

# MACROTENDÊNCIAS MUNDIAIS ATÉ 2040

Energia

Caro leitor,

Desenvolvido pela Fiesp e pelo Ciesp, o levantamento Macrotendências até 2040 foi elaborado com base em mais de 300 estudos, projetos e pesquisas, e joga luz sobre as mudanças que devem impactar o mundo nas próximas décadas, nos campos da saúde, alimentos, energia, infraestrutura, urbanização, consumo, trabalho, segurança e entretenimento.

O estudo atual, que é um aprofundamento do Macrotendências realizado em 2018, tem como objetivo ajudar empresas e setor público a avaliar futuras oportunidades de negócios, fazer investimentos mais produtivos, antecipar as necessidades dos consumidores e elaborar políticas voltadas para o desenvolvimento do Brasil.

Boa leitura!

Josué Gomes da Silva  
Presidente da Fiesp

Rafael Cervone  
Presidente do Ciesp

## O que são macrotendências mundiais?

**São as principais tendências que podem impactar a economia e a sociedade nas próximas décadas**

O horizonte temporal deste trabalho é até 2040 (algumas fontes consultadas cobrem até 2025 ou 2030, por exemplo, sendo 2040 o máximo contemplado)

		Pág.
I	<b>Objetivo</b>	5
II	<b>Principais determinantes</b>	8
III	<b>Macrotendências mundiais</b>	45
IV	<b>Impactos esperados das macrotendências</b>	79
Anexo I	<b>Agradecimentos</b>	
Anexo II	<b>Referências bibliográficas</b>	

		Pág.
<b>I</b>	<b>Objetivo</b>	<b>5</b>
II	Principais determinantes	8
III	Macrotendências mundiais	45
IV	Impactos esperados das macrotendências	79
Anexo I	Agradecimentos	
Anexo II	Referências bibliográficas	

## Qual o objetivo de acompanhar as macrotendências mundiais?

O monitoramento das macrotendências:

- Contribui para **avaliar futuras oportunidades de negócios**
- Compõe o quadro para **orientar os investimentos produtivos**
- Auxilia na **antecipação às necessidades dos consumidores**
- Subsidia a **elaboração de políticas, por exemplo, investimentos públicos, incluindo em tecnologia**, e outras **ações** visando aproveitar **oportunidades de desenvolvimento** para o país

## Considerações

- O objetivo do trabalho não é o detalhamento de aspectos técnicos ou econômicos de cada macrotendência, mas, sim, sinalizar temas que podem ser relevantes para aprofundamento para os distintos setores de atividade e atores econômicos: empresas, setor público, entidades representativas, entre outros.
- Especificamente no caso de empresas e setores, é importante que se analisem as macrotendências apresentadas para avaliar sua consistência e relevância, bem como a realização de estudos de viabilidade técnica e econômica, planos de negócio, e outras ações estratégicas a partir dessa análise.
- O trabalho não está organizado em termos de setores industriais, mas, sim, por macrotendências que foram identificadas nas pesquisas e entrevistas. Cada macrotendência pode impactar diversos setores da economia em distintas intensidades.
- Dado o dinamismo inerente ao tema e as interações entre os diversos aspectos que dirigem as macrotendências mundiais, não se pretende, com a divulgação deste trabalho, esgotar o assunto. Ao contrário, o trabalho deve ser compreendido com um organismo vivo, ou seja, deve estar em constante atualização.

		Pág.
I	Objetivo	5
<b>II</b>	<b>Principais determinantes</b>	<b>8</b>
III	Macrotendências mundiais	45
IV	Impactos esperados das macrotendências	79
Anexo I	Agradecimentos	
Anexo II	Referências bibliográficas	



## Impactos da pandemia da Covid-19 nas Macrotendências



- Os impactos da pandemia da Covid-19 sobre a saúde pública, as relações econômicas e sociais têm sido severos, mas ainda não puderam ser adequadamente estudados e mensurados. Ademais, são desconhecidos seus possíveis efeitos no médio prazo e principalmente seus efeitos permanentes.
- Em relação às macrotendências, a pandemia da Covid-19 pode ser incluída no grupo de “choques” que afetam a demanda e/ou oferta na economia, como os causados, por exemplo, por guerras ou catástrofes naturais, entre outros fatores.
- Dentre os impactos desse choque, houve a percepção do **papel estratégico da indústria** na saúde pública, segurança nacional, energética e alimentar. A importância da resiliência da cadeia de fornecedores tornou-se tópico urgente.
- Entende-se, assim, que a pandemia da Covid-19 poderá influenciar, em maior ou menor medida, as macrotendências mundiais:
  - O **principal impacto** da pandemia é **acelerar ou retardar processos de mudança** de longo prazo que já estavam em curso.
  - Mas também, a pandemia criou **novas tendências** que serão abordadas no decorrer do trabalho.

## Quais os principais determinantes das macrotendências mundiais?



As macrotendências resultam da interação entre diversos fatores, com destaque para:

- **Crescimento e envelhecimento populacional**
- **Crescimento do PIB e da renda per capita**
- **Desenvolvimento sustentável**
- **Evolução tecnológica**

Quais os principais determinantes das  
macrotendências mundiais?



Esses fatores podem ser divididos em dois grupos:

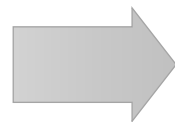
A. Fatores de longo prazo, na demografia e economia:

- Crescimento e envelhecimento populacional
- Crescimento do PIB e da renda per capita

B. Fatores impactantes, ou seja, afetados por decisões de políticas públicas, por mudanças nas preferências da sociedade e por decisões empresariais:

- Preocupação com o desenvolvimento sustentável
- Evolução tecnológica

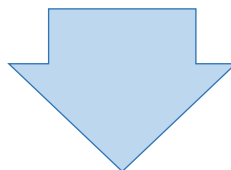
Principais determinantes das  
macrotendências mundiais



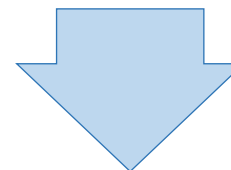
Síntese

Fatores de longo prazo

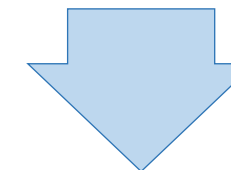
Crescimento da  
renda



Crescimento  
populacional

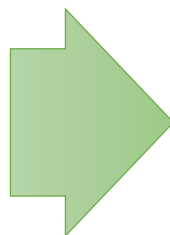


Envelhecimento  
populacional

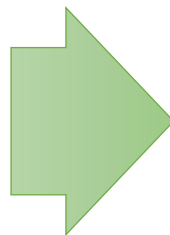


Fatores impactantes

Desenvolvimento  
sustentável



Evolução  
tecnológica



Macrotendências

Saúde

Alimentos

Energia

Infraestrutura

Urbanização

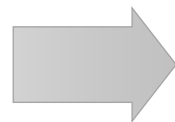
Perfil do consumidor

Trabalho e qualificação

Segurança

Entretenimento e turismo

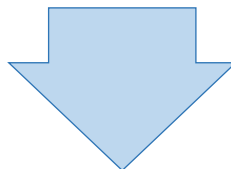
**Principais determinantes das  
macrotendências mundiais**



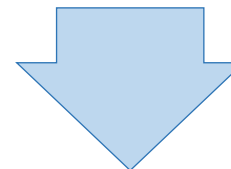
**Síntese**

**Fatores de longo prazo**

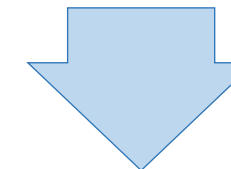
**Crescimento da  
renda**



**Crescimento  
populacional**

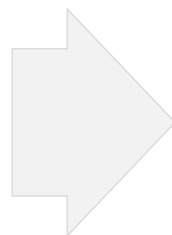


**Envelhecimento  
populacional**



**Fatores impactantes**

**Desenvolvimento  
sustentável**



**Evolução  
tecnológica**



**Macrotendências**

Saúde

Alimentos

Energia

Infraestrutura

Urbanização

Perfil do consumidor

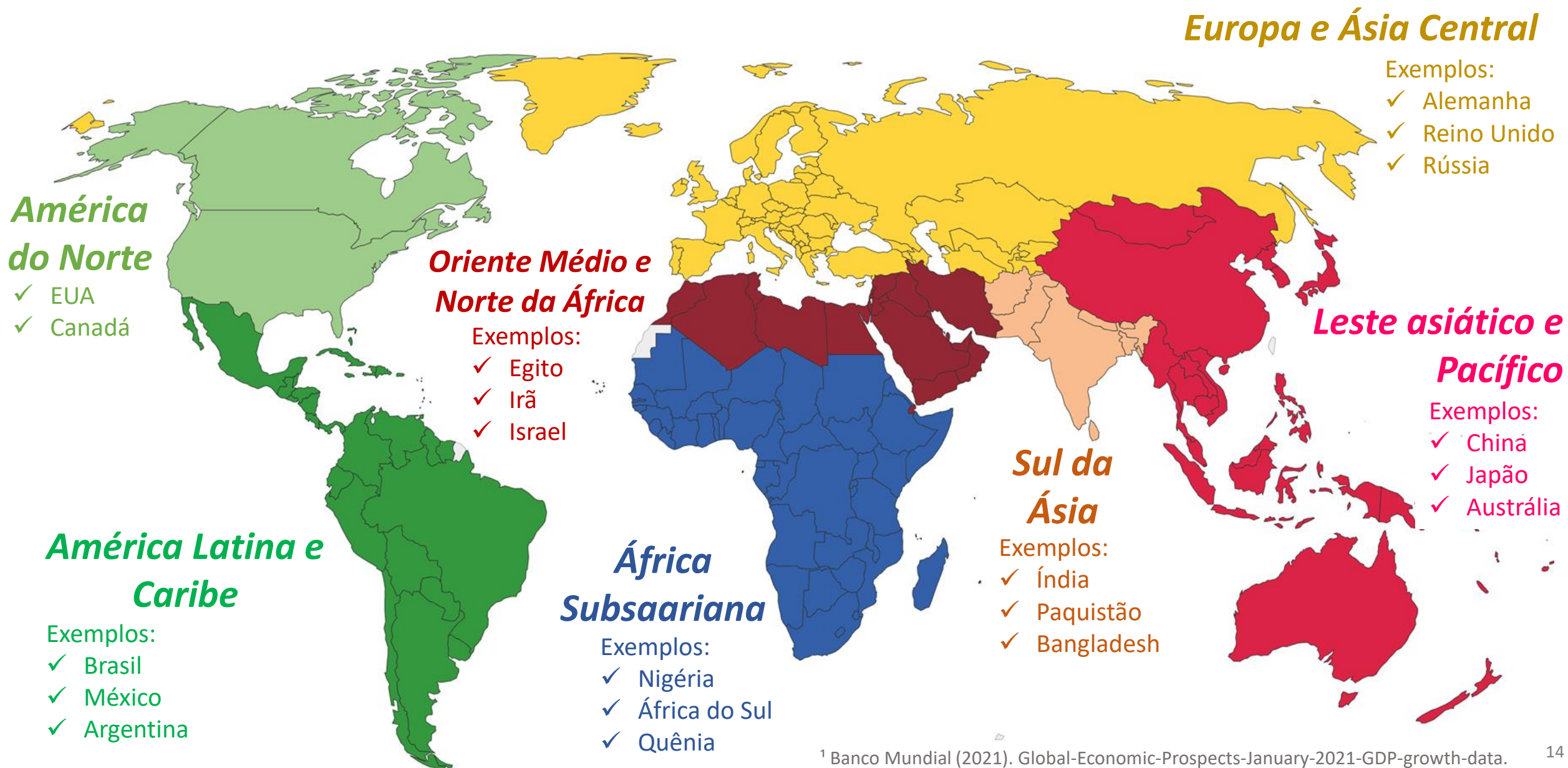
Trabalho e qualificação

Segurança

Entretenimento e turismo

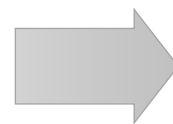
# Regiões do globo

Regiões do globo conforme critério do Banco Mundial:<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Banco Mundial (2021). Global-Economic-Prospets-January-2021-GDP-growth-data.

## Fatores de longo prazo



## Crescimento do PIB



O PIB mundial deve aumentar **70%** ou **US\$ 96 trilhões<sup>1</sup>**, chegando a **US\$ 233 trilhões** em 2040

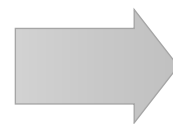
Região	% do total		PIB 2040	Variação 2020-2040		Contribuição para o crescimento total (%)
	2020	2040	Trilhões US\$ PPC	Trilhões US\$ PPC	%	
Leste Asiático e Pacífico	32,0%	33,9%	79	35	79,5%	36,7%
Sul da Ásia	9,0%	15,1%	35	23	185,0%	23,8%
África Subsaariana	3,2%	3,3%	8	3	73,7%	3,4%
Europa e Ásia Central	25,2%	20,6%	48	13	39,1%	14,2%
América Latina e Caribe	7,7%	7,4%	17	7	63,1%	7,0%
Oriente Médio e Norte da África	5,6%	5,2%	12	4	56,4%	4,6%
América do Norte	17,3%	14,5%	34	10	41,6%	10,4%
Brasil	2,4%	2,2%	5	2	55,8%	1,9%

**Leste Asiático e Pacífico, Sul da Ásia e África Subsaariana** terão os mais altos crescimentos %

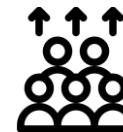
**Leste Asiático e Pacífico, Sul da Ásia, Europa e Ásia Central** responderão por **75%** do crescimento até 2040

<sup>1</sup> Em PPC – Paridade de Poder de Compra, preços de 2020.

## Fatores de longo prazo



## Crescimento populacional



Já a população mundial deve crescer **18%** ou **1,39 bilhão** de pessoas, alcançando **9,1 bilhões em 2040**

Região	% do total		População 2040	Variação 2020-2040		Contribuição para o crescimento total (%)
	2020	2040	Milhões	Milhões	%	
Leste Asiático e Pacífico	30,3%	26,8%	2.454	102	4,3%	7,3%
Sul da Ásia	23,9%	24,0%	2.199	342	18,4%	24,6%
África Subsaariana	14,7%	19,8%	1.812	676	59,5%	48,6%
Europa e Ásia Central	11,9%	10,2%	929	6	0,7%	0,4%
América Latina e Caribe	8,4%	8,1%	740	88	13,5%	6,3%
Oriente Médio e Norte da África	6,0%	6,6%	603	139	29,8%	10,0%
América do Norte	4,7%	4,5%	407	39	10,6%	2,8%
Brasil	2,7%	2,5%	229	17	7,8%	1,2%

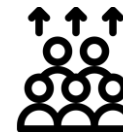
As **maiores** taxas de crescimento populacional **ocorrerão na África Subsaariana, Oriente Médio e Sul da Ásia**  
**Essas regiões responderão pela maior parte do aumento absoluto da população mundial**



## Fatores de longo prazo



## Crescimento populacional



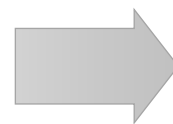
Já a população mundial deve crescer **18%** ou **1,39 bilhão** de pessoas, alcançando **9,1 bilhões em 2040**

Região	% do total		População 2040	Variação 2020-2040		Contribuição para o crescimento total (%)
	2020	2040	Milhões	Milhões	%	
Leste Asiático e Pacífico	30,3%	26,8%	2.454			7,3%
Sul da Ásia	23,9%	24,0%	2.199			24,6%
África Subsaariana	14,7%	19,8%	1.812			48,6%
Europa e Ásia Central	11,9%	10,2%	929			0,4%
América Latina e Caribe	8,4%	8,1%	740			6,3%
Oriente Médio e Norte da África	6,0%	6,6%	603			10,0%
América do Norte	4,7%	4,5%	407	39	10,6%	2,8%
Brasil	2,7%	2,5%	229	17	7,8%	1,2%

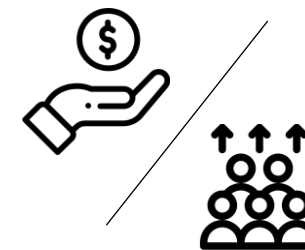
Impacta, por exemplo, o consumo de alimentos nessas regiões. Além da demanda por energia, urbanização, infraestrutura e segurança.

