



# Sisema

Sistema Estadual de Meio Ambiente  
e Recursos Hídricos

## **ESTUDOS TÉCNICOS VISANDO O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE USINAS SOLARES HELIOTÉRMICAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

### **ESTUDOS DE ENERGIA**

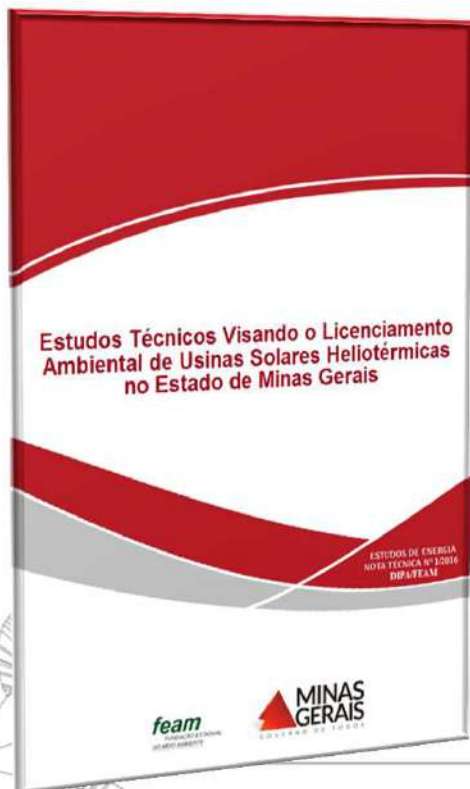
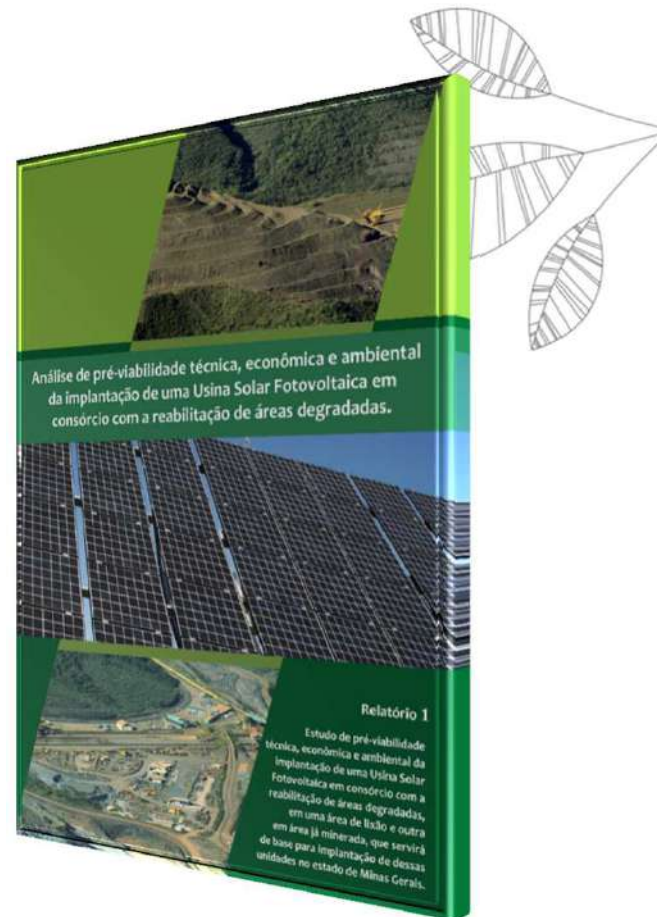
### **NOTA TÉCNICA Nº 1/2016**



# APRESENTAÇÃO - PROJETOS

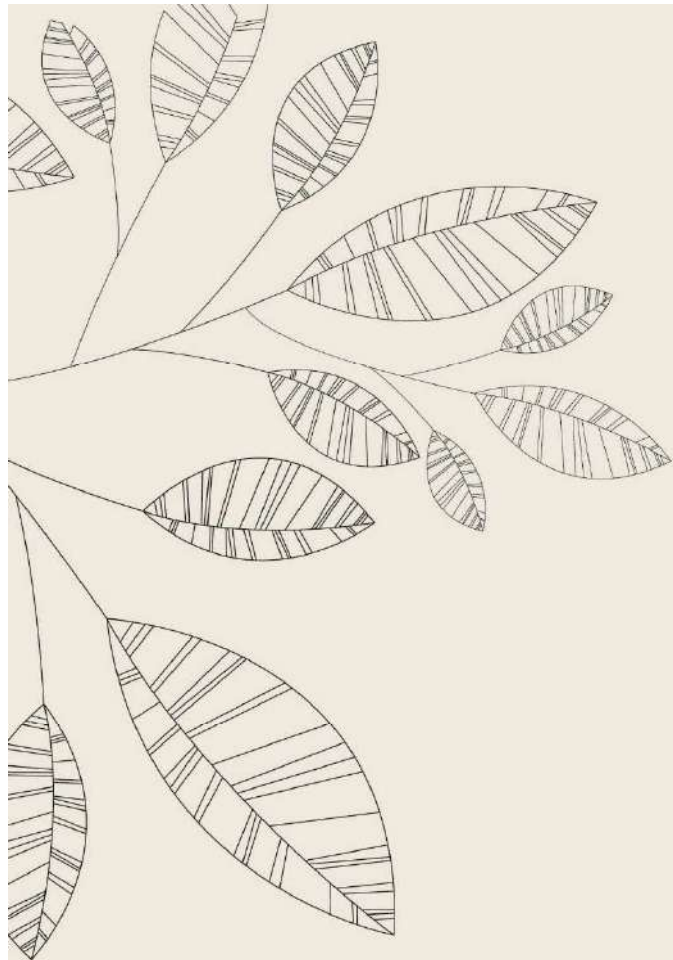
Projeto de Pesquisa & Desenvolvimento

Nota Técnica



Sisema

Sistema Estadual de Meio Ambiente  
e Recursos Hídricos



# Sisema

Sistema Estadual de Meio Ambiente  
e Recursos Hídricos

# INTRODUÇÃO

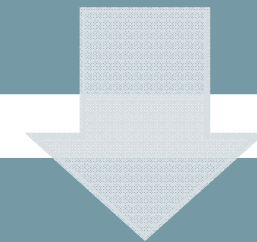




Centrais térmicas solares, ou Centrais Heliotérmicas (CSP – *Concentrated Solar Power*), para produção de energia elétrica têm sido construídas em todo o mundo há vários anos, principalmente no Sul da Europa, Norte e Sul da África e Estados Unidos (CSPWord, 2016).

