

# *Os desafios científicos e tecnológicos da transição energética*

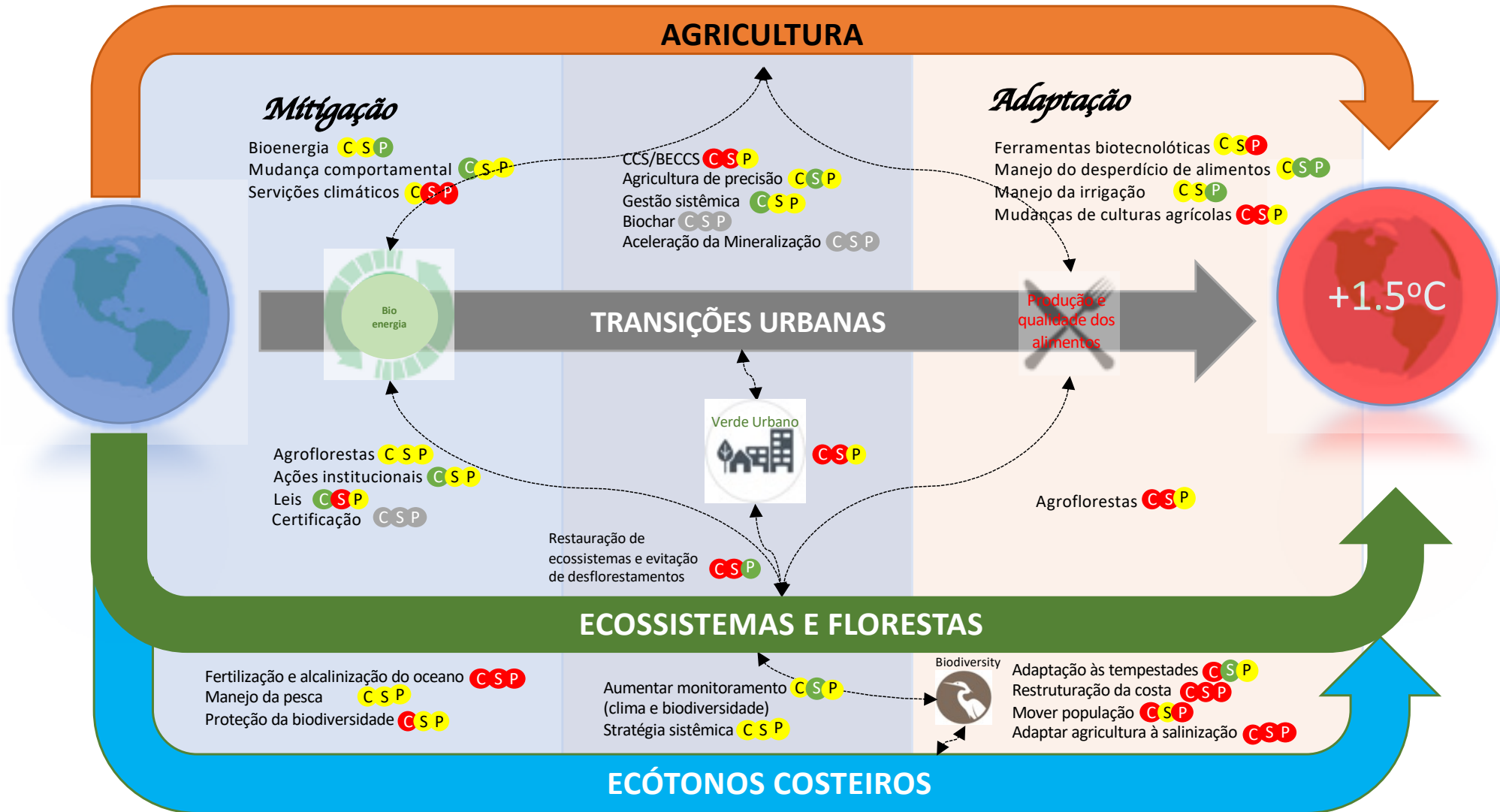
**Marcos Buckeridge**

Laboratório de Fisiologia Ecológica de Plantas

Departamento de Botânica



# TECNOLOGIAS QUE PODEM SER USADAS NA TRANSIÇÃO PARA UM MUNDO EM AQUECIMENTO A ATÉ CRUZAR O LIMIAR DE 1,5C



FACTIBILIDADE →

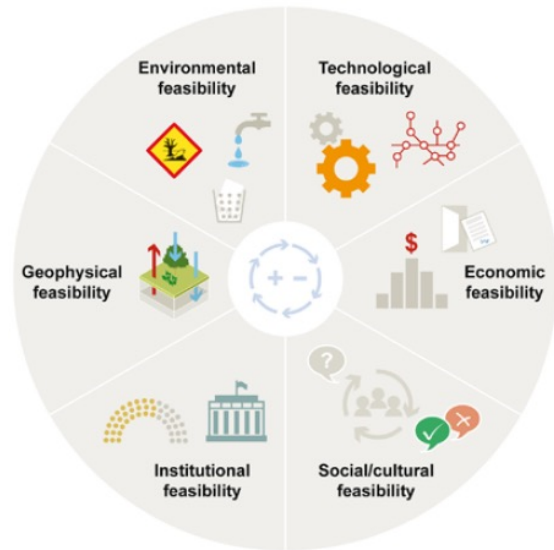
BAIXO MÉDIO ALTO  
C C C CUSTO

ALTO MÉDIO BAIXO  
S S S VELOCIDADE

CONCORDANTE MÉDIO RESISTENTE  
P P P POLÍTICA

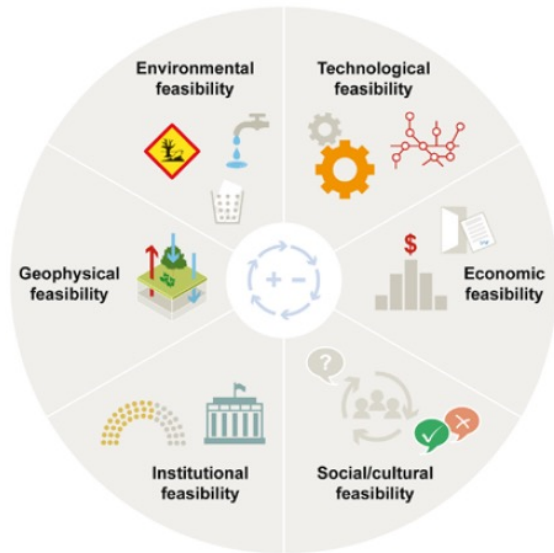
CSP INCERTO

# FACTIBILIDADE: transições energéticas



System	Mitigation Option	Evidence	Agreement	Ec	Tec	Inst	Soc	Env	Geo	Context
Energy System Transitions	Wind energy (on-shore & off-shore)	Robust	Medium							Wind regime, economic status, space for wind farms, and the existence of a legal framework for independent power producers affect uptake; cost-effectiveness affected by incentive regime
	Solar PV	Robust	High							Cost-effectiveness affected by solar irradiation and incentive regime. Also enhanced by legal framework for independent power producers, which affects uptake
	Bioenergy	Robust	Medium							Depends on availability of biomass and land and the capability to manage sustainable land use. Distributional effects depend on the agrarian (or other) system used to produce feedstock
	Electricity storage	Robust	High							Batteries universal, but grid-flexible resources vary with area's level of development