As **maiores** taxas de crescimento populacional **ocorrerão na África Subsaariana, Oriente Médio e Sul da Ásia**  
**Essas regiões responderão pela maior parte do aumento absoluto da população mundial**

## Fatores de longo prazo



Crescimento da  
renda per capita



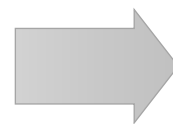
O PIB per capita deve aumentar **44%** ou **US\$ 7,7 mil<sup>1</sup>**, atingindo **US\$ 25.325** em 2040

Região	PIB per Capita (US\$ PPC)		Variação 2020-2040	
	2020	2040	US\$ PPC	%
Leste Asiático e Pacífico	18.616	32.023	13.407	72%
Sul da Ásia	6.591	15.859	9.268	141%
África Subsaariana	3.900	4.248	347	9%
Europa e Ásia Central	37.232	51.451	14.219	38%
América Latina e Caribe	16.053	23.072	7.020	44%
Oriente Médio e Norte da África	16.507	19.882	3.375	20%
América do Norte	64.378	82.403	18.025	28%
Brasil	15.191	21.960	6.769	45%

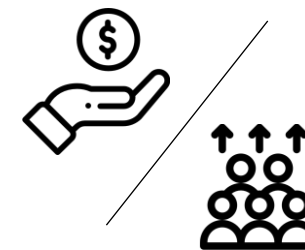
As regiões com maior crescimento do PIB per capita serão o **Leste Asiático e Pacífico** e o **Sul da Ásia**

<sup>1</sup> Em PPC – Paridade de Poder de Compra, preços de 2020.

## Fatores de longo prazo



Crescimento da  
renda per capita



O PIB per capita deve aumentar **44%** ou **US\$ 7,7 mil<sup>1</sup>**, atingindo **US\$ 25.325** em 2040

Região	PIB per Capita (US\$ PPC)		Variação 2020-2040	
	2020	2040	US\$ PPC	%
Leste Asiático e Pacífico	18.616	32.023	13.407	72%
Sul da Ásia			9.568	141%
África Subsaariana			347	9%
Europa e Ásia Central			14.219	38%
América Latina e Caribe			7.020	44%
Oriente Médio e Norte da África			3.375	20%
América do Norte			18.025	28%
Brasil	15.191	21.960	6.769	45%

Pode impactar, por exemplo, em mudanças no perfil do consumidor, na demanda por entretenimento e turismo, e consumo de alimentos nessas regiões.

As regiões com maior crescimento do PIB per capita serão o **Leste Asiático e Pacífico** e o **Sul da Ásia**

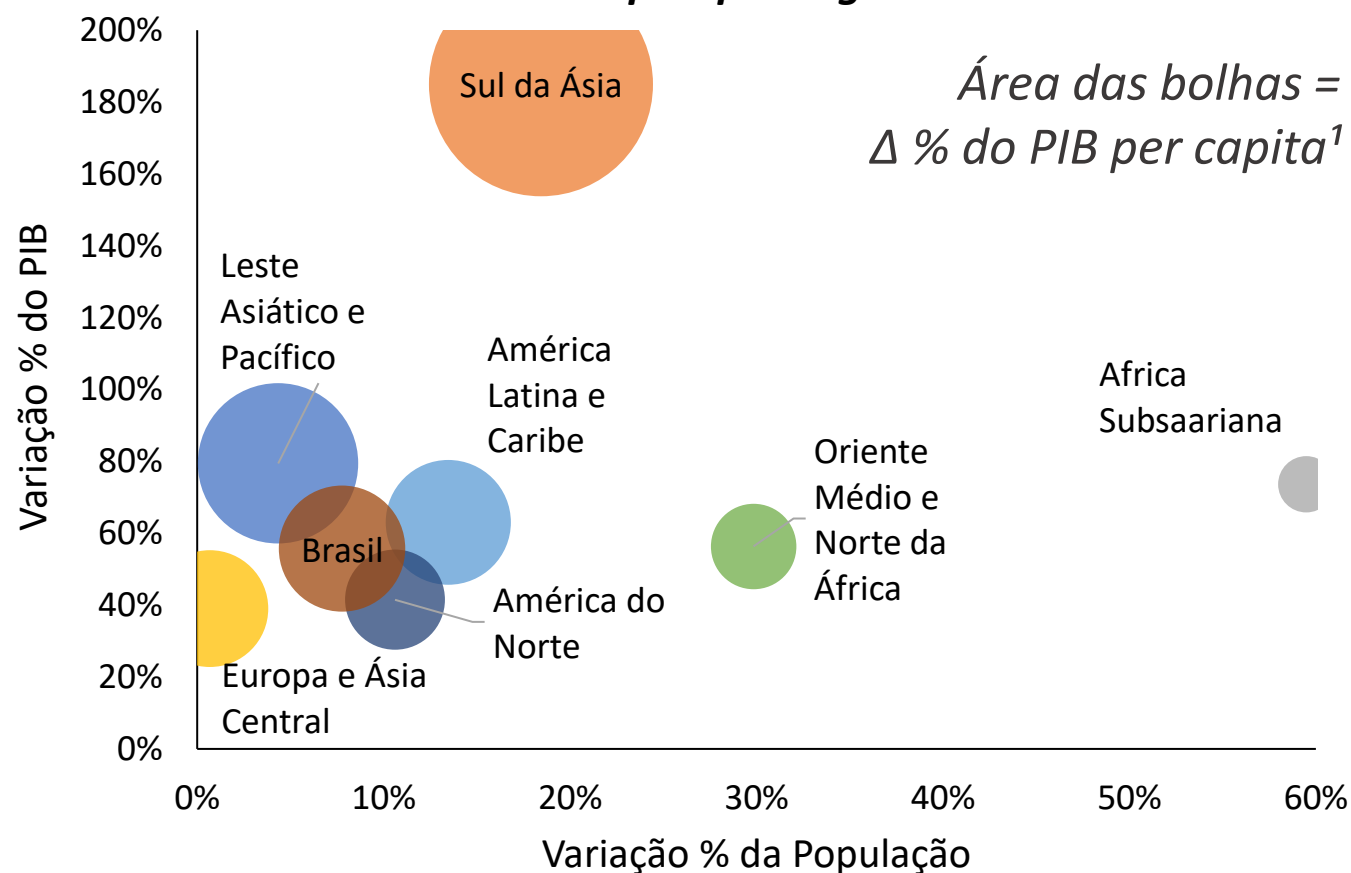
<sup>1</sup> Em PPC – Paridade de Poder de Compra, preços de 2020.

## Fatores de longo prazo



Crescimento do PIB, da população e da renda per capita

***Crescimento da população, do PIB e do PIB per capita por região***



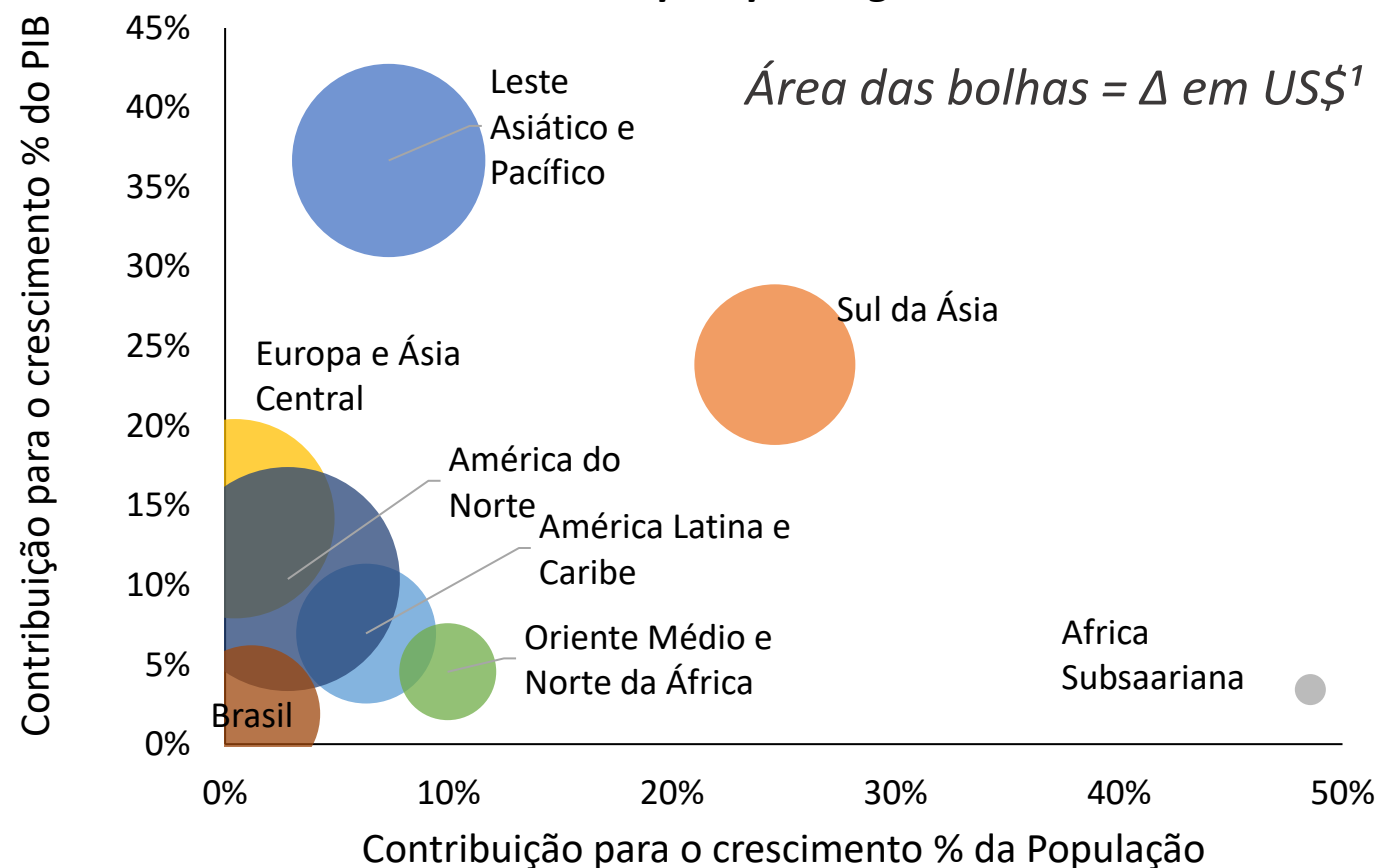
<sup>1</sup> Em PPC – Paridade de Poder de Compra, preços de 2020.

## Fatores de longo prazo



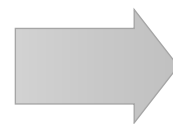
Crescimento do PIB, da população e da renda per capita

### Crescimento da população, do PIB e do PIB per capita por região



<sup>1</sup> Em PPC – Paridade de Poder de Compra, preços de 2020.

## Fatores de longo prazo



## Envelhecimento da população

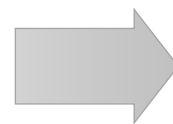


A população de idosos<sup>1</sup> deve aumentar em 565 milhões ou **77%**, passando de **722 milhões de pessoas** em 2020 para **1,28 bilhão de pessoas** em 2040.

Região	Porcentagem de idosos <sup>1</sup>		Idosos <sup>1</sup> 2040	Variação 2020-2040		Contribuição para o crescimento total
	2020	2040	Milhões	Milhões	%	
Leste Asiático e Pacífico	11,6%	21,1%	519	246	90,3%	43,6%
Sul da Ásia	6,1%	10,1%	222	107	94,0%	19,0%
África Subsaariana	3,0%	3,9%	71	36	106,1%	6,4%
Europa e Ásia Central	16,9%	23,1%	214	59	37,6%	10,4%
América Latina e Caribe	9,0%	15,3%	113	55	93,5%	9,7%
Oriente Médio e Norte da África	5,4%	9,9%	60	35	136,8%	6,1%
América do Norte	16,8%	21,9%	89	27	44,3%	4,8%
Brasil	9,6%	17,7%	41	20	99,0%	3,6%

**Mais de 70% do crescimento da população idosa será por conta do Leste Asiático e Pacífico, Sul da Ásia e Europa e Ásia Central**

## Fatores de longo prazo



## Envelhecimento da população



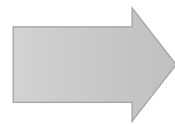
Em 2020, a população de idosos<sup>1</sup> atingiu **722 milhões de pessoas** e, espera-se que, em 2040, seja de **1,28 bilhão de pessoas**, ou 565 milhões a mais.

Região	Porcentagem de idosos <sup>1</sup>		Idosos <sup>1</sup> 2040	Variação 2020-2040		Contribuição para o crescimento total
	2020	2040	Milhões	Milhões	%	
Leste Asiático e Pacífico	11,6%	21,1%	519	246	90,3%	43,6%
Sul da Ásia	6,1%	12,2%	308	146	94,0%	19,0%
África Subsaariana	3,0%	6,2%	155	70	106,1%	6,4%
Europa e Ásia Central	16,9%	22,5%	565	210	37,6%	10,4%
América Latina e Caribe	9,0%	18,0%	450	207	93,5%	9,7%
Oriente Médio e Norte da África	5,4%	12,6%	315	136	136,8%	6,1%
América do Norte	16,8%	22,5%	565	227	44,3%	4,8%
Brasil	9,6%	17,7%	41	20	99,0%	3,6%

Pode impactar em mudanças na demanda por saúde, perfil do consumidor e na demanda por entretenimento e turismo, por exemplo

**Mais de 70% do crescimento da população idosa será por conta do Leste Asiático e Pacífico, Sul da Ásia e Europa e Ásia Central**

**Principais determinantes das  
macrotendências mundiais**



**Síntese**

**Fatores de longo prazo**



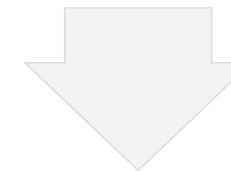
Crescimento da  
renda



Crescimento  
populacional

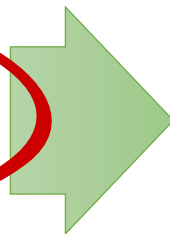


Envelhecimento  
populacional

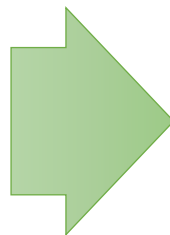


**Fatores impactantes**

**Desenvolvimento  
sustentável**



**Evolução  
tecnológica**



**Macrotendências**

Saúde

Alimentos

Energia

Infraestrutura

Urbanização

Perfil do consumidor

Trabalho e qualificação

Segurança

Entretenimento e turismo





## Agenda 2030: Um plano de ação global

O documento adotado na Assembleia Geral da ONU em 2015, “Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, é o **conjunto de objetivos e metas** deliberadas pelos 193 países membros da Organização das Nações Unidas (ONU). É também um plano de ação constituído de **17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS** e 169 metas que deverão estimular e apoiar ações em áreas de importância crucial para a humanidade: Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parcerias.