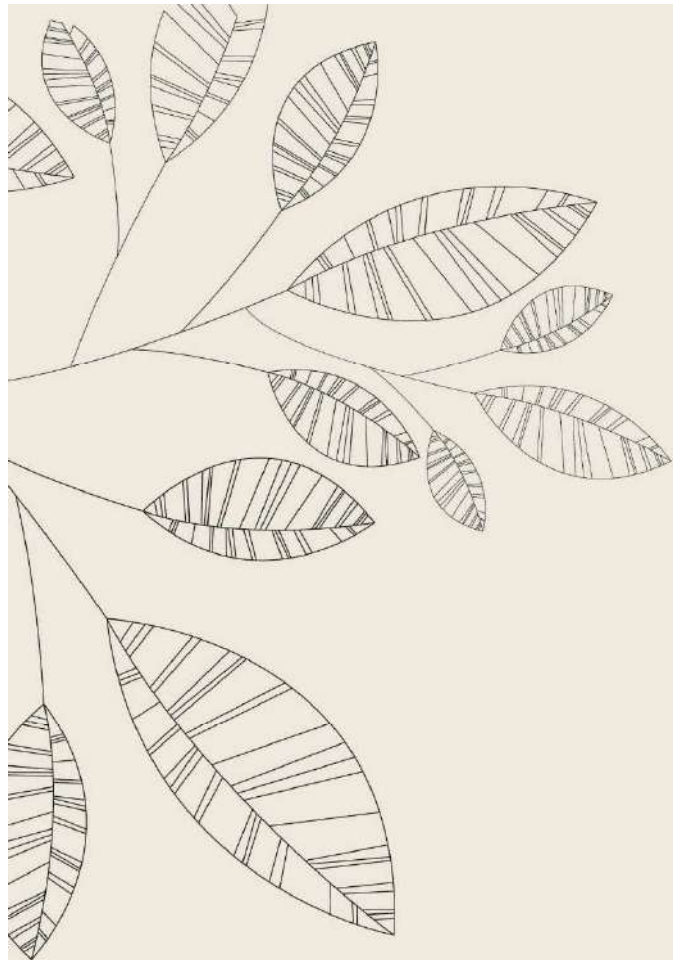


Todo sistema energético precisa de unidades de geração de energia confiáveis e flexíveis, devido ao fato de que a energia elétrica deve ser consumida quando é produzida. Tais unidades são diretamente controladas por um operador e são denominadas como unidades de geração de energia "despacháveis".



No mundo inteiro, cerca de metade das usinas heliotérmicas em operação, e quase todas as que estão em construção, estão equipadas com um sistema de armazenamento térmico.





# Sisema

Sistema Estadual de Meio Ambiente  
e Recursos Hídricos

## OBJETIVO








Objetivo Geral

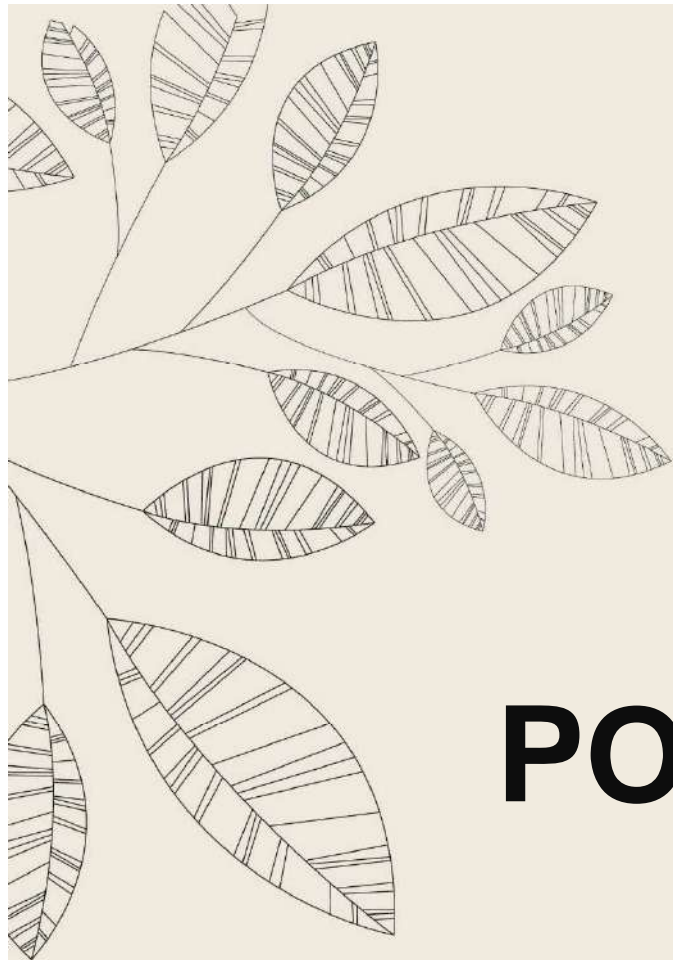
- O objetivo deste estudo é analisar alternativas (desenvolvimento sustentável) para a implantação de usinas de geração elétrica por meio de fonte heliotérmica no estado de Minas Gerais

Objetivo Específico

- Identificar o potencial heliotérmico no âmbito global, nacional e local.

Objetivo Específico

- Subsidiar apoio técnico à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Semad, no licenciamento ambiental de usinas solares heliotérmicas no estado de Minas Gerais.
- 



