

# Seleção de Alternativas Energéticas para Eletrificação Rural: FV x Outras Fontes

Claudio Moises Ribeiro  
II SNESF, Rio de Janeiro



## Antecedentes

- Conclusão do I SNESF
  - Necessidade de Demonstração da Competitividade da Energia Solar e Sensibilização de Atores
- Avanços Recentes
  - Redução de Custos dos Sistemas PV (Japão)
  - Planos de Atendimento já incluindo a Energia Solar Fotovoltaica (COELBA e CEMIG)

## Classes de Uso da Energia no Meio Rural

- Energia para melhorar as condições de vida doméstica;
- Energia para aumentar a produtividade agrícola;
- Energia para estabelecer e manter pequenas indústrias.

## Tópicos Relevantes para a Escolha

- Recursos Energéticos Locais
- Perfil do Consumidor
- Perspectiva de Crescimento Demográfico/Econômico
- Questões Logísticas (acesso, transporte - Marajó)
- Restrições Ambientais
- Impedimentos Técnicos
- Investimento x O&M
- Características dos Financiamentos
- Incentivos
- Créditos de carbono
- VP
- Etc.

# Onde está o consumidor



## Ferramentas

- Planilhas Tese
- VIPOR

<b>Tipos de Carga</b> (Não-Espacial)	Valores Médios de consumo em kWh/dia (conectados ou não à rede) para cada tipo de carga especificada.
<b>Pontos de Carga</b> (Espacial)	Cada consumidor caracterizado por suas coordenadas e o tipo de carga na qual ele se enquadra.
<b>Nós Simulados</b> (Espacial)	Opcional. Possíveis locais para a instalação de transformadores, com suas respectivas coordenadas.
<b>Fontes</b> (Espacial)	As coordenadas das fontes de geração disponíveis.
<b>Dados de Geração</b> (Não-Espacial)	Curvas de custo: Valor Presente (RS) x Carga (kWh/dia) para geração centralizada e isolada.
<b>Dados de Distribuição</b> (Não-Espacial)	Custos: Transformador (RS), Conexão (RS), Linha de Baixa Tensão (RS/m), Linha de Média Tensão (RS/m).
<b>Entradas de Otimização</b> (Não-Espacial)	Temperatura inicial e final ( <i>freeze temperature</i> ) nos dois estágios; <i>Cooling Ratio</i> ; Máximo Número de tentativas nas duas fases <sup>[1]</sup> .
<b>Especificações do Mapa</b> (Não-Espacial)	Tipos de terreno e grau de preferência ( <i>multiplier</i> ) na conexão: quanto menor o grau, maior será a preferência; Dimensões do terreno; Localização de cada tipo de terreno no mapa.

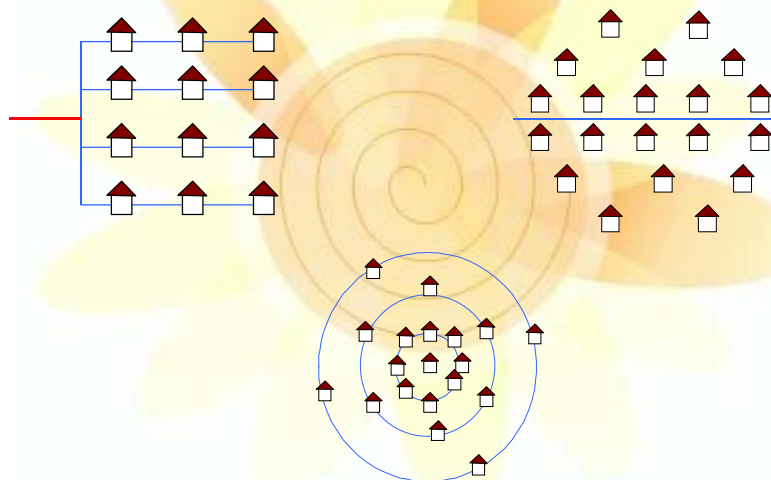
## Parâmetros para Tomada de Decisão

1. Dispersão dos consumidores
2. Localização
3. Consumo individual
4. Condições financeiras para captação de recursos
5. Critérios de qualidade
6. Incentivos existentes aplicáveis
7. Tarifa
8. Custo de equipamentos e serviços
9. Tamanho da localidade
10. Características técnicas dos sistemas