- **ODS 1:** Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.
- **ODS 2:** Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.
- **ODS 3:** Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.
- **ODS 4:** Assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.
- **ODS 5:** Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.
- **ODS 6:** Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento.
- **ODS 7:** Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia.
- **ODS 8:** Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente.



## Agenda 2030: Um plano de ação global (cont.)

- **ODS 9:** Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.
- **ODS 10:** Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.
- **ODS 11:** Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.
- **ODS 12:** Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.
- **ODS 13:** Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos.
- **ODS 14:** Conservar e usar sustentavelmente os oceanos, os mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.
- **ODS 15:** Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.
- **ODS 16:** Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.
- **ODS 17:** Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.



## Mudança do clima

O Acordo de Paris, firmado no final da 21ª Conferência das Partes (COP21), realizada em Paris, no fim de 2015, representa o compromisso assumido pelas 195 nações signatárias em resposta global à ameaça da mudança do clima, objetivando um esforço conjunto para:

- a) Envidar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C em relação aos níveis pré-industriais, reconhecendo que isso reduziria significativamente os riscos e os impactos da mudança do clima;
- b) Aumentar a capacidade de adaptação aos impactos negativos da mudança do clima e promover a resiliência à mudança do clima e um desenvolvimento de baixa emissão de gases de efeito estufa GEEs, de uma maneira que não ameace a produção de alimentos; e
- c) Tornar os fluxos financeiros compatíveis com uma trajetória rumo a um desenvolvimento de baixa emissão de gases de efeito estufa e resiliente à mudança do clima.



## Mudança do clima

O Brasil apresentou seu compromisso – as chamadas Contribuições Nacionalmente Determinadas – NDCs, em relação à redução das emissões dos GEEs (gases de efeito estufa) :

- Redução de **37% das emissões em 2025** em relação ao ano base 2005 - 1.3 GtCO<sub>2</sub>e.
- Redução de **43% das emissões em 2030** em relação ao ano base 2005 - 1.2 GtCO<sub>2</sub>e.
- Antecipação da neutralidade em carbono para 2050.

### Principais medidas:

**i) Aumento da participação de biocombustíveis na matriz energética brasileira para 18% até 2030**

**ii) Mudança de uso do solo e florestas:**

- Intensificação da implantação do código florestal.
- Aumento de fiscalização na Amazônia Brasileira.
- Zero desmatamento ilegal até 2030.
- Compensações de GEEs (emissões de gases de efeito estufa) em processos de desmatamento legal.
- Restauração e reflorestamento de 12 milhões de hectares de floresta até 2030.



## Mudança do clima

### Principais medidas (cont.):

#### iii) Setor de Energia: atingir 45% de renováveis na matriz energética até 2030 (2018: 45,3% Resenha MME)

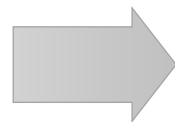
- Aumento da parcela de renováveis, excluindo hidrelétricas no mix total da matriz energética entre 28-33% até 2030 (2018: 32,7%).
- Aumento da parcela de renováveis na matriz de geração de energia elétrica, excluindo hidrelétrica, para 23% em 2030 (2018:20%).
- Obter, até 2030, 10% de aumento de eficiência no setor elétrico.

#### No setor industrial:

- Promover novos padrões de tecnologia limpa
- Aumentar nível de eficiência energética
- Desenvolver infraestrutura de baixo carbono.

**Outras medidas:** na agricultura, intensificar o programa de baixo-carbono, e, no setor de transporte, promover medidas de eficiência energética

**Principais determinantes das  
macrotendências mundiais**



**Síntese**

**Fatores de longo prazo**



Crescimento da  
renda



Crescimento  
populacional

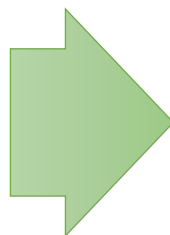


Envelhecimento  
populacional

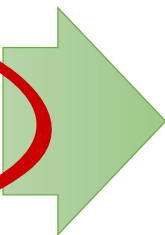


**Fatores impactantes**

**Desenvolvimento  
sustentável**



**Evolução  
tecnológica**



**Macrotendências**

Saúde

Alimentos

Energia

Infraestrutura

Urbanização

Perfil do consumidor

Trabalho e qualificação

Segurança

Entretenimento e turismo

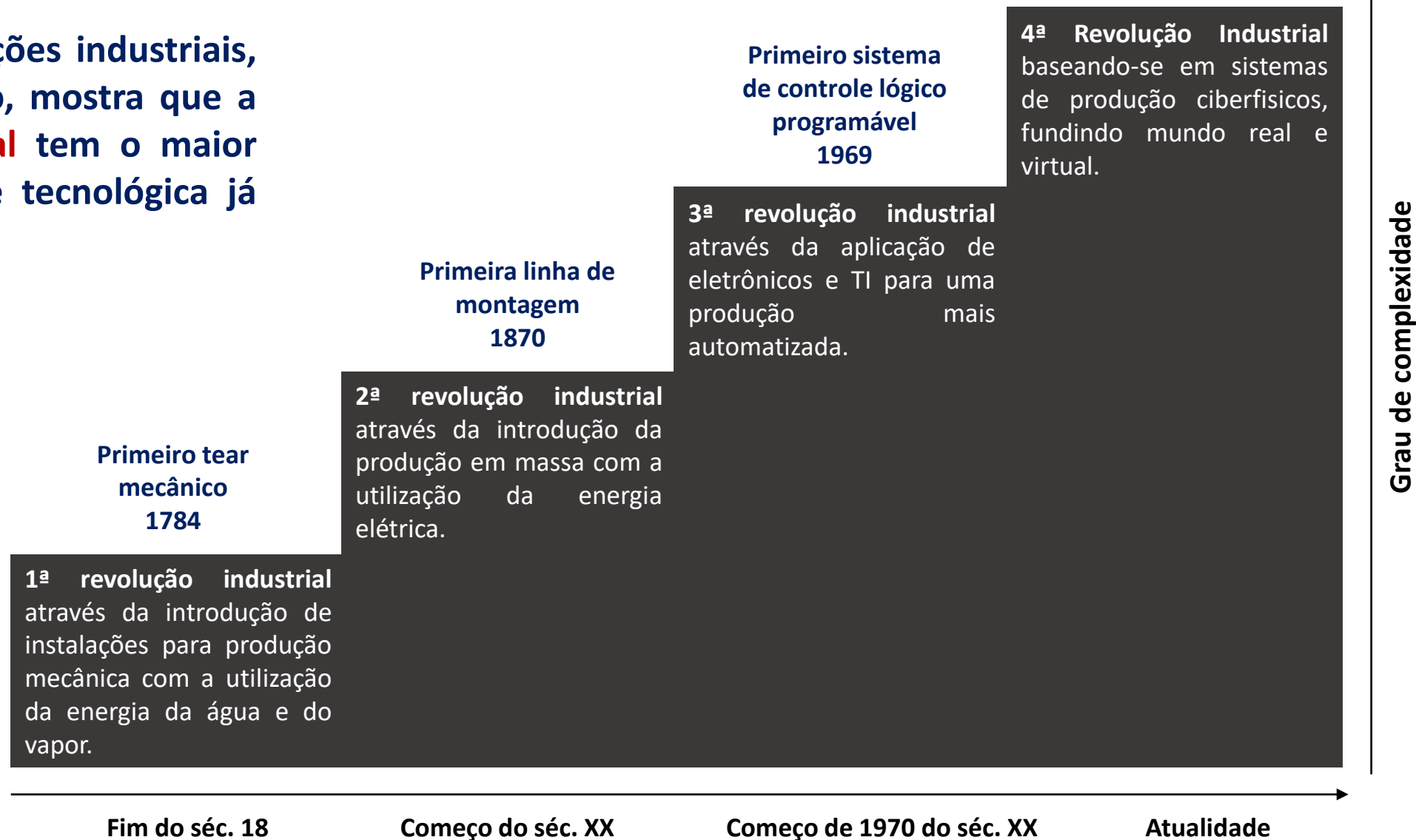
# Fatores impactantes



## Evolução tecnológica



O histórico das revoluções industriais, desde o tear mecânico, mostra que a **4ª Revolução Industrial** tem o maior nível de complexidade tecnológica já visto



Fonte: Deloitte (2015). Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies.

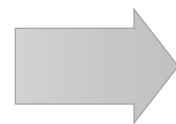


Tecnologias da **4ª Revolução Industrial ou Indústria 4.0** devem passar por um processo de **maturação e proliferação** nas próximas décadas:

- **Alterando** profundamente os **processos produtivos**, o **perfil dos empregos**, os **fatores de competitividade empresarial** e das **economias**, e a **configuração das cadeias produtivas mundiais**, entre outros aspectos.
- Esse processo de **maturação e proliferação** tem feito com que essas tecnologias ganhem, cada vez mais, um caráter de **Sociedade 4.0**.



## Fatores impactantes



## Evolução tecnológica



Tecnologias da **4ª Revolução Industrial ou Indústria 4.0** que devem passar por um processo de maturação e proliferação nas próximas décadas:

- Digitalização
- Manufatura Aditiva
- Automação e robótica
- Robótica colaborativa
- IA (Inteligência artificial), *Machine Learning*, *Deep Learning*
- IoT (*Internet of things*)
- IIoT (*Industrial internet of things*)
- Computação de borda e de nuvem
- Gêmeos digitais
- Economia Comportamental e “*Affective Computing*”
- Computação de alto desempenho
- Computação quântica
- Materiais avançados
- Nanotecnologia
- Realidade aumentada, redes de comunicação, simulação e design digital
- Redes de 5G
- *Blockchain*

Diversas dessas tecnologias se mostraram úteis durante a pandemia da Covid-19, acelerando seu processo de implementação em empresas e órgãos de governo, contribuindo para sua expansão na sociedade.



### 4ª Revolução Industrial

#### Principais características dos processos de produção:

##### Interoperabilidade

Sistemas ciberfísicos permitem que seres humanos e fábricas inteligentes se conectem e se comuniquem

##### Virtualização

Uma cópia virtual da fábrica inteligente é criada por meio da conexão entre os dados dos sensores com modelos de plantas virtuais e modelos de simulação

##### Descentralização

Capacidade dos sistemas ciberfísicos tomarem suas próprias decisões e produzirem localmente, graças a tecnologias como a impressão 3D

##### Capacidade em tempo real

A capacidade de recolher e analisar dados e fornecer os insights imediatamente

##### Orientado a serviços

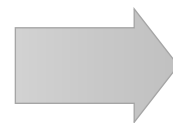
Oferta de serviços através da Internet

##### Modularidade

Adaptação flexível das fábricas inteligentes aos requisitos para substituir ou expandir módulos individuais

##### Customização

Produção tem capacidade de se reconfigurar para customização a cada unidade do produto



À exemplo do que ocorre com a segurança alimentar e energética, a **segurança tecnológica** e a **segurança na saúde** adquiriram status prioritário nas estratégias dos países líderes

### Segurança tecnológica

A **evolução tecnológica** ganhou importância no contexto geopolítico: potências mundiais buscam assegurar o domínio tecnológico e fortalecer as cadeias produtivas domésticas nas indústrias de alta intensidade tecnológica



#### ✓ Terras raras e minerais estratégicos

Aplicações: semicondutores, grafeno e cerâmicas avançadas

Governo dos EUA articula programas p/ produção de terras raras<sup>1</sup>

#### ✓ Semicondutores/componentes eletrônicos

Aplicações: de automóveis e eletrônicos até armamentos

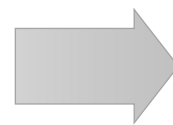
Incentivos: Governo da **China** (US\$ 100 bilhões), **EUA** (US\$ 50 bilhões), e **União Europeia** (€43 bilhões)<sup>1</sup>

### Segurança na saúde

#### ✓ Fármacos e medicamentos/vacinas

<sup>1</sup> The White House (2021). Building resilient supply chains, revitalizing american manufacturing, and fostering broad-based growth. 100-Day Reviews under Executive Order 14017 e Valor Econômico (09/02/2022).

## Fatores impactantes



## Evolução tecnológica



## Segurança tecnológica: terras raras e minerais estratégicos

O que são?  
Para que servem?

**Terras raras:** conjunto de quinze elementos químicos<sup>1</sup> obtidos pelo beneficiamento de diversos minerais. São componentes essenciais para a:

- Fabricação dos chamados “**novos materiais**”, como **materiais compósitos, grafeno** e cerâmicas avançadas, cujas aplicações vão desde torres de geração de energia eólica até aeronaves e equipamentos bélicos.
- Fabricação de **semicondutores** (mais detalhes na página [40](#)).

**Minerais estratégicos:** produtos minerais essenciais para as cadeias produtivas industriais e sobretudo nos segmentos de alta tecnologia, por exemplo, metais como lítio e níquel.

Por que sua importância vai aumentar ainda mais?

Por conta da aplicação em **diversos bens de alta tecnologia**, a **demand**a por terras raras e minerais estratégicos **deve aumentar exponencialmente** nas próximas décadas, especialmente considerando os cenários de redução das emissões de carbono.

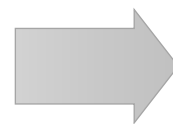


Legend:

- Nonmetals (Pink)
- Alkali metals (Yellow)
- Alkaline Earth metals (Orange)
- Transition elements (Purple)
- Other metals (Light Blue)
- Metalloids (Green)
- Halogenes (Dark Green)
- Noble gases (Light Green)
- Lanthanides (Light Yellow)
- Actinides (Light Blue)

<sup>1</sup> <http://www.inb.gov.br/>

# Fatores impactantes



# Evolução tecnológica



## Segurança tecnológica: terras raras e minerais estratégicos

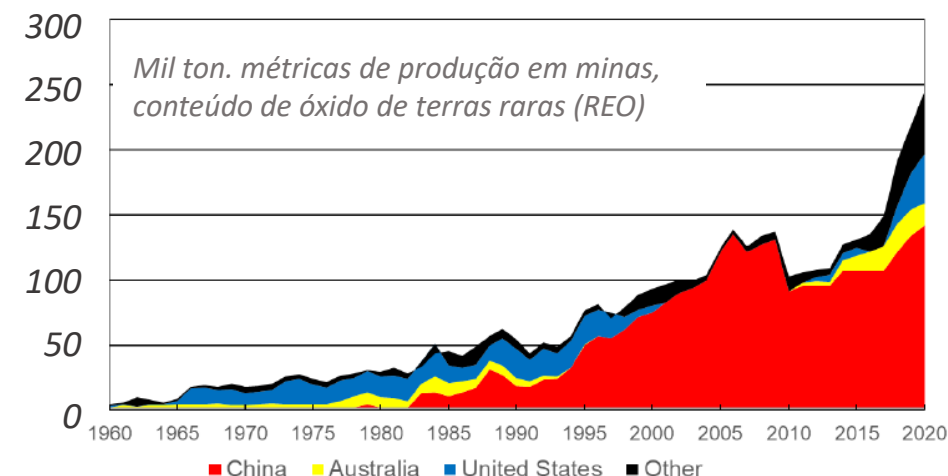
### Perspectivas

Demanda global por lítio e grafite, dois dos materiais mais importantes para a produção de baterias de veículos elétricos, deve crescer mais de 4.000% até 2040.<sup>1</sup>

### Iniciativas de política pública

O governo dos EUA está articulando programas de incentivo à mineração e beneficiamento doméstico de minerais considerados estratégicos, com destaque para o **desenvolvimento da produção de terras raras**, atualmente dominada pela China (conforme gráfico ao lado).<sup>1</sup>

### Produção mundial de terras raras<sup>1</sup>



<sup>1</sup> The White House (2021). Building resilient supply chains, revitalizing american manufacturing, and fostering broad-based growth. 100-Day Reviews under Executive Order 14017.