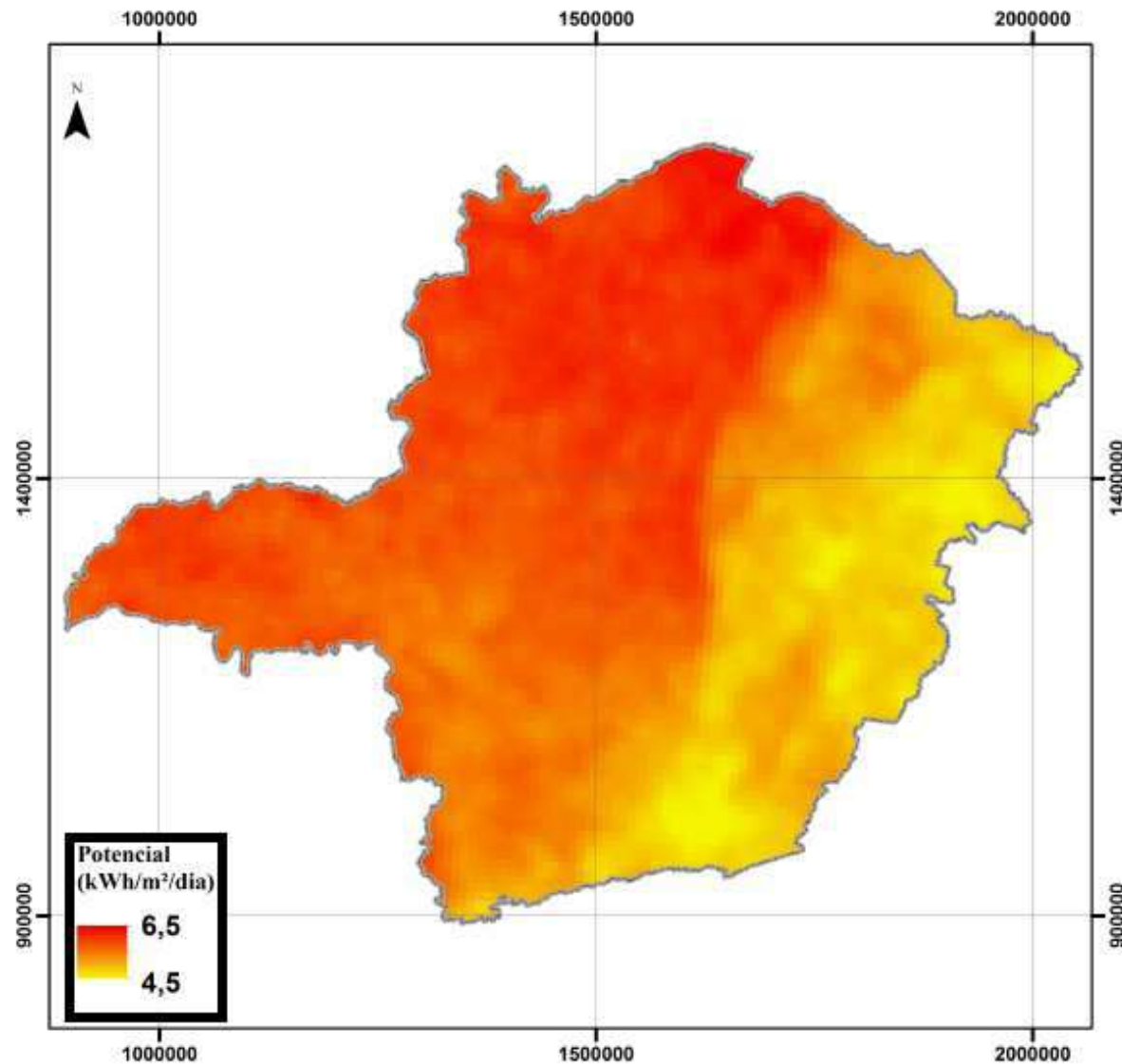
# Sisema

Sistema Estadual de Meio Ambiente  
e Recursos Hídricos

## POTENCIAL SOLAR



# IGH MÉDIA ANUAL – MINAS GERAIS



Sisema

Sistema Estadual de Meio Ambiente  
e Recursos Hídricos





# Sistema

Sistema Estadual de Meio Ambiente  
e Recursos Hídricos

# APROVEITAMENTO SOLAR



# TIPOS DE TECNOLOGIAS – SOLAR ELÉTRICAS

## HELIOTÉRMICA

Sistema de Torre de Concentração solar



Refletor linear Fresnel



Sistema de Cilindro ou Canal Parabólico

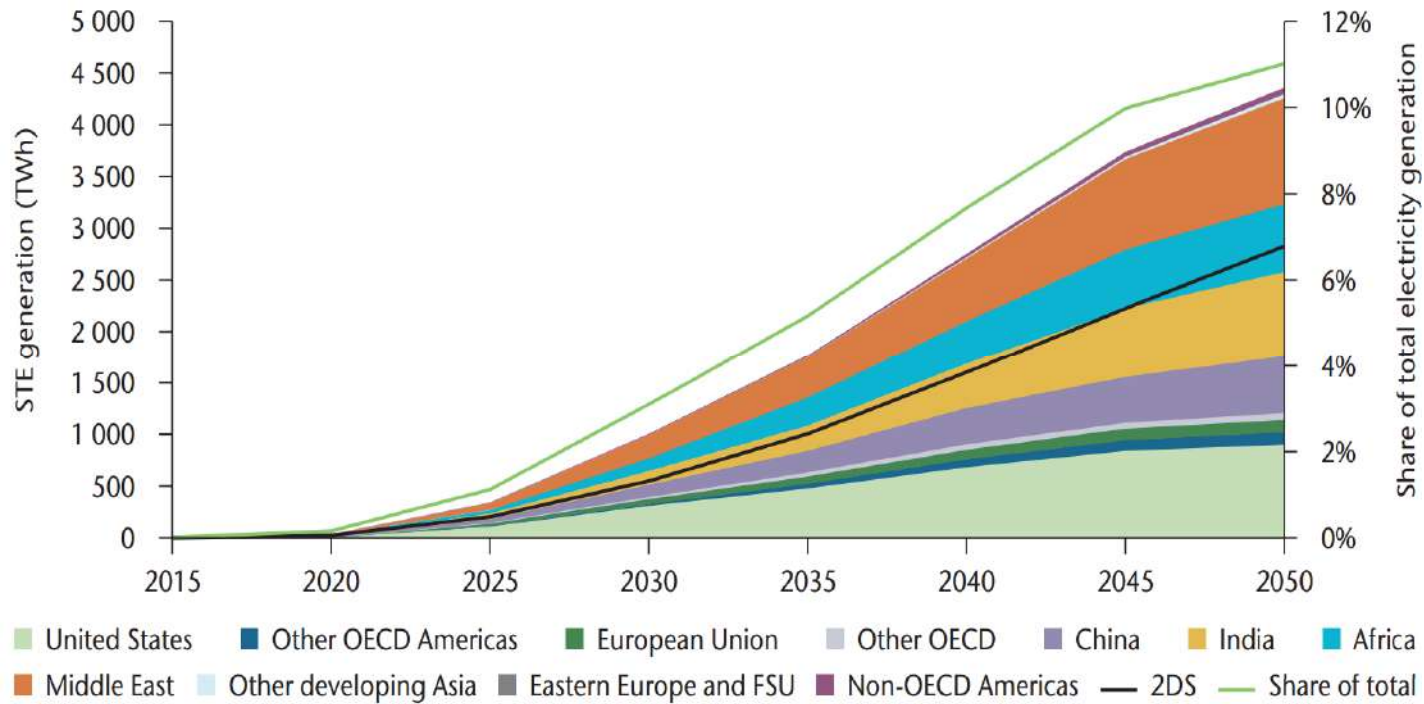


Sistema de Disco Parabólico

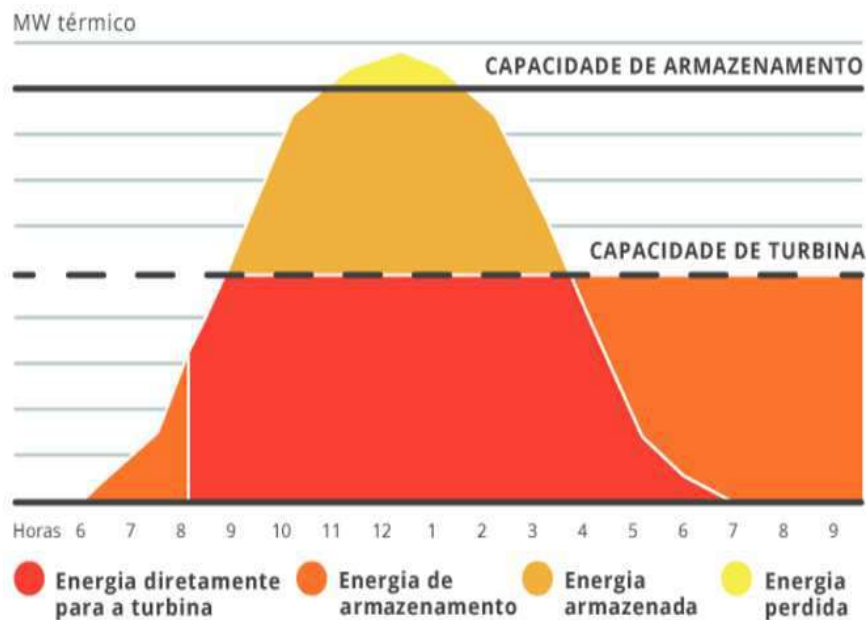


Sisema

# PREVISÃO DA CAPACIDADE INSTALADA DE CSP MUNDIAL



# ARMAZENAMENTO TÉRMICO



*Produção de energia com armazenamento térmico (dia ensolarado)*



*Faixas de temperatura de materiais usados para armazenamento térmico em heliotérmicas.*

Meio	Limite de Baixa Temperatura (°C)	Limite de Alta Temperatura (°C)	Densidade Média (kg/m <sup>3</sup> )
Óleo mineral	200	300	770
Óleo térmico sintético	180	410	900
Sais de nitrato	265	565	1870
Cerâmicas	-	900	2000





# PERFORMANCE DAS TECNOLOGIAS CSP



	Canal Parabólico			Torre Solar			Refletor Fresnel	Disco Parabólico
	não	sim	sim	não/sim	não/sim	sim	não	não
Armazenamento	não	sim	sim	não/sim	não/sim	sim	não	não
Status	comercial	comercial	testes	testes	comercial	testes	testes	testes
Capacidade (MW)	15-80	50-280	5	10-20	50-370	20	5-30	0,025
Fluido de trabalho	óleo	óleo	sal	vapor	vapor	sal	vapor saturado	n.a.
Temperatura do fluido de trabalho(°C)	390	390	550	250	565	565	250	750
Fluido de armazenamento	não	sal	sal	vapor	n.a.	sal	não	não
Armazenamento (horas)	0	7	6-8	0,5-1	n.a.	15	0	0
Temperatura de Armazenamento (°C)	n.a.	380	550	250	n.a.	550	n.a.	n.a.
Eficiência de conversão (%)	14	14	14/16	14	16	15/19	11/13	25/30
Fator de Capacidade (%)	25-28	29-43	29-43	25-28	25-28	55-70	22-24	25-28
Eficiência ótica	alta	alta	alta	média	média	alta	baixa	muito alta
Área (ha/MW)	2	2	2	2	2	2	2	n.a.
Ciclo termodinâmico	vapor super-saquecido	vapor super-saquecido	vapor super-saquecido	vapor saturado	vapor super-saquecido	vapor super-saquecido	vapor saturado	n.a.
Temperatura do ciclo (°C)	380	380	540	250	540	540	250	n.a.