## Alternativas de Geração e Distribuição Consideradas

- Extensão de Rede (Trifásica, Monofásica e **MRT**)
- Grupos Geradores a **Diesel** e Gasolina
- Fontes Renováveis de Energia
  - **Energia Solar Fotovoltaica**
- Outras Alternativas

## Distribuição - Modelagem



## Parâmetros Utilizados na Análise Financeira para os 3 Cenários Definidos

Parâmetro	Variação (Cenários)			Unidade
	Referência	Otimista	Pessimista	
<b>Parâmetros Financeiros</b>				
<i>Gerais</i>				
Taxa de Desconto	15	12	18	%aa
<i>Financiamento para Extensão de Rede/Diesel</i>				
Taxa de Juros	PLC	PLC	PLC	%aa
Prazo	10	10	10	Anos
Carência	2	2	2	Anos
<i>Financiamento para Sistemas Fotovoltaicos</i>				
Taxa de Juros	PLC	PLC	PLC	%aa
Prazo	10	10	10	Anos
Carência	2	2	2	Anos

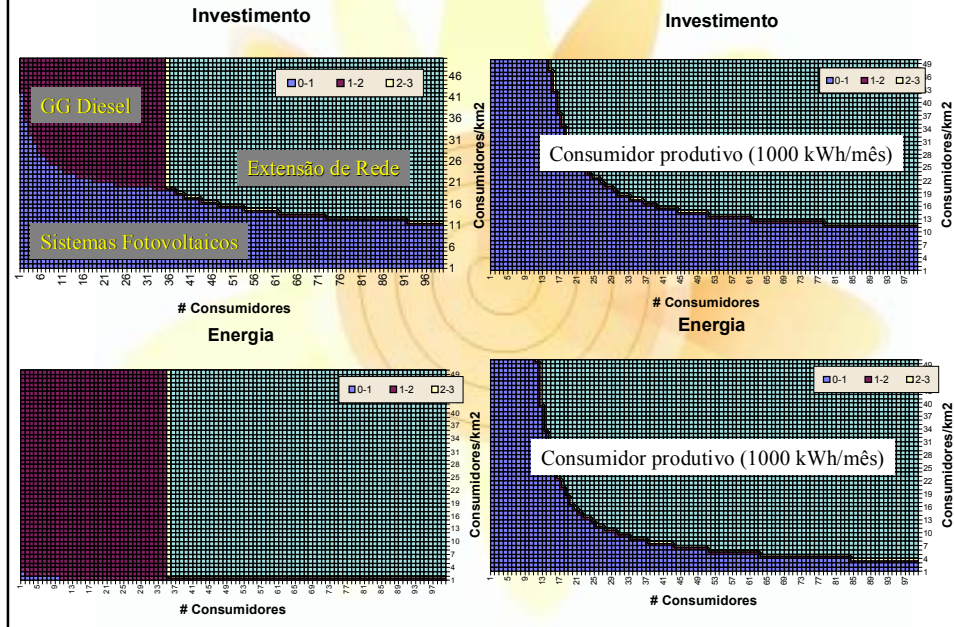
## Parâmetros Utilizados na Análise (Cont.)

Parâmetro	Variação (Cenários)			Unidade
	Referência	Otimista	Pessimista	
<b>Custos</b>				
<i>Gerais</i>				
Tarifa de Eq. Hidráulico	25,42	25,42	25,42	R\$/MWh
<i>Extensão de Rede</i>				
Transformador	400	450	350	R\$/kVA
Rede de Média Tensão	4.300	8.200	4.300	R\$/km
Rede de Baixa Tensão	6.600	8.200	6.600	R\$/km
Conexão	150	200	100	R\$/Cons
Energia Compra	60	65	55	R\$/MWh
Energia Venda	0,09	0,08	0,11	R\$/kWh
<i>Grupo Gerador Diesel</i>				
Gerador Instalado	1000	1100	900	R\$/kVA
Óleo Diesel	0,75	0,80	0,70	R\$/litro
Percentual de Reposição	35	50	25	%
Energia Venda	0,09	0,08	0,11	R\$/kWh
<i>Sistemas Fotovoltaicos</i>				
Módulo Fotovoltaico	8	7	9	R\$/Wp
Bateria	180	150	210	R\$/kWh
Controlador de Carga	180	150	210	R\$/unidade
Inversor	1000	850	1150	R\$/kW
Balanço do Sistema	2	1,5	2,5	R\$/Wp
Energia Venda	0,25	0,25	0,11	R\$/kWh
Consumidor Produtivo	0,09	0,08	0,11	R\$/kWh