## Fatores impactantes

## Evolução tecnológica



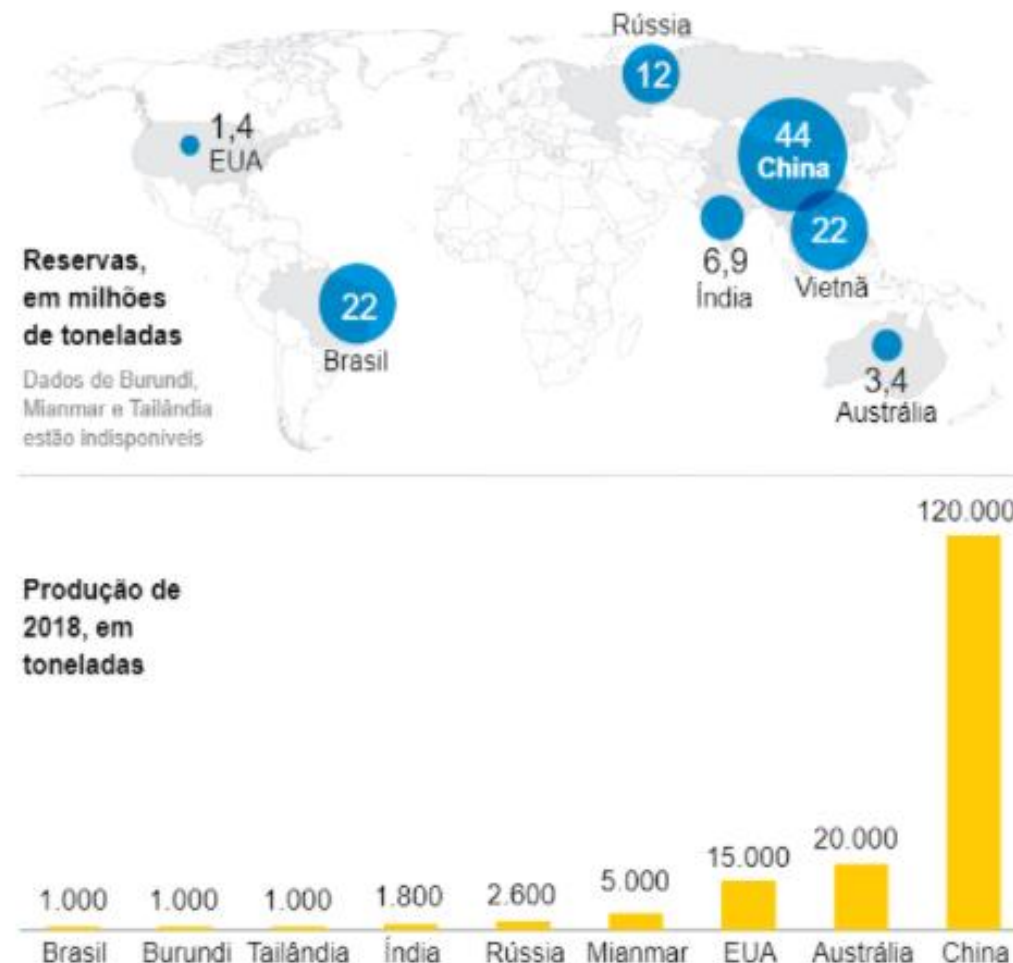
Brasil possui a **segunda maior reserva de terras raras** no mundo, mas é o nono maior produtor

Reserva de terras raras do Brasil: 22 milhões de toneladas (conforme Serviço Geológico dos EUA).

### Exemplos:

- Grafite (principal matéria prima do grafeno):
  - ✓ Segunda maior reserva do mundo
  - ✓ Terceiro maior produtor do mundo
- Lítio: 8% das reservas mundiais

### *Reservas e produção mundial de terras raras<sup>1</sup>*



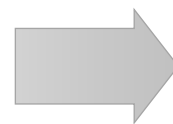
<sup>1</sup> U.S. Geological Survey (USGS).



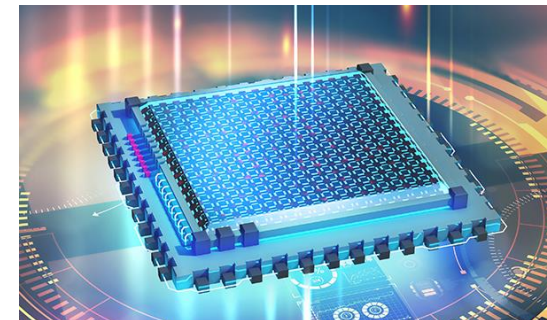


## Principais **obstáculos** à produção de **terras raras** no Brasil

- Necessidade de **desenvolvimento tecnológico para beneficiamento** dos minerais, a exemplo do que ocorreu com o Pré-Sal, uma vez que essa atividade é bastante complexa
- Necessidade de **tecnologia para correto tratamento e destinação dos resíduos e efluentes** do processo de beneficiamento, pois alguns são radioativos
- **Dificuldade de viabilização econômica** da exploração e beneficiamento, pois a produção de terras raras tem baixo rendimento, é complexa e intensiva em energia



## Segurança tecnológica: semicondutores/componentes eletrônicos



O que são?

Semicondutores é um classe de materiais com propriedades especiais de condução de correntes elétricas.

Para que servem?

Utilizados na produção de **circuitos eletrônicos integrados (ICs)**, **chips** e outros componentes essenciais nos mais variados bens associados à eletrônica e ao mundo digital: veículos (automóveis, aeronaves), máquinas e equipamentos industriais, para energia e telefonia, equipamentos bélicos, bens de consumo final (computadores, telefones celulares, TVs), entre outros.

Por que sua importância vai aumentar ainda mais?

Semicondutores serão um dos **fatores centrais na transição energética**, pois são utilizados na fabricação de equipamentos e sistemas para: geração de energias renováveis, transmissão e distribuição de energia elétrica (redes *smart grid*), baterias de veículos elétricos e híbridos. Além disso, serão essenciais na construção dos sistemas de internet 5G e na maior parte das tecnologias associadas à 4ª Revolução Industrial.





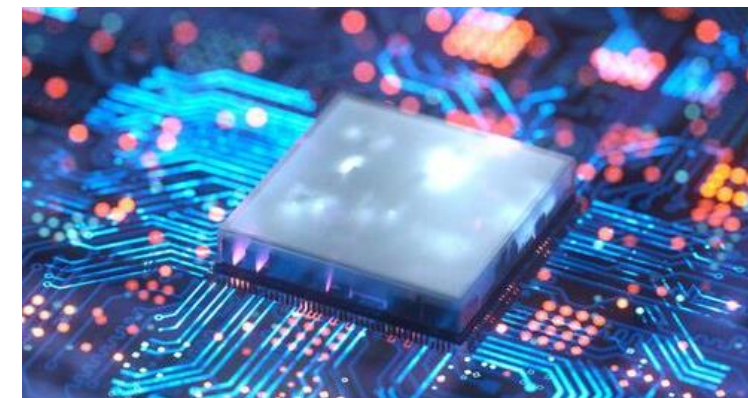
## Segurança tecnológica: semicondutores/componentes eletrônicos



O **governo dos EUA** está pleiteando no Congresso um programa com **US\$ 50 bilhões em incentivos** para investimentos na fabricação e P&D de semicondutores.<sup>1</sup>



O **governo chinês** possui programas com **US\$ 100 bilhões em subsídios** à indústria de semicondutores, apoiando, dentre outras iniciativas, a instalação de sessenta novas plantas produtivas. Além disso, subsídios dos governos regionais da China ao setor são da ordem de US\$ 145 bilhões no período 2015-2025.<sup>1</sup>



Iniciativas de política pública

<sup>1</sup> The White House (2021). Building resilient supply chains, revitalizing american manufacturing, and fostering broad-based growth. 100-Day Reviews under Executive Order 14017.

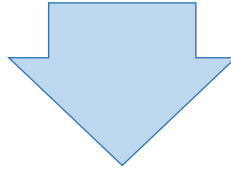
**Principais determinantes das  
macrotendências mundiais**



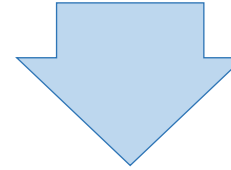
**Síntese**

**Fatores de longo prazo**

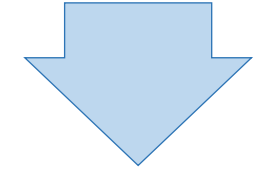
**Crescimento da  
renda**



**Crescimento  
populacional**

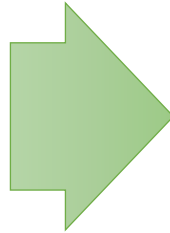


**Envelhecimento  
populacional**

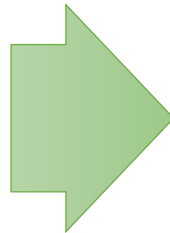


**Fatores impactantes**

**Desenvolvimento  
sustentável**



**Evolução  
tecnológica**



**Macrotendências**

**Saúde**

**Alimentos**

**Energia**

**Infraestrutura**

**Urbanização**

**Perfil do consumidor**

**Trabalho e qualificação**

**Segurança**

**Entretenimento e turismo**

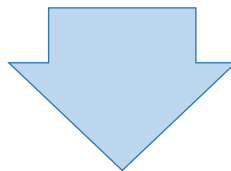
**Principais determinantes das  
macrotendências mundiais**



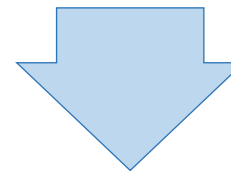
**Síntese**

**Fatores de longo prazo**

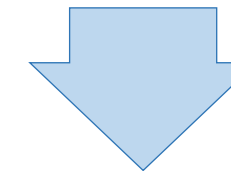
**Crescimento da  
renda**



**Crescimento  
populacional**



**Envelhecimento  
populacional**



**Macrotendências**

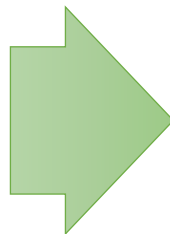
**Direcionador**

**Direcionador**

**Direcionador**

**Fatores impactantes**

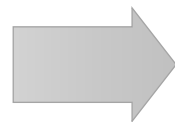
**Desenvolvimento  
sustentável**



**Evolução  
tecnológica**



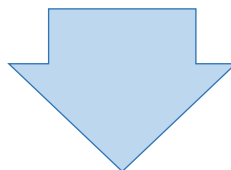
**Principais determinantes das  
macrotendências mundiais**



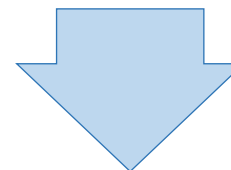
**Síntese**

**Fatores de longo prazo**

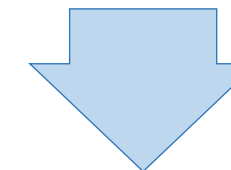
**Crescimento da  
renda**



**Crescimento  
populacional**



**Envelhecimento  
populacional**



**Macrotendências**

*Ex: Crescimento da demanda  
e transformações na  
produção de alimentos*

**Direcionador**

**Direcionador**

**Direcionador**

**Eixo**

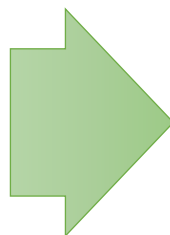
**Eixo**

**Eixo**

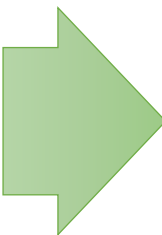
*Ex: Alimentos processados  
funcionais e de maior validade*

**Fatores impactantes**

**Desenvolvimento  
sustentável**



**Evolução  
tecnológica**



*Ex: Aumento da  
demanda*

		Pág.
I	Objetivo	5
II	Principais determinantes	8
<b>III</b>	<b>Macrotendências mundiais</b>	<b>45</b>
IV	Impactos esperados das macrotendências	79
Anexo I	Agradecimentos	
Anexo II	Referências bibliográficas	

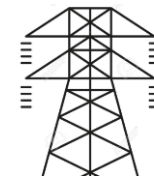
**Quais são as macrotendências mundiais?**



