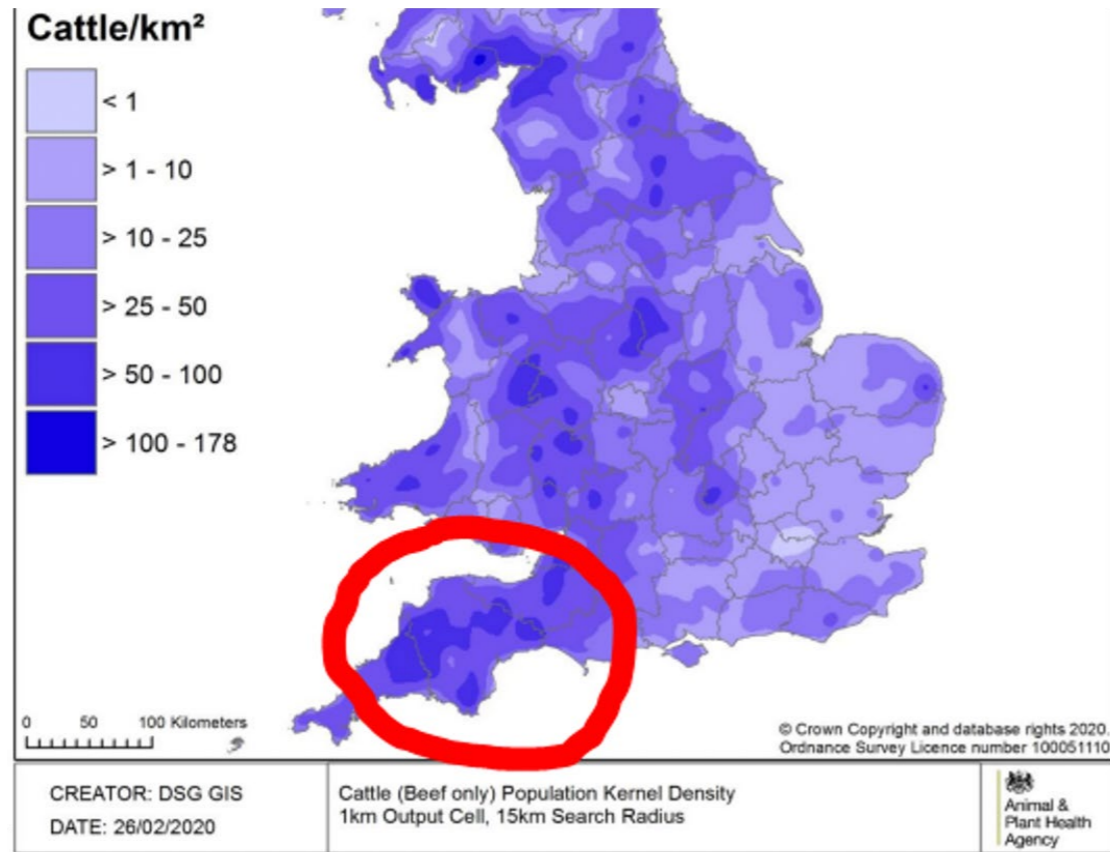
36 [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/229597/pb14023-low-carbon-agri-intervention-summary.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/229597/pb14023-low-carbon-agri-intervention-summary.pdf)

37 <https://ccafs.projectcgjar.org/bigfacts/#theme=evidence-of-success&subtheme=policiesprograms&casestudy=policiesprogramsCs1>

38 <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/abc-english.pdf>



Figura 11: Densidade populacional de gado na Grã-Bretanha com destaque (em vermelho) de Devon<sup>50,51</sup>



Para Devon, um projeto do Plano de Mudanças Climáticas, coordenado com o conselho, prevê a implementação de medidas fundamentais de mitigação eficazes no potencial de redução e melhor eficiência da produção, incluindo manejo animal, estrume e terra, mitigação de ingredientes novos e alternativos de ração, e sistemas<sup>39</sup> agrícolas sustentáveis que começam a considerar as estratégias nacionais como a seguir<sup>40</sup>:

- Maximizar o Sequestro de Carbono e o armazenamento com sumidouros naturais de carbono: árvores, turfa e outros habitats e solos pantanosos. Para isso, é preciso fazer um Quadro Estrutural do Uso de Terra, apoiado por uma Rede de Recuperação da Natureza, para promover um planejamento coerente de longo prazo para o uso da terra para atender às nossas necessidades, recuperação da natureza e

mitigação e adaptação das mudanças climáticas.

- Estabelecer um mecanismo de financiamento para o Sequestro e armazenamento de Carbono. Os mecanismos de financiamento considerados incluem trabalhar com o governo no Plano de Gestão Ambiental de Terras, iniciativas de ganho ambiental, desenvolvimento de sistemas de acreditação de Sequestro de Carbono local e a criação de uma plataforma de Investimento em Carbono Devon.
- Reduzir as emissões de GEE das práticas agrícolas e aumentar o carbono do solo, permitindo que os agricultores e os gestores de terras acessem conselhos imparciais para ajudá-los a fazer a transição para uma mistura de agricultura regenerativa, agrofloresta, agricultura à base de pastagens e fazer o melhor uso de resíduos agrícolas para fins energéticos.

39 <https://www.devonclimateemergency.org.uk/action-summary-tables/?ftype=Food%2C%20Land%20and%20Sea>  
 40 CIEL- [https://www.cielivestock.co.uk/wp-content/uploads/2020/09/CIEL-Net-Zero-Carbon-UK-Livestock\\_2020\\_Interactive.pdf](https://www.cielivestock.co.uk/wp-content/uploads/2020/09/CIEL-Net-Zero-Carbon-UK-Livestock_2020_Interactive.pdf)

- Desenvolver demanda e acesso a alimentos locais, nutritivos e produzidos de forma sustentável, fornecendo recursos compartilhados de varejo, processamento e comercialização para os produtores de alimentos de Devon; oferecer programas de engajamento para capacitar as pessoas a se envolverem com alimentos e sua produção; usando o poder aquisitivo de Instituições Âncoras da Devon para apoiar as empresas agrícolas a ter um impacto positivo no meio ambiente.
- Aumentar o sequestro e armazenamento de carbono em habitats costeiros e marinhos. Devon deve proteger seus importantes

ecossistemas marinhos e sua capacidade de sequestro e armazenamento de carbono para reduzir e prevenir as emissões de carbono azul decorrentes de sua perda e degradação. Da mesma forma, são necessárias medidas para restaurar e melhorar os habitats marinhos e costeiros perdidos e danificados, como leitos de ervas marinhas e pântanos salgados, para aumentar o sequestro e armazenamento de carbono. E nacionalmente, as estratégias do UK Net Zero incluem recomendações sobre fazendas, ferramentas de apoio a decisões e oportunidades de avanço de mercado resumidas<sup>41</sup> e detalhadas abaixo.

Em Fazendas	Ferramentas de suporte à decisão	Avanços no mercado
<b>Eficiência aprimorada</b>	Entendimento de sistemas inteiros	Investimentos
<b>Abordando o usuário de fertilizantes nitrogenados</b>	Melhor relatório de emissões e incertezas	Contabilidade de carbono
<b>Sequestro de Carbono e Contabilidade</b>	Métodos de cálculo aprimorados	Intercâmbio e adoção do conhecimento da educação
<b>Combustíveis novos e alternativos</b>	Esquemas de política e gestão: SFI, LNR	
<b>Tecnologia inteligente e pecuária de precisão</b>		

- **O aumento da arborização e restauração de turfas** contribui significativamente, embora com longos tempos de realização. Até 2035, as culturas energéticas perenes e a floresta de rotação curta podem contribuir significativamente para o sequestro de carbono, com potencial para suportar energia, fornecimento de combustível, indústria e transporte através do BECCS e da geração de biocombustíveis. O governo pretende investir 750 milhões de libras até 2025 para restauração de turfas, criação de florestas, florestas<sup>42</sup> gestão. Incentivo à 'agrofloresta' a partir de 2025 (árvores e agricultura coexistindo na mesma terra),

- **Práticas agrícolas inovadoras** para reduzir as emissões da pecuária e do manejo de nutrientes. As mudanças tecnológicas também significam que o uso de biomassa pode agora ir além do carbono neutro e fornecer emissões negativas, combinando-a com a captura e armazenamento de carbono (BECCS),
- **A implantação do BECCS e DACCS<sup>43</sup>**, depende do desenvolvimento da infraestrutura CCUS do Reino Unido e da disponibilidade de matérias-primas adequadas, sustentáveis e de baixo custo de biomassa,

41 [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/1033990/Net-Zero-strategy-beis.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1033990/Net-Zero-strategy-beis.pdf)  
 42 BECCS- Bioenergy with Carbon Capture and Storage is a carbon dioxide removal method  
 43 DACCS- Direct Air Carbon Capture and Storage is another carbon dioxide removal from the atmosphere method



- Para substituir a Política Agrícola Comum Europeia (PAC), serão implantados **três planos ambientais de gestão da terra**: o Incentivo à Agricultura Sustentável (SFI), a Recuperação da Natureza Local (LNR) e a Recuperação paisagística (LR). O SFI estará aberto a todos os agricultores e incentivará práticas de baixo carbono, por exemplo, manejo de solo e

nutrientes. A LNR financiará ações que apoiem a recuperação da natureza local e entreguem prioridades ambientais locais. O esquema LR financiará projetos de mudança de uso da terra de longo prazo, como projetos de plantio de árvores em larga escala e projetos de restauração de turfeiras.

### 2.2.8 Recomendações setoriais

Do ponto de vista da redução das emissões de GEE, o objetivo da produção de biomassa, uso de recursos residuais e geração de bioenergia deve ser ajudar a fornecer o sistema MG que produza as menores emissões em geral. A bioenergia, derivada da biomassa e dos resíduos cultivados com propósito, é atualmente uma das maiores fontes de energia renovável de MG. Uma base crescente de evidências mostra que a entrega de emissões negativas será um facilitador fundamental na entrega do menor custo para a transição de descarbonização do sistema de energia de MG. Essas emissões negativas resultam da combinação de bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono (CCS) (remoção líquida de dióxido de carbono da atmosfera) ao lado da produção de energia ou hidrogênio.

A flexibilidade da bioenergia, os diferentes produtos finais que ela pode gerar, e a gama de biomassa e matérias-primas de resíduos que ela pode gerar fazem dela uma parte valiosa de uma série de futuras vias de transição energética. A gaseificação é uma abordagem

que leva biomassa e resíduos para produzir gás de síntese limpo (uma mistura de monóxido de carbono, hidrogênio, dióxido de carbono e metano), que pode ser usado com e sem CCS para fazer energia, calor, hidrogênio, gás natural bio-sintético (bioSNG) e transportar combustíveis. Investir no desenvolvimento da gaseificação agora proporciona flexibilidade para o papel da bioenergia em um futuro sistema energético.

Em termos de insumos, o setor de bioenergia está passando de um setor dominado por insumos residuais para um setor cada vez mais dependente de matérias-primas de biomassa importadas e cultivadas no Brasil. Aumentar a disponibilidade de biomassa cultivada no Brasil pode aumentar a resiliência às mudanças no mercado global de biomassa e proporcionar benefícios ambientais mais amplos, incluindo o aumento do carbono sequestrado nos solos, se culturas energéticas de segunda geração, como talhadia de curta rotação (SRC) e salgueiro Miscanthus e florestas são plantadas nos locais certos. O desafio agora é criar estruturas de mercado e modelos.

### Recomendações para ajudar MG a capitalizar as principais oportunidades para desenvolver o setor de bioenergia:

**RECOMENDAÇÃO 1:** Desenvolver um modelo de cadeia de valor de biomassa que otimize em uma base econômica, de emissões ou de produção de energia, ou com esses objetivos em combinação para a produção de energia de biomassa.

**RECOMENDAÇÃO 2:** Criar o ambiente certo para a bioenergia combinada e o CCS, que através da implantação, pode reduzir significativamente o custo de cumprir as metas de emissões do Estado e aumentar a probabilidade de que a MG possa fornecer emissões Net Zero.

**RECOMENDAÇÃO 3:** Desenvolver a gaseificação para a produção de gás de síntese limpos a partir de biomassa e resíduos para permitir que o setor de bioenergia permaneça robusto às mudanças em outros lugares do sistema energético.

**RECOMENDAÇÃO 4:** Aumentar a produção de biomassa e o fornecimento de biomassa sustentável para a bioenergia no estado e maximizar o uso de recursos residuais adequados para energia para permitir a entrega de maior economia de emissões em nível de sistema com:

- O maior uso de recursos residuais em aplicações eficientes de Energia a partir de Resíduos (EfW).
- O aumento na quantidade de culturas de bioenergia de segunda geração cultivadas no Brasil para oferecer benefícios tanto para o sistema de energia quanto para a cadeia de suprimentos do Reino Unido.
- O aumento de resiliência às mudanças na disponibilidade de biomassa, explorando novas cadeias de suprimentos para biomassa importada comprovadamente sustentável.

**RECOMENDAÇÃO 5:** DForneça matérias-primas mais consistentes física e quimicamente aos usuários finais por meio de melhorias no melhoramento e pré-processamento de plantas e/ou desenvolva tecnologias de conversão mais resilientes a variações na composição da matéria-prima.

### 2.2.9 Projetando planos inteligentes de transição energética da área local

Embarcar em uma jornada justa de transição energética para descarbonizar a economia de MG requer uma maior compreensão das estruturas e processos estaduais e locais pelos quais sistemas e benefícios sociais podem interagir para desbloquear e entregar o valor total dos sistemas inteligentes de energia localmente. Os principais requisitos e desafios contextuais locais diferem em termos de várias prioridades, como as partes interessadas envolvidas, problemas locais e soluções descentralizadas críticas que co-beneficiam indústrias e comunidades locais. Isso representa um desafio para os formuladores de políticas, a indústria em geral e os investidores privados entenderem como as soluções localizadas se alinham à visão energética, desafios e oportunidades mais amplos do Brasil.

O sistema de energia foi anteriormente altamente centralizado com fluxo unidirecional de energia de geradores e produtores para consumidores. Mas agora, com a necessidade de uma descarbonização mais ampla, espera-se que abordagens e soluções de energia descentralizadas desempenharão um papel importante na descarbonização dos setores consumidores de energia e o fluxo de energia possível em ambas as direções.

No Reino Unido, essa mudança em direção a soluções descentralizadas pode ser vista na indústria (por exemplo, através dos Operadores de Rede de Distribuição<sup>44</sup>), política (por exemplo, em Equipes Locais de Energia em todo o governo) e cenários de inovação (por exemplo, desafios da Estratégia Industrial do Governo do Reino Unido<sup>45</sup> e o programa Prospering from the Energy Revolution (PFER)<sup>46</sup>).

44 Energy Network Association. Open Networks Project – DSO Transition: Roadmap to 2030. Downloaded from [http://www.energynetworks.org/assets/files/electricity/futures/Open\\_Networks/DSO%20Roadmap%20v6.0.pdf](http://www.energynetworks.org/assets/files/electricity/futures/Open_Networks/DSO%20Roadmap%20v6.0.pdf).

45 HM Government, Industrial Strategy: Building a Britain fit for the future, November 2019. Ref: ISBN 9781528601313, CCS1117470076 11/17, Cm 9528.

46 <https://www.ukri.org/our-work/our-main-funds/industrial-strategy-challenge-fund/clean-growth/prospering-from-the-energy-revolution-challenge/>

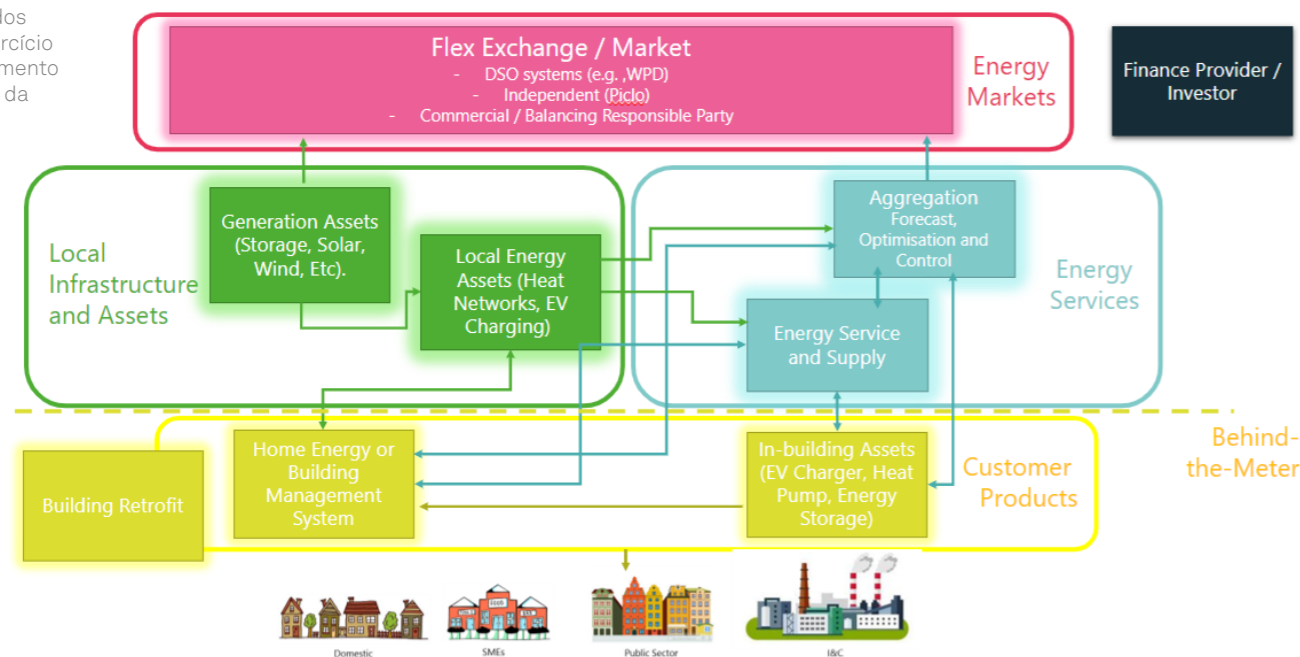


Nesse contexto, a Smart Local Energy Systems (SLES) é uma das estruturas emergentes que visa integrar uma gama de tecnologias energéticas incorporando energia, gás, processos industriais e transporte em uma rede localizada que é operada de forma inteligente para proporcionar uma gama de benefícios entre vários stakeholders. Composta por várias partes, a estrutura pode proporcionar benefícios financeiros, de carbono e da comunidade às partes interessadas por meio de modelos operacionais inovadores. Esses sistemas de energia se desenvolvem é uma técnica fundamental para informar, moldar e permitir aspectos-chave da transição para um sistema de energia de carbono Net Zero. Essas

abordagens inteligentes para o planejamento energético da área local (LAEP) fornecem:

- Compreensão detalhada das mudanças tecnológicas e de sistemas que podem ser feitas ao sistema de energia local para perceber oportunidades de descarbonização e produção local de energia de baixo ou zero carbono. A avaliação técnica inclui custos e receita, escopo geográfico, escalas temporais e interações de sistemas. A *Figura 14* ilustra o exemplo de elementos técnicos que podem ser considerados no desenvolvimento de um planejamento energético inteligente da área local.

Figura 14: Representação simplificada de elementos técnicos considerados em um exercício de planejamento energético da área local



- Consideração de fatores não técnicos mais amplos que precisam ser abordados para garantir mudanças, por exemplo, objetivos locais (por exemplo, qualidade do ar, pobreza de combustível), compreensão pública, abordagens regulatórias, elementos socioculturais, comerciais, políticos, etc. Esses fatores podem ser identificados e mapeados para identificar a gama de fatores que influenciam sistemas específicos, incluindo o impacto das interações.

- Projetado e envolvendo processo social que envolva as partes interessadas adequadas de forma eficaz, utiliza evidências técnicas adequadamente e gerencia efetivamente os interesses investidos, garantindo que o plano resultante possa ser visto como uma representação informada e legítima da intenção local em relação à descarbonização do sistema de energia.

Os benefícios do SLES incluem:

- Melhor eficiência e redução do custo de ativos e redes no longo prazo por meio de planejamento integrado.
- Capacidade de projetar e adaptar projetos de energia para atender às variadas necessidades das áreas locais com base em dados e insights mantidos pelas autoridades locais (LAs).
- Valor social embutido na concepção do sistema - As LAs possuem deveres estatutários relacionados à qualidade do ar, saúde e padrões de construção, entre outros.
- Menor probabilidade de deixar as pessoas para trás à medida que a área local é descarbonizada. Há um risco de isso acontecer se feito puramente através do setor privado.

Desenvolver um plano local confiável para alcançar o Net Zero pode criar consenso e confiança, ajudando a destravar investimentos públicos e privados e formando a base da revolução industrial verde em MG. O LAEP pode ajudar a vislumbrar como um futuro de energia Net Zero pode parecer para uma área local e definir a “direção da jornada”, fornecendo a base para entrega através de SLES que podem explorar dados de digitalização e sistema de energia sob novos arranjos de mercado para dirigir inovação em tecnologias e modelos de negócios.

Os projetos da SLES apoiam um plano Net Zero e também podem ajudar a realizar benefícios comunitários e ambientais, como melhorias na qualidade do ar, pobreza de combustível, mobilidade e conectividade digital. Quatro elementos são fundamentais para estabelecer uma base sólida para a ação local:

- O uso de evidências técnicas robustas produzidas utilizando técnicas analíticas que consideram todo o sistema energético e utilizam consistentemente os dados disponíveis.


- Uma avaliação abrangente de fatores não técnicos mais amplos deve ser compreendida e tratada para garantir mudanças.
- Uma abordagem confiável e sustentada para a governança e entrega.
- Um processo social bem desenhado e envolvente que envolva as partes interessadas adequadas efetivamente utiliza provas técnicas adequadamente e gerencia efetivamente os interesses investidos, garantindo assim que o plano resultante possa ser visto como uma representação informada e legítima da intenção local em relação à descarbonização do sistema energético.

É nessa perspectiva que o conceito de “inovação baseada em lugares” é apresentado, e as parcerias público-privadas podem desempenhar um papel central. A MG tem grandes players em setores intensivos em carbono e difíceis de diminuir que poderiam criar coortes e trabalhar com as autoridades locais e o governo do Estado para criar um ambiente de inovação próspero, como zonas de inovação energética (EIZs) e Net Zero Pathfinders. Esses conceitos são abordados mais tarde neste trabalho em ‘**3. Viabilizando a Inovação no Setor Energético**’.

As *figuras 15 e 16* destacam a diversidade dos setores nas oportunidades potenciais de MG para se beneficiar do planejamento energético inteligente da área local para ajudar a acelerar a transição energética de baixo carbono. Essas abordagens coordenadas poderiam destravar os principais fatores de transformação e promover novos modelos de governança, transporte, energia, construção e reciclagem, financiamento e engajamento dos cidadãos energia, construção e reciclagem, financiamento e engajamento dos cidadãos.



Figura 15: Instantâneo da Economia M




**Mining & Metallurgy:** MG is responsible for 33% of metallic mineral extraction and 23.6% non-metallic minerals in Brazil. Iron ore was the most exported item in MF in 2018, with 71% of the state mineral exports. Over 300 mines operating in the state. Major stakeholders: Anglo Gold Ashanti, Anglo American, Vale.

**Cement:** Largest producing park in Brazil with nine factories, and estimated 12.8 millions of tons produced in 2019. Key players - Votorantim, Intercement, LafargeHolcim, CSM.

**Steel:** Largest Brazilian producer of steel, pig iron and ferroalloys in Latin America. Crude steel estimated production 10.4 millions tons in 2019. Iron & steel are the 2nd largest most exported products in MG. Key players - ArcelorMittal, Gerdau, Usiminas.