	Power sector carbon dioxide capture and storage	Robust	High							Varies with local CO <sub>2</sub> storage capacity, presence of legal framework, level of development and quality of public engagement
	Nuclear energy	Robust	High							Electricity market organization, legal framework, standardization & know-how, country's 'democratic fabric', institutional and technical capacity, and safety culture of public and private institutions

# FACTIBILIDADE: transições energéticas



System	Mitigation Option	Evidence	Agreement	Ec	Tec	Inst	Soc	Env	Geo	Context
Industrial System Transitions	Energy efficiency	Robust	High	Orange	Dark Orange	Dark Orange	Orange	Orange	Dark Orange	Potential and adoption depend on existing efficiency, energy prices and interest rates, as well as government incentives
	Bio-based & circularity	Medium	Medium	Orange	Orange	Light Orange	White	White	Orange	Faces barriers in terms of pressure on natural resources and biodiversity. Product substitution depends on market organization and government incentivization
	Electrification & hydrogen	Medium	High	White	Orange	White	White	White	Orange	Depends on availability of large-scale, cheap, emission-free electricity (electrification, hydrogen) or CO <sub>2</sub> storage nearby (hydrogen). Manufacturers' appetite to embrace disruptive innovations
	Industrial carbon dioxide capture, utilization and storage	Robust	High	Orange	Orange	Orange	White	Orange	Orange	High concentration of CO <sub>2</sub> in exhaust gas improve economic and technical feasibility of CCUS in industry. CO <sub>2</sub> storage or reuse possibilities