**1. SAÚDE**



**2. ALIMENTOS**



**3. ENERGIA**



**4. INFRAESTRUTURA**



**5. URBANIZAÇÃO**



**6. PERFIL DO  
CONSUMIDOR**



**7. TRABALHO E  
QUALIFICAÇÃO**



**8. SEGURANÇA**



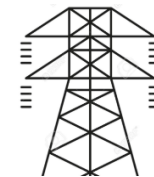
**9. ENTRETENIMENTO E  
TURISMO**



1. SAÚDE



2. ALIMENTOS



3. ENERGIA



4. INFRAESTRUTURA



5. URBANIZAÇÃO



6. PERFIL DO  
CONSUMIDOR



7. TRABALHO E  
QUALIFICAÇÃO

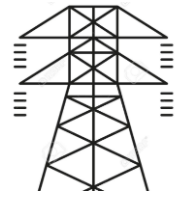


8. SEGURANÇA

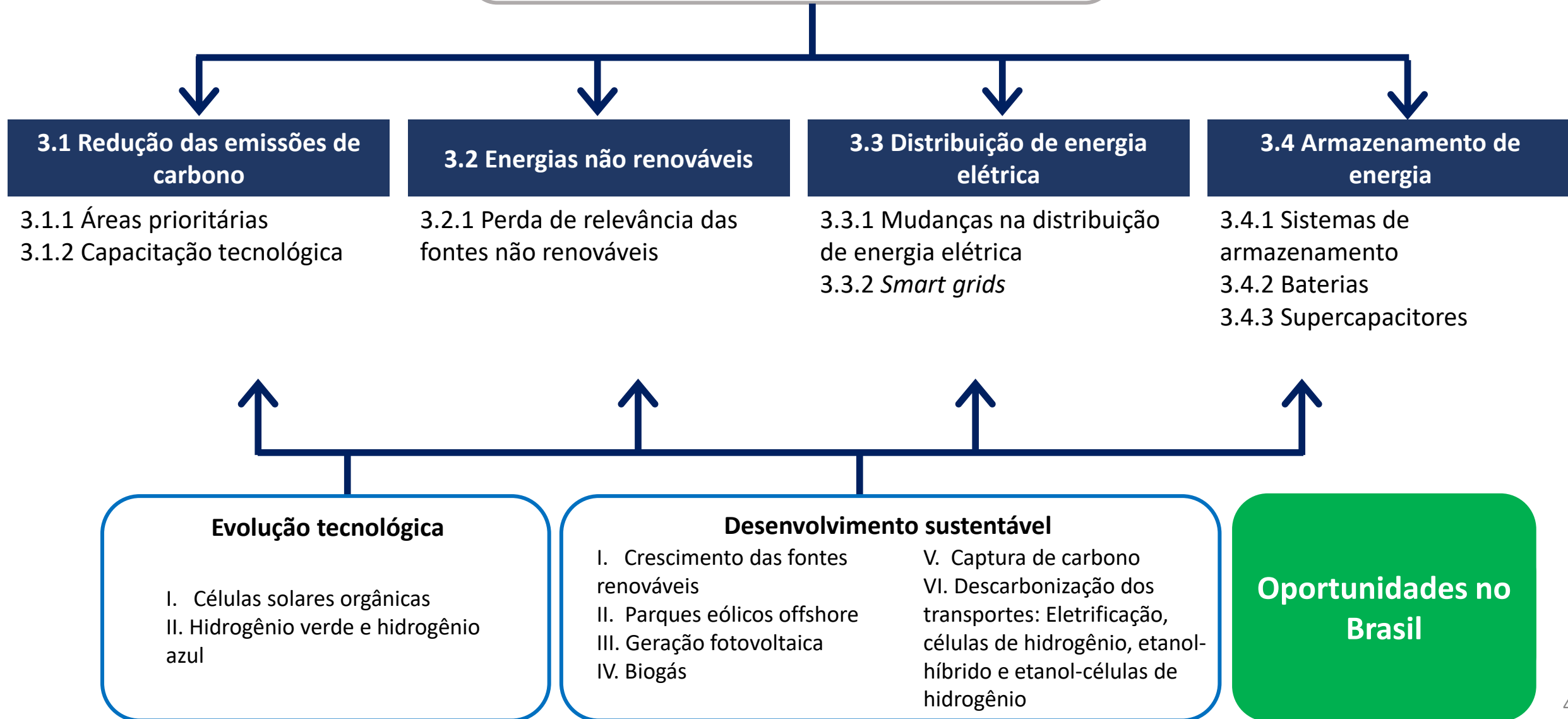


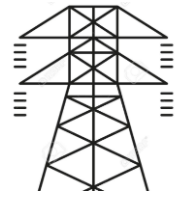
9. ENTRETENIMENTO E  
TURISMO





### 3. Transição na produção e demanda de energia





### 3. Transição na produção e demanda de energia

#### 3.1 Redução das emissões de carbono

- 3.1.1 Áreas prioritárias
- 3.1.2 Capacitação tecnológica

#### 3.2 Energias não renováveis

- 3.2.1 Perda de relevância das fontes não renováveis

#### 3.3 Distribuição de energia elétrica

- 3.3.1 Mudanças na distribuição de energia elétrica
- 3.3.2 *Smart grids*

#### 3.4 Armazenamento de energia

- 3.4.1 Sistemas de armazenamento
- 3.4.2 Baterias
- 3.4.3 Supercapacitores

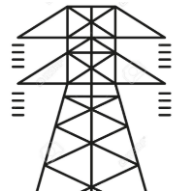
#### Evolução tecnológica

- I. Células solares orgânicas
- II. Hidrogênio verde e hidrogênio azul

#### Desenvolvimento sustentável

- I. Crescimento das fontes renováveis
- II. Parques eólicos offshore
- III. Geração fotovoltaica
- IV. Biogás
- V. Captura de carbono
- VI. Descarbonização dos transportes: Eletrificação, células de hidrogênio, etanol-híbrido e etanol-células de hidrogênio

#### Oportunidades no Brasil

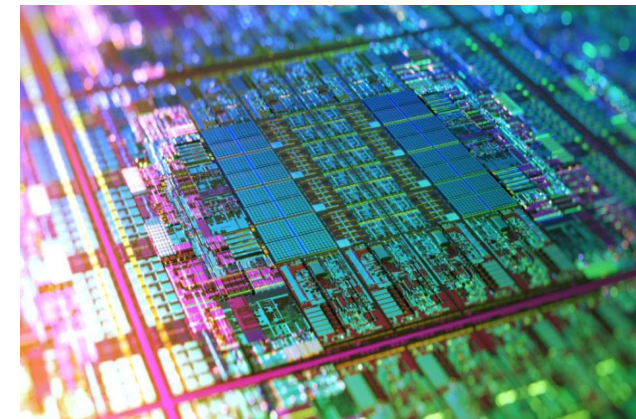


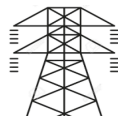
### 3. Transição na produção e demanda de energia

#### 3.1 Redução das emissões de carbono

3.1.1 Áreas prioritárias

3.1.2 Capacitação tecnológica





## 3. Transição na produção e demanda de energia

### 3.1 Redução das emissões de carbono

#### 3.1.1 Áreas prioritárias

##### Perspectivas

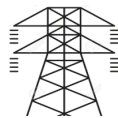
- Governos e empresas dos mais diversos setores econômicos têm sido cada vez mais demandados a adotar metas e implementar ações para redução da emissões de carbono, que serão fundamentais para o desenvolvimento sustentável nas próximas décadas, conforme abordado no capítulo II do trabalho.

##### Perspectivas

As ações para redução de emissões de carbono deverão abranger diversos segmentos da área de energia, abordados nas próximas páginas, com destaque para:

- Redução na utilização de fontes não renováveis
- *Smart grids*: sistemas digitalizados de distribuição e transmissão inteligente de energia
- Desenvolvimento, crescimento da oferta e redução do custo de fontes renováveis de energia
- Captura de carbono na produção e uso das fontes fósseis
- Descarbonização dos transportes





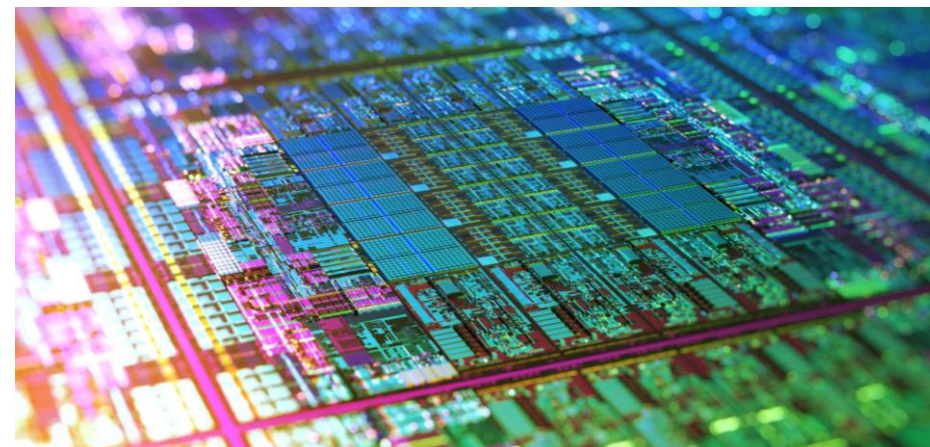
## 3. Transição na produção e demanda de energia

### 3.1 Redução das emissões de carbono

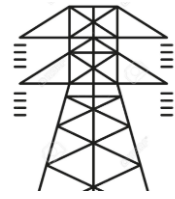
#### 3.1.2 Capacitação tecnológica: fortalecimento dos programas governamentais de incentivo à ciência e tecnologia relacionadas à redução de emissões de carbono

##### Perspectivas

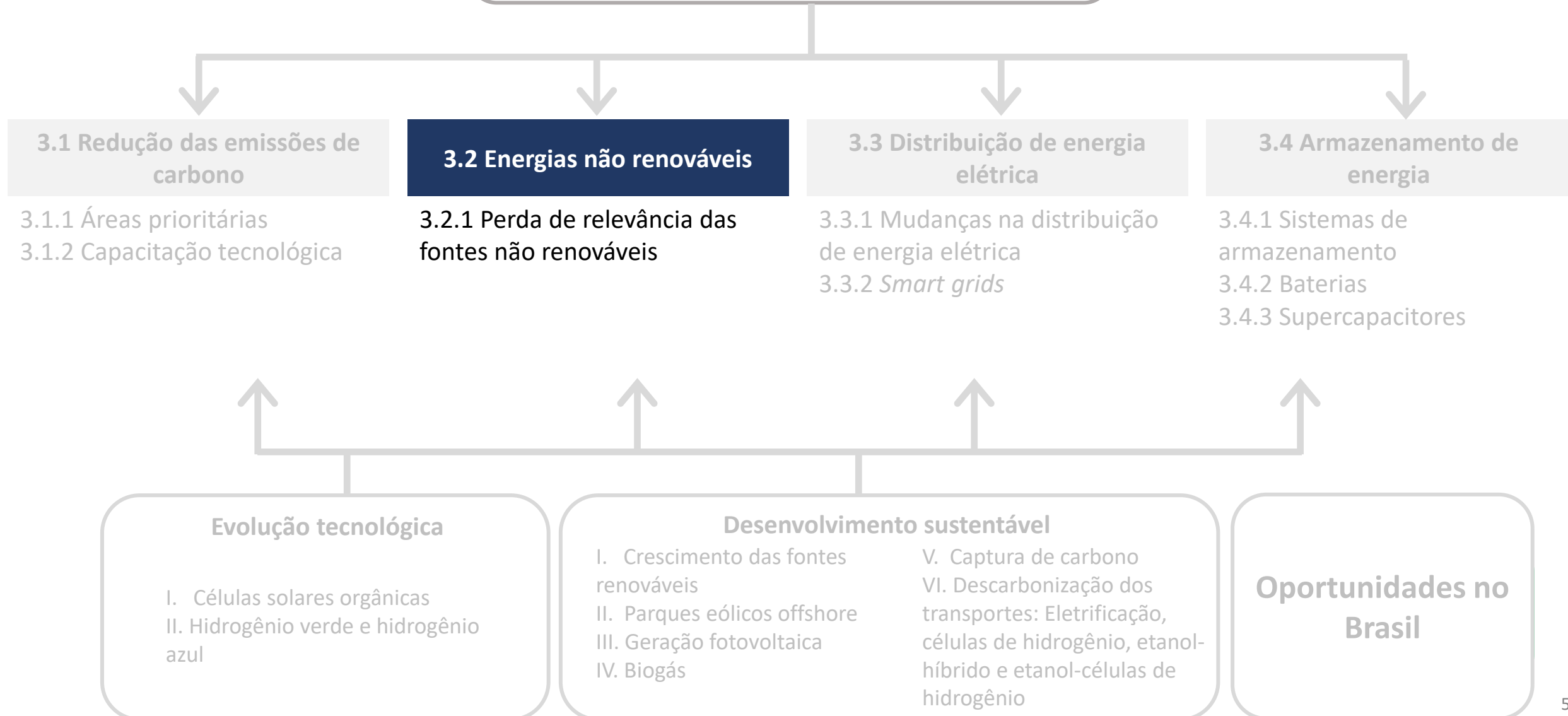
- O governo dos EUA está articulando o fortalecimento de diversos programas de incentivo à ciência e tecnologia voltados à redução de emissões de carbono.
- Dentre outras ações com esse objetivo, irá reforçar o papel do Estado como comprador e investidor em setores produtores de bens estratégicos de alta tecnologia.<sup>1</sup>



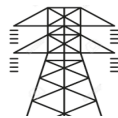
<sup>1</sup> The White House (2021). Building resilient supply chains, revitalizing american manufacturing, and fostering broad-based growth. 100-Day Reviews under Executive Order 14017.



### 3. Transição na produção e demanda de energia







### 3. Transição na produção e demanda de energia

#### 3.2 Energias não renováveis

##### 3.2.1 Fontes não renováveis perdem importância relativa na matriz energética mundial, mas de maneira gradual

###### Perspectivas

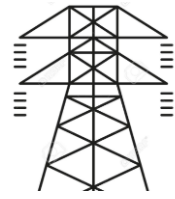
- Fontes fósseis (petróleo, gás, carvão e xisto) passam de 80% para 72% do consumo mundial entre 2019 e 2030. Em 2040, sua participação será de 56%.<sup>1</sup>
  - ✓ Entre 2019 e 2040, redução de consumo mundial de petróleo de -32,6%, e, de carvão, de -65,7%.<sup>1</sup>
  - ✓ O gás natural terá a menor redução dentre as fontes fósseis, de -11,9% entre 2019 e 2040.<sup>1</sup>
- Para a energia nuclear se projeta aumento de 55% no consumo, passando de 5% para 9% do total entre 2019 e 2040.<sup>1</sup>
- Todavia, essas tendências de mudança na matriz energética podem ser significativamente aceleradas por tecnologias disruptivas.

###### Estimativa de investimentos

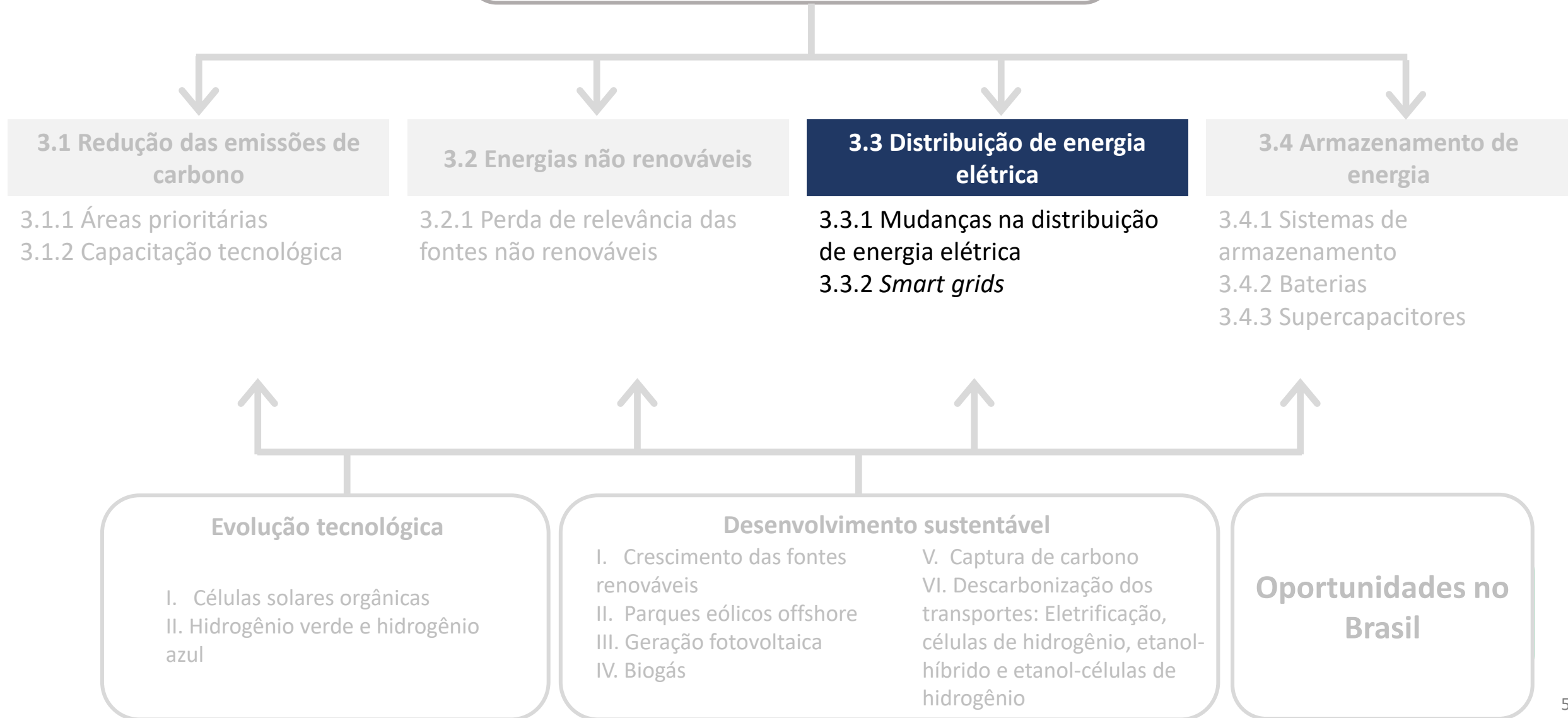
- Investimentos em produção das fontes de hidrocarbonetos da ordem de US\$ 11,5 trilhões entre 2020-2040.<sup>1</sup>



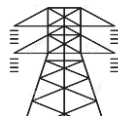
<sup>1</sup> IEA (International Energy Agency) (2020). World Energy Outlook 2020, cenário compatível com os ODS da ONU.