---




**Agriculture & Livestock:** production of grains (such as coffee, soy, corn and beans), sugarcane and milk, as well as the raising of poultry and cattle, are the main activities. (C5.7% GDP). 3rd economic activity in terms of employment in 2018.

Largest milk producer in Brazil (26.4% of national production, 2018). Key players - Danone, Itambé, Embaré and Cemil.

Agri business contributes to c49% of Brazil trade balance.


---



**Transport & Automobiles:** Fourth largest export sector in MG, Brazil's 2nd largest automotive hub with Fiat Chrysler Automobiles (Betim in RMBH), Mercedes Benz (Juiz de Fora, in Mata), GE transportation, Caterpillar subsidiary EMD manufacturing units. Volvo factories.

EV Mobility program (Rota 2030) developed by RD&I centres UFMG, Fundep, CTNAno led to Bravo Motor Company (USA based company) investing in MG for the production of batter and electric vehicles in Minas Gerais.

---




**Aviation:** 68 aerodromes and airports in MG.

**R&D centres** - PUC Minas Aeronautical Engineerir UFMG Centre for Aeronautical studies. Key players - Embraer (R&D in Belo Horizonte), Helibras manufacturer, GOL maintenance centre (Confins)

**Biokerosene & Renewables project** - under consideration by Legislative assembly; seeking to develop biomass production chain to meet aerospace demand. Expected by 2031 (Mata zone), to produce 230 million litres of aviation biokerosene.

---



**IT & others: Information and Communication Technology:** State based companies producing Hardware and software for aerospace, automotive, sensors for mining, electronics for appliances. Estimated 6000 companies including Google R&D centres, Embraer, Erikson, Fiat, Accenture, Infosys, Axxiom, Hexagon Mining, etc

Electro-electronics.

Figura 16: : Economia de MG por regiões e áreas locais

**Northwest:** Main companies in Agribusiness and mineral extractions focussed on gold & zinc. For instance: WD Agroindustrial, Bioenergética Vale do Paracatu, Cooperativa Agropecuária Vale do Paracatu Ltda., Kinross Gold and Nexa Resources.

**North:** Extensive pasture areas for cattle breeding & planted forests so production of charcoal. The region is crossed by the São Francisco River and its tributaries that stand out as important fruit producing centres. Important region for ceramics, clothing clusters, and produces cachaça.

**Uberlândia city:** Important Telecommunication companies (e.g., Algar Telecom), largest wholesalers (e.g., Martins, União and Peixoto), largest logistics centres.

**Triângulo Mineiro:** Main cereal producer in the state with the largest cattle herd, and 2nd most important in coffee harvest.

**Sugar and alcohol** - 75% of MG produced and processed in the region.

**Phosphate fertilisers** - Brazil's main producer (in Uberaba). This production is the responsibility of the company Mosaic, which operates in Uberaba, Tapira, Patrocínio and Araxá.

**Jequitinhonha valley:** Largest family farming nuclei in MG comprising about 78 thousand farmers, which is equivalent to 9% of the state's production.

**Vale Do Rio Doce:** Large concentrations of metallurgy production chain due to high availability of steel in the region. Presence of stainless-steel processing companies, which use the raw material supplied by Aperam South America, the only producer in Latin America of stainless and silicon flat steel.

**West:** Several local productive agreements (APLSs) such as footwear, developed around Nova Serrana and consist of about 800 comaneis established in that municipality, added to the other 300 located in the surrounding municipalities; in addition, larger Doundry APLs (in Divinópolis, Itaúna and Cláudio), and soe in metallurgical industry.

Mineral extraction of limestone, is of great importance to the regional economy (municipalities around Acros).


**Zona De Mata:** Mainly agricultural activities, including coffee production (Manhuaçu), and the creation of dairy cattle and pigs (vicinity of Ponte Nova).

Most representative industrial segments - metallurgy, textiles and clothing, furniture and food. Industry developed from the installation of spinning and weaving factories. Currently, the textile and clothing chain continue to play an important role in the many municipalities in the region.

Zona de Mata has large production units for the metallurgical chain, including transport material (e.g., Companies Votorantim Metais Zinco, ArcelorMittal Brasil, Codeme Engenharia S / A, Dow Corning Silício do Brasil S/A, the Mercedes Benz assembly plant (Juiz de For a)

**South:** Main MG agriculture producer, contributing over 20% to the generation of GDP in the sector. **Coffee** - most importance production, responsible for c25% of all Brazilian production,

**Belo Horizonte:** Abundance of raw materials linked to growth of metallurgical parks, with industries focussed on production of ferroalloys, casting parts, steel, capital goods and various products, added to the 2nd largest automotive hub in Brazil.



### 2.2.10 Exemplos inteligentes de soluções de energia locais

O primeiro exemplo é o projeto ReFLEX Orkney que visa integrar redes de eletricidade, transporte e calor nas Ilhas Escocesas, utilizando software avançado para equilibrar oferta e demanda.

Apesar de Orkney, um arquipélago ao largo da costa nordeste da Escócia, ter recursos energéticos renováveis significativos e produzir 130% da eletricidade que precisa através da geração renovável instalada existente, uma rede elétrica restrita está causando altos níveis de “redução” - onde as turbinas eólicas são desligadas para proteger a rede da sobrecarga. Isso limita a eficiência econômica das turbinas existentes e a capacidade de instalar mais capacidade que será necessária à medida que a demanda aumenta para suportar veículos elétricos e sistemas de aquecimento eletrificados.

Os preços da energia para os residentes são tipicamente muito altos, em parte devido à quantidade de combustível necessária para aquecimento e transporte. Além disso, não há rede de gás e, portanto, casas e empresas dependem de eletricidade ou petróleo para fornecer calor. Isso, em conjunto com o estoque de habitação mais antigo de Orkney e o clima local frio, significa que a área tem uma das maiores classificações de pobreza de combustível no Reino Unido (63%).

A localização isolada do Orkney significa que é o local ideal para demonstrar as capacidades de uma rede de energia inteligente independente. A oportunidade de aproveitar o excesso de energia renovável gerada atualmente desperdiçada, juntamente com a vontade de aumentar a quantidade de energia de baixo carbono e reduzir a pobreza de combustível, forma o principal motor para o projeto de demonstração reflex.

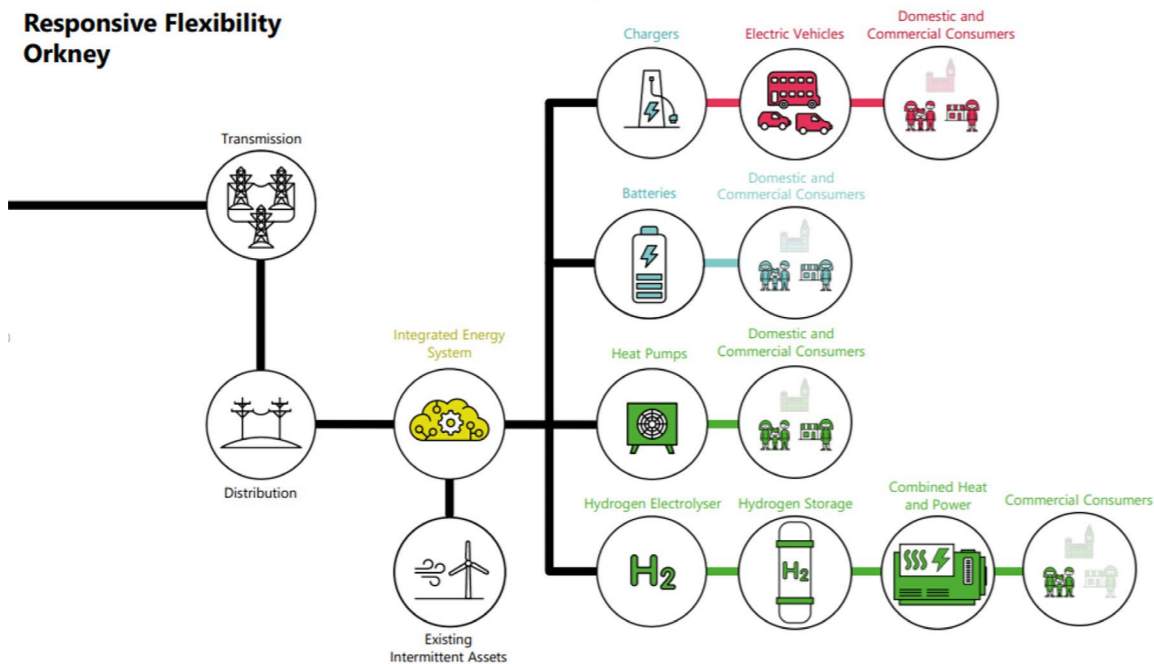
O objetivo é permitir que a produção de eletricidade seja maximizada, a eficiência seja recuperada e novos modelos de negócios sejam comprovados, o que significa que a energia pode ser fornecida a um custo mínimo para o consumidor.

O projeto inclui a instalação e operação de múltiplas tecnologias, incluindo::

- Células de combustível de hidrogênio para o fornecimento de eletricidade e calor
- Armazenamento doméstico de energia
- Armazenamento comercial de energia
- Infraestrutura de carregamento de veículo para grade
- Sistemas de bomba de calor de origem terrestre
- Sistemas de gestão predial
- Sistema de transporte e infraestrutura integrados liderados pela comunidade

A Figura 17 destaca os aspectos de integração de tal sistema<sup>47</sup>.

Figura 17: Ilustração dos requisitos de integração de sistemas para o ReFLEX



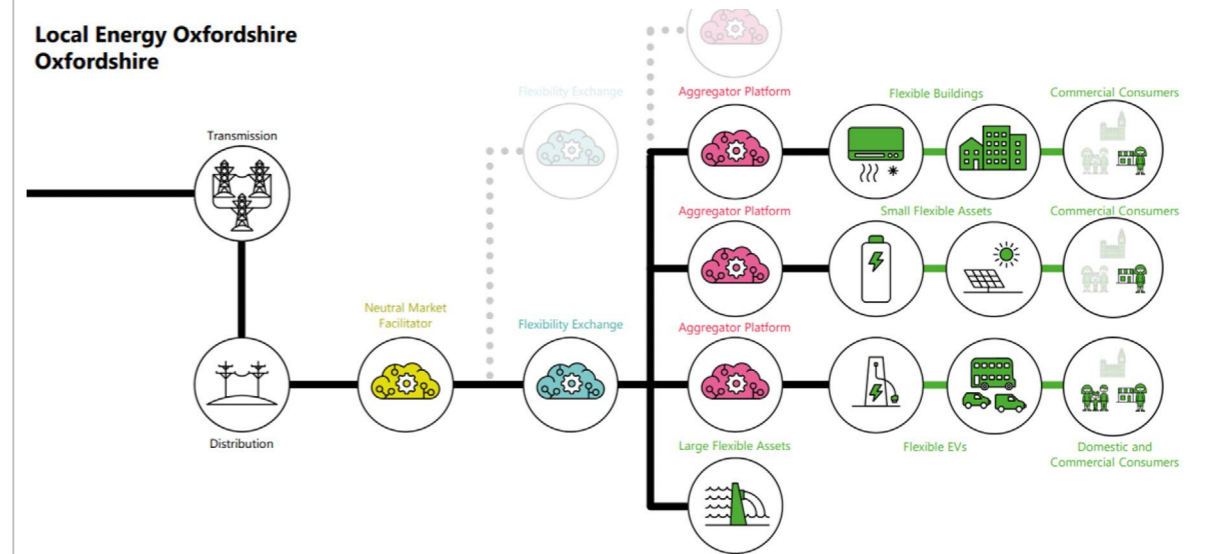
O segundo exemplo é o Project LEO, um dos mais ambiciosos, abrangentes, inovadores e flexíveis testes de energia já realizados no Reino Unido, que visa estimular uma maior compreensão da abordagem SLES para o planejador de Oxfordshire e a comunidade de planejamento local.<sup>48</sup>

Os ensaios realizados como parte do Projeto LEO visam melhorar a compreensão de como as oportunidades podem ser maximizadas e desbloqueadas na transição para um sistema elétrico mais inteligente e flexível e como as famílias, empresas e comunidades podem realizar esses benefícios.

Testes de ativos de energia estão explorando o potencial de vários ativos energéticos, como um parque solar ou bateria, para fornecer energia flexível. Os ensaios baseados em lugares, chamados Smart and Fair Neighborhood (SFN), buscam demonstrar como os serviços de flexibilidade podem se sentar no coração de um sistema de energia mais inteligente, de baixo carbono e equilibrado localmente.

A Figura 18 ilustra as interações dos multivetores para o planejamento energético local.

Figura 18: Abordagem SLES para a área local de Oxfordshire



### 2.2.11 Recomendações para descarbonizar e trazer prosperidade a comunidades

Embora várias grandes indústrias e organizações (por exemplo, eletricidade, agricultura) já tenham começado a publicar suas estratégias de Net Zero, existe o perigo de que as autoridades locais nos níveis estadual, municipal e comunitário estejam defasadas, não equipadas para desenvolver planos estratégicos robustos da Net Zero para suas áreas de forma eficiente.

É necessário que MG desenvolva planos locais de planejamento energético (LAEP) e sistemas de energia locais inteligentes (SLES) específicos

para as necessidades e recursos locais. Desde os primeiros adotantes do quadro estrutural no Reino Unido<sup>49,50</sup>, isso tem sido visto como extremamente benéfico para as autoridades com responsabilidades pelo transporte e planejamento espacial e política energética para desenvolver-se de forma colaborativa com a indústria, academia, start-ups e comunidades estruturas de planejamento mais integradas, desencadeando a inovação necessária para alcançar o Net Zero em níveis locais e regionais.

48 Project LEO Oxfordshire- <https://project-leo.co.uk/reports/project-leo-workshop-1-enabling-and-facilitating-smart-energy-systems-within-the-existing-planning-system/>  
 49 Regen UK- <https://www.regen.co.uk/project/exploring-community-benefits-for-and-from-local-area-energy-planning/>  
 50 CSE- <https://www.cse.org.uk/projects/view/1369>



**Recomendações para a transição para políticas de planejamento mais favoráveis e a criação de ambientes onde tecnologia, digitalização, dados abertos e inovações empresariais podem ser testadas para descobrir barreiras de mercado para acelerar a transição:**

**RECOMENDAÇÃO 1:** Desenvolver uma abordagem sistemática para analisar tecnologias compatíveis, demandas de fontes de energia, fontes, transporte, uso da terra, redes e capacidades para áreas específicas.

**RECOMENDAÇÃO 2:** Estabelecer projetos-piloto para avaliar áreas prioritárias, incluindo a adequação de tecnologias, por exemplo, atributos a edifícios, facilidade de acesso, redes, fontes de energia, oportunidades de geração, políticas relevantes e requisitos de desenvolvimento.

**RECOMENDAÇÃO 3:** Desenvolver casos de negócios integrados baseados em conhecimentos e impactos de todos os componentes: comunidades, investidores, ativos & redes, ativos, operadores, autoridade local, stakeholders existentes e futuros, e construção de programas estruturados de capacitação.

## 2.3

### Conclusões e Recomendações

**A indústria agrícola e pecuária** tem uma pegada de carbono complexa, mas desempenha um papel importante na economia de MG. É necessário investir significativamente em pesquisa coordenada, inovação, políticas e regulamentos eficazes para atingir as metas de Net Zero no Estado; não apenas focando na redução de carbono, mas também em outras métricas fundamentais “como a poluição do nitrogênio e fósforo, o comportamento animal (bem-estar positivo) e as comunidades rurais; bem-estar social e economia”<sup>51</sup>. Os programas estratégicos de financiamento são necessários para apoiar a implementação oportuna de medidas-chave de mitigação que permitam abordagens de soluções holísticas.

**A indústria** exige estratégias claras para descarbonizar o setor com uma gama de soluções robustas construídas em torno de benefícios e necessidades locais e regionais. Em MG, essas estratégias exigem insumos e planejamento unificado com os principais stakeholders, incluindo órgãos governamentais brasileiros, indústrias, academia e P&D, representações de usuários finais, etc. O estado de MG tem um papel fundamental no apoio e na viabilização das transições de descarbonização industrial, que proporcionam grande confiança no investimento e visibilidade das ambições de longo prazo para o Net Zero.

Essas estratégias apoiarão as indústrias existentes para descarbonizar e incentivar o crescimento de novos setores nas regiões de MG. Assim,

entender a distribuição de emissões da indústria de MG será um bom lugar para iniciar o trabalho de descarbonização industrial para o Estado, identificando: os tipos de indústria, emissões de CO<sub>2</sub>, localizações geográficas e interfaces, atores na cadeia de valor, e investimentos de capital, etc. A ambição é reunir uma visão detalhada do sistema de energia multitorada em torno das regiões de MG, criar diferentes roteiros para a entrega de energia limpa para consumo industrial e possibilitar a redução do CO<sub>2</sub> criado no processo industrial<sup>52</sup>. Esses roteiros devem estar em conformidade com as metas do Net Zero e considerar elementos como infraestrutura e redes e caminhos eficazes, incluindo (não limitado a) eficiência de recursos e eficiência energética, eletrificação, métodos de sequestro de carbono (por exemplo, captura de carbono, uso e armazenamento (CCUS); captura direta de carbono (DAC), produção de hidrogênio, gaseificação de matérias-primas de baixo grau, bioenergia com captura de carbono (BECCS), armazenamento e soluções flexíveis. .

**A Indústria de Transportes e Automotivos** representa mais de 60% das emissões energéticas de MG. O setor tem um papel significativo na economia do Estado como o segundo maior polo automotivo, com cerca de 16% dos empregos gerados. Junto à indústria, há a necessidade de um plano de descarbonização de transporte para estabelecer caminhos para descarbonizar todos os modos de transportes domésticos e industriais (aviação, ferrovia, estradas). Esses planos devem

delinear as principais promessas que podem ser monitoradas com cronogramas e marcos.

O Brasil, é claro, é líder mundial no uso de biocombustíveis desde a década de 1980, com 88% de todos os novos veículos leves (LV) vendidos no Brasil com combinação de etanol e gasolina. No entanto, isso resultou em significativas mudanças de desmatamento e uso da terra. Um consórcio recém-formado de empresas britânicas, alemãs e brasileiras em MG - apoiado pelo Governo do Reino Unido - tentou mudar isso. Com o uso de macaúba, espécie nativa do Brasil, e nova cobertura e agrosilvopastoral, o consórcio espera criar uma cadeia de valor de combustíveis sustentáveis em MG, evitando as mudanças negativas de desmatamento e uso da terra normalmente associadas aos biocombustíveis. O projeto promoverá simultaneamente a biodiversidade, a recuperação da pastagem degradada e o reflorestamento ambientalmente sensível, ajudando a reabastecer as bacias hidrográficas e aquíferos da região. Criar iniciativas semelhantes pode ser uma boa opção, especialmente usando matérias-primas de baixo grau e processos avançados de gaseificação.

Há também espaço para cooperação em eletromobilidade, especialmente no âmbito dos estudos iniciais. O governo britânico tem atuado no apoio a iniciativas de eletromobilidade em todo o mundo que podem ser usadas como exemplo para MG. Por exemplo, no México, os projetos atualmente em andamento incluem::

- Um projeto para analisar as exigências legais, técnicas e financeiras de dimensionamento da implantação de ônibus elétricos na Cidade do México deployment of electric buses in Mexico City
- Um projeto planejado para expandir a rede de infraestrutura elétrica da Cidade do México para EVs

Na África do Sul, o Governo do Reino Unido está apoiando a cidade de Joanesburgo em relação à prontidão do EV. Isso inclui o conhecimento técnico necessário para fornecer a infraestrutura necessária para os EVs e a definição de tarifas de carregamento de EV atraentes. Além disso, o projeto também avaliará a viabilidade de táxis elétricos de micro-ônibus e estações de carregamento de EV movidos a energia solar.

Na Índia, três Catapults (ESC, Connected Places e Satellite Applications) lançaram o projeto Inovando para o Ar Limpo. A poluição do ar e o apoio à captação de veículos elétricos são desafios cruciais e interrelacionados para as cidades em todo o mundo. A substituição de carros a gasolina/diesel por EVs pode ter um impacto positivo substancial na qualidade e na saúde do ar, além de apoiar as metas climáticas. O projeto teve como objetivo permitir a introdução e a adoção antecipada de produtos e serviços de qualidade do ar e da qualidade do ar, implantando-os em testbeds urbanos da vida real em Bengaluru, Índia, criando oportunidades tangíveis de colaboração para inovadores do Reino Unido e da Índia (mais detalhes sobre a sessão 4.4.1.8.2).

Uma abordagem estruturada e o desenvolvimento de modelos locais sob medida para definir as rotas de descarbonização de transporte mais adequadas são cruciais para trazer segurança ao mercado e impulsionar os investimentos necessários. No entanto, como ações lógicas de curto prazo, a implantação de medidores inteligentes e infraestrutura de carregamento de EV oferecem oportunidades para o setor de energia trabalhar com os consumidores para nivelar a demanda de eletricidade.

A natureza intermitente da geração de energia renovável - proporcionando excedentes em alguns momentos do dia e déficits em outros - cria uma necessidade (e uma oportunidade de negócios significativa) para novas soluções de armazenamento de energia. As baterias em veículos elétricos (assim como as da “segunda vida”) poderiam fornecer um elo que falta no futuro “mix” de fornecimento de energia da MG.

Impulsionada pela exigência de enfrentamento às mudanças climáticas, a transformação na mobilidade e na produção de energia cria grandes oportunidades para os inovadores, mantendo a perspectiva de exportações e crescimento significativos de MG e maior segurança do fornecimento de energia. O desenvolvimento de instalações de teste do mundo real, como a Living Labs (ver seção 3), pode ser um facilitador fundamental para a MG desenvolver uma cadeia de valor local e aproveitar essa oportunidade.

51 [https://www.cielivestock.co.uk/wp-content/uploads/2020/09/CIEL-Net-Zero-Carbon-UK-Livestock\\_2020\\_Interactive.pdf](https://www.cielivestock.co.uk/wp-content/uploads/2020/09/CIEL-Net-Zero-Carbon-UK-Livestock_2020_Interactive.pdf)

52 <https://www.neccus.co.uk/what-is-industrial-decarbonisation/>

# 3 Revisão de Estratégias para aproveitar a riqueza dos recursos solares de MG

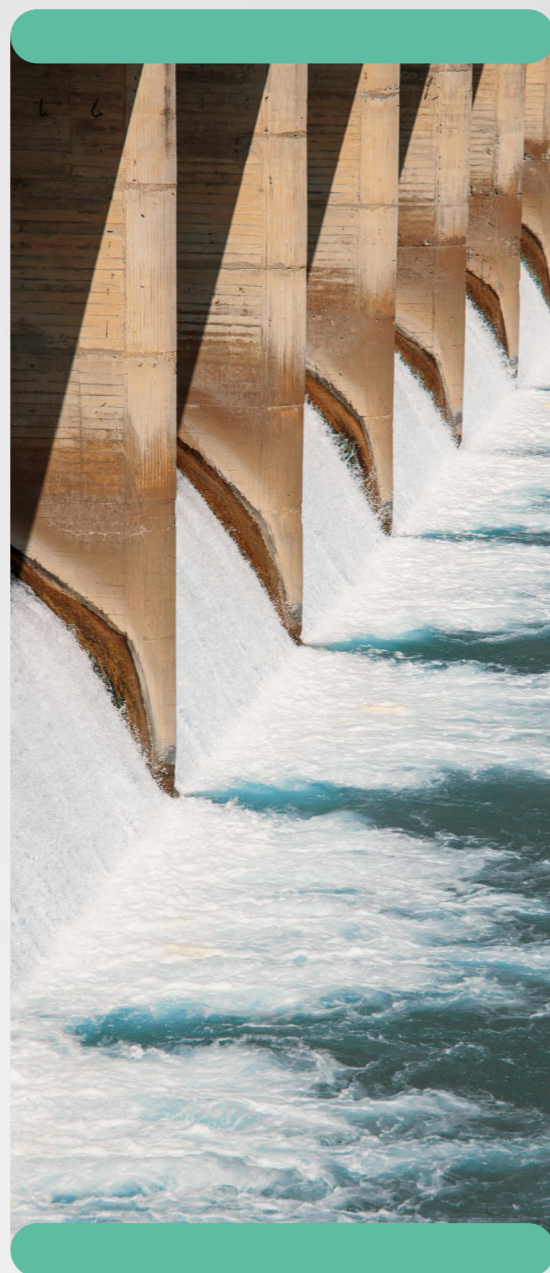
## 3.1 Contexto

Ao longo dos anos, as políticas do Brasil e de MG têm promovido fortemente a hidroeletricidade em relação a outras opções. A principal fonte de energia do Estado, a hidroeletricidade, praticamente atingiu sua máxima exploração.