# Feasibility: Carbon Dioxide Removal



System	Mitigation Option	Evidence	Agreement	Ec	Tec	Inst	Soc	Env	Geo	Context
Carbon Dioxide Removal	Bioenergy and carbon dioxide capture and storage	Robust	Medium	Light Orange	Dark Orange	Light Orange	White	Light Orange	Dark Orange	Depends on biomass availability, CO <sub>2</sub> storage capacity, legal framework, economic status and social acceptance
	Direct air carbon dioxide capture and storage	Medium	Medium	Light Orange	Light Orange	White	White	White	Dark Orange	Depends on CO <sub>2</sub> -free energy, CO <sub>2</sub> storage capacity, legal framework, economic status and social acceptance
	Afforestation & reforestation	Robust	High	Light Orange	Dark Orange	White	Light Orange	Light Orange	Light Orange	Depends on location, mode of implementation, and economic and institutional factors
	Soil carbon sequestration & biochar	Robust	High	Dark Orange	Light Orange	White	White	White	Light Orange	Depends on location, soil properties, time span
	Enhanced weathering	Medium	Low	White	Light Orange	White	White	White	Dark Orange	Depends on CO <sub>2</sub> -free energy, economic status and social acceptance

# ROTAS PARA A DESCARBONIZAÇÃO

- 1) Diminuição de uso de combustíveis fósseis
- 2) Aumentar a produção de biocombustíveis
- 3) Produzir eletricidade suficiente para a eletrificação da frota
- 4) Diminuição nas emissões por desmatamento
- 5) Avançar nas tecnologias agrícolas
- 6) Acompanhar e modelar o processo de descarbonização

# ROTAS PARA A DESCARBONIZAÇÃO

## Diminuição de uso de combustíveis fósseis

- a) Petróleo deverá durar 50 anos (será?)
- b) A exploração de petróleo pode ser menos carbonizada
- c) Usar as cavernas para armazenar  $\text{CO}_2$

# ROTAS PARA A DESCARBONIZAÇÃO

## Aumentar a produção de biocombustíveis

- a) Implementar BECCS ligando biocombustíveis à captura de C (biologia molecular, fotossíntese artificial, geologia...)
- b) Usar toda a biomassa disponível (resíduos também)
- c) Incrementar ainda mais rede canavieira tornando-a altamente tecnológica
- d) Acoplar BECCS a CCU (Carbon Capture and Usage)
- e) Desenvolver o *Sustainable Aviation Fuel* (SAF)



# ROTAS PARA A DESCARBONIZAÇÃO

**Produzir eletricidade suficiente para a eletrificação da frota**

- a) Encontrar novos meios de produzir eletricidade (biologia sintética no S2B)
  - b) Etanol para hidrogênio
- c) Hidrogênio de água (dessalinização e desenvolvimento de baterias de sódio)
  - d) Queimar biomassa com tecnologias mais sofisticadas
  - e) Aperfeiçoar a *smart grid*

# ROTAS PARA A DESCARBONIZAÇÃO

## **Diminuição nas emissões por desmatamento**

- a) Parar de queimar a Amazônia (usar REDD+)
- b) Manejar o fogo em outros biomas como cerrado (uso do conhecimento tradicional)
- c) Desenvolver tecnologias mais sofisticadas de manejo florestal
- d) Incrementar o verde-urbano em todas as cidades

# ROTAS PARA A DESCARBONIZAÇÃO

## Avançar nas tecnologias agrícolas

- a) Aperfeiçoar a agricultura ecológica
- b) Adaptar culturas aos impactos das Mudanças Climáticas (risco alimentar)
- c) Aumentar a produção sem aumentar o uso da terra (caminho do meio)
- d) Aperfeiçoar as técnicas de saúde do solo

# INTEGRANDO AS ROTAS DE DESCARBONIZAÇÃO

## Acompanhar e modelar o processo de descarbonização

- a) Modelar o *footprint* deste conjunto de ações funcionando em redes
  - b) Calcular os reflexos dessas tecnologias na indústria
- c) Modelar e compreender a rede mundial de processos que influenciam a descarbonização brasileira
  - d) Incluir a dimensão social em todos os processos
- e) Moldar e ajustar o conjunto de políticas públicas necessário para a descarbonização
- f) Implementar ao máximo possível renováveis (entre elas eólica e solar)
- g) Desenvolver e implantar novas tecnologias para construção civil
- h) FINANCIAMENTO À PESQUISA: Ressuscitar CNPq e CAPES

# OBRIGADO

msbuck@usp.br