# SITUAÇÃO MUNDIAL

Capacidade Instalada Mundial - Sistemas Heliotérmicos

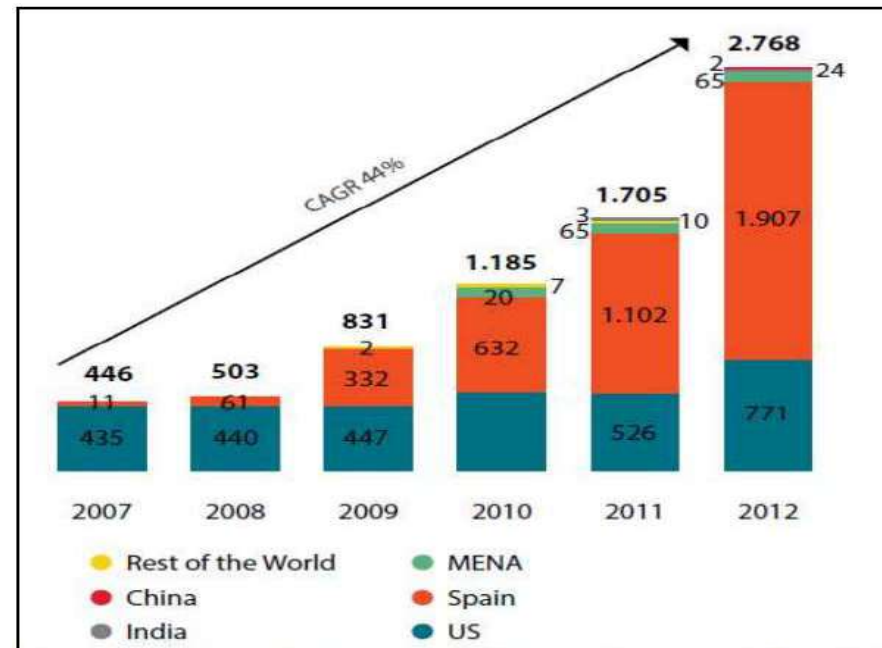
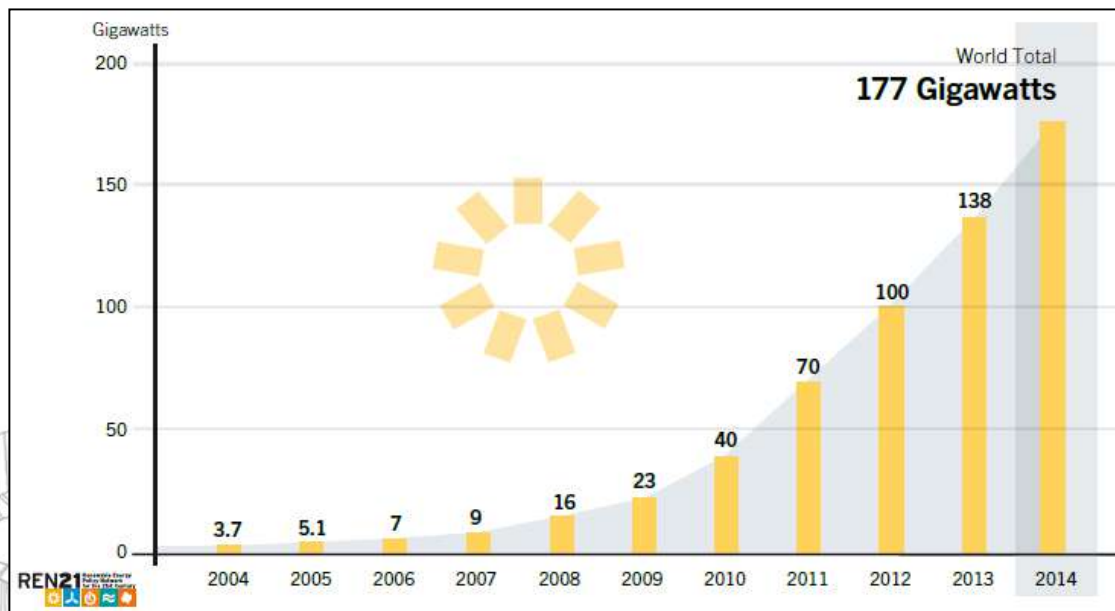


Figura 2: Capacidade instalada (MW) em nível global 2007-2012



Capacidade Instalada Mundial - Sistemas Fotovoltaicos



Sisema

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

# CONTEXTO MINEIRO – ARCABOUÇO JURÍDICO

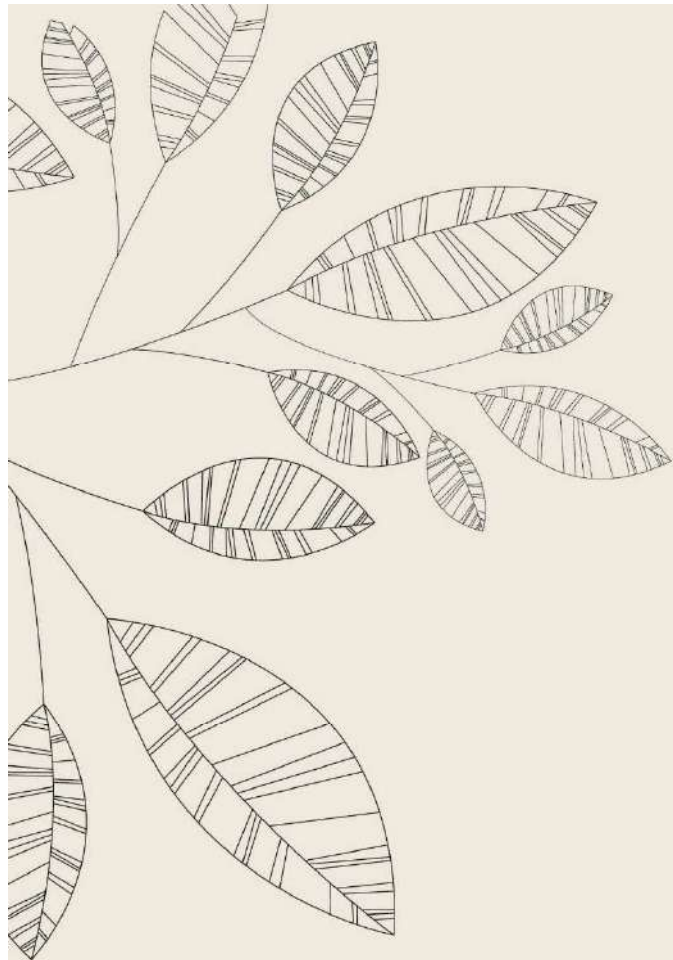


Decreto nº 46.296 - “Programa Mineiro de Energia Renovável – Energias de Minas (PMER)”

Lei nº 20.846/2013 – “Lei Solar”