Por meio da Política Nacional de Mudanças Climáticas, o governo brasileiro oficializou sua contribuição ao Acordo de Paris, comprometendo-se voluntariamente a reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 37% até 2025 e em 43% até 2030 em relação aos níveis de 2005.<sup>53</sup>

Essas ambições de reduzir as emissões de GEE e as crescentes demandas energéticas em conjunto estão agora impulsionando a necessidade de mais geração de energia renovável. Desde 2013, o Estado cria o Programa de Energia Renovável de MG - PMER, com o objetivo de acelerar a integração de fontes renováveis no território estadual.<sup>54</sup> Entre as alternativas renováveis, a energia solar e eólica se destacam no Brasil devido à disponibilidade favorável de recursos (radiação solar e recursos eólicos), condições geográficas e extensão territorial.

Este estudo avalia os desafios e oportunidades para a integração solar fotovoltaica (distribuída e centralizada) em MG. Fornece um conjunto de recomendações derivadas de estudos de caso em todo o mundo avaliação de alto nível da rede e padrões climáticos



## 3.2

### Introdução

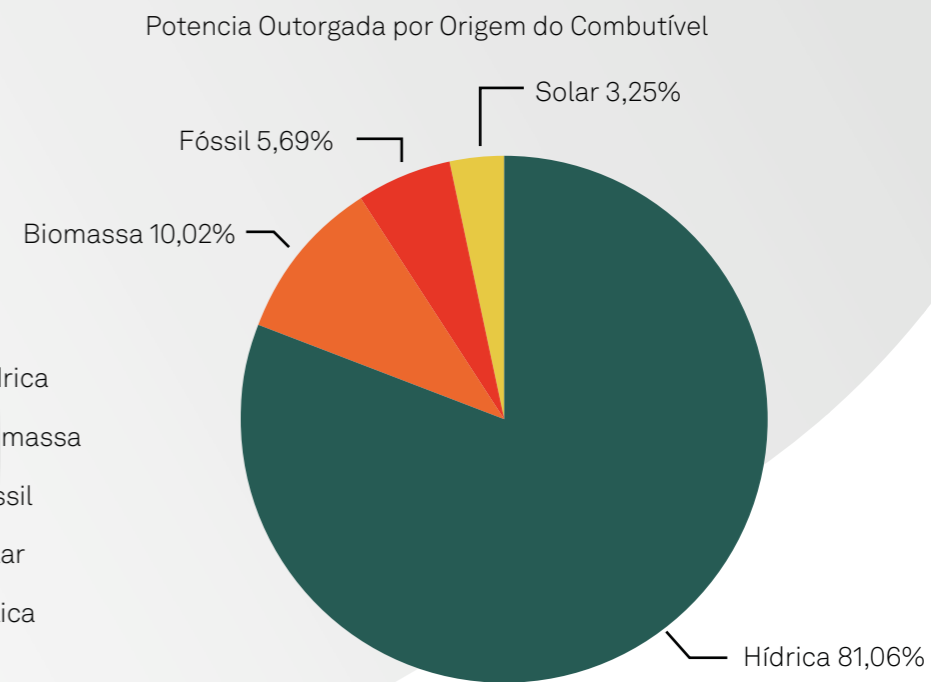
#### 3.2.1 Sistema de Energia Elétrica em MG

##### Geração

MG has over 690 enterprises involved in electricity generation. They can generate over 15 GW of power. Most of the energy is renewable, principally from hydroelectric plants which produce about 80% of the energy<sup>55</sup>. The rest of the energy comes from thermal origin power plants

of fuel oil, natural gas and cogeneration plants. MG hosts about 10% of the total installed capacity in Brazil. MG Energy Company (Companhia Energética de MG - CEMIG) is the main generator in MG.

Figura 19: Capacidade instalada pela origem do combustível em MG Fonte: ANEEL 31-8-2020 <sup>56</sup>



##### Transmissão e Distribuição

O sistema elétrico brasileiro é composto por quatro grandes subsistemas projetados para aproveitar as diferentes características de cada região. A troca de energia entre os subsistemas é feita por meio de uma grande rede de transmissão operada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS (Figura 20). MG pertence ao subsistema Sudeste e Centro-Leste.

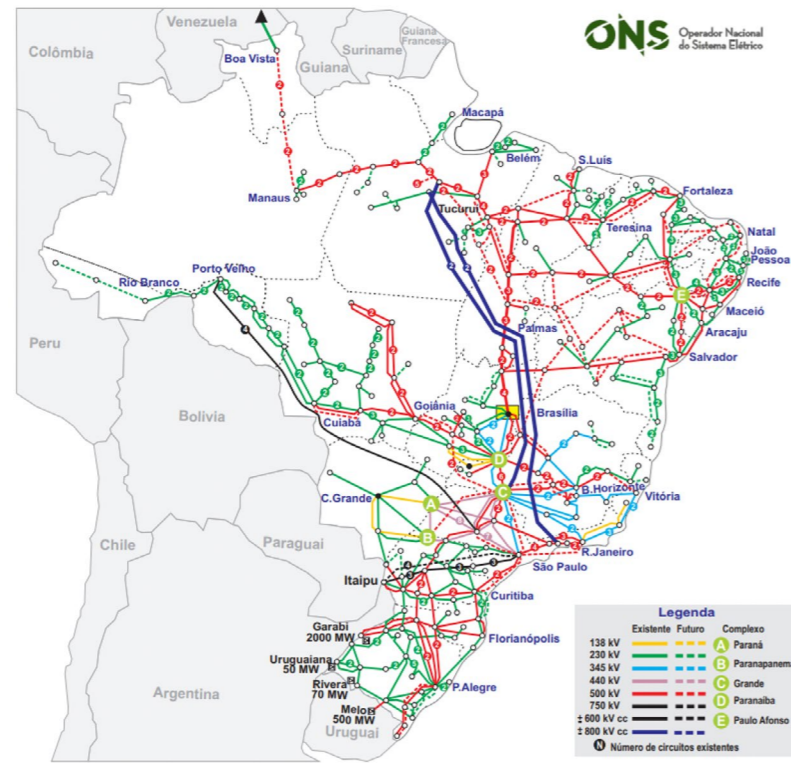
A CEMIG também é a principal distribuidora de energia elétrica de MG. A CEMIG Distribuição é a maior distribuidora de energia elétrica do Brasil em termos de extensão de rede, atendendo aproximadamente 96% de MG<sup>57</sup>.

53 <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Brazil%20First/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf>  
 54 <https://www.indi.mg.gov.br/minas-gerais/destaques-de-minas-gerais/>; [https://drive.google.com/file/d/1sQc1ghvbiKUN1HbFdM4kWhL\\_twHGT\\_h-/view](https://drive.google.com/file/d/1sQc1ghvbiKUN1HbFdM4kWhL_twHGT_h-/view)

55 <https://www.indi.mg.gov.br/en/minas-gerais/infrastructure/>  
 56 <https://institutopristino.org.br/aproveitamento-hidreletrico/>  
 57 <https://www.cemig.com.br/quem-somos/>



Figura 20: Mapa do sistema de transmissão do Brasil<sup>58</sup>



**Consumo**

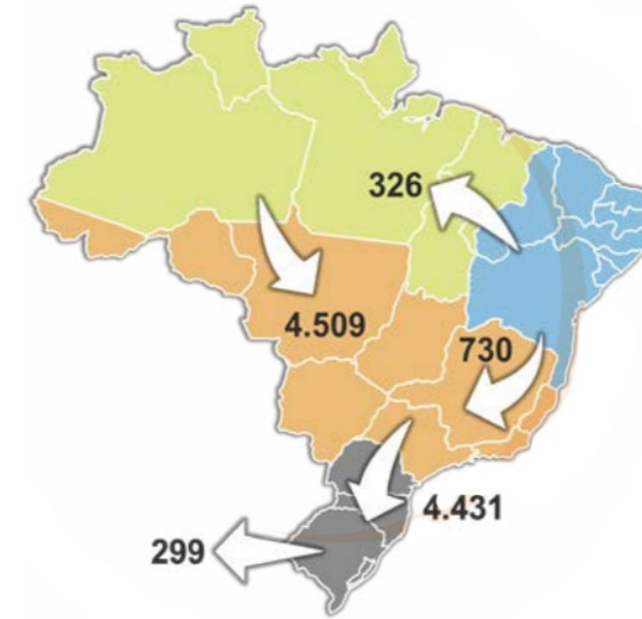
O consumo total de energia de MG é de cerca de 12% do consumo total do Brasil - tornando o Estado um importador líquido de energia elétrica (Tabela 1).

Tabela 1: Comparação das métricas relacionadas à energia elétrica de MG com o Brasil<sup>59</sup>

Infrastructure	MG	Brazil	MG/BR
Energy Installed capacity - 2020 (MW)	20,855	203,174	10.26%
Energy Generation - 2018 (GWh)	44,239	601,396	7.36%
Energy Industrial Consumption - 2018 (GWh)	30,999	169,625	18.27%
Total Energy Consumption - 2018 (GWh)	56,472	474,820	11.89%

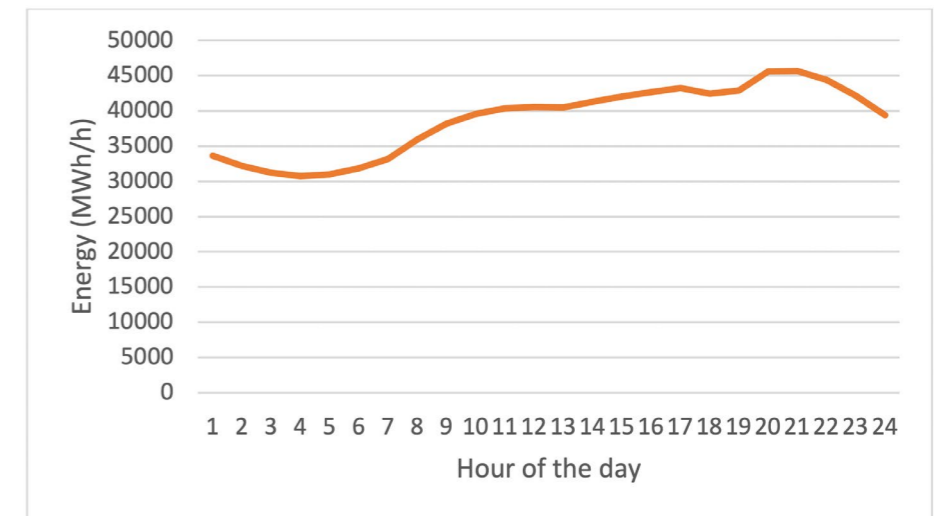
58 <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>  
 59 [https://drive.google.com/file/d/1sQc1ghvbiKUN1HbFdM4kWhL\\_twHGT\\_h-/view](https://drive.google.com/file/d/1sQc1ghvbiKUN1HbFdM4kWhL_twHGT_h-/view)

Figura 21: O intercâmbio total de energia por região no Brasil (MG está localizado na região Sudeste do Brasil - colorido em Laranja)



O perfil de demanda do Brasil inclui um pico de escuridão que é o pico de demanda do dia. A Figura 22 mostra um perfil de carga horária da região Sudeste do Brasil em 10 de janeiro 2022.<sup>60</sup>

Figura 22: Perfil de carga por hora da região Sudeste do Brasil em 10 de janeiro de 2022<sup>60</sup>



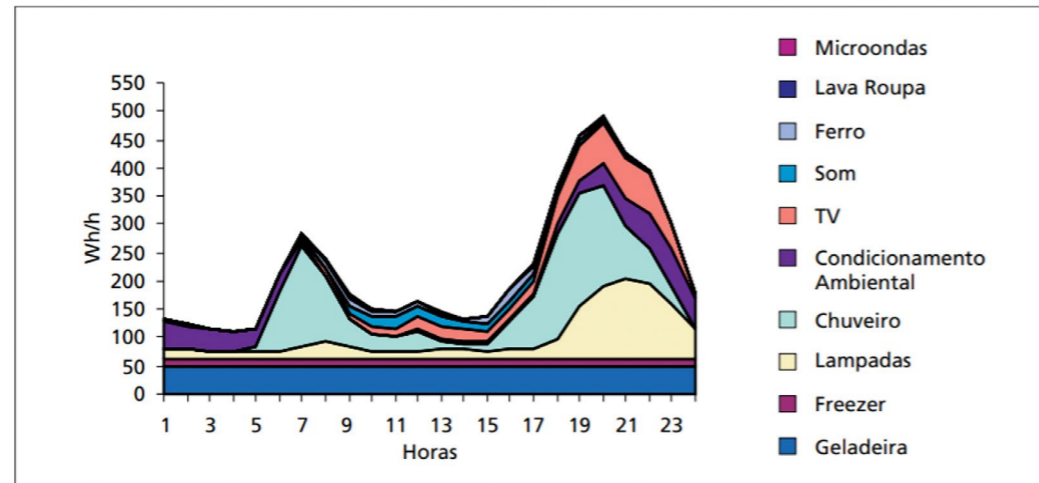
Em latitudes tropicais como no Brasil, a dependência do ar-condicionado, especialmente em hospitais, escolas, hotéis, casas e locais de trabalho profissionais, é importante para a qualidade de vida e é provável que cresça nos

próximos anos. A Figura 23 mostra uma carga residencial típica. Mostra que o ar condicionado (roxo colorido e rotulado "Air conditioning") está sendo usado enquanto as pessoas estão dormindo/se preparando para dormir, e não durante o dia.

8 <http://sdro.ons.org.br/SDRO/DIARIO/index.htm>  
 60 <http://sdro.ons.org.br/SDRO/DIARIO/index.htm>



Figura 23: A typical load curve in Southeast region of Brazil<sup>61</sup>



Há diferenças significativas de renda entre as regiões do Brasil, e MG tem um grande número de casas de baixa renda. A Figura 23 mostra uma curva de carga típica na região Sudeste do Brasil, onde está localizado o estado de MG. Durante o dia, a demanda é relativamente baixa. A demanda de energia por chuveiros elétricos é relativamente alta em comparação com a demanda de outros aparelhos. Há dois picos, um pela manhã e outro à noite. Estes chuveiros elétricos são tipicamente cerca de 5,4 kW em capacidade. As casas de baixa

renda usam principalmente chuveiros elétricos, enquanto casas de média e alta renda usam caldeiras a gás para necessidades domésticas de água quente. Esta pode ser uma área onde o aquecimento da água solar pode trazer algumas soluções, reduzindo o pico de demanda, portanto, deslocando usinas de combustíveis fósseis que têm custos marginais mais elevados. Políticas e regulamentos para apoiar essas tecnologias são importantes.

### 3.2.2 Os atuais níveis de integração solar fotovoltaica em MG

Atualmente, o estado de MG é o principal gerador solar do país, com 1,5 GW de capacidade instalada e mais de 18% de toda a energia solar DG produzida no Brasil. Até o final de 2020<sup>62</sup>, foram instalados mais de 68 mil sistemas fotovoltaicos em residências, empresas, indústrias e prédios públicos.<sup>63</sup> MG foi aprovada e concedeu a licença ambiental a mais 1.357 MW de projeto solar fotovoltaico, com conclusão prevista para 2023.<sup>64</sup> Vale mencionar o papel crucial do incentivo fiscal que foi apresentado pelo Estado de MG em 2013<sup>65</sup>.

O Banco de Desenvolvimento de MG (BDMG) apoia fortemente o desenvolvimento do setor solar de MG. O BDMG lançou linhas de crédito

especiais para geração de energia renovável em MG, incluindo autoconsumo e usinas solares de maior porte. Em 2019, o BDMG triplicou seu desembolso para projetos fotovoltaicos em relação a 2018, atingindo R\$ 53 milhões (US\$ 10,9 milhões/EUR 9,7 milhões).<sup>66</sup>

Embora a participação solar na matriz elétrica ainda tenha um papel menor no Brasil global, o crescimento acentuado da geração Solar Fotovoltaica nos últimos anos indica uma tendência clara. Os números 24 e 25 mostram o crescimento da energia solar e de uma fazenda solar no Norte de MG.

Figura 24: Brazilian electricity supply matrix<sup>67</sup>

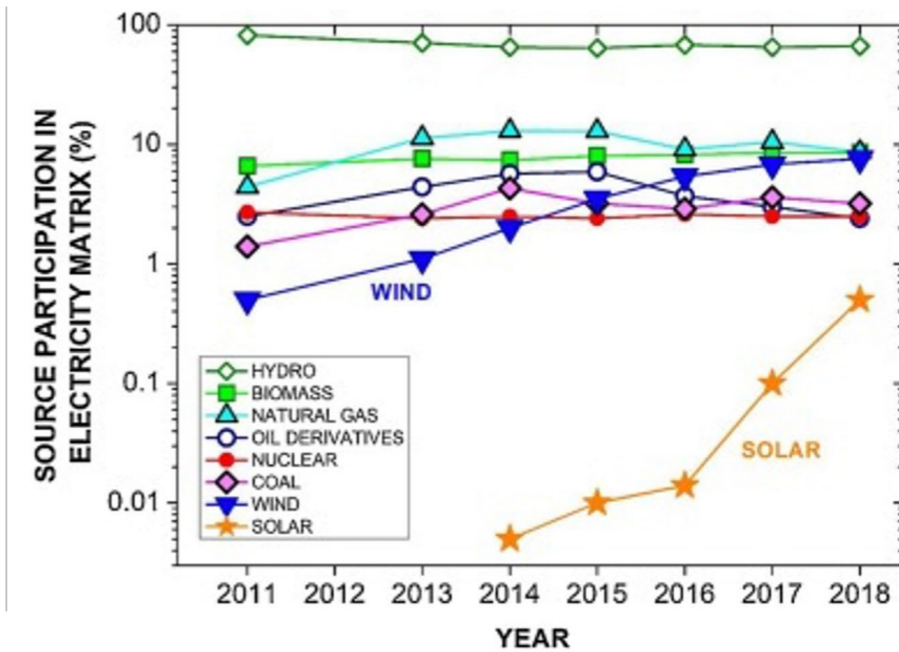


Figure 25: Uma usina solar fotovoltaica financiada pelo BDMG no norte de MG<sup>68</sup>



61 From Report- Avaliação do Mercado de Eficiência Energética do Brasil, <http://www.procel.gov.br/services/procel-info/Simuladores/DownloadSimulator.asp?DocumentID=%7B341D15B5-A26B-4039-91F9-8AB70C60E3FB%7D&ServiceInstUID=%7B5E202C83-F05D-4280-9004-3D59B20BEA4F%7D>

62 <https://www.beminas.com.br/index.php/noticias/minas-gerais/minas-gerais-bate-novo-recorde-nacional-em-potencia-de-energia-solar-15-gw/13015>

63 <https://ciclovivo.com.br/planeta/energia/minas-gerais-bate-recorde-em-geracao-solar-distribuida/>

64 <https://renewablesnow.com/news/brazils-minas-gerais-gives-green-light-to-136-gw-solar-pv-project-701401/>

65 [http://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/legislacao\\_tributaria/decretos/2013/d46341\\_2013.html](http://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/legislacao_tributaria/decretos/2013/d46341_2013.html)

66 <https://renewablesnow.com/news/brazils-bdmg-to-boost-minas-gerais-solar-sector-690845/>

67 <https://doi.org/10.1016/j.futures.2020.102555>

68 <https://revista.drclas.harvard.edu/getting-things-done/>



### 3.3

## O clima é adequado para energia solar fotovoltaica em MG?

### 3.3.1 O Recurso Solar em MG

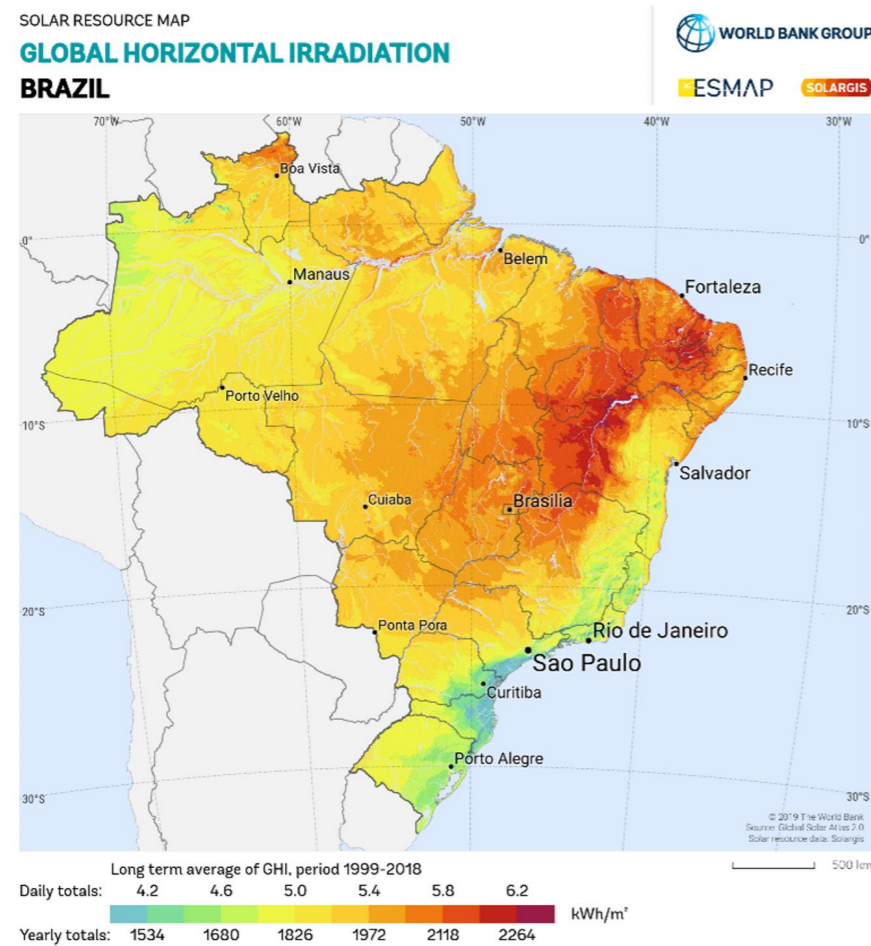
O Brasil tem bom recurso solar durante todo o ano e tem disponibilidade de espaço para implantação. A combinação perfeita dos mais altos níveis de radiação solar do mundo (Figura 26) e temperaturas moderadas (Figura 26) permitem altos níveis de eficiência a partir de painéis fotovoltaicos para gerar eletricidade.<sup>69</sup>

A capacidade instalada atual de Solar PV no Brasil é baixa (2% da capacidade instalada total), mas há potencial para uma integração muito maior. A média anual de irradiação solar

horizontal global por dia do Brasil varia entre 4,15-6,12 kWh/m<sup>2</sup> (Figura 27), maior que a maioria dos países europeus, como a Alemanha (2,75), França (2,97-4,42kWh/m<sup>2</sup>) e Espanha (3,26-5,45kWh/m<sup>2</sup>).<sup>71</sup>

Os dados de irradiação e distribuição de temperatura nas Figuras 26 a 28 são obtidos do Global Solar Atlas<sup>8</sup>, um aplicativo gratuito, on-line, baseado em mapas que fornece informações sobre recursos solares e potencial de energia fotovoltaica globalmente.