### 3. Transição na produção e demanda de energia







## 3. Transição na produção e demanda de energia

### 3.3 Distribuição de energia elétrica

#### 3.3.1 Modernização, expansão e digitalização de redes de transmissão e distribuição de energia elétrica

##### Estimativa de investimentos e Justificativa

- Necessidades de modernização, expansão e digitalização de redes de transmissão e distribuição de energia representam US\$ 13 trilhões em investimentos entre 2020 e 2040.<sup>1</sup>

#### 3.3.2 *Smart grids*: sistemas digitalizados de distribuição e transmissão inteligente de energia

##### Estimativa de mercado

- Estima-se que o mercado global de *smart grids* crescerá 9,83% a.a. entre 2021 e 2028.<sup>2</sup>

**Smart grids**: sistemas digitalizados de distribuição e transmissão de energia elétrica, que terão papel fundamental na viabilização do crescimento do consumo de energia de fontes renováveis sujeitas à oscilações na geração, por exemplo, a energia fotovoltaica.

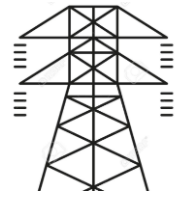


##### Iniciativa internacional

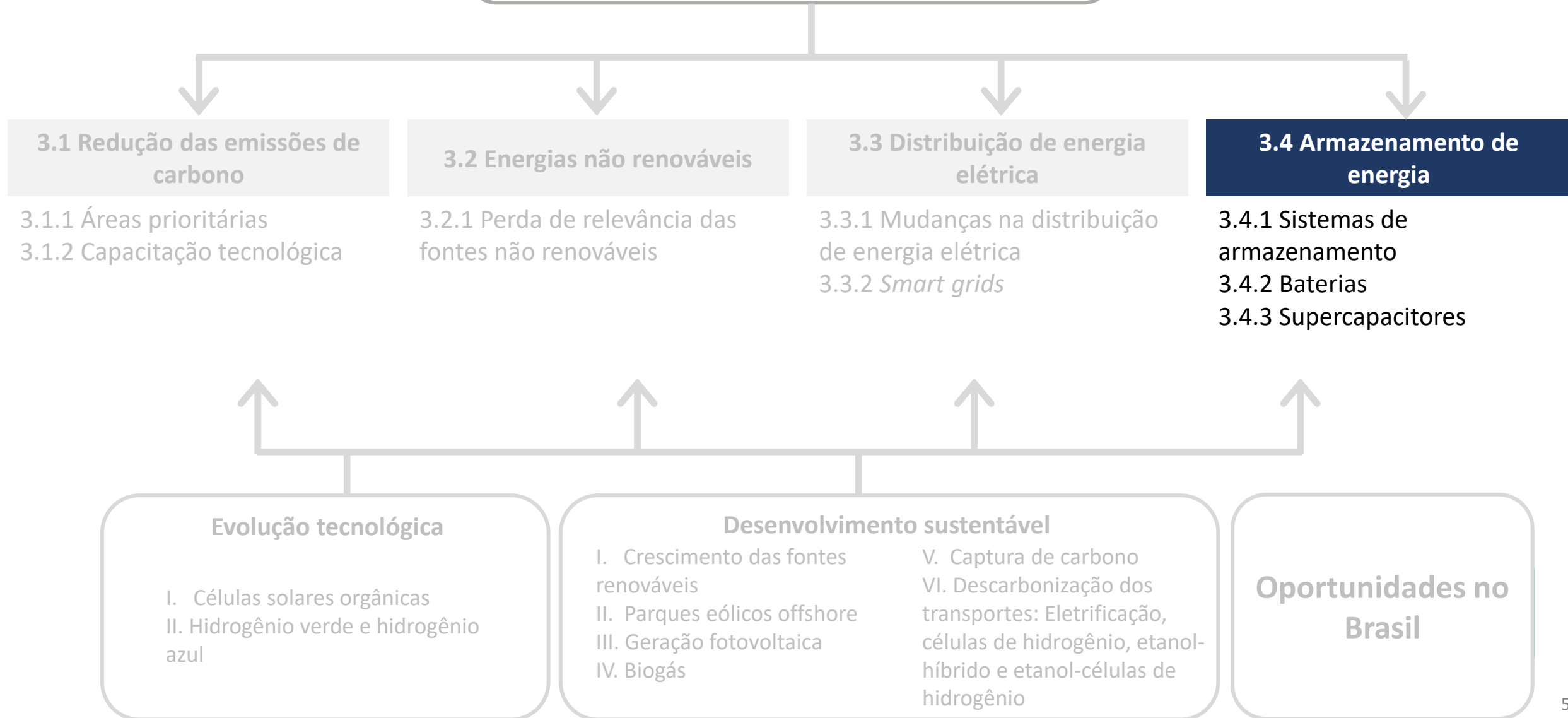
- SparkMeter: soluções de gerenciamento de rede elétrica que permitem operação de sistemas financeiramente sustentáveis e eficientes em mercados emergentes – aportes de US\$ 14 milhões, incluindo da Breakthrough Energy.

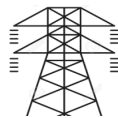
<sup>1</sup> IEA (International Energy Agency) (2020). World Energy Outlook 2020, cenário compatível com os ODS da ONU.

<sup>2</sup> [www.globenewswire.com](http://www.globenewswire.com) (01/03/2021).



### 3. Transição na produção e demanda de energia





## 3. Transição na produção e demanda de energia

### 3.4 Armazenamento de energia

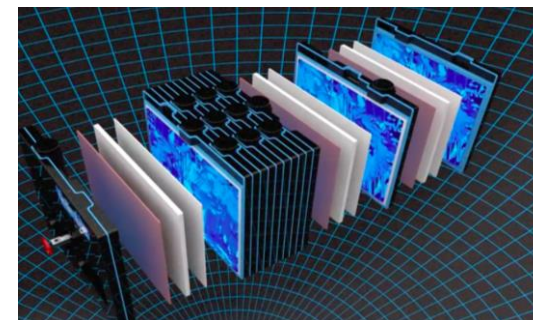
#### 3.4.1 Baterias

##### Justificativas

- O setor de baterias de materiais alternativos, como de sódio, zinco ou vanádio (em substituição ao material tradicional, que é o lítio), é projetado para crescer de 6 GWh em 2019 para 155 GWh em 2030.<sup>1</sup>
- Para incentivar investimentos em produção de baterias tecnologicamente avançadas, o governo dos EUA está pleiteando no Congresso o estabelecimento de programas com recursos a fundo perdido, e estudando a utilização de fundos de financiamento do Departamento de Energia, que dispõe de US\$ 17 bilhões.<sup>2</sup>

##### Estimativa de investimentos

- US\$ 802 bilhões em investimentos para produção de baterias entre 2020-2040, com 1167% de aumento anual na comparação com 2015-2019.<sup>4</sup>
- Investimentos em tecnologias de baterias até 2030 apenas na Europa: € 3,5 bilhões em baterias estacionárias, e € 13,2 bilhões em baterias para veículos.<sup>4</sup>



##### Experiência internacional

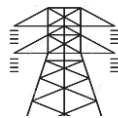
- QuantumScape: baterias de lítio sólido – aportes de US\$ 800 milhões, incluindo Breakthrough Energy e Volkswagen.
- KoBold Metals: baterias com materiais alternativos – aportes de US\$ 20 milhões, incluindo da Breakthrough Energy.

<sup>1</sup> Bloomberg Businessweek (2020). The Secret to a Greener, Longer-Lasting Battery Is Blue

<sup>2</sup> The White House (2021). Building resilient supply chains, revitalizing american manufacturing, and fostering broad-based growth. 100-Day Reviews under Executive Order 14017.

<sup>3</sup> Capgemini (2020). Fit for net-zero: 55 Tech quests to accelerate Europe's recovery and pave the way to climate neutrality.

<sup>4</sup> IEA (International Energy Agency), World Energy Outlook 2020, cenário compatível com os ODS da ONU.



### 3. Transição na produção e demanda de energia

#### 3.4 Armazenamento de energia

##### 3.4.2 Sistemas de armazenamento de energia em geral

###### Justificativa

- Desenvolvimento de sistemas de armazenamento de energia em grande escala, juntamente com os sistemas de distribuição *smart grid*, é fundamental para o crescimento do uso das fontes renováveis de energia.

###### Estimativa de mercado

- Segmento de armazenamento de energia deve crescer de 34 GWh em 2019 para 1.028 GWh em 2030.<sup>1</sup>

###### Experiência internacional

- Form Energy: desenvolvedora de tecnologias de armazenamento de energia que durem múltiplos dias – aportes de US\$ 120 milhões, incluindo da Breakthrough Energy.
- ESS Inc: armazenamento de energia com baterias de ferrofluido totalmente recicláveis – aportes de US\$ 250 milhões, incluindo da Breakthrough Energy e do Softbank Group.



##### 3.4.3 Supercapacitores

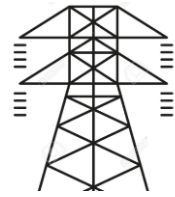
###### Estimativa de mercado

- Mercado global deve atingir US\$ 16,95 bilhões em 2027, com crescimento de 418% vs. 2019.<sup>2</sup>

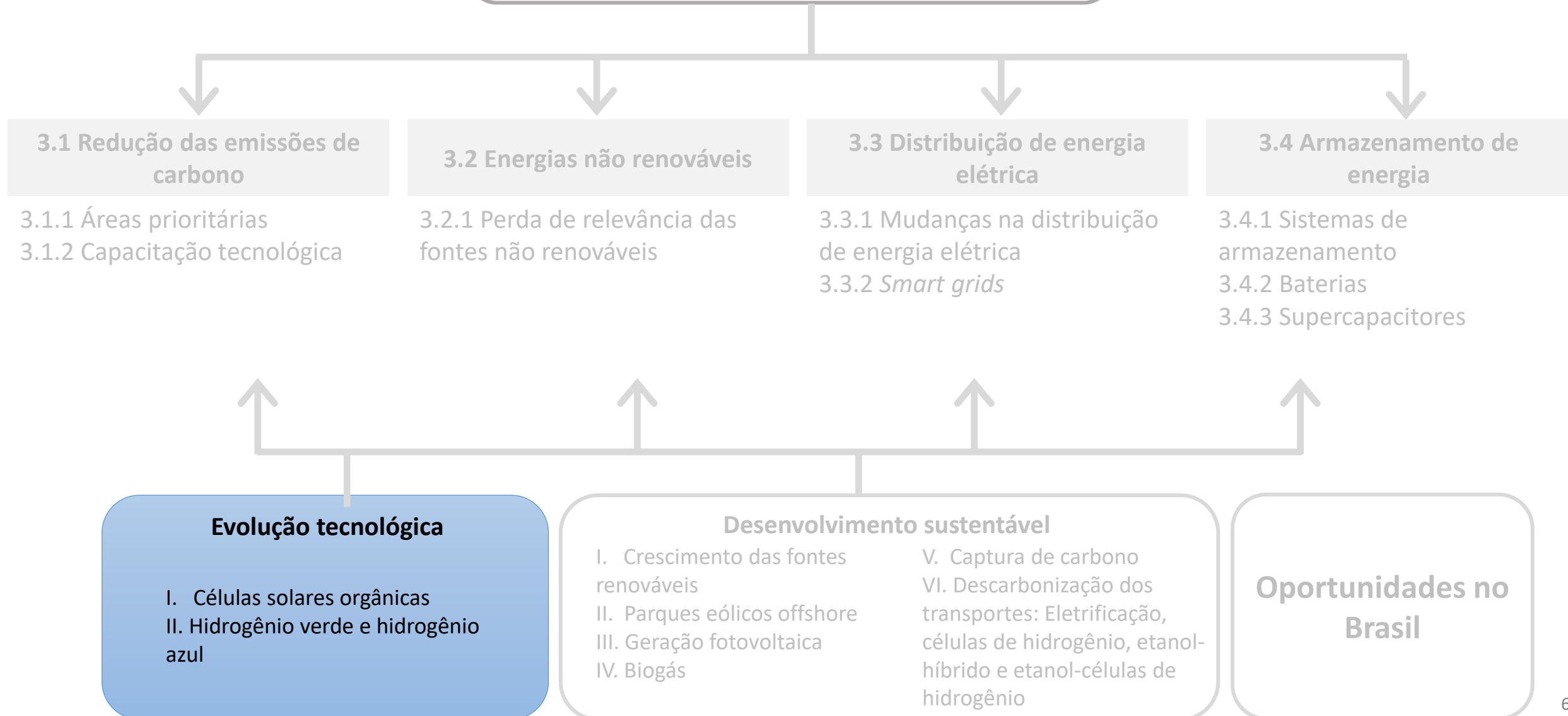


<sup>1</sup> BloombergNEF (15/11/2021).

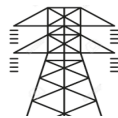
<sup>2</sup> Allied Analytics LLP (2020) Supercapacitor Market, Global Opportunity Analysis and Industry Forecast



### 3. Transição na produção e demanda de energia







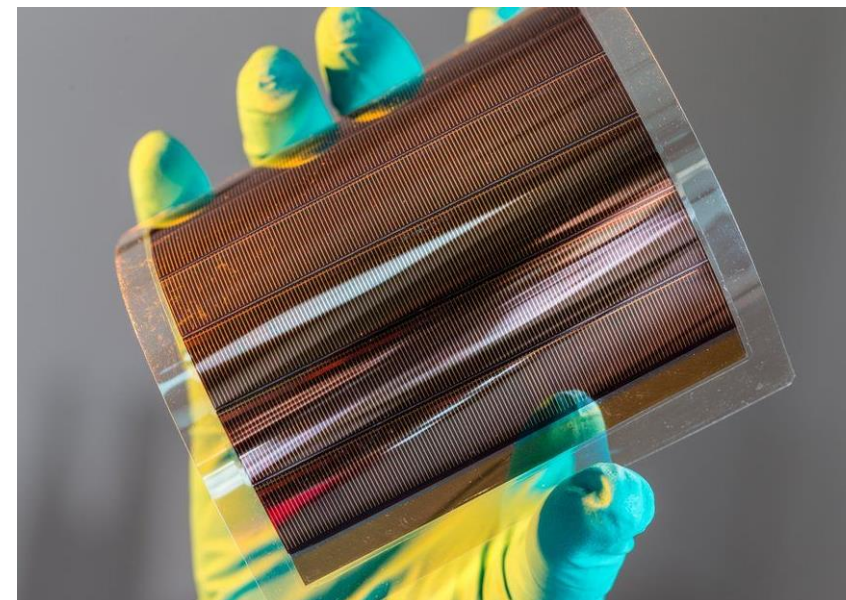
### 3. Transição na produção e demanda de energia

#### Evolução tecnológica

## I. Células solares orgânicas

### Justificativas

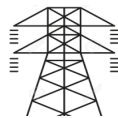
- Processo de fabricação de sistemas com essa tecnologia consome 20 vezes menos energia do que os painéis solares tradicionais, ou seja, diminui o impacto ambiental da geração de energia solar.
- Tecnologia consiste em células compostas por eletrodos impressos em polímeros orgânicos condutores, que absorvem a luz solar e transformam-na em energia elétrica.
- Essas células solares são impressas em uma “folha” de plástico, permitindo inúmeras aplicações em bens de consumo, equipamentos de utilidade pública em geral, importantes no contexto de “cidades inteligentes”.
- Tecnologia vantajosa no fornecimento de energia para determinadas aplicações, por exemplo, em ambientes com baixa luminosidade.