Deliberação Normativa COPAM nº 74/2014





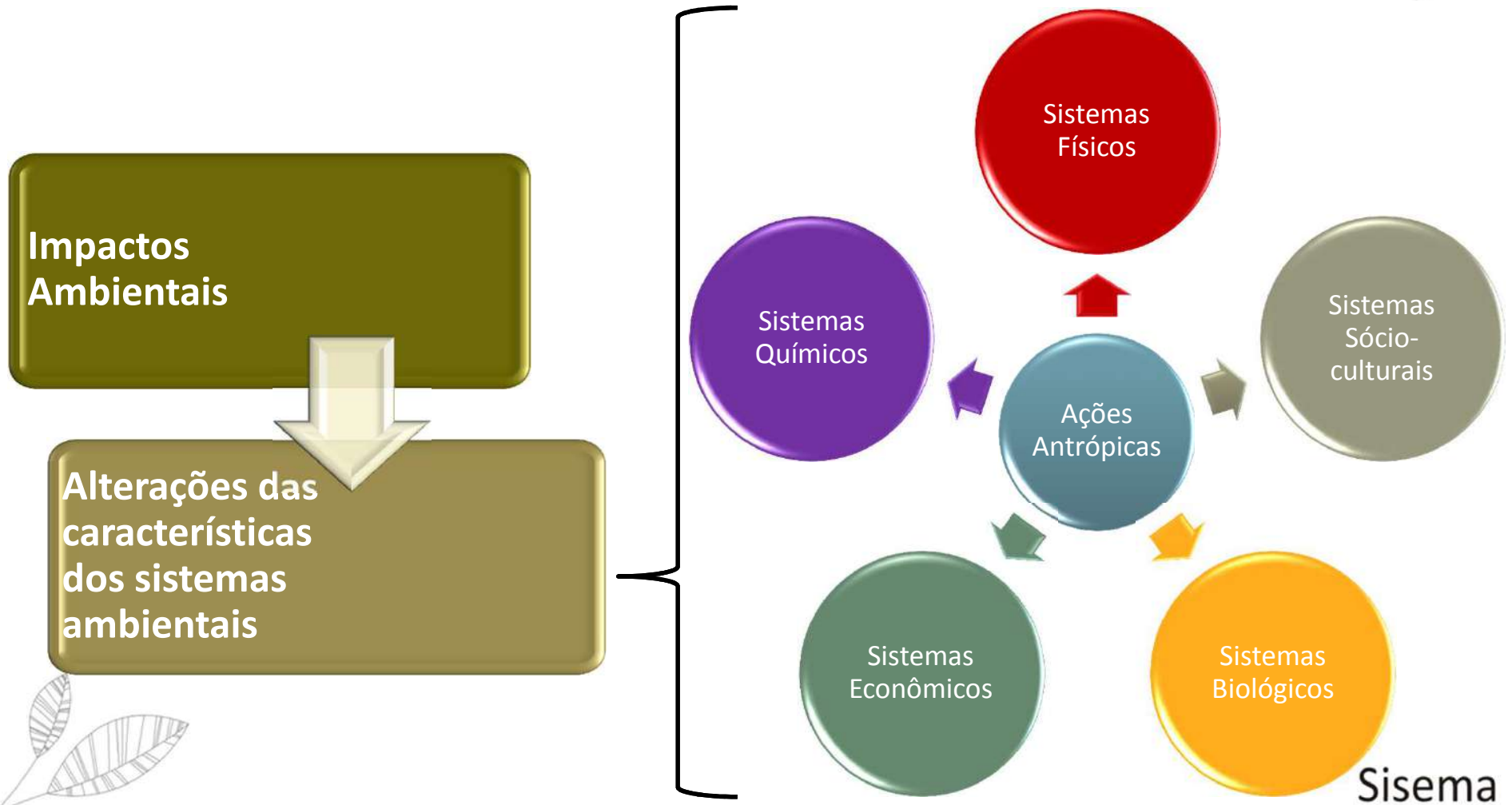
# Sisema

Sistema Estadual de Meio Ambiente  
e Recursos Hídricos

## VIABILIDADE AMBIENTAL



# IMPACTOS AMBIENTAIS





# Sisema

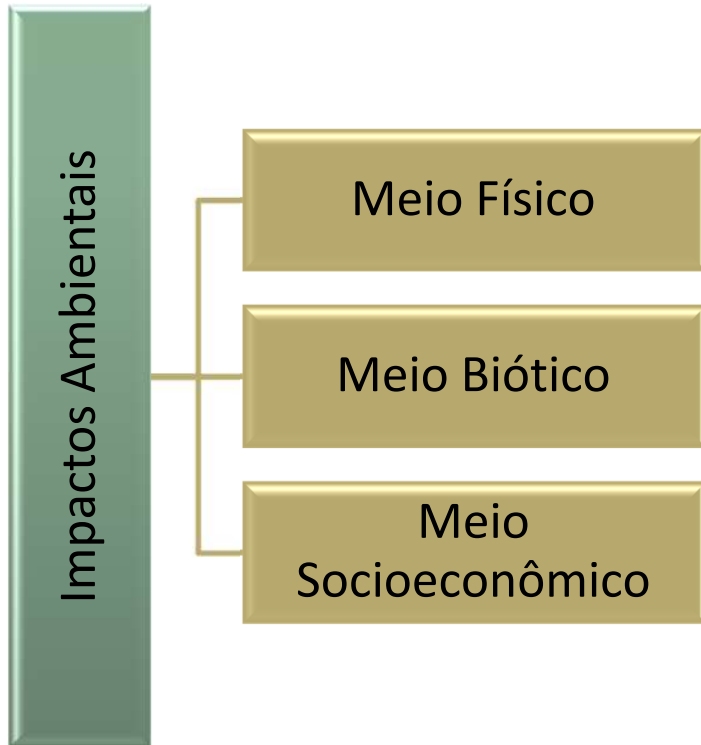
Sistema Estadual de Meio Ambiente  
e Recursos Hídricos