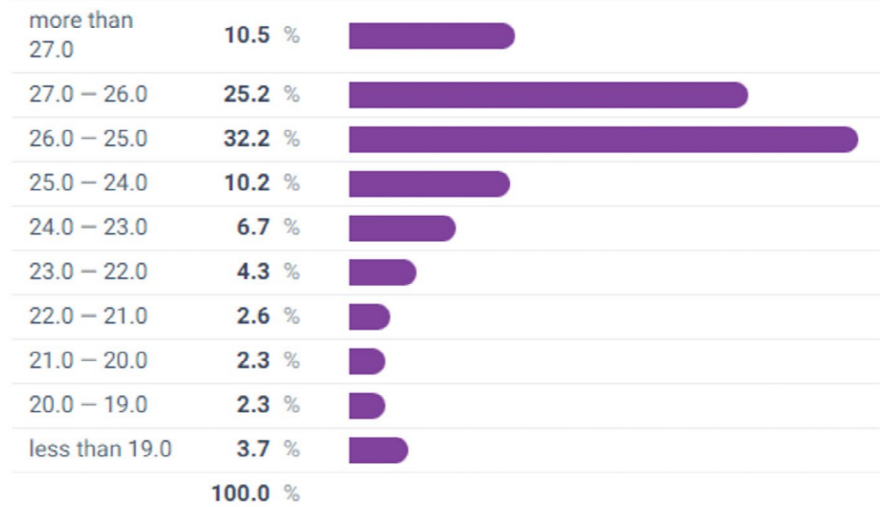
Figura 26: Mapa de irradiação horizontal global do Brasil (Gerado a partir do Atlas Solar Global)



Distribuição da temperatura do ar no Brasil?

#### Distribution

Air temperature



A Figura 28 mostra os perfis de potência solar fotovoltaica média horária e mensal obtidos para uma localidade em MG. Há muito pouca variação no número de horas de escuridão ao

longo do ano e a variação da produção solar ao longo do ano é mínima. A Figura 29 mostra um mapa de radiação solar de MG.

#### Average hourly profiles

Total photovoltaic power output [Wh]



#### Monthly averages

Total photovoltaic power output

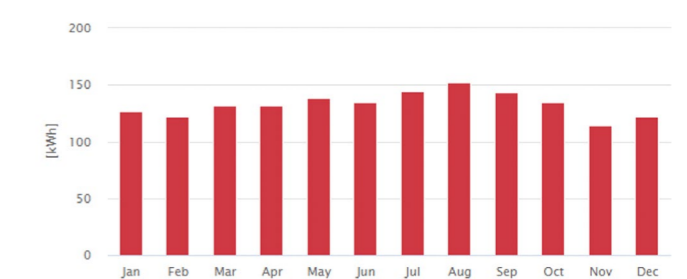


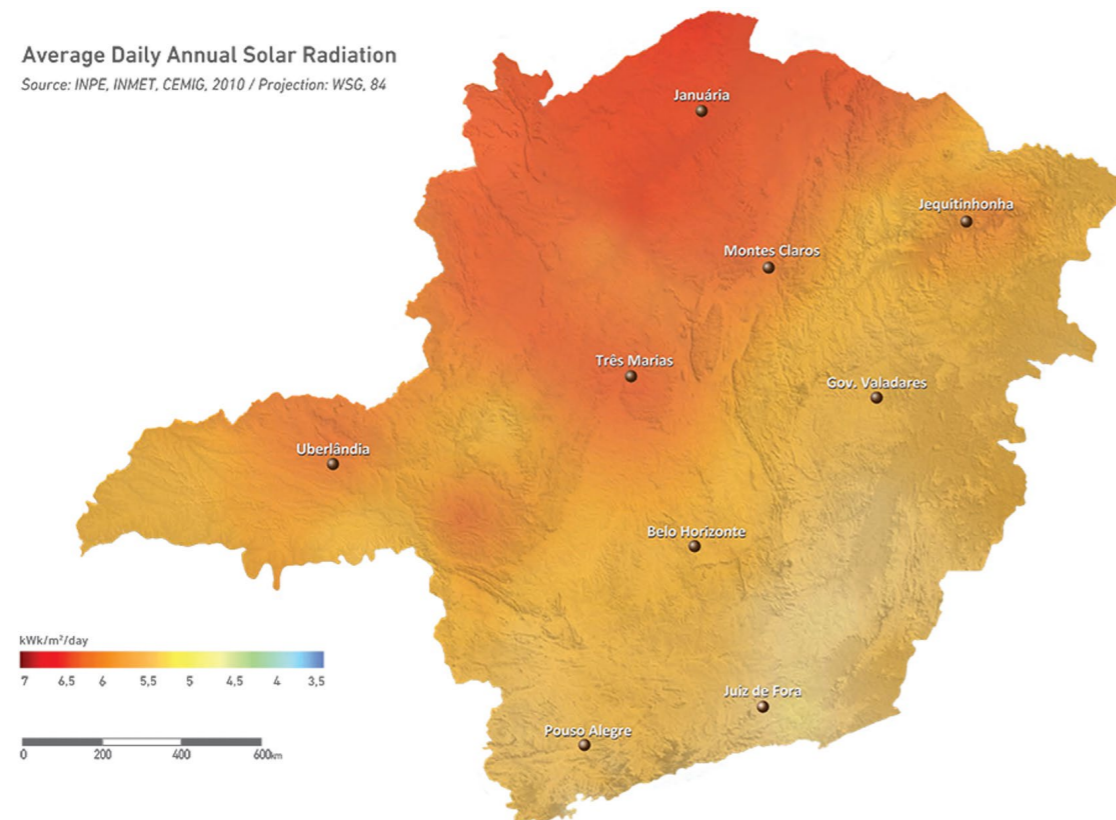
Figura 28: Perfis médios (a) de saída de energia solar fotovoltaica médias e (b) mensais foram obtidos para um local em MG.

69 Standard test conditions (STC) for solar panels are defined at a 'cell' temperature of 25°C. For mostly used crystalline silicon cells short circuit currents above 25°C increases by 0,06% per °C and open circuit voltage decreases by about 0,3% per °C. As the solar panels get hotter, they will produce less power from the same amount of sunlight. Depending on their installed location, heat can reduce output efficiency by 10-25%.

70 This refers to the shortwave solar radiation received by a horizontal surface. This is the most important parameter for energy yield calculation and performance assessment of flat-plate photovoltaic modules.

71 <https://globalsolaratlas.info/map>

Figura 29: Irradiação solar horizontal média global por dia em MG<sup>72</sup>



(Um relatório produzido pelo Banco Mundial mostra uma comparação de alto nível entre países e regiões sobre seu potencial solar teórico, prático e econômico<sup>73</sup>)

O clima de MG apoia a implantação de energia solar fotovoltaica devido à alta incidência solar e radiação. Há pouco impacto sazonal na produção da energia solar fotovoltaica, o que a torna uma fonte de eletricidade confiável ao longo do ano.

O clima de MG também suporta a implantação do aquecimento da água solar em nível doméstico. É possível observar na Figura 23 que a demanda por chuveiros elétricos é adicionada ao pico de demanda. Ao remover essa demanda, o pico pode ser reduzido, portanto, diminuindo a quantidade de geração necessária para correr no pico, reduzindo a carga sobre os ativos de rede

72 <https://www.indi.mg.gov.br/en/minas-gerais/highlight-sectors/renewable-energies/#:-:text=Also%2C%20the%20Minas%20Gerais%20Renewable,much%20of%20the%20production%20chain>

73 <https://globalsolaratlas.info/global-pv-potential-study>

### 3.3.2 O Impacto das Mudanças Climáticas no Sistema de Energia em MG

As mudanças climáticas podem causar mudanças nos padrões sazonais de chuva. Chuvas extremas e eventos de seca impactam diretamente a quantidade de água que chega aos reservatórios das usinas hidrelétricas. Como MG e Brasil são fortemente dependentes da hidroeletricidade, essas mudanças nos padrões pluviométricos podem causar uma redução da capacidade total

de geração disponível e podem mudar a matriz energética de MG e em geral, em todo o Brasil.

Recentemente, os níveis dos reservatórios caíram significativamente, como mostra a Figura 30. Conseqüentemente, as usinas térmicas têm sido despachadas com mais frequência do que o normal, e os preços da eletricidade aumentaram significativamente.

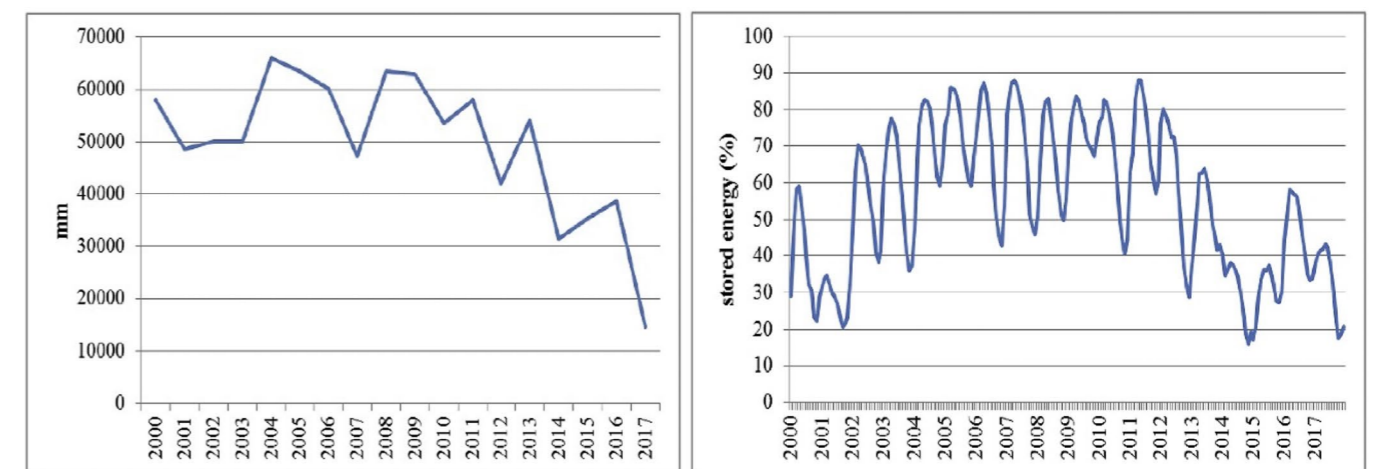


Figura 30: (a) Níveis acumulados de chuva (mm) em MG (b) Energia armazenada (%) em MG ao longo dos anos. (fonte: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.018>)

Períodos de tempo quente ou frio extremo podem causar mudanças inesperadas nos perfis de demanda dos consumidores, por exemplo, a demanda de eletricidade de alto nível por unidades de ar condicionado durante uma onda de calor.<sup>74</sup>

A intensificação de eventos extremos (ou seja, chuvas intensas em um curto período de tempo, acompanhadas de tempestades e raios) também pode causar danos físicos aos equipamentos de transmissão e rede de distribuição, causando interrupções no fornecimento de energia.

A integração adicional da energia solar fotovoltaica apoiará o aumento dos níveis dos reservatórios e fornecerá armazenamento. Durante o dia, as usinas hidrelétricas podem reduzir sua produção para acomodar a energia solar fotovoltaica e aumentar novamente para atender ao pico de escuridão

quando a energia solar não está gerando. Ao não operar continuamente as usinas hidrelétricas, armazena-se mais energia, permitindo que os reservatórios voltem a encher. Níveis mais altos do reservatório suportarão a variação na precipitação de um ano para o outro, o que significa que se tenha mais armazenamento para quando tiver um ano de baixa precipitação.

A situação atual, com reservatórios em níveis recordes após a pior seca do país em 91 anos, reforça a necessidade de variar o mix de geração. Uma maior penetração de PV ajudaria a restaurar os níveis dos reservatórios, uma medida que está sendo feita atualmente através de centrais de gás, incluindo várias que foram originadas fora da ordem de mérito e leilões regulamentados.

74 <https://www.riotimesonline.com/brazil-news/rio-politics/floods-in-brazil-and-extreme-heat-in-the-south-the-weather-in-recent-days/>



## 3.4

## Potenciais limitações e oportunidades para maior integração de Energia Solar Fotovoltaica em MG

A energia solar é uma fonte abundante. Anteriormente, o custo dos módulos fotovoltaicos solar retardaram sua implantação em todo o mundo. No entanto, os recentes avanços tecnológicos no processo de fabricação dos módulos solares os misturam mais eficientes e menos caros, gerando energia limpa a um custo competitivo. Portanto, a penetração pv na mistura de geração tem percebido um aumento acentuado.

### 3.4.1 Gerenciamento de problemas na rede de distribuição

O aumento da implantação do SSEG (Small-Scale Embedded Generation, geração de energia em pequena escala), geração de energia PV de até 5MW, levou a restrições de capacidade na rede de distribuição. A *Figura 31* mostra onde a capacidade está e não está disponível para implantação adicional de SSEGs (vermelho

Entre 2010 e 2020, o custo global nivelado de eletricidade (LCOE) para energia solar em larga escala caiu 85%.<sup>75</sup> No entanto, sua medida por si só não dá todo o quadro, pois a geração solar não contribuirá durante o pico de demanda.

significa não capacidade disponível, âmbar significa que não há capacidade disponível atualmente, mas com disponibilidade futura prevista, verde significa que há capacidade disponível, e cinza significa que é uma subestação em construção).

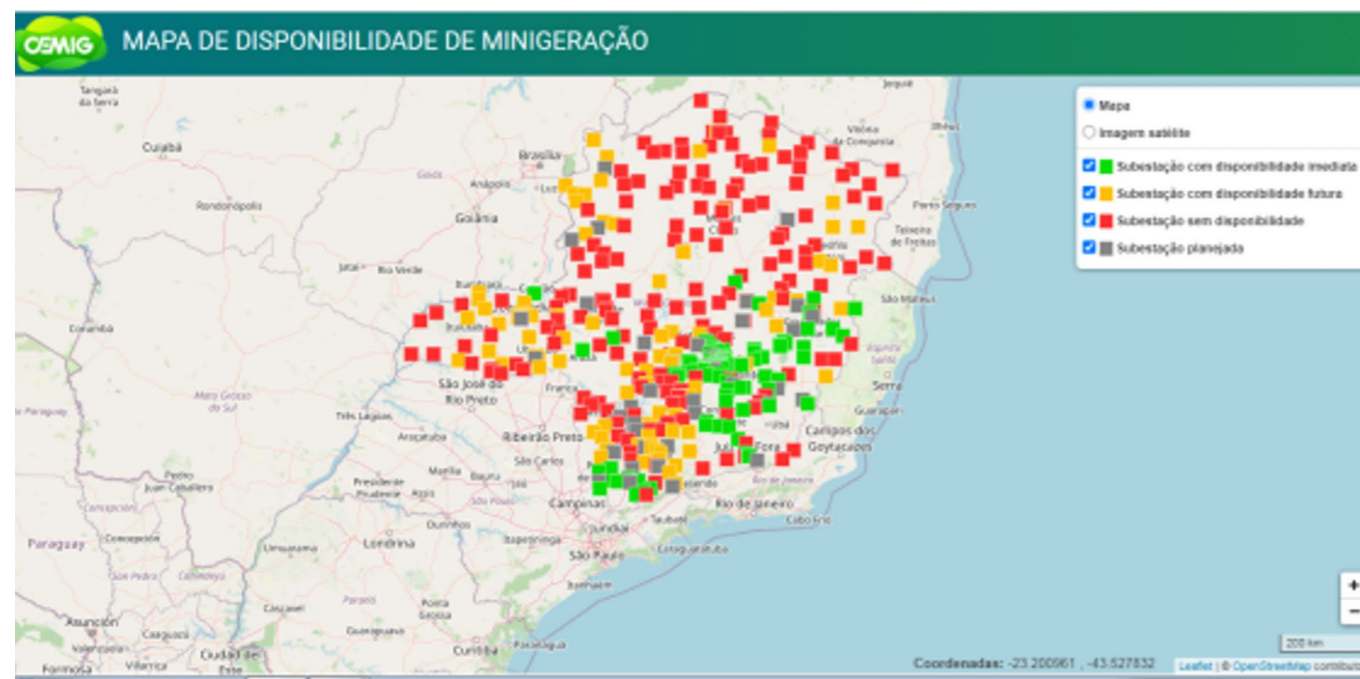


Figura 31: Mapa da capacidade disponível das subestações de distribuição em MG. Há restrições na rede de distribuição em MG em termos de disponibilidade de capacidade de subestação. (Verde: capacidade disponível, Âmbar: capacidade disponível futura, Vermelho: capacidade indisponível, Cinza: subestação planejada).

Ao comparar *figures 29 e 31*, é possível ver que não há disponibilidade para novas conexões nas regiões com maior irradiação do estado. Além disso, as áreas onde há disponibilidade atual estão no entorno de Belo Horizonte, onde o custo da terra é o mais caro. Portanto, com menores fatores de capacidade e maiores custos de locação de terrenos, a atratividade do investimento PV é menor em relação ao potencial e oportunidades que MG pode oferecer aos investidores.

A rede de distribuição foi projetada e construída para fornecer eletricidade onde é necessária. Com o aumento da penetração do SSEG, a rede de distribuição está sendo usada de uma forma diferente, e a capacidade está se tornando uma barreira para uma implantação adicional.

Os novos desafios da SSEG para a rede de distribuição incluem:

- A energia reversa flui quando a energia flui da rede de distribuição para a rede de transmissão
- Sobrecargas na rede
- Gerenciamento de tensão
- Visibilidade de muitos ativos
- Controlabilidade de muitos ativos
- Interação das redes de transmissão e distribuição
- Correspondência de perfis de geração e demanda

A implantação do solar fotovoltaico do telhado e seu impacto é explorado no estudo de caso 2 no apêndice. O estudo na África do Sul constatou, juntamente com muitos pontos positivos, que as tarifas de rede estavam impactando negativamente as contas dos consumidores que não tinham energia solar fotovoltaica.

Conexões flexíveis e o uso de ANM (Active Network Management, gerenciamento de rede ativa) é uma rota potencial para implantar ainda mais o SSEG. Uma conexão flexível significa que o SSEG não tem direitos firmes de capacidade e pode precisar ser reduzido ou desligado durante os momentos de estresse da rede. A redução do SSEG é gerenciada pela ANM, que monitora a rede e identifica quando a rede está sob estresse. Em seguida, reduz automaticamente a geração para gerenciar a rede e a libera novamente quando há capacidade disponível. Por exemplo, quando houver alta geração de produção e baixa demanda durante o meio do dia, a geração será reduzida.

Conexões flexíveis e ANM poderiam permitir que mais SSEG seja conectado em áreas onde há capacidade limitada ou não disponível.

As Operadoras de Rede de Distribuição (DNO) têm a oportunidade de passar para serem Operadores de Sistemas de Distribuição (DSO) e manejar mais ativamente a rede de distribuição. A função de DSO aprimorada pode incluir

- Monitoramento da rede
- Gerenciamento ativo de restrições em tempo real
- Modelagem de rede
- Planejamento através da transmissão e distribuição
- Utilização de serviços

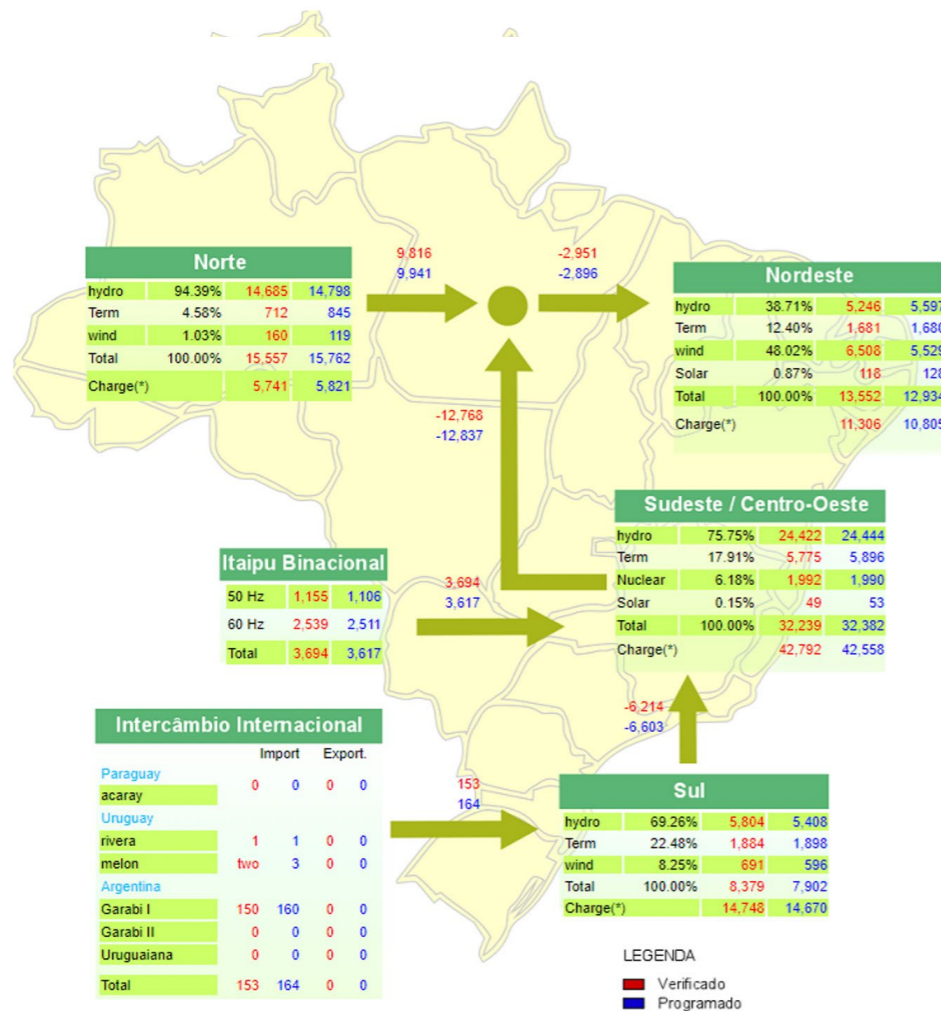
Tornar-se um DSO oferece a oportunidade de gerenciar ativos, planejar e operar a rede de distribuição de uma forma diferente e apoiar a implantação do SSEG.

### 3.4.2 Gerenciamento de problemas de rede de transmissão

No país, há grandes fluxos de energia da sub-região Norte para a sub-região Sul devido às altas demandas no Sul de aglomerados industriais e densidade populacional. Isso significa que há restrições ou congestionamentos nas linhas de transmissão de Norte/Nordeste para Sul. O Norte/Nordeste tem potencial para aumentar

a quantidade de geração eólica, o que aumentará ainda mais o congestionamento visto na rede. Em momentos de estresse do sistema, quando MG é incapaz de importar toda a energia necessária, a geração térmica é executada. A Figura 32 mostra grandes transferências de energia entre as sub-regiões do Brasil

Figura 32. Equilíbrio energético entre os subsistemas do Brasil. (A figura mostra um exemplo de equilíbrio energético semanal entre os subsistemas do Brasil.)<sup>76</sup>



(\*) Load = Consumption + Losses served by Type I, Type II-A, Type II-B plants, sets of plants and portion of Type III plants considered in the daily generation schedule.