### Estimativa de mercado

- Crescimento do mercado mundial projetado em 30% a.a. até 2025.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Market Study Report LLC (2020). Global Organic Solar Cells (OSC) Market Growth 2020-2025.



### 3. Transição na produção e demanda de energia

#### Evolução tecnológica

## II. Hidrogênio verde e hidrogênio azul

### Justificativa

- Hidrogênio Verde: produção por eletrólise da água utilizando fontes renováveis.
- Hidrogênio Azul: processo produtivo utiliza gás natural ou outras fontes fósseis, e o gás carbônico gerado é capturado e armazenado, por isso também é conhecido como hidrogênio de baixo carbono.

### Perspectivas

- Alemanha e França possuem políticas públicas de estímulo para atingir capacidade de geração de 11,5 GW em Hidrogênio Verde em 2030.<sup>1</sup>
- Em 2050, em conjunto, o Hidrogênio Verde e Azul poderão responder por 7% do consumo mundial de energia.<sup>2</sup>

### Estimativa de mercado

- Hidrogênio Verde: projeção de €10,6 bilhões de mercado em 2030 somente na Europa.<sup>3</sup>

### Experiência internacional

- H2Pro: desenvolvedora um método para produzir hidrogênio verde 95% mais eficiente que o processo tradicional. Aportes de US\$ 22 milhões, incluindo da Breakthrough Energy.

### Investimentos - Brasil

- Hidrogênio verde (base fontes renováveis): Ceará tem previsão de investimentos de US\$ 10 bilhões em unidades produtivas.<sup>4</sup>

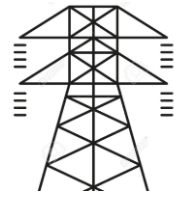


<sup>1</sup> IEA (International Energy Agency) (2020). World Energy Outlook 2020.

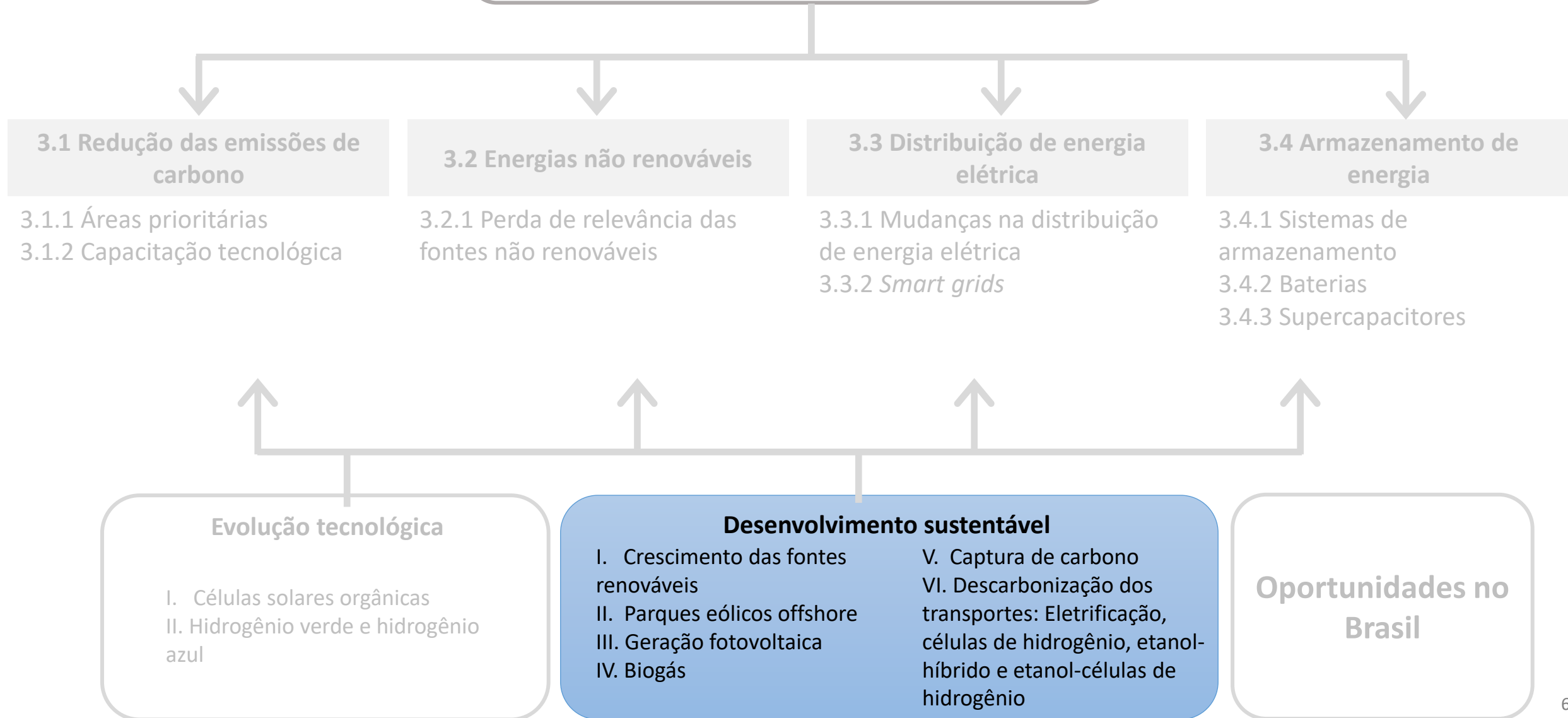
<sup>2</sup> BP (2020). Energy Outlook 2020 Edition.

<sup>3</sup> Capgemini (2020). Fit for net-zero: 55 Tech quests to accelerate Europe's recovery and pave the way to climate neutrality.

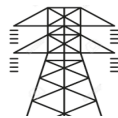
<sup>4</sup> Diário do Nordeste (21/05/2021).



### 3. Transição na produção e demanda de energia







### 3. Transição na produção e demanda de energia

#### Desenvolvimento sustentável

## I. Desenvolvimento, crescimento da oferta e redução do custo de fontes renováveis

### Perspectivas

- Consumo de energia de fontes renováveis (exceto hidroelétrica): aumento de 1,7 bilhão para 4,1 bilhões de ton. de óleo equivalente entre 2019 e 2040 (+144,3%), crescendo de 11% para 31% do total mundial.<sup>1</sup>

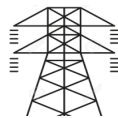
### Estimativa de investimentos

- Tônica dos investimentos e estratégias das empresas de energia é na direção das energias limpas.
- Projeto de infraestrutura – governo dos EUA “Plano Biden”: US\$ 35 bilhões p/ sustentabilidade na área de energia.<sup>2</sup>



### Redução no custo

- Nos EUA e China, redução de 50% no custo da energia solar entre 2019 e 2040, e de 57% e 60% no custo da energia eólica *off-shore*.<sup>1</sup>
- Custo do hidrogênio verde pode diminuir 75% na Europa até 2030.<sup>1</sup>



### 3. Transição na produção e demanda de energia

#### Desenvolvimento sustentável

## II. Parques eólicos *offshore* em grande escala

### Estimativa de investimentos

- € 184,8 bilhões em investimentos acumulados até o fim da década de 2020, com 99 GW de capacidade de geração, e mercado de € 26,6 bilhões em 2030, somente na Europa.<sup>1</sup>



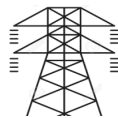
## III. Geração fotovoltaica

### Estimativa de investimentos

- Europa deve instalar 600 GW de capacidade até 2030 (€ 3,7 bilhões em investimentos).<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Capgemini (2020). Fit for net-zero: 55 Tech quests to accelerate Europe's recovery and pave the way to climate neutrality.



### 3. Transição na produção e demanda de energia

#### Desenvolvimento sustentável

## V. Biogás

### Estimativa de mercado

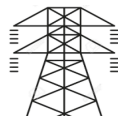
- No mundo, US\$ 1,27 trilhão em investimentos entre 2020 e 2040, com média anual 578% maior que a do período 2015-2019.<sup>1</sup>

### Perspectivas

- Em 2020, a Raízen inaugurou a maior usina de biogás a partir de subprodutos do processamento da cana-de-açúcar (vinhaça e torta de filtro) do mundo, com capacidade de 138 mil MWh por ano.



<sup>1</sup> IEA (International Energy Agency) (2020). World Energy Outlook 2020, cenário compatível com os ODS da ONU.



### 3. Transição na produção e demanda de energia

#### Desenvolvimento sustentável



### V. Captura de carbono na produção e uso das fontes fósseis

#### Perspectivas

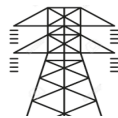
- Captura de carbono: utiliza gás carbônico (CO<sub>2</sub>) capturado da produção de energia ou processos industriais, que é convertido em matéria primas, tais como cimento, produtos químicos, plásticos, minerais, biomassa ou combustíveis. Em 2030, terá potencial de reduzir as emissões globais em 10%.<sup>1</sup>

#### Experiência internacional

- CarbonCure Technologies: tecnologia de captura de carbono no processo de produção de concreto – aportes de US\$ 150 milhões, incluindo da Breakthrough Energy, do Climate Pledge Fund da Amazon e do conglomerado Mitsubishi.
- A empresa suíça Climeworks abriu a maior planta de captura direta de CO<sub>2</sub> na Islândia em 2021, atuando em parceria com a islandesa Carbfix.

<sup>1</sup> EY (2021). Can we turn pollution into products?





### 3. Transição na produção e demanda de energia

#### Desenvolvimento sustentável

## VI. Descarbonização dos veículos de transporte: eletrificação

### Perspectivas

- Em cenário conservador, a frota mundial de veículos elétricos (excluindo os de 2 e 3 rodas) atingirá, em 2030, 140 milhões de veículos, vs. frota atual de 7,2 milhões. Cenário otimista é de 245 milhões de veículos em 2030.<sup>1</sup>
- Em 2030, o mercado de veículos elétricos responderá por 89% da demanda de baterias.<sup>1</sup>
- Expectativa de aplicação também em aeronaves de porte pequeno e médio.<sup>2</sup>



### Estimativa de investimentos

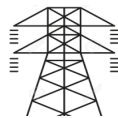
- Expansão e avanço tecnológico da infraestrutura de carregamento de veículos elétricos (residências, escritórios e áreas públicas): € 114 bilhões de investimentos entre 2020 e 2030 somente na Europa.<sup>3</sup>
- Conversão do transporte coletivo urbano e de carga de curta distância para eletricidade: € 99,5 bilhões de investimentos entre 2020 e 2030 somente na Europa.<sup>3</sup>
- Projeto de infraestrutura – governo dos EUA “Plano Biden”: US\$ 174 bilhões em incentivos e investimentos em veículos elétricos e suas infraestruturas.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> IEA (International Energy Agency), World Energy Outlook 2020.

<sup>2</sup> Roland Berger (2017). Aircraft Electrical Propulsion – The Next Chapter of Aviation?

<sup>3</sup> Capgemini (2020). Fit for net-zero: 55 Tech quests to accelerate Europe’s recovery and pave the way to climate neutrality.

<sup>4</sup> The White House (2021). Fact sheet: The American Jobs Plan



### 3. Transição na produção e demanda de energia

#### Desenvolvimento sustentável

## VI. Descarbonização dos veículos de transporte: células de hidrogênio (cont.)

### Perspectivas

- Aplicações devem ser tanto em veículos de transporte terrestres, como automóveis e ônibus, como em aeronaves, mais especificamente as de médio porte em rotas regionais.<sup>1</sup>
- Embarcações movidas a energia eólica, por exemplo, o *Oceanbird* com capacidade de transportar 7 mil veículos.

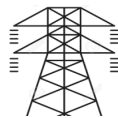
### Estimativa de mercado

- Mercado mundial de veículos movidos à célula de hidrogênio deve passar de US\$ 651,9 milhões em 2018 para US\$ 42,0 bilhões em 2026, o que representa um crescimento anual médio de 66,9%.<sup>2</sup>



<sup>1</sup> Roland Berger (2020). Hydrogen: a future fuel for aviation? .

<sup>2</sup> ReportLinker (2020). Hydrogen Fuel Cell Vehicle Market by Vehicle Type and Technology: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2019–2026.



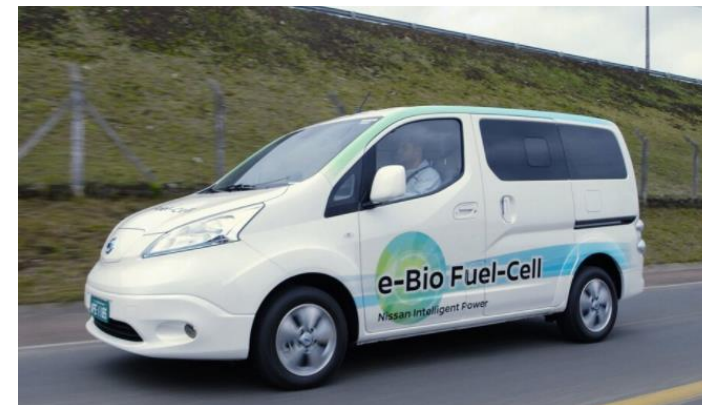
### 3. Transição na produção e demanda de energia

#### Desenvolvimento sustentável

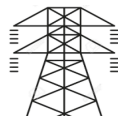
## VI. Descarbonização dos veículos de transporte: etanol-células de hidrogênio (cont.)

### Perspectivas - Brasil

- A unidade brasileira da empresa alemã Bosch desenvolve tecnologia que converterá etanol em hidrogênio no próprio veículo, o que poderá se constituir em uma alternativa de descarbonização dos transportes, além de aproveitar a capacidade competitiva do país na produção desse combustível.<sup>1</sup>
- A unidade brasileira da empresa japonesa Nissan, em parceria com o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), também possui projeto de desenvolvimento de tecnologia de célula de hidrogênio a partir do etanol.
- Em 2021 a Volkswagen anunciou investimento no país em centro de pesquisa e desenvolvimento (P&D) para biocombustíveis, sendo a célula a combustível a etanol um dos objetivos do centro<sup>3</sup>.
- O consórcio formado pelas multinacionais Mercedes-Benz, Stellantis, Bosch, Umicore e a **brasileira Ipiranga**, estabeleceu dois acordos de parceria com o **Ipen** para o desenvolvimento de tecnologias para o uso de hidrogênio em veículos, ambos baseados no etanol<sup>3</sup>.