# IMPACTOS AMBIENTAIS: SISTEMAS HELIOTÉRMICOS

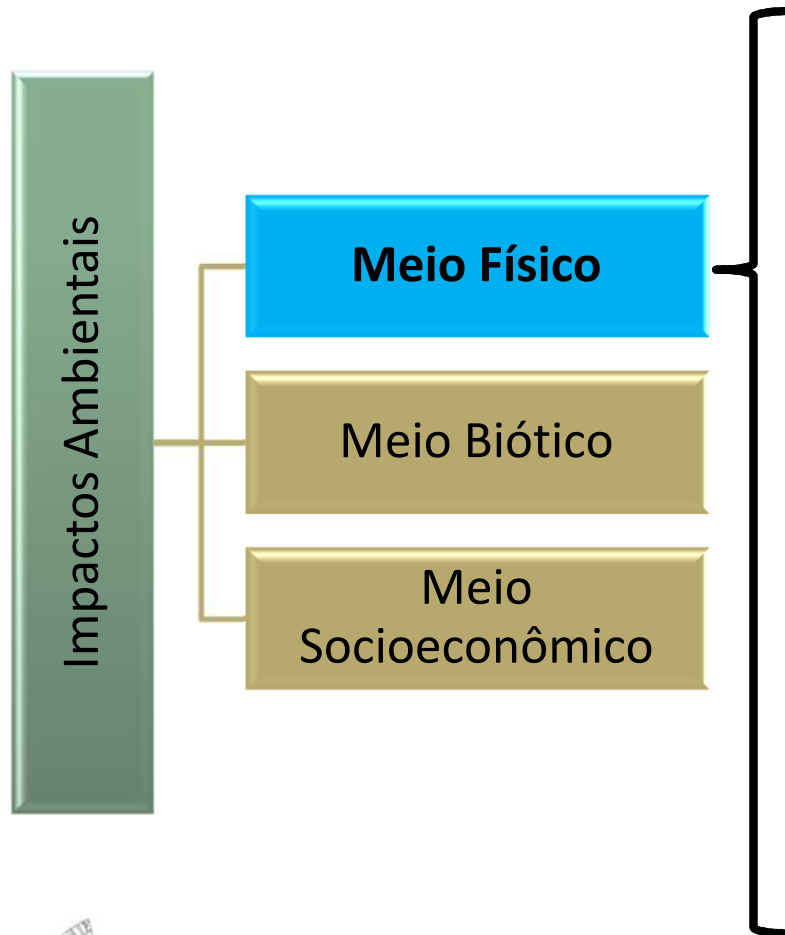




# IMPLANTAÇÃO DE USINA HELIOTÉRMICA



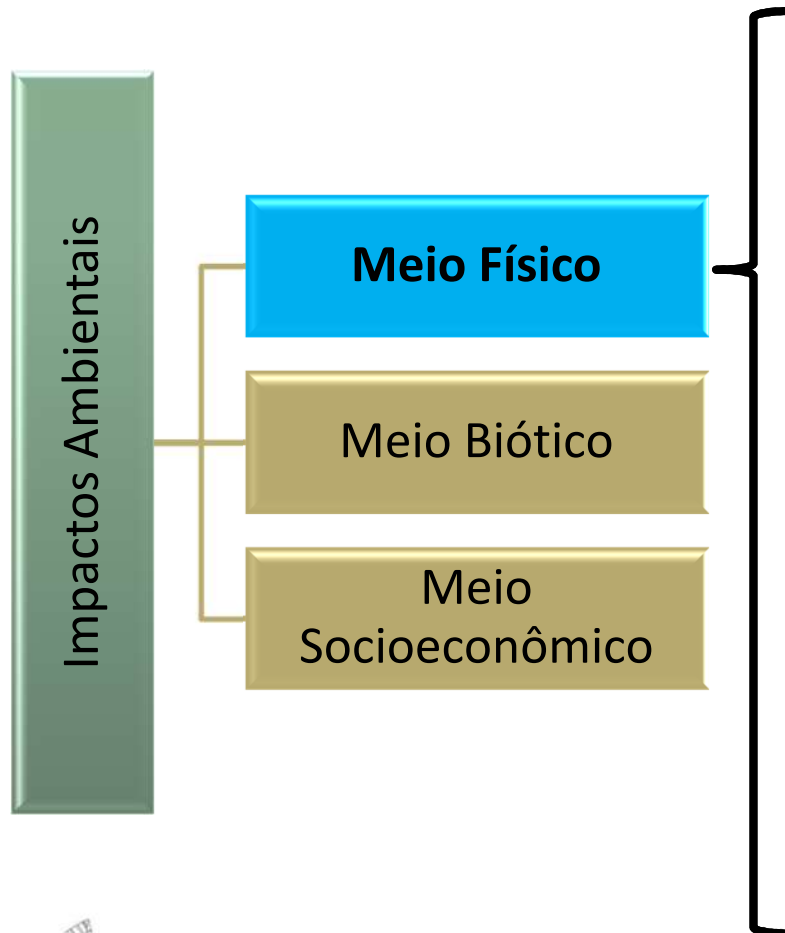
# IMPLANTAÇÃO DE USINA HELIOTÉRMICA



- Ocupação de terreno
- Alteração e/ou degradação da paisagem
- Emissão de ruídos e alteração sonora
- Geração de resíduos sólidos e riscos de contaminação do solo
- Geração de poeiras/gases e alterações na qualidade do ar
- Aceleração de processos de deterioração de estradas e vias de acesso
- Consumo de água
- Geração ou acirramento de processos erosivos e alterações do comportamento hídrico e do fluxo hidrológico superficial
- Alterações morfológicas e instabilidade temporária da superfície



# IMPLANTAÇÃO DE USINA HELIOTÉRMICA



- **Ocupação de terreno**
- Alteração e/ou degradação da paisagem
- Emissão de ruídos e alteração sonora
- Geração de resíduos sólidos e riscos de contaminação do solo
- Geração de poeiras/gases e alterações na qualidade do ar
- Aceleração de processos de deterioração de estradas e vias de acesso
- **Consumo de água**
- Geração ou acirramento de processos erosivos e alterações do comportamento hídrico e do fluxo hidrológico superficial
- Alterações morfológicas e instabilidade temporária da superfície



# IMPLANTAÇÃO DE USINA HELIOTÉRMICA



Impactos Ambientais



## Ocupação de terreno

Tecnologia	Área Específica (ha/MW)		
	Mínima	Máxima	Média
Calha Parabólica	2	6	3
Torre Solar	4	11	5
Disco Solar	4	4	4
Refletor Fresnel	1	4	2

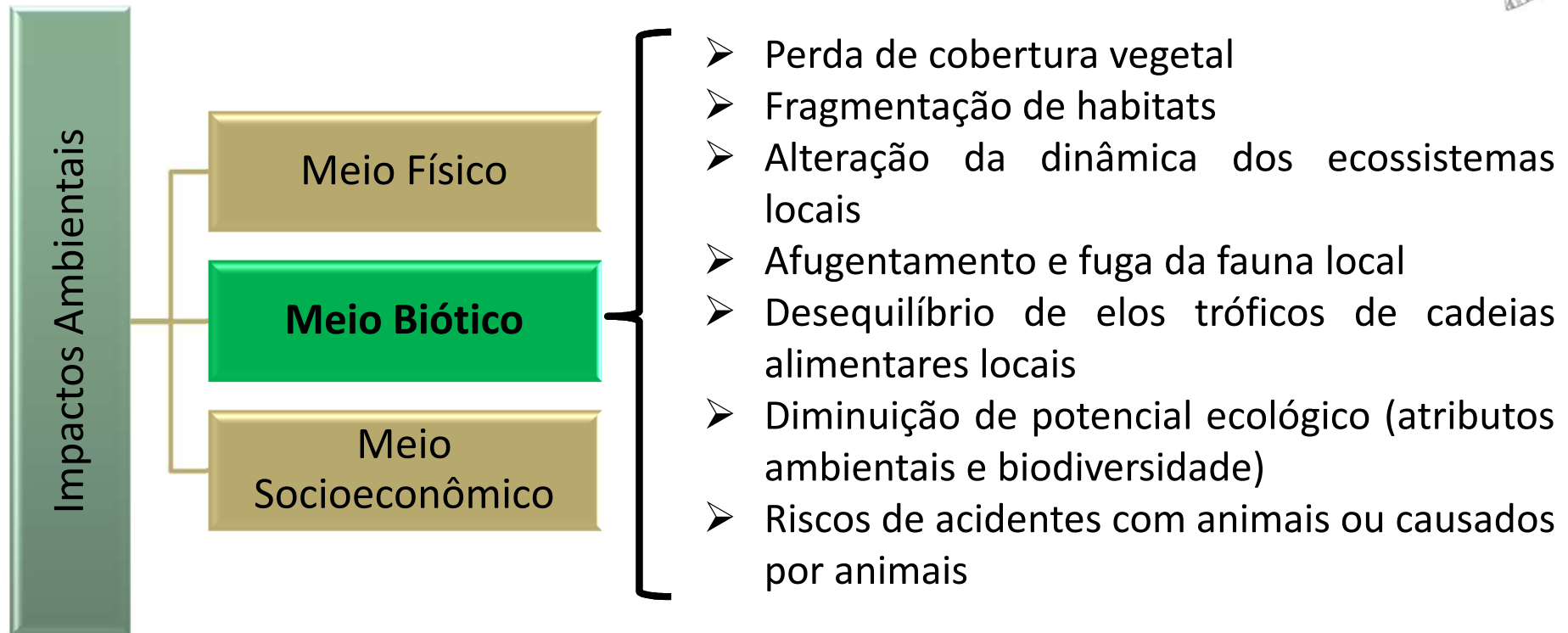
## Consumo de água

Sistema de resfriamento	Tipo de concentrador solar	Volume de água consumida (L/MWh)		
		Mínimo	Máximo	Médio
Água	Canal Parabólico	2.744,42	4.001,18	3.372,80
	Torre Solar	2.801,20	3.255,45	3.028,33
	Linear Fresnel	3.785,41	3.785,41	3.785,41
Ar	Canal Parabólico	162,77	299,05	230,91
	Torre Solar	98,42	98,42	98,42
Híbrido	Canal Parabólico	397,47	1.305,97	851,72
	Torre Solar	340,69	946,35	643,52
Sem sistema de resfriamento	Disco Parabólico	15,14	22,71	18,93