A Solar PV apresentará novos desafios à rede de transmissão, tais como:

- Perfis de geração e demanda correspondentes
- Intermitência de geração

- Inércia reduzida
- Controle de tensão
- Flexibilidade de geração
- Início de escuridão

O aumento do SSEG na rede de distribuição pode aumentar as restrições de transmissão e essas restrições podem se tornar um bloqueador para implantação posterior de SSEGs. O estudo de caso 1 no apêndice demonstra esta questão na Grã-Bretanha e no Programa de Desenvolvimento Regional que está sendo implementado para enfrentá-lo. O aprimoramento da coordenação e da comunicação entre transmissão e distribuição, juntamente com a visibilidade e controlabilidade

do SSEG, pode apoiar a implantação de mais SSEGs em áreas restritas de transmissão.

A localização de energia solar fotovoltaica em MG em vez de nas regiões Norte apoiará a gestão dos fluxos através do sistema de transmissão. Reduzirá a necessidade de executar a geração térmica em momentos de estresse de rede. Também apoiará a conservação da água nas hidrelétricas e permitirá que as barragens atuem como armazenagem e como geração flexível.

### 3.4.3 Gerenciamento de intermitência dentro do sistema

Dentro de MG, a Solar PV oferece um fornecimento sazonal e interanual estável de energia renovável, conforme mostrado na Figura 28. Isso torna o equilíbrio da operação de carteiras com altas ações de energia solar Fotovoltaica menos complexa do que sistemas com altas ações eólicas. A curva de saída solar é uma combinação ruim com a curva de demanda e o pico de escuridão. Isso pode ser gerenciado aproveitando o armazenamento e flexibilidade associados à hidro. O armazenamento é fornecido pela barragem, retendo a água ou não funcionando quando há alta saída solar fotovoltaica. As usinas hidrelétricas podem ser flexíveis e aumentar sua produção em momentos de baixa e nenhuma saída solar fotovoltaica, por exemplo, para atender ao pico de escuridão.

O Brasil possui três fusos horários que criam uma mudança de tempo nos perfis de demanda entre as diferentes regiões, embora a maioria de sua população esteja em um fuso horário. O grande porte do país facilita um mix energético diversificado para atender ao pico de demanda de diferentes regiões que ocorrem em diferentes épocas. Esta ampla faixa oeste a leste também “achatará” a curva de saída para solar, pois haverá diferenças significativas no tempo de amanhecer, pico de saída e crepúsculo.

Se a Energia Solar Fotovoltaica chegar ao ponto em que MG não consiga gerenciar a intermitência, outros recursos em todo o Brasil poderão ser utilizados. O sistema de energia interligado no Brasil facilita a transferência de energia entre os subsistemas de cada região. Esta facilidade de transferência poderia fornecer equilíbrio dentro do dia ou durante períodos de tempo mais longos de dias a meses. O Brasil tem diferentes níveis de chuva em diferentes regiões em diferentes épocas do ano, e as variações nos níveis das barragens poderiam ser exploradas.

A intermitência poderia ser gerenciada em toda a América do Sul através do uso de interconectores. Existem interconectores com Argentina e Uruguai (trocas mensais de energia feitas internacionalmente podem ser encontradas no site do ONS). Os mesmos princípios de equilíbrio dentro do Brasil podem ser aplicados de forma mais ampla em toda a América do Sul. Os interconectores poderiam ser usados para gerenciar dentro do equilíbrio diário, bem como a longo prazo<sup>78</sup>. Exemplo da For, o Brasil exportando excesso de energia solar fotovoltaica para que um país vizinho funcione menos hidro e, posteriormente, o Brasil importa a geração hidrelétrica para compensar uma escassez de geração solar.

Gargalos de transmissão podem restringir as transferências de energia, dificultando o fornecimento de energia em algumas regiões do Brasil sem ter que usar usinas térmicas<sup>77</sup>. Para aumentar os níveis de penetração solar nas áreas exportadoras do país, seria necessária a ampliação da capacidade de transmissão entre as regiões.

MG tem opções de como gerenciar a intermitência causada pela geração solar fotovoltaica: dentro do estado, o uso da hidrelétrica como armazenamento e flexibilidade; utilizando a interconexão com outras regiões do Brasil; e o uso de interconectores em toda a América do Sul.

77 <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2021/06/gargalos-de-transmissao-limitam-transporte-de-energia-para-socorrer-reservatorios-secos.shtml>  
 78 <http://www.ons.org.br/paginas/conhecimento/acervo-digital/documentos-e-publicacoes?categoria=Acompanhamento+Mensal+dos+Interc%C3%A2mbios+Internacionais>



## 3.5

### Conclusões

O Brasil é uma excelente localização para a energia solar em termos de recursos naturais e a capacidade de integração com a infraestrutura existente, especialmente no sul. As principais conclusões são:

- O clima de MG apoia a implantação de energia solar fotovoltaica devido à alta incidência solar e radiação. Há pouco impacto sazonal na produção da energia solar fotovoltaica, o que a torna uma fonte de eletricidade confiável ao longo do ano.
- O clima de MG apoia a implantação do aquecimento da água solar a nível doméstico, o que teria um impacto positivo no pico da demanda.
- A integração da Fotovoltaica Solar permitirá a recuperação dos níveis dos reservatórios, o que proporcionará armazenamento e flexibilidade.
- Conexões flexíveis e ANM poderiam permitir que mais SSEG seja conectado em áreas onde há capacidade limitada ou não disponível.
- A DSO oferece a oportunidade de gerenciar ativos, planejar e operar a rede de distribuição de uma forma diferente e apoiar a implantação do SSEG.
- A localização de energia solar fotovoltaica em MG em vez de nas regiões Norte apoiará a gestão dos fluxos através do sistema de transmissão. Reduzirá a necessidade de executar a geração térmica em momentos de estresse de rede.
- MG tem opções sobre como gerenciar a intermitência causada pela geração solar fotovoltaica. No interior do estado, o uso da hidro como armazenamento e flexibilidade, utilizando a interconexão com outras regiões do Brasil e o uso de interconectores em toda a América do Sul.

## 3.6

### Recomendações

Para apoiar a implantação de energia solar fotovoltaica dentro de MG é necessária uma análise mais detalhada. Recomenda-se uma maior exploração das seguintes áreas:

- Redução da usina térmica e o impacto na operação do sistema considerando inércia, controle de tensão e provisão de partida escura.
- Provisão de flexibilidade de geração e demanda para gerenciar o equilíbrio.
- Conexões flexíveis e ANM.
- Coordenação e controle entre distribuição e transmissão.
- Transição de DNO para um DSO.
- Prestação de serviços na transmissão e distribuição.
- Revisão das taxas de rede na transmissão e distribuição.
- Revisão do mercado de eletricidade com consideração de preços não-nodais ou zonais.<sup>79</sup>

## 3.7

### Estudos de Caso

Esta seção resume alguns dos principais desafios identificados e as principais recomendações feitas com base em vários estudos de caso sobre integração solar fotovoltaica no Reino Unido e em todo o mundo.

### 3.7.1 ESTUDO DE CASO 1:

#### Estudo de caso 1: Programas Nacionais de Desenvolvimento Regional do Operador do Sistema Elétrico de Rede no Reino Unido

Os Programas de Desenvolvimento Regional (RDPs)<sup>80</sup> foram criados para fornecer análise detalhada das áreas da rede que possuem grandes quantidades de Recursos Energéticos Distribuídos (DER) e questões conhecidas de rede de transmissão/distribuição na acomodação desse DER. As opções convencionais para gerenciar essas condições foram limitadas e dependem fortemente do reforço de transmissão no passado.

O objetivo desses programas de RDP é maximizar as oportunidades de implantação mais eficiente de recursos distribuídos e reduzir os custos gerais do sistema para os consumidores de energia.<sup>81</sup>

A abordagem RDP para enfrentar este desafio consiste em dois elementos principais:

1. **Soluções de mercado alinhadas** - mercados de flexibilidade para gerenciar as necessidades do sistema de distribuição e transmissão.
2. **Coordenação do operador de sistemas** - para projetar esses mercados de flexibilidade que serão necessários para coordenar de forma transparente as necessidades de ESO e DSO em prazos de compras e escalas de tempo operacionais.

#### Questões de Integração Solar e Outros DER na Península Sudoeste<sup>82</sup>

WA Western Power Distribution (WPD) e a National Grid Electricity System Operator (NGESO) identificaram que problemas convencionais de transmissão e capacidade de distribuição poderiam potencialmente limitar o volume percebido de potenciais Recursos Energéticos Distribuídos (DER) na Península Sudoeste, particularmente porque os recursos solares e eólicos renováveis são favoráveis na região e, portanto, espera-se que a região desempenhe um papel importante no cumprimento das futuras metas governamentais de energia verde.

Este estudo mostrou os benefícios de realizar uma análise detalhada e coordenada da rede de transmissão e distribuição na compreensão de questões de segurança da rede para evitar soluções possivelmente conflitantes nos níveis de transmissão e distribuição. Identificou-se que, uma vez que a diversidade de geração é levada em conta, a rede existente e as medidas planejadas para a gestão da rede foram em grande parte adequadas para a quantidade máxima de geração em 2020.

Os dias ensolarados na primavera e no verão representavam um desafio significativo tanto para a transmissão quanto para a distribuição, principalmente quando ventava e/ou coincidia com a baixa demanda do consumidor. A análise mostrou que os carregamentos na condição solar de pico são para um período de tempo relativamente curto no ano e, portanto, há um equilíbrio econômico a ser obtido no gerenciamento da capacidade de geração para a rede, em vez de construir uma nova rede para atender ao pico requerimento. No curto prazo, o investimento em sistemas para melhor controlar a geração na rede de distribuição, às vezes para resolver problemas de transmissão e desenvolver a funcionalidade das redes existentes para trabalhar ativamente em conjunto, será importante.

Com uma estreita cooperação entre a função de Operador do Sistema de Distribuição (DSO) em desenvolvimento do DNO e o Operador Nacional do Sistema Elétrico de Rede (NGESO), foi identificado que é possível conectar níveis bastante ambiciosos de DER com uma

79 [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Feb/IRENA\\_Increasing\\_space\\_granularity\\_2019.pdf?la=en&hash=AFFB9C326F-DEE85C43B1B6E66F6554F4AF77E23F](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Feb/IRENA_Increasing_space_granularity_2019.pdf?la=en&hash=AFFB9C326F-DEE85C43B1B6E66F6554F4AF77E23F) and <https://es.catapult.org.uk/project/rethinking-electricity-markets/>

80 <https://www.nationalgrideso.com/research-publications/regional-development-programmes>

81 <https://www.nationalgrideso.com/document/189601/download>

82 [https://www.nationalgrideso.com/sites/eso/files/documents/WPD%20RDP%20South%20West%20Peninsula%20Technical%20Report\\_Final.pdf](https://www.nationalgrideso.com/sites/eso/files/documents/WPD%20RDP%20South%20West%20Peninsula%20Technical%20Report_Final.pdf)

necessidade significativamente menor de trabalhos caros de recondução / atualização no Sistemas de 400kV e 132kV que podem ter sido tradicionalmente considerados.

• **As principais áreas de foco do RDP que poderiam ser aplicadas no contexto Brasil/MG incluem**

**1. Modelagem de rede** - Revisar, aprimorar e concordar conjuntamente com as premissas sobre geração e carga tanto na distribuição e transmissão quanto na identificação dos principais fatores limitantes, incluindo os limites de estabilidade da tensão e, particularmente, a interação através do limite T+D.

**2. Realizar DSO** - Analisar a provisão de visibilidade e controle do DER para gerir a rede de distribuição e, em particular, sua capacidade como alternativa econômica ao investimento de ativos na rede de transmissão. Isso incluirá a compra de flexibilidade do DER para gerenciar a rede. Vale ressaltar que a CEMIG, maior fornecedora de energia elétrica de MG, faz referência a essa transição em seu Plano Estratégico de Inovação, denominado Programa Cemig 4.<sup>83</sup>

**Problemas de integração solar e outras DER no Litoras Sudeste<sup>84</sup>**

A área da costa sudeste da Inglaterra é onde o projeto está focado, pois é uma das áreas de rede mais complexas da Europa. Possui várias interligações com a Europa continental, em serviço ou em fase de comissionamento, uma central nuclear e um volume significativo de recursos energéticos renováveis e tradicionais ligados à rede de distribuição.

• **As principais áreas de foco do RDP que poderiam ser aplicadas no contexto Brasil/MG incluem**

**Gerenciamento de restrições de transmissão:** Após um estudo detalhado, a National Grid determinou que não é

**3. Coordenação de Serviços T/D e**

**expedição de DER** - Informar o processo de aquisição de futuros equipamentos de Gestão Ativa de Rede (ANM) e protocolos de controle operacional de forma que exista um sistema em vigor para controlar o envio de recursos do DER e, posteriormente, gerenciar problemas de transmissão e possíveis ações conflitantes entre a transmissão e as redes de distribuição.

**4. Planejamento de rede de sistemas**

**completos** - Busca comprovar os princípios de todo o planejamento da rede de sistemas, realizando uma análise custo-benefício para determinar as medidas mais econômicas, incluindo construção de transmissão, construção de distribuição e medidas operacionais, para alcançar o custo mínimo e o risco para o consumidor na viabilização do volume de conexões renováveis nas áreas exigidas pelos desenvolvedores em resposta à política de energia verde do Governo. Para formar recomendações sobre processos para permitir que todo o planejamento da rede do sistema seja usado daqui para frente.

economicamente eficiente reforçar totalmente a rede neste momento e que o uso da flexibilidade é uma opção de menor custo.

**Gerenciamento das restrições de**

**distribuição existentes:** Em algumas, mas não em todas, partes da rede, há restrições de distribuição. Os DERs que desejam se conectar por trás dessas restrições serão oferecidos uma conexão padrão (que pode envolver um atraso enquanto as obras são realizadas e podem exigir uma contribuição para o reforço da rede de distribuição) ou uma Conexão Flexível. Tais Conexões Flexíveis exigirão redução de acordo com regras pré-determinadas que

serão incorporadas ao contrato de conexão. No futuro, os DERs também poderão ter a oportunidade de acessar um mercado local de flexibilidade que lhes permitirá efetivamente “negociar” suas obrigações de redução onde for economicamente melhor para eles

**Restrições emergentes de distribuição:** Mesmo em áreas da rede de distribuição que atualmente não enfrentam restrições, espera-se que surjam restrições. Os DERs que se conectam hoje não serão obrigados a reduzir

a fim de gerenciar tais restrições, mas serão capazes de oferecer serviços de gerenciamento de restrição ao DNO e outros DERs, talvez através do mercado local de flexibilidade.

A conexão de DERs será obrigada a interagir com o sistema ANM da Uk Power Networks para fornecer o control e a visibilidade necessários para gerenciar restrições de transmissão e restrições de distribuição onde elas existem e para a prova de futuro do sistema de distribuição contra restrições emergentes.

## 3.7.2 ESTUDO DE CASO 2

### Modelagem do Sistema Energético da África do Sul<sup>85</sup>

A ESC apoiou o projeto de modelagem do sistema de energia sul-africano para avaliar o impacto potencial do aumento do solar fotovoltaico nas redes locais de distribuição, com análise dos potenciais impactos de receita, custo e contas de consumo por meio de diferentes estruturas tarifárias de eletricidade. O objetivo do projeto foi apoiar o desenvolvimento de estratégias solares fotovoltaicas no telhado e projeto tarifário para melhorar a recuperação de custos e um aumento planejado na Pequena Geração Embarcada (SSEG) na África do Sul.

O setor de geração embarcada em pequena escala (SSEG) na África do Sul, tipificado por energia solar fotovoltaica, está evoluindo rapidamente com um número crescente de municípios permitindo instalações de SSEG conectadas à rede em suas redes, desenvolvendo sistemas oficiais de aplicação e introduzindo tarifas SSEG. A criação de estruturas para gerenciar e apoiar a implantação do SSEG poderia limitar o risco de instalações serem conduzidas sem aprovação formal, garantindo segurança pública e qualidade do fornecimento de energia elétrica. Projetar tais estruturas representa uma oportunidade para as distribuidoras municipais diversificarem

seu fornecimento de energia elétrica e possibilitarem a implantação segura de PV, considerando a necessidade de subsídios cruzados no sistema elétrico e equilibrando seus interesses com os dos usuários que implantam os sistemas.

Uma ampla gama de potenciais impactos do aumento do SSEG foi identificada através deste projeto: técnica (afetando tensões de rede e restrições térmicas), econômica (redução das receitas das distribuidoras) e social (impacto ambiental positivo, mas potenciais impactos negativos nas contas de consumo e redução da capacidade dos municípios de apoiar clientes de menor renda).

Um fluxo de trabalho com foco na receita municipal e no impacto das contas foi realizado revisando os mercados, políticas e cenário regulatório existentes na África do Sul para identificar os principais desafios no setor elétrico e como eles são afetados pela SSEG. Foi desenvolvida uma Ferramenta de Desenho Tarifário para que os municípios explorem como diferentes projetos tarifários podem equilibrar incentivos para captação de PV, recuperação de receitas, reflexividade de custos e objetivos sociais.

83 <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/07/ras-2018.pdf>

84 [https://www.nationalgrideso.com/sites/eso/files/documents/South\\_East\\_Coast\\_Connections\\_Commercial\\_FactSheet\\_NG\\_UKPN%20Final%20Version.pdf](https://www.nationalgrideso.com/sites/eso/files/documents/South_East_Coast_Connections_Commercial_FactSheet_NG_UKPN%20Final%20Version.pdf)

85 <https://es.catapult.org.uk/case-study/south-africa-energy-system-modelling/>



## 4

## Viabilizando a Inovação no Setor Energético

A inovação no setor de energia é um desafio - é um setor que presta serviços essenciais com uma quantidade significativa de capital investido, regulamentações setoriais complexas e cadeias de suprimentos. Isso significa que projetos inteligentes de sistemas de energia locais (SLES) e outras propostas inovadoras são frequentemente recebidos com barreiras políticas, de mercado e regulatórias significativas. Alguns dos desafios incluem um alto grau de incerteza política e risco associado a fluxos de receita futuros, complexidade nos arranjos de cobrança de rede e sistemas, problemas com granularidade de sinais de preços, acesso a dados e um regime de licenciamento desatualizado.

Esses desafios sugerem a necessidade de criar ambientes especiais de inovação ou programas de demonstração onde novas soluções e modelos de negócios possam ser testados sob regras diferentes, por exemplo, em Zonas de Inovação Energética (EIZs) ou através da criação de ambientes de teste para arranjos alternativos de mercado.

Um EIZ é definido aqui como uma área geográfica definida onde o sistema de energia opera fora da norma nacional, para abordar questões energéticas locais, com novos elementos de governança do sistema e cooperação entre governos regionais e locais, e os reguladores, bem como atores-chave no setor privado, incluindo operadores de rede, indústria, desenvolvedores e instituições financeiras.

Além disso, o conceito Net Zero Pathfinder cidades ou outros manifestantes regionais e locais são conceitos emergentes para ajudar a acelerar a geração de conhecimento e servir de exemplo

para outros. A proposta é utilizar as principais cidades para desenvolver e implementar um novo conceito de inovação: inovação de sistemas em governança, transporte, energia, construção e reciclagem, apoiados por poderosas tecnologias digitais (ou seja, inovação do sistema em toda a cadeia de valor do investimento urbano).

MG pode recorrer ao recém-aprovado Sandbox Regulatório Do Marco Legal das Startups - LC 182/21, art. 2º, II para desenvolver esses ambientes. Uma sandbox regulatória é uma estrutura criada por um regulador que permite que startups e outros inovadores realizem experimentos ao vivo em um ambiente controlado sob a supervisão de um regulador.

Com base na experiência britânica em executar programas de demonstração, EIZs e cidades de desbravadoras Net Zero, a ESC criou uma estrutura que serve como as condições subjacentes para esses ambientes de inovação energética.

## 4.1

### Quadro para Programas de Demonstração

Em 2017, a UK Research and Innovation (UKRI) lançou um programa como parte do Fundo de Desafio de Estratégia Industrial (ISCF) chamado Prospering from the Energy Revolution (Pfer). Este programa teve como objetivo financiar três projetos de demonstração em larga escala, além de uma série de projetos conceituais e detalhados. A ESC fez parte da equipe de entrega do programa para entregar o Sistema De Energia Integral (WES) pensando em apoiar os projetos.

Os projetos de demonstração bem-sucedidos, atualmente programados para serem concluídos em 2023, foram:

**Energy Superhub Oxford<sup>86</sup>:** uma rede conectada à transmissão de carregamento rápido de EV, armazenamento de energia de bateria híbrida, aquecimento de baixo carbono e tecnologias inteligentes de gerenciamento de energia que reduzem o estresse nas redes locais.

**ReFLEX Orkney<sup>87</sup>:** um sistema de energia virtual integrado inédito que visa descarbonizar as três principais áreas de uso de energia em Orkney - calor, transporte e eletricidade - ligando

digitalmente energia 100% renovável com demanda e armazenamento em um sistema de energia integrada flexível.

**Project LEO (Local Energy Oxfordshire)<sup>88</sup>:** um mercado local de energia que equilibra ativamente a geração com a demanda por energia, calor e transporte, habilitada por uma rede local inteligente.

Por meio do engajamento com esses projetos, foi desenvolvido um quadro para consideração durante projetos de demonstração denominado **Aspectos da Integração**. Essa estrutura foi utilizada com todos os projetos para apoiar sua visão de todas as partes interessadas dentro do sistema de energia e para entregar demonstrações que poderiam ser replicadas em outros lugares e fornecer escala às tecnologias em seu núcleo.

Além de Aspectos de Integração, este capítulo também apresentará o “Living Lab” da ESC e outros Living Labs, criados para acelerar as inovações de carbono zero, juntamente com outros manifestantes atualmente em operação no Reino Unido.

86 <https://energysuperhuboxford.org/about-the-project/>

87 <https://www.ReFLEXorkney.co.uk/>

88 <https://project-leo.co.uk/>

## 4.2

## Aspectos de Integração

Aspectos da Integração é uma estrutura desenvolvida especificamente com a inovação em mente. Permite que inovadores, projetos de demonstração e stakeholders do sistema de energia considerem o impacto de suas ações dentro do sistema. Isso é crucial à medida que a energia se torna mais um sistema de ambiente de

sistemas onde todos os componentes influenciam uns aos outros, e consequências ou barreiras não intencionais precisam ser identificadas para garantir uma demonstração bem sucedida que possa então ser dimensionada.

Considera os seguintes 8 “Aspectos” de integração:



**Tecnologia** - Disponibilidade e prontidão de qualquer tecnologia nova ou existente necessária para a solução, e sua fabricação, instalação e comissionamento.



**Operação** - Operação, suporte e manutenção da solução. Descarte e desativação ou retirada de serviço no final da vida útil planejada. Confiabilidade e qualidade (melhoria contínua) durante a vida útil planejada.



**Povo** - Impacto e prontidão do consumidor e cultural. Integração de fatores humanos para operação e suporte da solução. Qualquer necessidade de treinamento para instaladores ou usuários, incluindo qualquer criação de trabalho. Os atores incluem pessoas, empresas, governo e comunidades



**Informação** - Disponibilidade, acessibilidade e segurança de quaisquer informações novas ou existentes necessárias para a solução e sua gestão e operação.



**Infra-estrutura** - Disponibilidade e prontidão de qualquer infraestrutura nova ou existente necessária para operação ou suporte da solução.



**Interoperabilidade** - Capacidade da solução para trabalhar em harmonia com partes atuais ou planejadas do Sistema De Energia Total (WES) e soluções interrelacionadas no nível do “sistema de sistemas” para atender aos objetivos de nível local e nacional.



**Comercial** - Ordem de ponta a ponta, processo de fabricação & logística em vigor. Sustentabilidade de preços e lucros e resiliência às flutuações do mercado (taxas de câmbio, ofertas concorrentes etc).



**Legislação** - Cumprimento da política, legislação e regulação existentes ou planejadas. Necessidade de quaisquer novas ou mudanças para estes para operação continuada.

Mais detalhes são fornecidos para cada “Aspecto” abaixo.