## Parâmetros Utilizados na Análise (Cont.)

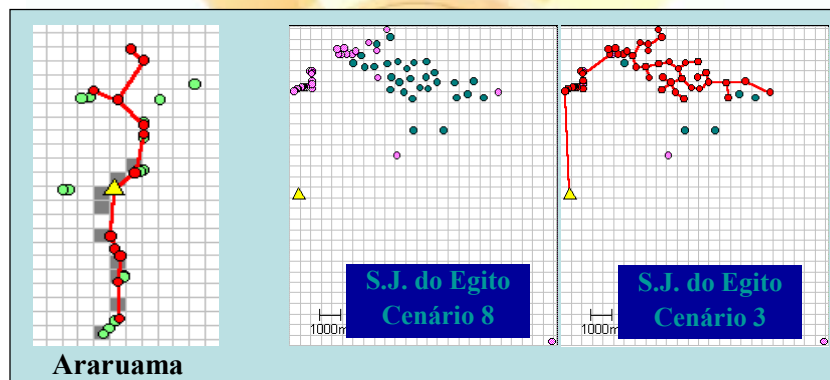
Parâmetro	Variação (Cenários)			Unidade
	Referência	Otimista	Pessimista	
<b>Parâmetros Técnicos</b>				
<i>Gerais</i>				
Consumidores Produtivos	0 - 1	0	0 - 1	---
Consumo por Consumidor Produtivo	1000	1000	1000	kWh/mês
<i>Extensão de Rede</i>				
Distância Rede-Vila	5	10	3	km
Fator de Diversidade	1,3	1,3	1,3	---
Consumo Médio	18	15	6,6 - 30	kWh/mês/Cons
Potência por Consumidor	0,5	0,5	0,5	kVA/Cons
<i>Grupo Gerador Diesel</i>				
Consumo Médio	18	15	6,6 - 30	KWh/mês
Consumo Específico	0,35	0,40	0,30	litros/kWh
<i>Fotovoltaico</i>				
Consumo Médio	6,6	4,8	6,6 - 30	kWh/mês/Cons
Energia Gerada pelo Painel	73,3	73,3	90	KWh/kWp/mês