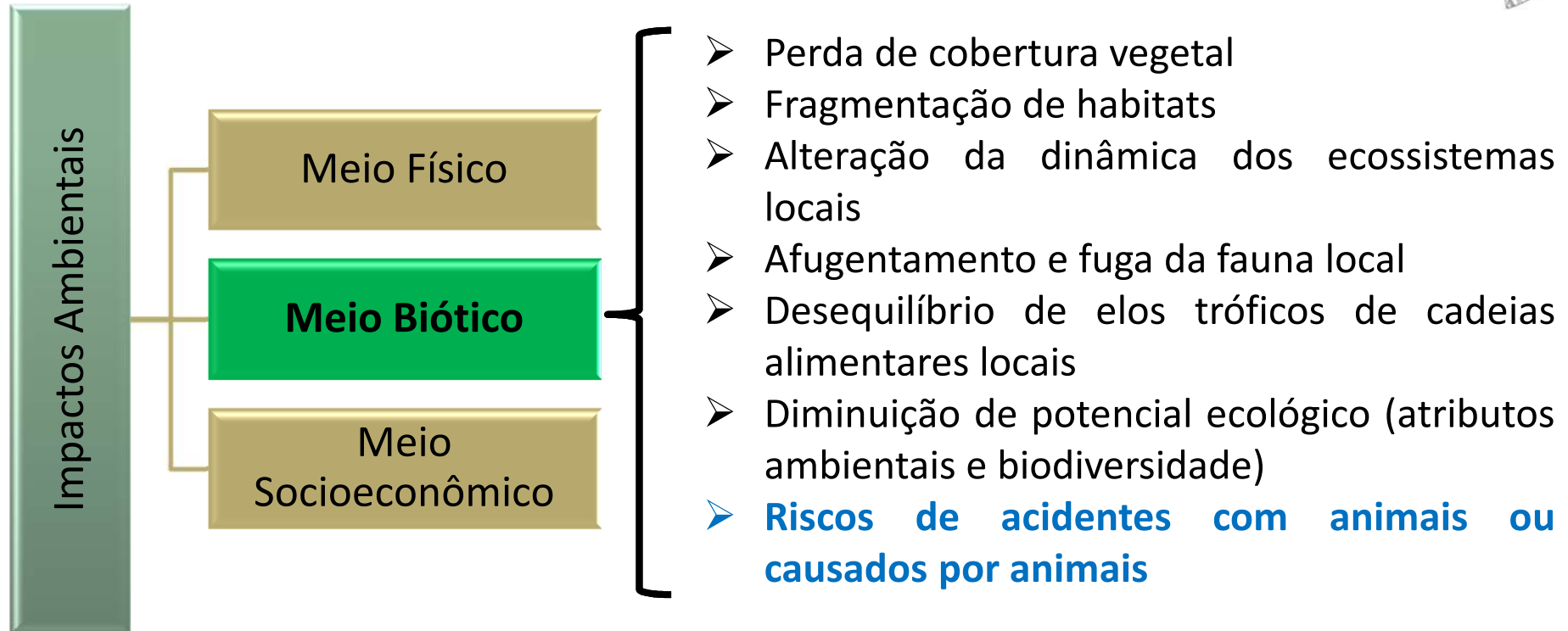
Sisema

# IMPLANTAÇÃO DE USINA HELIOTÉRMICA

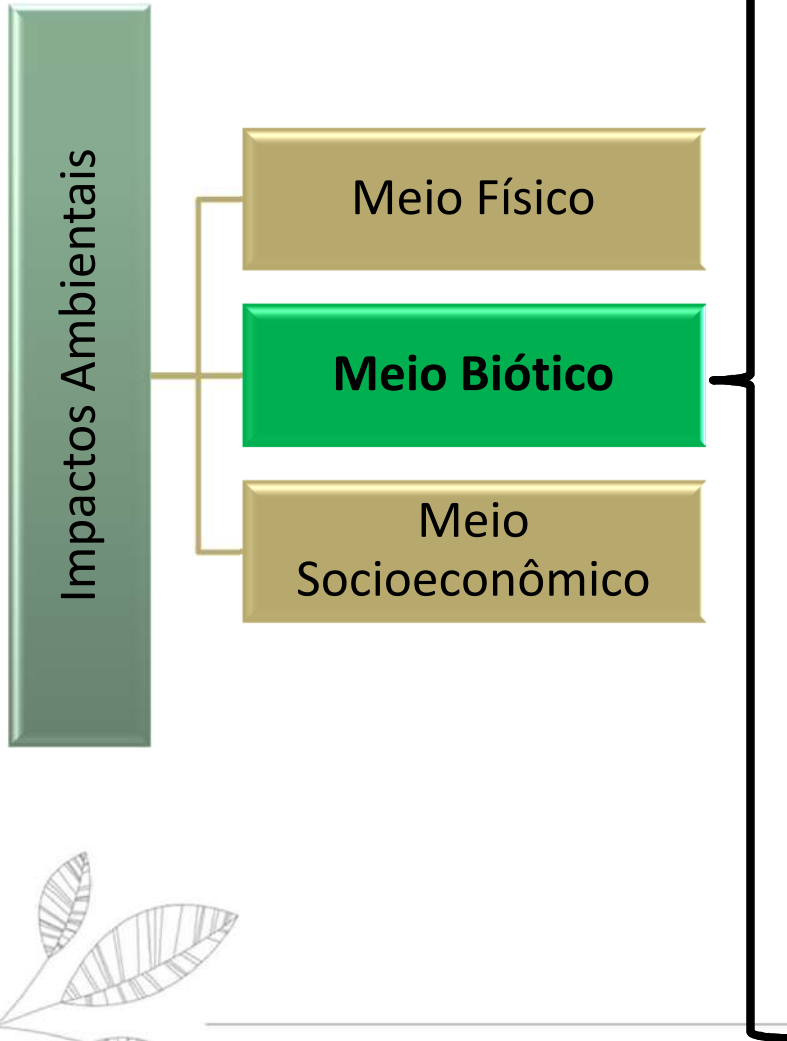




# IMPLANTAÇÃO DE USINA HELIOTÉRMICA



# IMPLANTAÇÃO DE USINA HELIOTÉRMICA



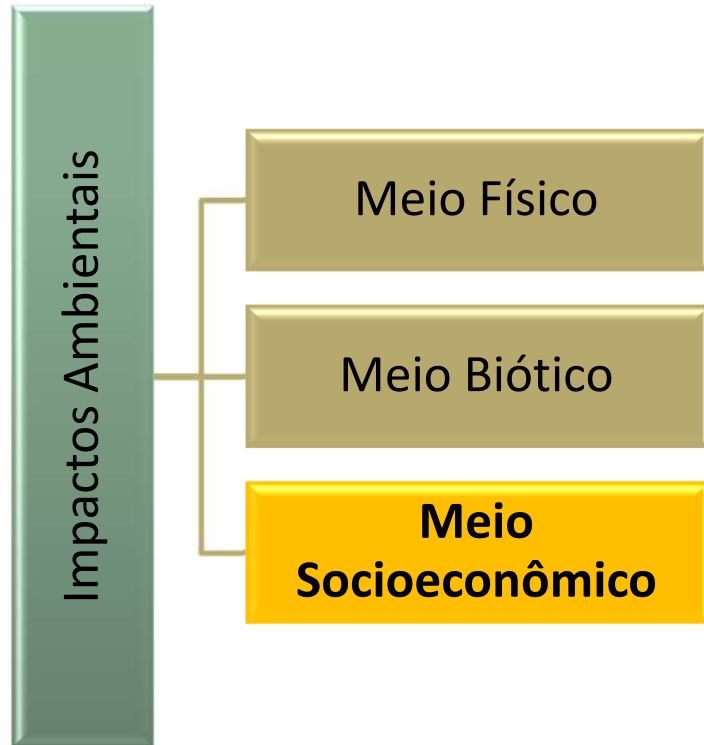
Riscos de acidentes com animais



Sisema

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

# IMPLANTAÇÃO DE USINA HELIOTÉRMICA

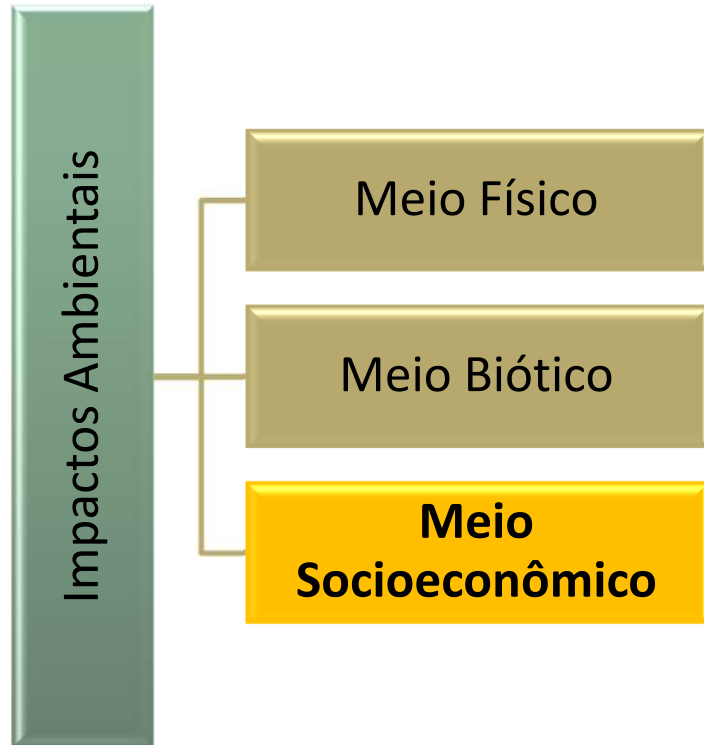


- Alteração do perfil da população
- Geração de expectativa na população local e tensão emocional
- Geração de emprego e renda
- Crescimento da economia local e aumento da arrecadação tributária
- Desconforto ambiental
- Ofuscamento de pilotos de aeronaves
- Riscos ao patrimônio arqueológico não manifesto
- Aumento do fluxo de veículos
- Crescimento do setor de serviços
- Consumo de materiais e ciclo de vida
- Aquisição de serviços especializados
- Riscos de acidente de trabalho
- Segurança operacional
- Aumento da eficiência dos equipamentos
- Aproveitamento de fonte de energia
- Aumento da segurança e confiabilidade no setor energético da região



Sisema

# IMPLANTAÇÃO DE USINA HELIOTÉRMICA

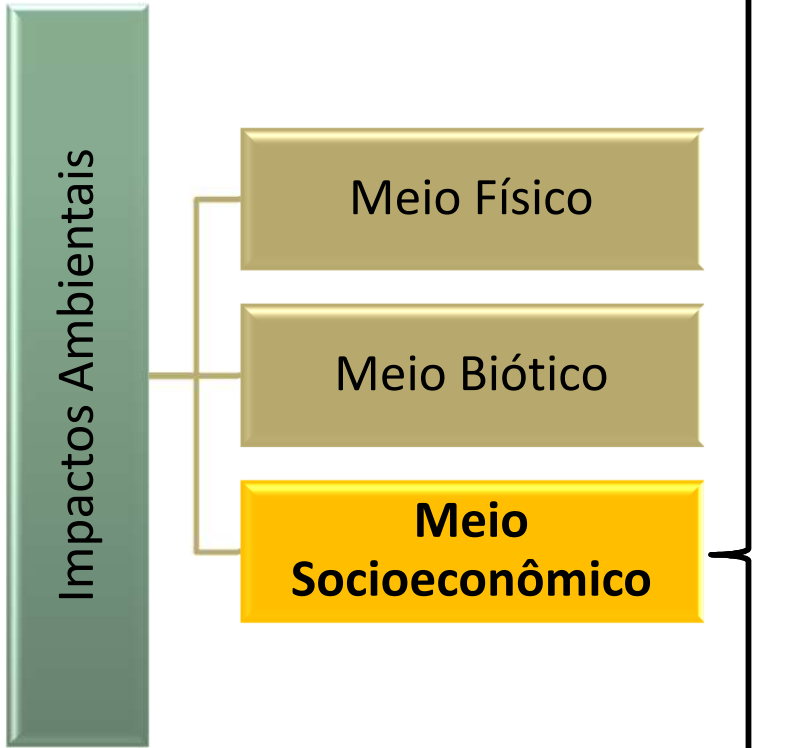


- Alteração do perfil da população
- Geração de expectativa na população local e tensão emocional
- Geração de emprego e renda
- Crescimento da economia local e aumento da arrecadação tributária
- Desconforto ambiental
- **Ofuscamento de pilotos de aeronaves**
- Riscos ao patrimônio arqueológico não manifesto
- Aumento do fluxo de veículos
- Crescimento do setor de serviços
- Consumo de materiais e ciclo de vida
- Aquisição de serviços especializados
- Riscos de acidente de trabalho
- Segurança operacional
- Aumento da eficiência dos equipamentos
- Aproveitamento de fonte de energia
- Aumento da segurança e confiabilidade no setor energético da região



Sisema

# IMPLANTAÇÃO DE USINA HELIOTÉRMICA



Ofuscamento de pilotos em aeronaves