## 4.2.1 Tecnologia

Ao considerar teste e demonstração, o pensamento automaticamente vai para a tecnologia no centro da atividade. Isso normalmente se divide em três categorias:

- **Hardware** - como carregadores EV, armazenamento de energia, como baterias ou energia solar FOTOVOLTAICA.
- **Software** - controles para resposta lateral à demanda, gerenciamento de usinas virtuais.
- **Hybrid** - isso é mais comum, como carregamento inteligente para EVs como uma combinação do software de controle e controle ou gerenciamento de armazenamento de energia.

No entanto, embora a tecnologia possa ser suficientemente desenvolvida onde os equipamentos possam ser produzidos para um caso de demonstração, existem desafios técnicos adicionais que devem ser considerados para implantação bem-sucedida no local de demonstração (sem mencionar o dimensionamento adicional), como a integração com as tecnologias existentes, a capacidade de instalar e comissionar e a comunicação para

poder controlar ou acessar os dados gerados. Por exemplo, a dependência da tecnologia em redes móveis para transportar dados e soluções de controle pode ser boa em uma área de um site de demonstração, mas a conectividade de dados pode ser fraca em outras áreas limitar a comunicação e, portanto, limitar a funcionalidade do sistema.

Também é importante considerar a capacidade da tecnologia de escalar a partir do teste e demonstração inicial. Será que isso requer algum processo de fabricação especializado que seja relativamente fácil de gerenciar em pequenos lotes, mas seria um desafio em volume? Existem aspectos específicos do site de demonstração que se prestam a essa tecnologia, como o acesso a um ponto de conexão que normalmente não seria tão simples em outros locais? Avaliar além da tecnologia principal para se integrar com tudo ao seu redor, incluindo por que este local de demonstração seria considerado “ideal”, apoiará a validade dos testes e a oportunidade para a solução escalar uma vez que tenha sido mostrado para entregar valor.







#### 4.2.2 Operação

Ao considerar um local de demonstração, é importante considerar o início e o fim da manifestação, não apenas o tempo em que está ativo. É necessária avaliação de como a solução será entregue no local, quaisquer requisitos de acesso e qualquer troca entre os serviços existentes para aquele em teste. São necessárias pessoas específicas para sua conexão e quando estão disponíveis para apoiar essa instalação?

Uma vez instalados os dispositivos, com que frequência a manutenção é necessária para suportar sua operação contínua e isso é o previsto para a operação em andamento? Como esses sites de demonstração normalmente operam em ambientes vivos que atendem os clientes, os planos de mitigação caso a solução falhe serão importantes para que uma resposta rápida para substituir o serviço como de costume possa ser implementada. Considere se qualquer inspeção anual é necessária se os engenheiros ou outros funcionários qualificados poderão acessar o local, não apenas durante a demonstração, mas depois de ter terminado e em outros locais que ele pode ser implantado à medida que ele escala. Embora isso possa não ser crítico durante a demonstração ou mesmo durante a fase inicial de scale-up, o

treinamento adequado, o desenvolvimento de ferramentas ou de outra forma precisará ser planejado juntamente com o desenvolvimento do produto.

Após a conclusão da demonstração, como a solução será removida? Será deixado in situ e desconectado, ou será capaz de continuar a operar? Dependendo do ambiente estabelecido para demonstrar, e considerando quaisquer alterações regulatórias permitidas podem influenciar essa resposta. Avalie se os dispositivos devem ser removidos, a quantidade de trabalho e o acesso para fazê-lo, incluindo a substituição dos serviços existentes.

Esse aspecto é normalmente coberto pelo plano de gerenciamento de projetos de qualquer local de demonstração, mas preste muita atenção a qualquer caminho crítico que as pessoas ou itens possam refletir sobre a capacidade da solução de escalar se exigir ferramentas especializadas ou pessoas para comissionar/desativar ou dispositivos de reparo. Quando a atenção saiu do local de demonstração, e outros locais são implantados, é importante entender o quão rápido o treinamento de usuários, engenheiros e instaladores precisará aumentar para apoiar a solução.



#### 4.2.3 Povo

A inovação tecnológica nem sempre é confiável e repetível, mas é tipicamente mais consistente do que os usuários humanos que se envolvem com ela. Muitos usuários de energia têm pouca compreensão do que está acontecendo quando eles apertam um interruptor ou apertam um botão- eles entendem o resultado, mas não como ele foi alcançado. Isso apresenta oportunidades e desafios para a inovação energética.

Ao considerar os locais de demonstração de serviços de energia, é importante considerar os fatores humanos de quem, por quê e o que as partes interessadas tentarão alcançar. Isso também pode considerar as condições ambientais que as partes interessadas estão trabalhando dentro e suas metas gerais para a área. Em muitos casos, isso envolverá a compreensão dos atores relevantes e seus interesses e preferências, existem muitas ferramentas por aí para ajudar nisso, mas requer um conhecimento aprofundado da tecnologia e dos objetivos de demonstração para poder identificar os principais stakeholders em primeiro lugar.

A consideração das pessoas já foi feita no aspecto operacional da integração quando se considera quem pode instalar e comissionar soluções, mas esse aspecto foi incluído para que projetos de demonstração avissem. Também solicitará como avaliar a resposta das pessoas envolvidas na manifestação para evitar preconceitos.

Para entender o aspecto de Pessoas/Povo dos sistemas de energia, a ESC estabeleceu seu Living Lab, que está descrito na seção 3.4. Essa facilidade nos permite testar propostas de energia do consumidor e medir uma resposta genuína à tecnologia. Ainda assim, também permitiu que a ESC aprendesse a medir a resposta humana em ambientes de teste e eliminar o viés de suas respostas.

Desenvolvimento significativo também foi feito para avançar nossa compreensão de comunicar princípios energéticos aos usuários finais, incluindo descrições de conceitos para que as pessoas saibam o que está acontecendo ao seu redor. Este componente é importante quando a solução exigirá que o usuário final assine um contrato de termos de serviço que ele pode não entender.



#### 4.2.4 Informação

O desenvolvimento de um programa de demonstração requer que quantidades significativas de informações sejam coletadas e compreendidas. É muito raro que todos sejam mantidos em um local ou mesmo em um local conhecido. Também incluirá a identificação de novos dados e informações que serão coletados durante o período de demonstração, onde serão coletados, qualquer proteção necessária e para que serão usados.

Os dados do sistema de energia têm sido tradicionalmente mantidos por operadores de transmissão e rede a diferentes níveis de detalhamento e digitalização. Isso pode apresentar desafios a um programa de demonstração que precisa entender onde os dispositivos estão, o que eles estão conectados e como eles interagem.

A ESC tem trabalhado em estreita colaboração com todas as partes interessadas no setor de energia como parte da Força-Tarefa de Dados

energéticos para desenvolver padrões para dados abertos e para apoiar o compartilhamento de dados. Isso resultou em uma série de recomendações e realizações de onde os dados são mantidos e o nível de detalhes. Essa realização de dados é importante para um programa de demonstração e inovação, pois eles normalmente dependem desse dado para tomar decisões e implementar suas soluções.

É importante observar que dados abertos não significam necessariamente que são fornecidos gratuitamente. Pode haver um encargo ou um acordo contratual. É mais importante que a existência dos conjuntos de dados seja conhecida, e um método de acesso seja claro para quem quiser encontrá-lo. Em alguns casos, o programa de inovação e demonstração pode girar exclusivamente em torno de encontrar e publicar dados sobre o local onde a demonstração está sendo realizada para permitir mais inovações.



#### 4.2.5 Infra-estrutura

Os desafios de infraestrutura são comuns em todos os programas de demonstração e são frequentemente destacados como parte de outros aspectos quando se considera a integração global. Além das restrições tecnológicas que são destacadas em outros lugares, também é importante considerar a propriedade e a responsabilidade pela infraestrutura necessária.

Considere sempre a infraestrutura além das redes de energia. Por exemplo, telecomunicações, estradas e indústrias vizinhas podem ser influenciadas pelo programa de demonstração, tanto no uso aumentado quanto nas mudanças de comportamento das pessoas que o utilizam. Embora isso possa funcionar por um curto período de tempo como parte de um programa de demonstração, considere se qualquer alteração na infraestrutura adicional pode ser necessária para uma implantação posterior.

Também é importante considerar futuros planos de infraestrutura no local da demonstração. O desenvolvimento de novos projetos de infraestrutura, como estradas ou comunicações móveis, pode exigir o terreno que está sendo utilizado como parte da demonstração, o que significa planejamento coordenado entre os programas. Alternativamente, os desenvolvimentos pendentes de infraestrutura podem ser capazes de alavancar o trabalho feito

#### 4.2.6 Interoperabilidade

É raro que um ambiente de demonstração não exija alguma interoperabilidade com dispositivos e sistemas existentes para funcionar. As cargas existentes dentro das casas podem precisar ser controladas ou integradas com os equipamentos da rede existente. A entrega de um programa de demonstração bem-sucedido muitas vezes dependerá de como soluções inovadoras podem funcionar com dispositivos existentes, mas também podem se concentrar em como gerar novos protocolos de integração para uma futura integração.

Em muitos casos, a metodologia de integração com dispositivos já existe na forma de um software ou protocolo de hardware, e pode ser necessário incluir essa funcionalidade na

como parte do programa de demonstração e ajudar a adiar alguns dos custos como resultado. Esse aspecto exigirá que uma ampla gama de partes interessadas sejam engajadas e estejam abertas em relação aos seus planos para uma área.

Em muitos casos, um programa de demonstração terá um efeito significativo nas redes locais e na infraestrutura que transporta energia e gerencia sua distribuição. Mudanças na forma como a água quente é fornecida às casas, usando o armazenamento para aquecer em horários de pico podem resultar na geração de um pico de energia dentro dessa rede local. O engajamento com a operadora de rede local será necessário para garantir que esse pico não esteja além das capacidades da rede local naquele momento. Em muitos casos, os operadores de rede são obrigados pela regulamentação a manter o fornecimento de energia e podem ser multados se não o fizerem. O trabalho de apoio à frente de um programa de demonstração para ajudar essas operadoras a manter a integridade da rede é importante para as pessoas conectadas à rede e também para as informações descobertas para que, à medida que a solução vá para uma implantação mais ampla, outras redes possam estar preparadas para a mudança antecipada no carregamento que vem com ela.

solução inovadora que está sendo testada, mesmo que não faça parte da estratégia de longo prazo. Também é possível que, como parte do desenvolvimento técnico, a necessidade dessa interoperabilidade não tenha sido considerada e, portanto, formas e parte importante do desenvolvimento do produto.

A interoperabilidade em um complexo local de demonstração muitas vezes precisa de análise detalhada e compreensão dos pontos de conexão tanto upstream como downstream. Isso fornecerá uma visão do impacto que a solução em demonstração pode ter em um ambiente mais amplo à medida que for dimensionada e apoiar o argumento comercial para o desenvolvimento adicional.



#### 4.2.7 Comercial

No centro dos programas de demonstração está o objetivo de fornecer uma solução comercialmente viável que possa ser ampliada e entregar valor em toda a cadeia de suprimentos. Isso normalmente inclui verificação dos custos dos componentes, tempo de instalação e equipamentos necessários, logística para entrega de equipamentos ou serviços de software e preço esperado que seria aceitável para o cliente. Embora isso não seja exaustivo, também pode ser o caso de que o projeto de demonstração tenha como objetivo fornecer informações sobre algumas dessas áreas, particularmente aceitáveis nos horários de precificação e instalação.

Como parte da consideração comercial, as partes interessadas identificadas dentro e ao redor da manifestação podem ser engajadas a identificar se podem haver benefícios secundários além do núcleo do programa. Estes podem, então, gerar fluxos de receita adicionais, fornecendo serviços

a sistemas vizinhos ou potencialmente incorrer em custos devido à dependência da prestação de serviços dessas partes interessadas.

A precificação dos dispositivos durante um programa de demonstração é tipicamente maior do que seria considerada em grandes volumes, mas um roteiro com faixas de preço durante a escala deve estar disponível e acordado entre as partes interessadas para garantir que as expectativas realistas tenham sido estabelecidas.

Em alguns casos, o programa de demonstração pode impedir temporariamente a geração de receita pelas soluções existentes já implantadas. Se não pertencer ao local da manifestação, eles precisarão ser consultados de perto para garantir que uma compensação justa tenha sido identificada para quando a manifestação causar essa redução.

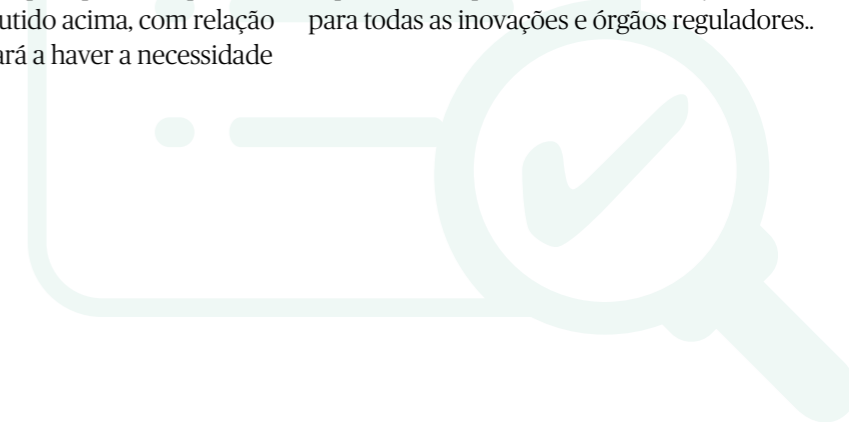
#### 4.2.8 Legislação

Muitos programas de demonstração exigirão alguma isenção da regulamentação existente para apoiar suas atividades. Eles também podem ser usados para demonstrar mercados que ainda não existem, onde a demonstração é destinada a identificar o valor da solução para a cadeia de suprimentos com o objetivo desse mercado então sendo apoiado. Um exemplo disso pode ser os mercados de carbono que estão atualmente em estágio muito inicial, mas podem se tornar uma ferramenta-chave para impulsionar a descarbonização através da política.

Ao considerar um programa de demonstração e os regulamentos em torno de sua atividade, geralmente existem métodos disponíveis para o corpo diretivo para suspender temporariamente ou alterar os regulamentos para permitir que eles avancem. Conforme discutido acima, com relação à infraestrutura, continuará a haver a necessidade

de manter o fornecimento aos usuários finais com interrupção mínima, e os projetos de demonstração deverão demonstrar como isso será mantido.

Essas derivações das regulamentações serão sempre de um prazo fixo e sobre uma área geográfica fixa. No entanto, o projeto de demonstração deve procurar usar essas variações para apoiar uma mudança mais permanente uma vez que o julgamento tenha sido concluído. Globalmente, a maioria dos órgãos reguladores está tentando adaptar seus processos e procedimentos para se mover mais rapidamente com a crescente velocidade de inovação em todo o setor de energia. Onde um programa de demonstração pode ser construído para ajudar a explorar esses processos de mudança, é benéfico para todas as inovações e órgãos reguladores..





### 4.2.7 Entregando Aspectos de Integração

A ferramenta Aspectos da Integração destaca essas áreas-chave como um quadro estrutural para um projeto de demonstração a ser considerado. No entanto, é necessário um engajamento detalhado das partes interessadas para elaborar um quadro estrutural completo.

A ESC tem trabalhado com os projetos do PFER para refinar nossa metodologia usando esta ferramenta e muitas vezes envolve workshops apoiados com os principais stakeholders capazes de expressar suas opiniões sobre diferentes

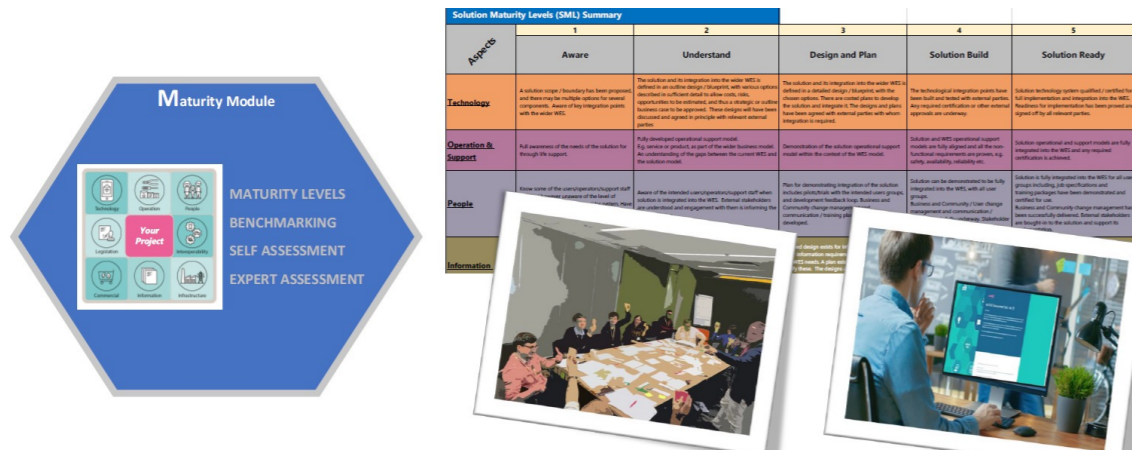
aspectos do programa de demonstração. Essas visões são então colhidas e refinadas, e começam a fornecer uma visão do programa de demonstração e seu lugar dentro de todo o Sistema de Energia. Descobrimos que isso muitas vezes destaca áreas que os líderes da manifestação não consideraram que podem ter impactos adversos sobre as partes interessadas ou identificar partes interessadas que teriam interesse na atividade que está sendo realizada.

Figura 33: Módulo de Análise – para identificar áreas-chave de integração



Is there a better image to come in here

Figura 34: Módulo de Maturidade – entendendo o nível de maturidade das tecnologias e habilidades necessárias



### 4.3

### Além da Demonstração - Escala da Inovação

Uma vez concluído um projeto de demonstração, o descomissionamento ocorreu, e os resultados são revisados, é importante que eles sejam capazes de expandir seus benefícios para outras áreas. Esta é uma produção fundamental para apoiar o crescimento contínuo da inovação do sistema de energia e deve muitas vezes fazer parte do planejamento antes do início da demonstração.

Em muitos casos, o processo Aspectos da Integração destacará desafios para a ampliação como parte da avaliação realizada. No entanto, como financiar esses projetos e apoiar seu crescimento contínuo nos negócios, como de costume, é um desafio recorrente para os programas do setor de energia.

#### 4.3.1 Financiar

Durante o trabalho de apoio ao PFER, um desafio consistente que foi identificado para fazer a ponte entre os programas de demonstração e o “business as usual” foi o financiamento e o investimento em programas de energia.

- Desenvolver mecanismos inovadores de financiamento público e privado para a SLES
- Demonstrar um pipeline visível de projetos do tipo SLES confiáveis
- Desenvolver uma estrutura de aquisição padrão flexível adequada para projetos do tipo SLES.

Embora os programas de inovação dentro dos sistemas de energia experimentem soluções inovadoras e novas, as atividades de aquisição para fornecer soluções de longo prazo muitas vezes se concentram em métodos mais testados e retestados. Há também uma barreira para que inovadores menores sejam capazes de fornecer as garantias financeiras que a aquisição de infraestrutura requer. Essas atividades de aquisição normalmente buscam instalar equipamentos que estão em vigor há décadas. A equipe que realiza a aquisição precisa da confiança de que a empresa que fornece a solução existirá durante esse período de vida.

Algumas delas estão cobertas dentro de Aspectos de Integração. No entanto, uma área-chave aqui é o desenvolvimento de um pipeline de projetos em várias áreas que podem aproveitar as soluções de um projeto de demonstração bem-sucedido. Isso permite que a inovação comece a perceber seus benefícios de escala muito mais rapidamente. Isso poderia ser feito através de flexibilidade na aquisição ou acordado em seguir em locais de demonstração que seguirão o modelo do primeiro após a conclusão bem sucedida e baseando-se nas lições daqueles que foram antes.

Um relatório<sup>89</sup> realizado pela ESC identificou recomendações-chave para permitir o financiamento da inovação dentro dos sistemas de energia locais:

Ao identificar uma série de projetos potenciais e, portanto, potenciais investidores de receita são muito mais propensos a estar preparados para colocar financiamento em soluções inovadoras e reduzir o risco que a agência de compras está assumindo selecionando inovação. Juntamente com uma estrutura compartilhada para aquisições e uma disposição de modificar regulamentos para serem mais flexíveis à inovação, é possível transformar a inovação em uma adoção mais ampla e aproveitar o sucesso de projetos de demonstração dentro de sistemas de energia.

- Gerar conscientização sobre o valor e as oportunidades dos Sistemas De Energia Locais Inteligentes
- Legislar para que as autoridades locais tenham o poder e a capacidade de fornecer estratégias locais da Net Zero
- Criar uma estrutura de planejamento Net Zero consistente para as autoridades locais desenvolverem SLES

89 <https://esc-production-2021.s3.eu-west-2.amazonaws.com/2021/07/11.06.21-ERIS-Enabling-SLES-Finance-and-Investment.pdf>

## 4.4 Estudo de caso britânico de como criar um ambiente de demonstração que possibilite e dimensione a inovação Living Labs

### 4.4.1 O que é um Living Lab?

Living Labs são ambientes físicos e/ou virtuais que oferecem acesso a infraestruturas de ponta, como conectividade digital de última geração em ambientes do mundo real. Essa combinação de ativos cria um ponto focal para o ecossistema de inovação onde indústria, academia, governo e usuários finais se reúnem.

O Living Lab traz oportunidades de acesso a novas tecnologias e potenciais usuários. Juntos, isso possibilita o rápido desenvolvimento, teste, iteração e dimensionamento de produtos. Onde os testbeds se concentram simplesmente em provar a funcionalidade e a viabilidade de uma determinada inovação, a Living Labs tem um foco adicional no engajamento e co-criação do usuário. Essa abordagem centrada no usuário gera uma rica compreensão das necessidades do usuário no início do processo e integra o feedback contínuo dos usuários sobre as soluções propostas ao longo do processo. Tanto para as empresas que desenvolvem soluções no Living Lab quanto seus potenciais clientes, a abordagem centrada no usuário melhora a probabilidade de desenvolver soluções verdadeiramente viáveis, levando em conta os comportamentos e experiências dos usuários.

### 4.4.2 O que é o Living Lab?

Nos últimos anos, a ESC tem se esforçado para aplicar esse conceito no setor energético, a fim de acelerar as inovações de carbono zero. O principal impulso por trás disso é a meta legalmente obrigatória do Reino Unido para 2050 Net Zero. Para chegar a isso, a ESC estima que as emissões de carbono das famílias devem cair cerca de 87% até 2050, em comparação com uma base de 2017. Isso inclui a eliminação completa das emissões residenciais de eletricidade e transporte, bem como a eliminação quase total das emissões de carbono produzidas para o aquecimento residencial.

A ESC, entre outros, reconheceram a utilidade da digitalização para essas metas. Embora a digitalização possa ajudar a capturar o potencial de tecnologias por trás do medidor para fornecer flexibilidade ao sistema de energia; isso requer uma série de desafios a serem enfrentados primeiro. Por exemplo, devemos garantir que esses sistemas sejam interoperáveis (permitindo assim um mercado aberto e competitivo que beneficie os consumidores), desbloqueando

as economias que o aquecimento inteligente/resfriamento oferecem e permitindo o rápido teste e desenvolvimento de produtos e serviços para o mercado de energia residencial.

A resposta da ESC a esses desafios foi construir e operar uma instalação de demonstração com o objetivo de agregar milhares de casas conectadas digitalmente em todo o Reino Unido. Atualmente, o 'Living Lab' da ESC permite que os inovadores projetem, testem mercado e lancem modelos pioneiros de produtos, serviços e negócios para o Net Zero com consumidores reais em mais de 600 casas conectadas. Em vez de um ambiente controlado e irrealista, o Living Lab oferece configurações cotidianas e reais, gerando feedbacks ricos e insights de consumo. O Living Lab apoia esses testes continuamente, salvando empresas e formuladores de políticas de gastar tempo valioso no recrutamento de participantes do teste.