# Resultados – Cenário Referência

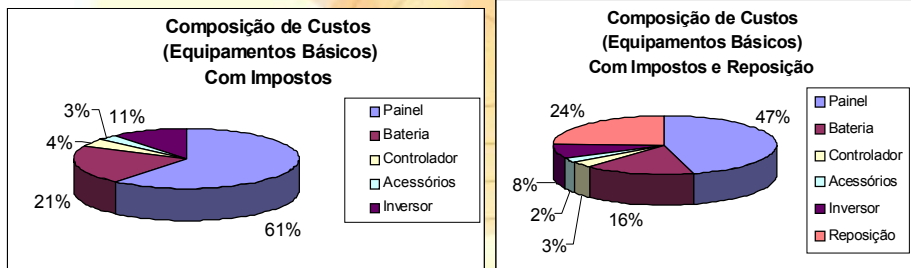


## Sugestões para o Luz para Todos

- O cuidado com as médias

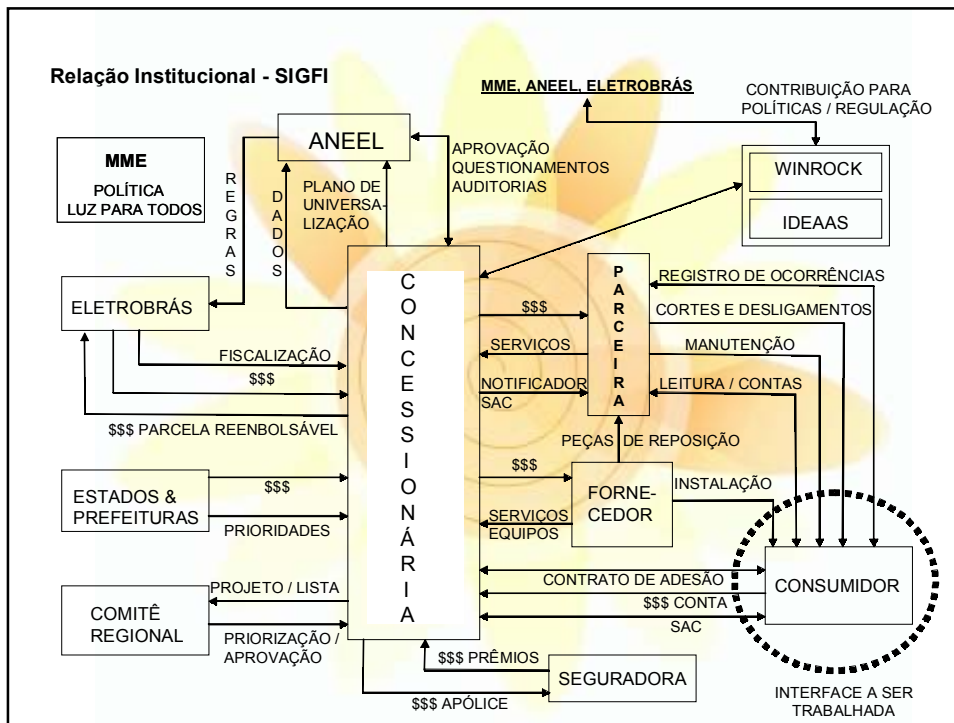


- Custos de Reposição e Serviços



## Conclusões/Sugestões

- Sistemas PV não precisam e nem devem ser vistos como atendimento permanente – as estruturas precisam ser adaptadas para o remanejamento destes sistemas
- Distribuição física dos consumidores e perspectiva real de consumo e crescimento do consumo



Muito Obrigado  
 Claudio Moises Ribeiro  
[cribeiro@winrock.org.br](mailto:cribeiro@winrock.org.br)  
[www.winrock.org.br](http://www.winrock.org.br)



## Considerações do Modelo

- Consumidores “Eqüidistantes”
- Rede de Baixa Tensão – idêntica para diesel e extensão de rede
- Extensão de rede do tipo MRT
- Gerador Diesel – localizado junto a consumidor produtivo
- Potência disponível por consumidor: diesel = 1/2 da rede
- Consumo de energia idêntico para diesel e extensão de rede
- Consumidor produtivo: na opção PV é alimentado por sistema de gaseificação de biomassa (resíduo)
- Consumidores produtivos: potência  $\geq 5\text{kW}$
- Sem remanejamento – fora da zona de influência
- Sistemas Fotovoltaicos: CC até 75 Wp
- Inversor: 300 W (75 a 200Wp) 1,5xPainel (>200Wp)
- Baterias – 1,2 kWh; Ciclos diários de descarga = 20%

## Considerações do Modelo (cont.)

- Fluxo de caixa de 25 anos
- Capital próprio (25%); Condições do financiamento –Programa Luz no Campo (pago pelo governo Estadual)
- Consumidor atendido com sistema fotovoltaico paga tarifa
- Tarifas idênticas para diesel, extensão de rede e consumidor produtivo
- CCC – diesel e fotovoltaica ( $k = 0,9$  e  $T = 8\text{anos}$ )
- Não inclui o rateio do ônus da CCC
- Custo de O&M do grupo gerador diesel – percentual do investimento inicial a cada 5 anos (idêntico para o gerador a gás de produção)
- Mão de obra não incluída para nenhuma das alternativas
- Vida útil: baterias = 4 anos; extensão de rede > 25 anos; módulo fotovoltaico = 25 anos; grupo gerador = 25 anos; controlador de carga = 10 anos; inversor = 10 anos