# Sistema

Sistema Estadual de Meio Ambiente  
e Recursos Hídricos

# CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES


# CONCLUSÕES



Para o desenvolvimento e evolução no uso de sistemas fotovoltaicos e heliotérmicos no Brasil, é preciso investir em políticas públicas que incentivem a aquisição e adoção destas tecnologias de geração de energia elétrica.

É possível concluir que estas ações proporcionariam maior diversificação das matrizes energéticas nacional e estadual, contribuindo para a superação da crise hídrica e energética/elétrica, uma vez que reduziria a dependência de uma única fonte de geração de eletricidade.

Há que se atentar que a escolha da região ou regiões para implantação de usinas fotovoltaicas e/ou heliotérmicas deve estar alinhada às possibilidades de alavancar o desenvolvimento social e econômico local, com o mínimo de impactos ambientais negativos.



# CONCLUSÕES



Para que os sistemas heliotérmicos possam coexistir com os sistemas convencionais de geração de energia, são necessárias políticas públicas alinhadas com as particularidades operacionais daquelas plantas. Assim, esta nota técnica buscou chamar a atenção para conflitos normativos existentes na atual legislação que podem desestimular a utilização desta fonte, apesar de seu potencial papel estratégico no atendimento às demandas por serviços de energia da sociedade.

Os impactos ambientais resultantes da implantação de sistemas heliotérmicos dependem e se caracterizam conforme os arranjos e diferentes tecnologias com as quais se configuram.



# Sisema

Sistema Estadual de Meio Ambiente  
e Recursos Hídricos

Agradecimentos:

**Wemerson Rocha Ferreira**

**Lívia Maria Leite da Silva**





# Sisema

Sistema Estadual de Meio Ambiente  
e Recursos Hídricos

Wilson Barbosa Pereira Filho  
[wilson.filho@meioambiente.mg.gov.br](mailto:wilson.filho@meioambiente.mg.gov.br)

**Obrigado!**