A diversidade de participantes é fundamental para o sucesso do Living Lab - permitindo que os produtos sejam testados com vários tipos de clientes. Como tal, o Living Lab da ESC é

geograficamente e demograficamente diverso, com o Living Lab incluindo famílias de pessoas solteiras, casais e famílias de todo o Reino Unido.

O Living Lab também é flexível no que diz respeito aos tipos de tecnologia que podem ser testados. No Reino Unido, fez mais sentido focar em aquecimento de baixo carbono, EVs e tecnologia de energia distribuída. Uma próxima

colaboração com o Centro de Demonstração de Redes de Energia do Reino Unido também permitirá que o Living Lab explore a interação entre consumidores e redes de energia. No contexto brasileiro, o design do Living Lab é flexível o suficiente para permitir o teste de tecnologias como resfriamento inteligente e resposta à demanda, por exemplo.

### 4.4.3 Objetivos iniciais do Living Lab

O ESC Living Lab foi projetado sob medida para atender a uma série de necessidades das partes interessadas e enfrentar os desafios do cenário de inovação energética do Reino Unido. Claro que não há razão para que o mesmo processo de design não possa ocorrer no Brasil, em colaboração com os stakeholders brasileiros e para atender às necessidades brasileiras.

No Reino Unido. A ESC trabalhou com inovadores, reguladores, operadores de redes elétricas e o Departamento de Negócios e Estratégia Industrial (BEIS) para determinar em quais áreas um 'Living Lab' deve se concentrar. Após extensas discussões com essas partes interessadas, as seguintes áreas foram decididas como áreas de foco:

- **Eletrificação de calor e flexibilidade do sistema:** testar até que ponto uma casa inteligente e de baixo carbono (usando bombas de calor, medidas de eficiência energética e tecnologia inteligente) poderia fornecer flexibilidade ao sistema de energia e quais incentivos devem ser colocados em prática para tornar esta uma opção atraente para os consumidores.
- **Preços flexíveis:** testar o potencial de preços dinâmicos para oferecer flexibilidade e reduzir os custos gerais do sistema com diferentes níveis de automação. Entender como os consumidores interagem com a flexibilidade e a interoperabilidade técnica precisava de um sistema 'inteligente'.

- **Consumidores vulneráveis:** to potencial para os consumidores pobres e vulneráveis de combustível liderarem a adoção da tecnologia doméstica inteligente. Os testes poderiam estabelecer tarifas, tecnologia, perfis de consumidores e estoque de construção que permitiriam que clientes vulneráveis se beneficiassem da transição energética inteligente.

Com base nesses drivers e outras consultas de stakeholders no setor de energia, foram criados objetivos abrangentes para o Living Lab:

- Criação de um ambiente flexível e reutilizável que possa ser usado para vários testes, fornecendo uma solução de teste econômica e adaptável,
- Aceleração da inovação no mercado interno de energia, em particular, o aquecimento de baixo carbono e a integração de tecnologias de energia distribuída e a eletrificação inteligente do transporte,
- Garantir que o Living Lab seja representativo de uma ampla gama de consumidores, a fim de ajudar a facilitar uma transição energética justa,
- Facilitar a co-criação da interoperabilidade digital do setor para permitir um mercado interno de serviços de energia mais aberto e competitivo,
- Forneça um teste com consumidores reais para novas políticas, reformas regulatórias e proteções ao consumidor.



#### 4.4.4 Como foi criado o Living Lab?

A gênese do “Living Lab” da ESC remonta a um programa de pesquisa específico, (“Sistemas Inteligentes e Calor” - SSH) em torno da execução de testes de consumo de serviços de energia inteligente. A primeira fase do Living Lab foi lançada em outubro de 2017 e, na primavera do próximo ano, mais financiamentos foram obtidos, permitindo o teste de um “aquecimento básico como proposta de serviço” (HaaS), o desenvolvimento de um entendimento em torno do comportamento de substituição de caldeiras e a instalação de bombas de calor nas casas de alguns participantes. Cada família foi introduzida ao HaaS e teve a chance de transferir para um dos três planos HaaS, permitindo que os consumidores paguem por um plano fixo previsível e recebam o aquecimento de que precisam. Após o sucesso deste programa, a ESC desenvolveu uma proposta para o uso do ‘Living Lab’ como testbed para HaaS e outros produtos, a partir de 2018.

Em sua primeira iteração, que envolveu parceiros externos da indústria (como Bristol Energy e Baxi), o Living Lab envolveu cerca de 100 famílias.

O detalhamento dos participantes foi:

Idade do participante principal	Proporção de participantes (%)
18-34	8
35-44	30
45-54	32
55-74	28
Desconhecido	3

Tipo de família	Proporção de participantes (%)
Família com filhos	50
Casal	24
Adulto solteiro	11
Família com filhos adultos	10
Mais de uma geração	3
Outros adultos	2



#### 4.4.5 Quais foram alguns dos desafios enfrentados? E que lições foram aprendidas

Abaixo estão algumas das lições aprendidas com a experiência do CESE em estabelecer o Living Lab.

##### Lições aprendidas: Resultados negativos:

Os desafios inicialmente centrados em torno do recrutamento de voluntários. Em um teste de bomba de calor, apenas 9 dos 23.000 membros do público em geral que viram os anúncios do Facebook e do Google da ESC concluíram o processo de triagem. No entanto, nenhum desses 9 passou pela triagem. No teste de controles inteligentes, a ESC também antecipou que levaria dois meses para recrutar cerca de 100 famílias, mas levou quatro. Para o futuro, observou-se que “encaminhar um amigo” é muitas vezes a tática de recrutamento mais eficaz. Além disso, iniciar o recrutamento mais cedo forneceria mais margem dentro do cronograma geral do projeto.

Às vezes, entrar em contato com os participantes mostrou-se muito difícil. Algumas famílias puderam participar apenas com um número fixo ou endereço de e-mail. Em testes futuros, a ESC garantirá que é capaz de entrar em contato com os participantes de várias maneiras, a fim de reduzir os atrasos mais tarde no julgamento.

Além disso, outra lição aprendida é que quando os testes duram por períodos mais longos do que o planejado, pode haver problemas em torno da vida útil da bateria em sensores e monitores. Vale a pena estabelecer um plano no início do julgamento para colocar em prática contingências por um período mais longo de julgamento de campo, para minimizar interrupções no fluxo de dados e a necessidade de intervenções em casa.

##### Lições aprendidas: Resultados positivos:

O teste do Living Lab tinha um conjunto muito claro de objetivos e sub-objetivos, bem como um cronograma para alcançá-los, definindo claramente o que a ESC queria alcançar a partir do teste. Este projeto e planejamento de recursos foi significativamente auxiliado pelo fato de que a ESC era muito clara sobre quais tipos de domicílios seriam procurados, bem como os amplos locais que deveriam ser alvo. Apesar dos atrasos serem parte de qualquer grande programa, o planejamento de alta qualidade pode ajudar

a antecipar quando atrasos podem ocorrer, sua natureza e agir para mitigar contra eles.

Ao mesmo tempo, também foi demonstrada muita flexibilidade. Por exemplo, a triagem foi modificada para dar mais ênfase à identificação dos domicílios que continham membros vulneráveis. Isso garantiu que não houvesse risco de eventos adversos à saúde ocorrerem se o sistema de aquecimento funcionasse mal.

A flexibilidade também foi demonstrada no processo de instalação, com base em experiências precoces com dificuldades de instalação. Um engenheiro de TI foi fornecido para apoiar e treinar cada contratante, ajudando a melhorar a confiança e o desempenho entre os instaladores ao lidar com tecnologias digitais que eles podem não ter usado antes. Por exemplo, as atividades mais arriscadas foram movidas para o início do cronograma de instalação, para dar aos instaladores tempo para se concentrarem nas partes mais desafiadoras do processo.

Os contratados contavam com a instalação de equipamentos nas casas das pessoas, sendo plenamente avaliados pela qualidade, e visitados em suas localidades, em oposição a uma mera dependência de documentos e apresentações. O fato de alguns deles não estarem familiarizados com a instalação de novas tecnologias digitais permitiu uma visão valiosa do tipo de curva de aprendizado que o mercado de instalação terá que experimentar à medida que avançamos para um mercado de energia mais digitalizado.

A retenção de testes foi ajudada pelo fornecimento de uma linha de ajuda de boa qualidade, equipada por uma equipe da ESC com uma gama de habilidades técnicas e de comunicação. Os participantes foram obrigados a sentir como se quaisquer preocupações que tivessem sido abordadas de forma rápida e pessoal. Para agilizar o processo de suporte, a ESC forneceu materiais de autoajuda, incluindo folhetos e adesivos, entre outros. Isso permitiu que os moradores resolvessem rapidamente os problemas mais experientes e minimizasse o número de chamadas não urgentes para a linha de ajuda acima mencionada.

#### 4.4.6 Quais são os benefícios previstos de um Living Lab?

Esta seção abordará os benefícios que o ESC Living Lab foi projetado para alcançar, e não há razão para que isso não possa ser replicado em outros lugares. Para resumir, foram previstos cinco benefícios principais:

- Reduções no custo de desenvolvimento e teste de novos produtos e serviços inovadores relacionados à energia nacional,
- Redução do tempo para desenvolver, testar e lançar produtos e serviços relacionados à energia para o mercado. Isso foi particularmente salientado pelo órgão público UK Research and Innovation (UKRI), que enfatizou a importância da infraestrutura comum e reutilizável que permite pesquisa e desenvolvimento, inclusive para testar como as soluções potenciais podem operar no “mundo real”,
- Aumento da atração de consumidores por produtos e serviços de baixo carbono com base em testes e feedback do mundo real,
- Destruir o investimento do setor privado em pesquisa e desenvolvimento relacionados à energia, e aumentar o número de inovadores desenvolvendo e testando produtos e serviços relacionados à energia,
- Maior compartilhamento de insights em todos os ensaios para ajudar no desenvolvimento de políticas e regulações.

Juntos, tudo isso estabelecerá o terreno para o estabelecimento de uma cadeia de valor desenvolvida que permitiria que todas as empresas do Reino Unido - e consumidores - capturassem todas as oportunidades oferecidas pelo crescimento limpo.

Um Living Lab seria uma excelente forma de o Brasil aproveitar essas oportunidades crescentes e estabelecer as cadeias de suprimentos necessárias para isso. Oferece uma maneira de reforçar um mercado aberto, competitivo e justo, ao mesmo tempo em que se concentra nas necessidades dos consumidores. O Living Lab consegue tudo isso tornando os testes mais rápidos, fáceis e mais frutíferos. É rapidamente adaptável, independente, não proprietário e aberto a todos. Torna possível projetos colaborativos (público-privado e

privado) e aprendizagem compartilhada, mas também é adequado para projetos mais sensíveis comercialmente.

As empresas podem economizar dinheiro e tempo - e lançar produtos ao mercado mais cedo. Eles não precisam mais realizar atividades demoradas, como recrutar funcionários para executar testes, levantamentos detalhados de casas ou preparar documentos legais complexos. Além disso, o Living Lab foi projetado para estar disponível para apoiar ensaios permanentes e contínuos, em vez de ser montado ad-hoc para projetos de pesquisa específicos. Isso reduz significativamente o tempo necessário para colocar o produto na fase de demonstração, ajudando a agilizar o processo geral de desenvolvimento de produtos. Como tal, as inovações podem ser ampliadas mais rapidamente e com mais sucesso, e todo o processo de inovação será significativamente desarmado.

Os inovadores também podem economizar tempo e dinheiro reduzindo sua taxa de falha. Ao utilizar o Living Lab e aproveitar o ambiente independente, as empresas evitam a liberação de produtos e serviços que não funcionam como pretendido e/ou não estão alinhados com a demanda do consumidor. Este é especialmente o caso dada a crescente adoção da abordagem de “desenvolvimento ágil de produtos” por parte dos inovadores.

O Living Lab permite que os empreendedores testem seu Produto Mínimo Viável (MVP) em um número maior de consumidores do que poderiam de outra forma, e em um ritmo muito maior. Isso permite que eles coletem rapidamente o feedback do usuário e reformulem continuamente seu produto para melhor atender às necessidades e preferências do consumidor. Consequentemente, o Living Lab pode ser um facilitador essencial para o desenvolvimento rápido e responsivo de produtos. Além disso, o Living Lab oferece a empreendedores e empresas a chance de obter resultados que constituam uma evidência independente do desempenho de seus produtos, oferecendo suporte convincente para argumentos apresentados a potenciais investidores ou parceiros.

Desta forma, o Living Lab ajudará a catalisar o crescimento do mercado de casas inteligentes (*smart homes*) do Reino Unido cuja receita, de acordo com o Digital Market Outlook, deverá ser de 11.913,1 milhões de dólares americanos em 2025,<sup>90</sup> além de benefícios concomitantes como o aumento e aceleração da descarbonização de casas e transportes.

Além disso, o Living Lab poderia ajudar o sistema de energia mais amplo, reduzindo custos e melhorando seu desempenho; por exemplo, ajudando a acelerar o desenvolvimento da DSR (Demand Side Response, Resposta de Demanda) para aumentar a flexibilidade do sistema e reduzir a necessidade de reforço de rede. Um estudo realizado pela Baringa em nome do BEIS em 2016 calculou os benefícios de custo para o sistema de energia de implantação da DSR de até 81 milhões de libras até 2025 e 167 milhões de libras até 2030, apenas para evitar o reforço de rede por Operadores de Rede Distribuída (DNOs). Ao reduzir o pico de demanda, a DSR poderia reduzir os gastos com turbinas a gás de ciclo aberto (OCGTs). A economia de capital e os custos fixos dos novos OCGTs podem chegar a £ 424 milhões até 2025, e até £ 840 milhões até 2030.<sup>91</sup>

Outro relatório do Reino Unido do Carbon Trust e do Imperial College London colocou a economia do sistema da flexibilidade como um todo em £ 17-40 bilhões até 2050. No entanto,

a resposta do lado da demanda (DSR) foi descrita como a tecnologia de flexibilidade com maior incerteza sobre custos futuros e captação, apesar de seu potencial ser “uma das maneiras mais baratas” de fornecer flexibilidade ao sistema. A principal questão identificada é que, embora a implantação de outras formas de flexibilidade dependa principalmente de avanços tecnológicos ou reduções de custos, a RSE doméstica se baseia em vários fatores não técnicos imprevisíveis. Convencer os consumidores a mudar seu comportamento, impulsionar a aceitação do mercado e estabelecer os incentivos necessários para impulsionar a adoção exigirá esforço conjunto. O foco em convencer os consumidores a mudar de participantes em grande parte passivos para mais ativos será essencial para o sucesso comercial nos mercados de energia do futuro. O Living Lab oferece uma plataforma única para estabelecer como essas mudanças dramáticas podem ser alcançadas na prática, por meio de soluções centradas no usuário, em colaboração com formuladores de políticas, acadêmicos e órgãos públicos.<sup>92</sup>

Mais trabalhos seriam necessários para estabelecer os benefícios exatos para o Brasil de testar a DSR, mas um Living Lab poderia ser uma ferramenta fundamental em qualquer esforço para torná-lo aceitável para os consumidores.



90 <https://www.statista.com/forecasts/480539/revenue-in-the-smart-home-market-in-the-united-kingdom>

91 [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/48551/5759-electricity-system-analysis--future-system-benefit.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/48551/5759-electricity-system-analysis--future-system-benefit.pdf)



#### 4.4.7 Como o Living Lab tem sido usado com sucesso até agora?

Esta seção mostra algumas maneiras pelas quais os Living Lab foram utilizados até agora. Mais uma vez, isso é puramente ilustrativo - o Living Lab é extremamente flexível e poderia ser usado de várias maneiras ainda não experimentadas.

##### 4.4.8 SSH Fase 2

No teste acima, a forma como os participantes usaram seus controles de aquecimento foi rastreada, bem como o feedback qualitativo sobre como se sentiam sobre seu sistema de aquecimento inteligente. Por exemplo, todos os participantes relataram que seus controles de aquecimento inteligente lhes deram uma maior sensação de “controle” sobre seu aquecimento. Os participantes referiam-se à sua capacidade de:

- ajustar seu aquecimento para se adequar à sua rotina diária,
- aquecer os espaços que eles estavam usando, em vez de toda a casa,
- salas de calor a diferentes temperaturas para fazer diferentes moradores se sentirem confortáveis.

Muitos participantes também sinalizaram contentamento em tomar consciência a respeito do aquecimento de suas casas com o teste, incluindo:

- Entendimento sobre quais cômodos eram eficientes e melhores em alcançar as temperaturas solicitadas ou reter calor. Isso os ajudou a decidir quais temperaturas agendar em cada espaço,
- Compreensão sobre qual a temperatura adequada para eles e outros membros de sua família em diferentes cômodos da casa.

Pontos de dados qualitativos, como o número de “horas quentes” (quando um cliente opta por manter cômodos específicos aquecidos por uma hora) programados, e as temperaturas definidas. Onde os participantes estiveram envolvidos em ensaios anteriores, esses pontos de dados poderiam ser comparados com o ano anterior. Foram gerados “perfis de aquecimento”

que foram então compartilhados com todos os participantes do teste, para que pudessem ver como outros aqueciam suas casas. Eles muitas vezes achavam muito útil ver como os outros estavam usando seus sistemas, pois isso os ajudava a perceber quantas opções eram possíveis. Isso demonstra as habilidades do Living Lab na coleta e divulgação de dados.

Com os clientes comerciais, são exemplos de programas que foram realizados:

##### AmpX

A AmpX, uma start-up com sede em Edimburgo, desenvolveu um assistente de energia digital, Agent for Lifestyle-based Intelligent Control of Energy (ALICE - Agente para controle inteligente de energia baseado em estilo de vida), que usa uma combinação de aprendizado de máquina, análise avançada de dados e sistemas de controle para tomar decisões autônomas de DSR com base em sinais de mercado do mundo real.

Para testar esta ferramenta, a AmpX fez uma parceria com a ESC para usar a capacidade do Living Lab. A capacidade da ALICE de interagir com uma variedade de dispositivos inteligentes e mudos em casa foi testada, incluindo EVs, medidores inteligentes, aparelhos e controles HVAC - com o objetivo de facilitar a resposta do lado da demanda, limitar as emissões de carbono e reduzir as contas de energia. Foram instalados equipamentos de monitoramento para estudar a demanda de energia, e o impacto da plataforma da AmpX no consumo de energia, nas contas dos clientes e no DSR foi testado. Os desafios técnicos de integrar todas essas entradas (como carregadores EV) com a plataforma AmpX foram resolvidos graças aos testes no Living Lab. Além disso, os insights dos consumidores adquiridos estão sendo usados para planejar um lançamento em escala comercial.

##### Baxi

A Baxi é atualmente uma das maiores fabricantes e distribuidores da Europa de sistemas de aquecimento doméstico e comercial de água e espaço. Dado o seu compromisso com sistemas conectados e de baixo carbono, a Baxi deseja reavaliar sua posição na cadeia de valor e se tornar uma prestadora de serviços. Em 2019, a ESC começou a co-projetar uma proposta HaaS com a empresa, que foi então testada no Living Lab. Isso incluiu 20 casas com o produto e o equipamento, manutenção e energia por um custo mensal fixo. Os resultados de Baxi incluíram: aprender qual preço os consumidores estavam dispostos a pagar e sob quais termos, como precificar um Plano de Aquecimento, ganhar experiência vendendo HaaS, insight do consumidor sobre o que os potenciais clientes gostavam e o que não gostavam, e um entendimento sobre a praticidade de entregar um serviço HaaS.

##### 4.4.9 Outros Living Lab

###### ADEPT Live Labs SIMULAM: Uma Parceria Inteligente em Infraestrutura Inteligente & Mobilidade Urbana<sup>93</sup>

O programa ADEPT Live Labs SIMULATE foi criado para investigar e demonstrar a viabilidade de um modelo integrado do Mobility Hub através do teste colaborativo de soluções de PME para melhorar a mobilidade e a qualidade do ar em um ambiente de teste ao vivo em Staffordshire. Uma parceria entre o Conselho do Condado de Staffordshire, Amey, CPC e Keele University, teve o programa como objetivo para fornecer o contexto e a estrutura para que as PME que mudam o jogo testem suas soluções e incubam seus conceitos, com o objetivo final de serem adotadas na rede rodoviária local e estratégica.

10 PMEs foram escolhidas para entrar no

##### Energia de Bristol

A ESC trabalhou com a Bristol Energy, uma fornecedora municipal de energia, para projetar e testar dois planos de aquecimento diferentes em 85 domicílios do Living Lab da ESC. Um plano de aquecimento oferecia ‘Horas Quentes’ em vez de kWh com base no cronograma semanal de aquecimento das famílias, enquanto outro era pagamento conforme o uso por ‘Hora Quente’. Os resultados da Bristol Energy incluíram: aprender a precificar horários quentes; considerando todos os riscos comerciais envolvidos; estabelecer processos para faturar por Horas Quentes; feedback e insights do consumidor, incluindo como os consumidores controlaram seu aquecimento; experiência de venda HaaS para consumidores reais, e reconhecimento como um fornecedor de energia exclusivamente inovador.

A ajuda da ESC para refinar o produto HaaS significou que nove em cada dez consumidores que foi testado continuaram a usá-lo - e metade desses consumidores optou por Planos térmicos emparelhados com um sistema de calor de baixo carbono.

programa acelerador de seis meses e receberam até 100 mil libras de financiamento para testar suas soluções inovadoras de qualidade e mobilidade do ar em Staffordshire. Cada PME forneceu um elemento-chave da nova visão radical de Staffordshire de hubs integrados de mobilidade multimodal. Carregadores de veículos elétricos pop-up, paredes verdes e patinetes elétricos estavam entre os sistemas a serem testados como parte do projeto explorando como o centro de transporte do futuro poderia parecer e funcionar. O CPC apoiou a entrega do programa por meio do acesso a especialistas técnicos e comerciais, oficinas de compartilhamento de conhecimento, oportunidades de networking comercial e um programa de prontidão para investimentos destinado à preparação das OMEs para futuras rodadas de financiamento.

**Destaques**

Alguns números do ADEPT Live Labs SIMULAM que vale a pena destacar:

- £ 1 milhão em financiamento obtido para a iniciativa SIMULATE
- 131 inovações analisadas
- 10 PMEs trazidas para o programa de incubação e teste

- £655.714 atualmente comprometidos com o financiamento de testes ao vivo
- Coletivamente, 49 novos empregos foram criados para apoiar o crescimento e a tração comercial das PMEs
- PMEs apoiadas por atividades do programa levantam £550 mil em investimento até o momento

**A ADEPT representa a autoridade local, os diretores municipais, unitários e metropolitanos. O programa ADEPT SMART Places Live Labs é um projeto de dois anos de £22,9 milhões financiado pelo Departamento de Transportes e apoiado pelos parceiros de projeto SNC-Lavalin's Atkins business, EY, Kier, O2, Ringway e WSP. Nove autoridades locais estão trabalhando em projetos para introduzir inovação digital em mobilidade INTELIGENTE, transporte, rodovias, manutenção, dados, energia e comunicações. O Live Labs faz parte do programa SMART Places da ADEPT para apoiar o uso da tecnologia digital no serviço baseado no local. Inovando para o Ar Limpo.**

Lançado em maio de 2019, o Innovating for Clean Air (IfCA) durou 22 meses e terminou em março de 2021. O objetivo do programa era apoiar empresas inovadoras, autoridades locais, acadêmicos e organizações da sociedade civil para desenvolver intervenções para melhorar a qualidade do ar. Isso incluiu apoiar os planos FAME do governo da Índia para acelerar a adoção de veículos elétricos e testar e demonstrar outras atividades que melhoram a qualidade do ar urbano.