1. Valor Econômico (11/05/2021).  
2. Automotivebusiness (14/06/2021).  
3. Ipen – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. (15/10/2021)



### 3. Transição na produção e demanda de energia

#### Desenvolvimento sustentável

## VI. Descarbonização dos veículos de transporte: etanol-híbrido (cont.)

### Perspectivas - Brasil

- A Volkswagen do Brasil tem investido no desenvolvimento de soluções tecnológicas para mobilidade integrando o motores de combustão interna movidos a etanol em sistemas híbridos.
- A unidade brasileira vai sediar o centro de desenvolvimento tecnológico mundial da companhia para aplicações de etanol e outros biocombustíveis em veículos híbridos.<sup>1</sup>
- Dentre outros projetos, a empresa apresentou, em 2018, um protótipo de ônibus *plug-in* híbrido elétrico serial, ou seja, é tracionado somente pelo motor elétrico, cujas baterias podem ser abastecidas na rede elétrica ou pelo motor de combustão interna (movido a etanol).<sup>2</sup>
- A Volvo anunciou investimento de R\$ 1,5 bilhão na eletrificação de seus veículos de transporte de passageiros e carga no Brasil<sup>3</sup>.
  - Na linha de veículos pesados, semipesados e rodoviário de passageiros, a estratégia da empresa é o investimento no desenvolvimento de células de hidrogênio.

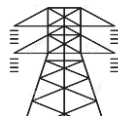


<sup>1</sup> Automotivebusiness (12/07/2021).

<sup>2</sup> Automotivebusiness (18/09/2018)

<sup>3</sup>.Valor Econômico (03/02/2022).










### 3. Transição na produção e demanda de energia

#### Desenvolvimento sustentável

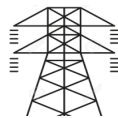
## VI. Descarbonização dos veículos de transporte: metas de transição energética das montadoras (cont.)

### Perspectivas

- Diversas montadoras de veículos já anunciaram o fim do desenvolvimento de motores de motores à combustão interna, o que representa mais uma etapa na transição para energias renováveis.
- Além disso, várias montadoras divulgaram metas de prazo para encerramento da produção de motores à combustão interna.<sup>1</sup>

Empresa	Desenvolvimento de motores à combustão	Produção de motores à combustão
Ford 	Sem previsão	Encerra em 2030
General Motors 	Sem previsão	Encerra em 2035
Honda <b>HONDA</b>	Encerrou	Encerra em 2040
Renault 	Encerrou	Sem previsão de encerramento
Volkswagen 	Encerrou	Encerra em 2030
Volvo 	Encerrou	Encerra em 2030

<sup>1</sup> Quatro Rodas (2021). Honda crava data do seu último motor a combustão e fim de acidentes fatais. Quatro Rodas (2021) Volkswagen anuncia que não desenvolverá novos motores a combustão. CPG (Click Petróleo e Gás) (2021). Renault, multinacional fabricante dos carros Kwid, Logan, Duster e Sandero, cancela desenvolvimento e para de fabricar novos motores a combustão a gasolina e a diesel



### 3. Transição na produção e demanda de energia

#### Desenvolvimento sustentável

## VI. Descarbonização dos veículos de transporte: transição energética das vendas e da frota (cont.)

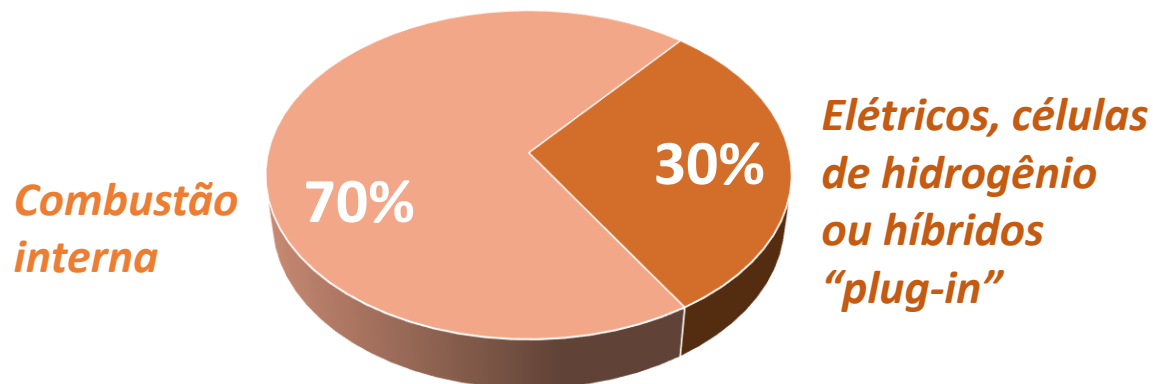
### Perspectivas

- O cenário até 2040 é de transição nas fontes de energia no setor de transportes, com aumento da importância das fontes renováveis em substituição, ainda que parcial, às fontes fósseis.

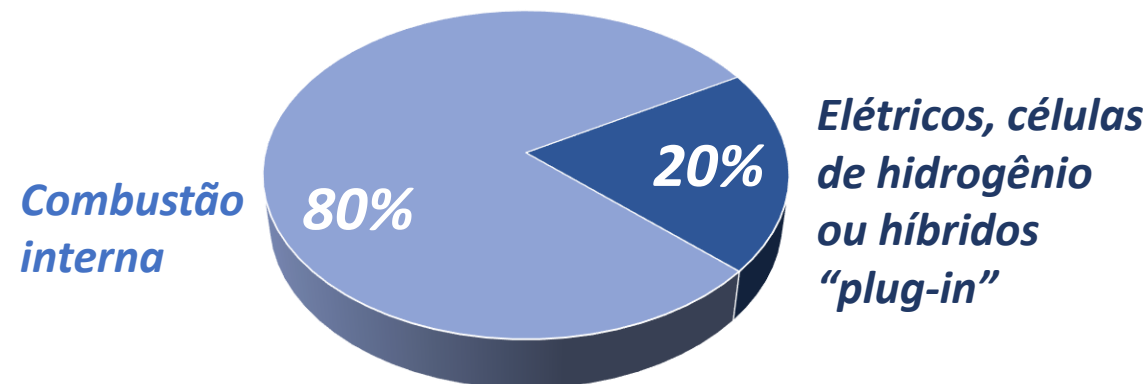


### Projeção de vendas e frota mundial de veículos leves em 2040:<sup>1</sup>

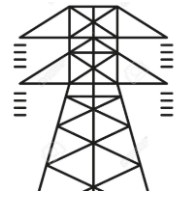
#### *Vendas mundiais de novos veículos leves*



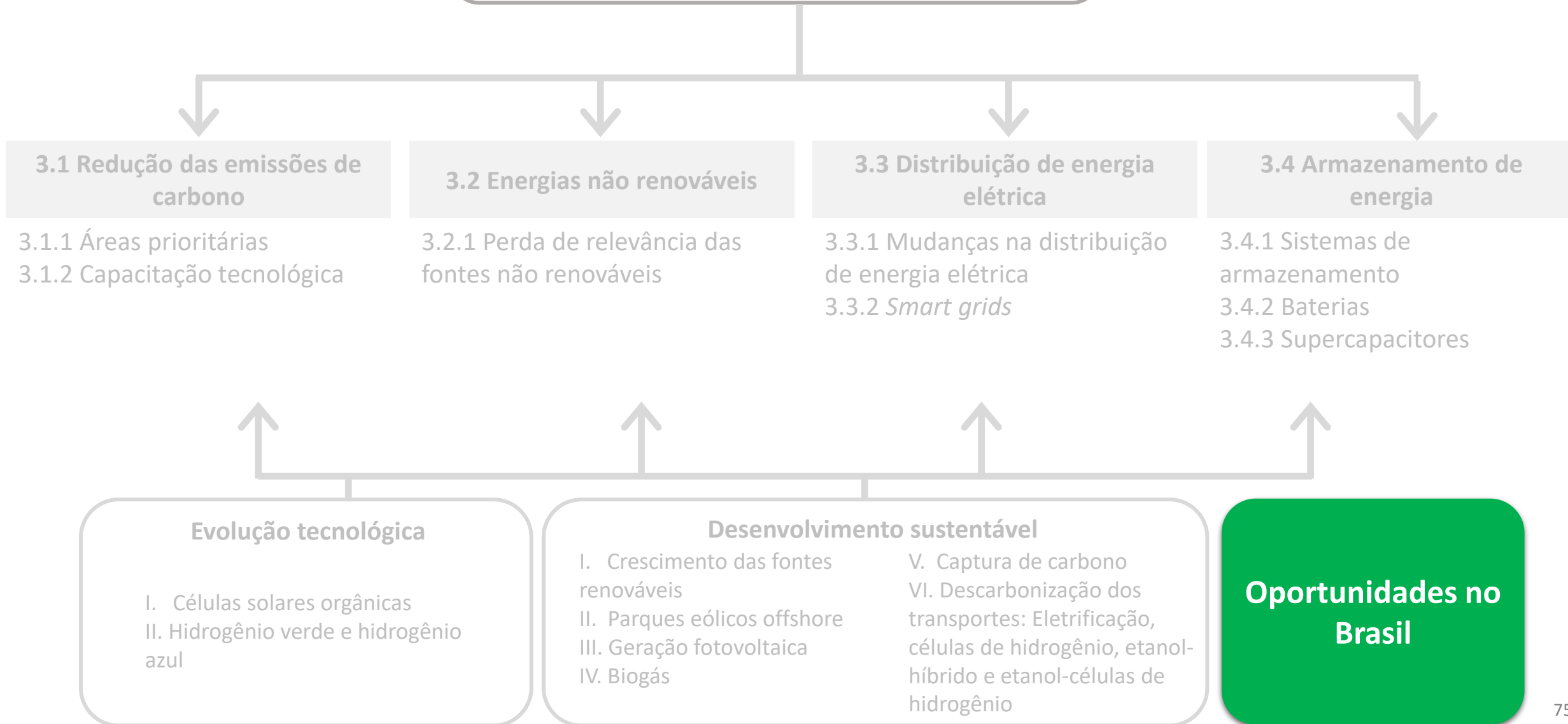
#### *Frota mundial de veículos leves*

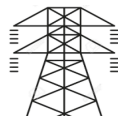


<sup>1</sup> ExxonMobil (2019) Outlook for energy - a perspective to 2040.



### 3. Transição na produção e demanda de energia





### 3. Transição na produção e demanda de energia

#### Possíveis oportunidades no Brasil

- Grande potencial de **geração fotovoltaica e eólica** (continente e *offshore*).
  - ✓ Geração **fotovoltaica** com placas elétricas nos reservatórios de hidroelétricas
  - ✓ Geração **eólica offshore**: Brasil tem competências tecnológicas e humanas por conta da experiência em plataformas de petróleo marinhas
  - ✓ Geração **eólica no continente**: diversas regiões, por exemplo, litoral do Nordeste e do extremo Sul
- Geração **Heliotérmica** (energia solar térmica concentrada): o Brasil dispõe de uma alta taxa de radiação normal direta em todo seu território nacional<sup>1</sup>, com melhores condições no Nordeste, onde os valores de irradiação são acima de 2000 kWh/m<sup>2</sup>. Porém, ainda requer análises sobre a viabilidade econômica diante as demais tecnologias de captação solar.
  - ✓ Previsto para início de operação em fevereiro de 2022, a primeira usina de geração Heliotérmica do Brasil. Em parceria com a EPE, CESP e Eudora Energia, o investimento foi de R\$ 49 milhões com potencial de 0,5 MW de produção.<sup>2</sup>
- Produção de **hidrogênio verde** para o mercado interno e exportação (ex projeto Ceará)
- Potencial de produção de **biogás** em volume equivalente a 44% do consumo interno de diesel<sup>3</sup>.
- Desenvolvimento de novas tecnologias para mobilidade (veículos particulares, de carga e coletivos), como o **etanol-híbrido e etanol-células de hidrogênio**.

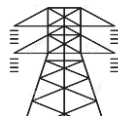
1. [https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia\\_heliot%C3%A9rmica](https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_heliot%C3%A9rmica)

2. <https://clickpetroleoegas.com.br/a-primeira-usina-heliotermica-do-brasil-deve-comecar-sua-operacao-ate-o-final-de-janeiro/>

3. Folha de São Paulo (16/10/2020). Raízen inaugura maior usina de biogás a partir de derivados da cana do mundo







### 3. Transição na produção e demanda de energia

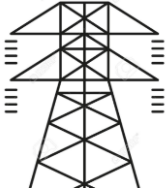
#### Possíveis oportunidades no Brasil

- **Equipamentos, componentes e serviços** p/ geração de energia **eólica, fotovoltaica, biogás**, produção de **hidrogênio verde**, exploração, extração e refino de **Petróleo & Gás**.
- **Equipamentos** para **transmissão e distribuição de energia** elétrica.

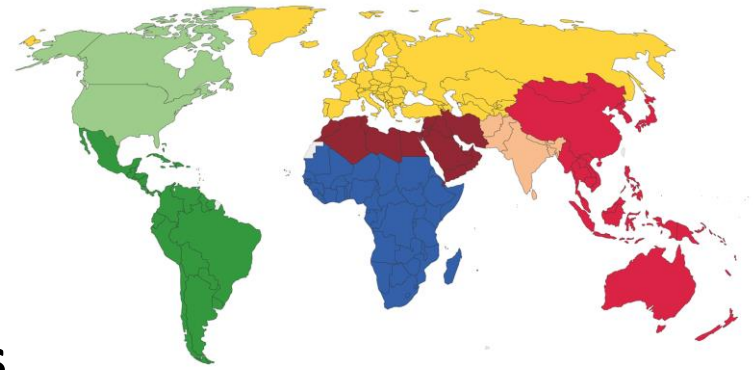


Oportunidades no segmento de **baterias para veículos e estacionárias**:

- ✓ Necessidade de grande esforço de desenvolvimento tecnológico.
- ✓ Utilização das reservas de terras raras e minerais estratégicos, por exemplo, nióbio, como alavanca no desenvolvimento de novas tecnologias e da produção local.
- ✓ Reciclagem de baterias usadas.



### 3. Transição na produção e demanda de energia





























































































### Impactos esperados dos direcionadores

	Brasil	América Latina e Caribe	América do Norte	Europa e Ásia Central	África Subsaariana	Oriente Médio e Norte da África	Leste Asiático e Pacífico	Sul da Ásia
3.1 Redução das emissões de carbono								
3.2 Energias não renováveis								
3.3 Distribuição de energia elétrica								
3.4 Armazenamento de energia								

		Pág.
I	Objetivo	5
II	Principais determinantes	8
III	Macrotendências mundiais	45
<b>IV</b>	<b>Impactos esperados das macrotendências</b>	<b>79</b>
Anexo I	Agradecimentos	
Anexo II	Referências bibliográficas	



# Impactos esperados das macrotendências

	Brasil	América Latina e Caribe	América do Norte	Europa e Ásia Central	África Subsaariana	Oriente Médio e Norte da África	Leste Asiático e Pacífico	Sul da Ásia	Envelhecimento populacional
 <b>1. Alimentos</b>									
 <b>2. Saúde</b>									
 <b>3. Energia</b>									
 <b>4. Infraestrutura</b>									
 <b>5. Urbanização</b>									
 <b>6. Consumo</b>									
 <b>7. Trabalho</b>									
 <b>8. Segurança</b>									
 <b>9. Entretenimento</b>									



Confira [aqui](#) a versão completa do trabalho  
**Macrotendências até 2040**