O programa IfCA foi financiado pela Innovate UK, parte da UK Research and Innovation (UKRI), através do Newton Fund e entregue pela ESC, Connected Places Catapult e Satellite Applications Catapult. Na Índia, o programa IfCA foi apoiado por uma parceria de recursos combinados com várias organizações, incluindo:

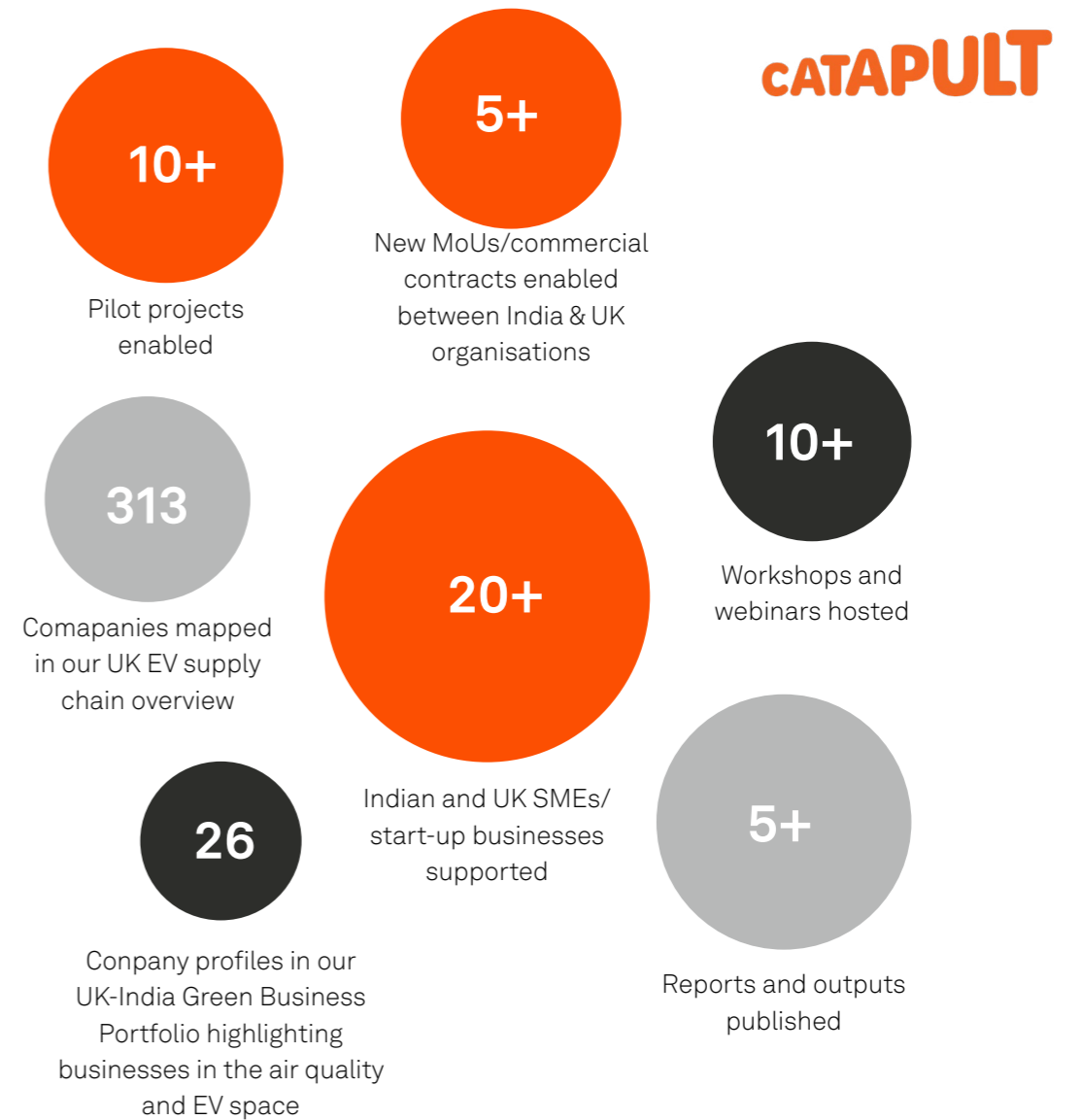
**SME Start up Cohort**



**Partner Organisations**



O projeto causou um grande impacto. Entre eles, vale mencionar:





## 4.5

### Conclusões e Recomendações

Embora o desafio de alcançar o Net Zero até 2050 seja grande, as oportunidades que uma economia de baixo carbono podem trazer são ainda maiores. MG tem uma riqueza de recursos naturais e instituições, conforme listado no Apêndice 5.2, que coloca o estado em um lugar bastante único para aproveitar ao máximo essa nova revolução industrial verde.

Este relatório listou uma série de oportunidades para MG estar na vanguarda da revolução industrial verde. Além de implementar as recomendações mencionadas, possibilitar ambientes de inovação é fundamental para que o estado se torne um formador de mercado e não apenas um usuário. A criação de um ambiente propício para desenvolver uma cadeia de valor local traz benefícios sociais e econômicos.

É necessário investimento significativo em infraestrutura energética para atender a meta Net Zero. No Reino Unido, estima-se que o investimento em baixo carbono deve aumentar até £ 50 bilhões a cada ano de 2030 a 2050 para entregar o Net Zero<sup>94</sup>. Isso não é possível apenas com empréstimos públicos ou impostos; finanças privadas também são necessárias.<sup>94</sup>

Os principais pontos fortes que o governo do estado de MG e suas autoridades locais podem trazer para o financiamento de projetos Net Zero estão em suas competências para poder agir no interesse público, nas suas relações com os atores do mercado local (dos setores público e privado) e na sua capacidade de articulação e junção desses atores. Isso, combinado com um quadro estrutural de mercado e política pública reformado, asseguram resultados desejáveis como, por exemplo, a descarbonização, e permite a eficiente captura de ações com custo-benefício no sistema - particularmente nos recursos energéticos locais. Isso poderia garantir que a realização do Net Zero seja acessível, oportuna, socialmente benéfica e publicamente aceitável.

O estado de MG está em uma ótima posição para oferecer soluções eficazes para atingir suas metas de Net Zero, aproveitando todo o potencial das oportunidades de crescimento limpo. No entanto, para que isso tenha sucesso, será necessário

o projeto de mercado certo, a política e o marco regulatório e os arranjos de governança. O mercado e o quadro político do governo precisam evoluir para impulsionar o investimento em renováveis, eletrificação de transporte, gestão eficaz de resíduos, expulsar ativos de alto carbono e aumentar a flexibilidade do sistema energético para integrar renováveis variáveis e recursos energéticos distribuídos.

A abordagem trazida pelo conceito de “Inovação baseada no local”, com o desenvolvimento do planejamento energético local (LAEP), habilitação de sistemas de energia locais inteligentes (SLES) e o desenvolvimento de ambientes de demonstração, oferece uma maneira potencial de reduzir o risco e alavancar o financiamento público para tornar a capital disponível para infra-estrutura e tecnologias relevantes. Isso é fundamental para garantir que os recursos energéticos locais sejam devidamente valorizados. Resultados mais amplos que podem não ser monetizáveis também devem ser identificados e considerados. Qualquer apoio político deve ser baseado em uma metodologia e métricas de “custo total do sistema” e deve se esforçar para alcançar condições equitativas para diferentes recursos energéticos com zero carbono, sejam grandes ou pequenos/agregados, do lado da demanda ou do lado da oferta.<sup>95</sup>

Por último, mas não menos importante, para criar o suporte certo, enfrentar os desafios descritos neste relatório e realizar as ações sugeridas, a colaboração é necessária entre os principais stakeholders de MG; por exemplo, governo estadual, prefeituras, operadores de rede de distribuição (DNOs), reguladores, academia, indústria, pesquisa e organização tecnológica (RTO). O governo de MG pode usar suas instituições de P&D, como a FUNDEP, e sua relação com os hubs, construtores de empreendimentos e universidades listadas no “cenário de descarbonização” para criar um ambiente de inovação semelhante ao Living Lab da ESC, no qual empresas locais e startups (ver apêndice 5.2) podem desenvolver, testar e escalar produtos de baixo carbono líderes mundiais, serviços e soluções.

## 4.6

O próximo passo essencial para o progresso dessas recomendações é convocar um grupo de “tarefa e realização” que tenha representação dos principais

stakeholders identificados neste relatório para garantir que as ações de acompanhamento sejam desenvolvidas de forma colaborativa.

### Referências adicionais

- **MG estado atual:**

o [https://drive.google.com/file/d/1sQcIghvbiKUNIHbFdM4kWhL\\_twHGT\\_h/view](https://drive.google.com/file/d/1sQcIghvbiKUNIHbFdM4kWhL_twHGT_h/view)

o Energy scenarios for MR- integrated modelling exercise: [https://www.researchgate.net/publication/274359634\\_Energy\\_scenarios\\_for\\_the\\_Minas\\_Gerais\\_State\\_in\\_Brazil\\_an\\_integrated\\_modeling\\_exercise\\_using\\_System\\_Dynamics](https://www.researchgate.net/publication/274359634_Energy_scenarios_for_the_Minas_Gerais_State_in_Brazil_an_integrated_modeling_exercise_using_System_Dynamics)

o MG- right place for investments in Brazil: <https://www.slideshare.net/DaviVarella/minas-gerais-the-right-place-for-investments-in-brazil>

o MG (2014)- GHG emission <http://www.feam.br/-sustentabilidade-energia-e-mudancas-climaticas/inventario-estadual-de-gases-de-efeito-estufa>

o Economic profile- <http://fjp.mg.gov.br/pib-mineiro-tem-ligeira-retracao-no-terceiro-trimestre-de-2021/>

- **Hidrogênio:**

o German Green Hydrogen Pilot MG- <https://epbr.com.br/piloto-alemao-de-hidrogenio-verde-sera-construido-em-minas-gerais/>

- **Tecnologia:**

o Tech action plan- [https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/tna\\_brazil/arquivos/pdf/technology-action-plans-for-the-energy-system-agriculture-forestry-and-other-land-use-sectors.pdf](https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/tna_brazil/arquivos/pdf/technology-action-plans-for-the-energy-system-agriculture-forestry-and-other-land-use-sectors.pdf)

- **Descarbonização industrial:**

o Cornwall- <https://www.cornwall-insight.com/wp-content/uploads/2021/10/Industrial-decarbonisation-key-for-UK-low-carbon-hydrogen.pdf>

o Why MG: [https://drive.google.com/file/d/1sQcIghvbiKUNIHbFdM4kWhL\\_twHGT\\_h/view](https://drive.google.com/file/d/1sQcIghvbiKUNIHbFdM4kWhL_twHGT_h/view)

o Place-based innovation- <https://es.catapult.org.uk/report/place-based-innovation-how-can-smart-local-energy-projects-and-innovative-planning-support-net-zero/>

o Industrial Strategy BEIS: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/970229/Industrial\\_Decarbonisation\\_Strategy\\_March\\_2021.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/970229/Industrial_Decarbonisation_Strategy_March_2021.pdf)

o McKinsey & Company- <https://www.mckinsey.com/-/media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/how%20industry%20can%20move%20toward%20a%20low%20carbon%20future/decarbonization-of-industrial-sectors-the-next-frontier.pdf>

o IEA Iron & Steel roadmap: <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>

o SSAB- fossil-free steel ready <https://www.ssab.co.uk/news/2021/08/the-worlds-first-fossilfree-steel-ready-for-delivery>

o Sustainable steel program- <https://ibram.org.br/noticia/siderurgias-utilizam-carvao-vegetal-como-principal-combustivel/>

<sup>94</sup> The Climate Change Committee, “The Sixth Carbon Budget, The UK’s path to Net Zero,” 2020

<sup>95</sup> Frontier Economics, 2018. A framework for assessing the value for money of electricity technologies, commissioned by the Energy Technologies Institute (ETI – now incorporated into ESC). Available: <http://www.frontier-economics.com/uk/en/news-and-articles/news/news-article/2058-frontier-develops-framework-for-assessing-value-for-money-of-electricity-technologies>

- **Indústria mineira:**

- o State of play electrification survey- [https://uploads-ssl.webflow.com/60529923ea318257ccfcadee/60e16c5371e811a0bada33d\\_1%202021%20SOP%20-%20Electrification.pdf](https://uploads-ssl.webflow.com/60529923ea318257ccfcadee/60e16c5371e811a0bada33d_1%202021%20SOP%20-%20Electrification.pdf)

- o Mining strategy survey: [https://uploads-ssl.webflow.com/60529923ea318257ccfcadee/6178af42c59b6f20013a522f\\_StateofPlay\\_Report\\_Strategy\\_Web.pdf](https://uploads-ssl.webflow.com/60529923ea318257ccfcadee/6178af42c59b6f20013a522f_StateofPlay_Report_Strategy_Web.pdf)

- **Descarbonização da eletricidade:**

- o Aspen 2019- <https://www.aspeninstitute.org/wp-content/uploads/2019/07/2019-Energy-REPORT.2.pdf>

- **Agricultura:**

- o India Agriculture plan- <https://economictimes.indiatimes.com/industry/renewables/india-to-replace-diesel-by-renewable-energy-in-agriculture-by-2024-says-power-minister/articleshow/89509418.cms>

- o Independent- Decarbonisation of farming- <https://www.independent.co.uk/climate-change/news/wwf-land-farming-defra-rewilding-b2009602.html>

- o COP26 case studies- including Biogas: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiN2E4ZGUzMTAtMTQ3ZS00M2E5LTlhMDMtZjM4ZGNmZTMwYjAxliwidCI6IjkyNGY5ODQ3LTI0MmUtNGE5YS04OTEzLTllNDM2NDliOWVhYSJ9&pageName=ReportSection>

- o Mitigation options- LULUCF <https://csr.ufmg.br/opcoesdemitigacao/>

- **Reino Unido:**

- o BEIS- NZS- build back greener [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/1033990/Net-Zero-strategy-beis.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1033990/Net-Zero-strategy-beis.pdf)

- o PWC- Building block for NZ transformation- <https://www.pwc.co.uk/sustainability-climate-change/assets/pdf/building-blocks-Net-Zero-companies-transformation.pdf>

- o Independent- Decarbonisation of farming- <https://www.independent.co.uk/climate-change/news/wwf-land-farming-defra-rewilding-b2009602.html>

# 5 | Apêndice

## 5.1 | Políticas

Planos e Políticas Estratégicos	Descrição & Objetivo
<b>Plano de Energia e Mudanças Climáticas de MG (PEMC)<sup>96</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Política pública de médio a longo prazo (2020-2030) para promover a transição para uma economia de baixo carbono</li> <li>• Reduzir a vulnerabilidade às mudanças climáticas (impactos ambientais e econômicos)</li> <li>• Adoção de iniciativas em vigor para uma estratégia territorial integrada para os seguintes setores: Energia; Agricultura, Silvicultura e uso da terra (AFOLU); Transporte; Indústria; e Desperdício</li> </ul>
<b>Programa de Incentivo à Fonte Alternativa Governamental (PROINFA)-</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover a diversificação das fontes de geração de energia elétrica para aumentar a segurança do fornecimento</li> <li>o 2003-2008 meta de construir 3300 MW de capacidade instalada, dividida igualmente entre eólica, biomassa e pequenas usinas hidrelétricas. A 1ª fase resultou em 3.299,40 MW que incluíram 1.191,24 MW de pequenas usinas hidrelétricas fornecidas por 63 pequenas usinas hidrelétricas, 1.422,92 MW por 54 usinas eólicas, mas apenas 685,24 MW por 27 usinas a partir de biomassa</li> </ul>
<b>Plano Nacional de Energia para 2030 (PNE) pela Empresa governamental de Pesquisa Energética (EPE)</b>	<p>Com base na exigência de 216 GW de capacidade instalada em 2030, a partir de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 156 GW de usinas hidrelétricas,</li> <li>• 40 GW de usinas térmicas (21 GW de gás natural, 6 GW de carvão, 7,35 GW de nuclear, 5,5 GW de outros recursos) e</li> <li>• 30,8 GW de recursos renováveis como micro-hidrelétrica, biomassa e eólica.</li> <li>• Outros consideraram- O aquecimento da água solar tem sido fortemente apoiado</li> <li>• Energia térmica solar concentrada (CSP), PV conectada à rede, janelas inteligentes, PV integrado à construção e materiais de construção eficientes</li> </ul>
<b>Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e o Programa combustível do Futuro- 24/01/2022</b>	<p>Um plano de expansão de energia de 10 anos (PDE2031)- anunciado em 24/1/22</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimativa para biogás, biometano, combustível de aviação sustentável (SAF), diesel verde, combustível de hidrogênio</li> <li>• Biogás estima produção de 7,1 bilhões de m<sup>3</sup> de bolo de vinhaça e filtro e 5,7 bilhões de m<sup>3</sup> de palhas e pontas de cana-de-açúcar até 2031</li> <li>• Mercado SAF 130.000m<sup>3</sup> (1,4% da demanda total de combustível de aviação)</li> <li>• Investimento necessário cR\$700 Milhões ou \$100 milhões</li> <li>• Produção de hidrogênio no outro ano de 1850: <ul style="list-style-type: none"> <li>o 2050 renováveis offshore (eólica e solar)- 1,7 bilhão de toneladas de 2V/ano (painel solar offshore de 1,3b)</li> <li>o Onshore (eólica, solar, hidráulica)- 18m de H2V/ano</li> <li>o Hidrogênio azul a partir de combustível fóssil (60m), hidrogênio a partir de biomassa (50M), nuclear (6,9M) anualmente</li> </ul> </li> <li>• Hidrogênio branco/natural 140 t/dia (51,1 kt/ano) de hidrogênio pelo menos três pontos na região</li> </ul>
<b>Planos de mitigação do setor específico (não lista exclusiva)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sectorial Plan of Transport and Urban Mobility for Climate Change Mitigation</li> <li>Low Carbon Agriculture Plan</li> <li>Low Emission Mining Plan</li> </ul>



## 5.2

## Cenário de Descarbonização MG

## 5.2.1 Decarbonisation Landscape

[Click here to view](#)

**Minas Gerais**

## DECARBONISATION LANDSCAPE

**CATAPULT**  
Energy Systems

The state of Minas Gerais is slightly larger than the area of France. We have the third largest GDP in Brazil, £30.29BI in the last quarter of 2021. The state stands out in the mining-steel, agricultural and industrial sectors. In the last decade, Minas Gerais stood out in the area of innovation, the state is the second in number of startups. In addition, Minas Gerais has a high concentration of top universities. Such factors favored the development of new sustainable policies. This study aims to point out and categorize players in the energy and decarbonisation sector.

**STARTUPS**

Minas Gerais is the second largest startup hub in Brazil. According to the government, the state has 966 active startups. Approximately 6.8% are directly or indirectly linked to the energy sector. In the city of Belo Horizonte, the San Pedro Valley, named after the famous Silicon Valley, helped to develop billionaire startups such as Hotmart and Meliuz.

**COMPANIES**

The companies installed in Minas Gerais stand out in the mining-metallurgical, agricultural and industrial parks sector. The main agricultural products produced in the State of Minas Gerais are coffee, sugar, milk, meat, soy, corn and beans. The state stands out in the extractive industries of iron and manganese, in an area known as "Quadrilátero Ferrífero". The state of Minas also stands out in the production of automobiles, chemical and food products. The highest concentration of industries is located in the Metropolitan Region of Belo Horizonte.

## 5.2.3 ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE

**LICENCE/DISCLAIMER**

A ESC está disponibilizando este relatório nas seguintes condições. Isso se destina a tornar as informações contidas neste relatório disponíveis de forma semelhante à Licença de Governo Aberto, mas não é Crown Copyright: é de propriedade da ESC. Ao abrigo desta licença, a ESC pode disponibilizar a Informação nos termos desta licença. Você é encorajado a usar e reutilizar as Informações que estão disponíveis sob esta licença ESC de forma livre e flexível, com apenas algumas condições.

**Usando informações sob esta licença ESC**

O seu uso das informações deste relatório indica sua aceitação dos termos e condições abaixo. A ESC concede-lhe a licença para que você use as informações se você se sujeitar às condições abaixo.

**Você é livre para:**

- copiar, publicar, distribuir e transmitir as informações;
- adaptar as Informações;
- explorar as informações de forma comercial e não comercial, por exemplo, combinando-as com outras informações, ou incluindo-as em seu próprio produto ou aplicação.

**Você deve, ao fazer qualquer um dos pontos acima:**

- reconhecer a fonte das informações, incluindo o seguinte reconhecimento: "As informações são retiradas [NOME DO RELATÓRIO], pela ESC";
- fornecer uma cópia ou um link para esta licença;
- afirmar que as informações contêm informações de direitos autorais licenciadas sob esta Licença ESC.
- adquirir e manter todas as licenças necessárias de qualquer terceiro necessário para usar as informações.

Estas são condições importantes desta licença e se você não cumprir com eles os direitos concedidos a você sob esta licença, ou qualquer licença semelhante concedida pela ESC, terminará automaticamente.

**Isenções**

Esta licença cobre apenas as informações e não cobre:

- dados pessoais nas informações;
- marcas comerciais da ESC; e
- quaisquer outros direitos de propriedade intelectual, incluindo patentes, marcas comerciais e direitos de design.

**O não endosso**

Esta licença não lhe concede o direito de uso da informações de uma maneira que sugira qualquer status oficial seu, ou que a ESC endossa a sua pessoa ou o seu uso das informações.

**Não-garantia e responsabilidade**

As informações são disponibilizadas para uso sem custo. Ao baixar as informações, você aceita a base na qual o ESC as disponibiliza. As informações são licenciadas 'como estão' e a ESC exclui todas as representações, garantias, obrigações e passivos em relação às informações na medida do permitido por lei.

A ESC não se responsabiliza por quaisquer erros ou omissões nas informações e não será responsável por qualquer perda, lesão ou dano de qualquer tipo causado por seu uso. Essa exclusão da responsabilidade inclui, mas não se limita a, quaisquer danos diretos, indiretos, especiais, incidentais, consequentes, punitivos ou exemplares em cada caso, como perda de receita, dados, lucros antecipados e negócios perdidos. A ESC não garante o fornecimento contínuo das informações.

**Jurisprudência**

Esta licença e qualquer disputa ou reivindicação decorrentes ou em conexão com ela (incluindo quaisquer reivindicações ou disputas não contratuais) serão regidas e interpretadas de acordo com as leis da Inglaterra e do País de Gales e as partes se submetem irrevogavelmente à jurisdição dos tribunais ingleses.

**Definições**

Nesta licença, os termos abaixo têm os seguintes significados: 'Informação' significa informações protegidas por direitos autorais ou por direito de banco de dados (por exemplo, obras literárias e artísticas, conteúdo, dados e código fonte) oferecidos para uso nos termos desta licença. 'ESC' significa ESC Limited, uma empresa incorporada e registrada na Inglaterra e país de Gales com número da empresa 8705784 cuja sede registrada é na Cannon House, 7º Andar, The Priory Queensway, Birmingham, B4 6BS. 'Uso' significa fazer qualquer ato que seja restrito por direitos autorais ou direito de banco de dados, seja no meio original ou em qualquer outro meio e inclui sem limitação de distribuição, copiar, adaptar, modificar, como pode ser tecnicamente necessário para usá-lo em um modo ou formato diferente. 'Você' significa a pessoa natural ou jurídica, ou corpo de pessoas corporativas ou incorporar, adquirindo direitos sob esta licença.

Visit our website  
[cp.catapult.org.uk](http://cp.catapult.org.uk)



Follow us on Twitter  
[@CPCatapult](https://twitter.com/CPCatapult)



Follow us on LinkedIn  
Connected Places Catapult

Email us  
[info@cp.catapult.org.uk](mailto:info@cp.catapult.org.uk)