

**INSTITUTO FEDERAL**  
Rio Grande do Sul  
Campus Farroupilha

---

# Sistemas Fotovoltaicos Para Consumidores Residenciais

Parte 3: Legislação e Viabilidade Econômica



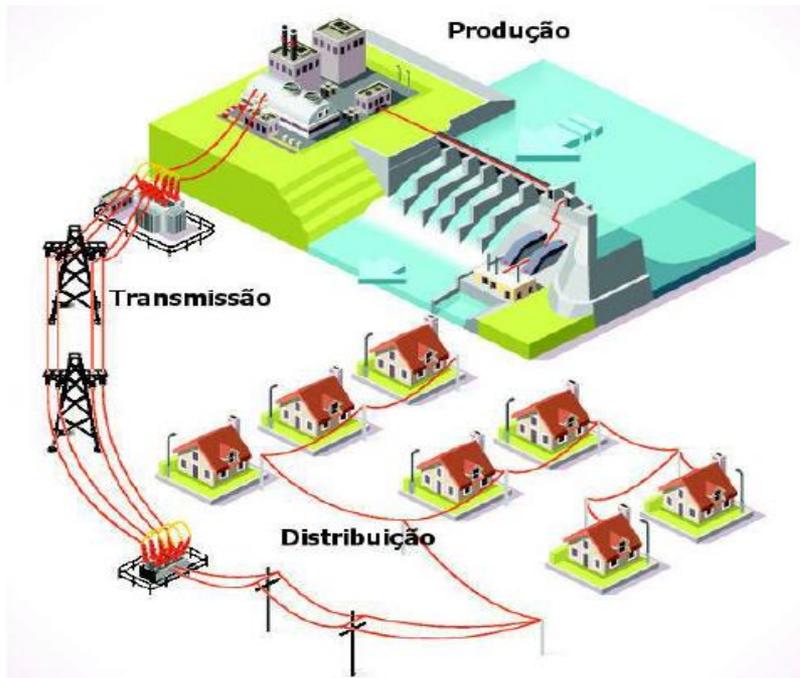
# Resumo

---

- Regulamentos e Base Legal para GD em BT;
- Regras e Tipos de Tarifação;
- Análise Financeira.

# Geração Distribuída

“A geração distribuída é caracterizada pela instalação de geradores de pequeno porte, normalmente a partir de fontes renováveis ou mesmo utilizando combustíveis fósseis, localizados próximos aos centros de consumo de energia elétrica.”



# Histórico da Base Legal

- ANEEL promoveu a Consulta Pública nº 15/2010 (de 10/09 a 9/11/2010) e a Audiência Pública nº 42/2011 (de 11/08 a 14/10/2011), as quais foram instauradas com o objetivo de debater os dispositivos legais que tratam da conexão de geração distribuída de pequeno porte na rede de distribuição;
- Publicação da Resolução Normativa - REN nº 482, de 17/04/2012, estabeleceu as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, e criou o sistema de compensação de energia elétrica correspondente;
- Entre 2012 até 2014 foi realizado o acompanhamento da implantação da REN nº 482/2012, realizado pela ANEEL;
- ANEEL realizou a Audiência Pública nº 26/2015 (de 7/5/2015 a 22/6/2015) que culminou com a publicação da Resolução Normativa - REN nº 687/2015, a qual revisou a REN nº 482/2012.

# Compensação de Energia Elétrica

- Uma importante inovação trazida pela Resolução Normativa nº 482/2012 é o **Sistema de Compensação de Energia Elétrica**;
- Esse sistema permite que a energia excedente gerada pela unidade consumidora com micro ou minigeração seja injetada na rede da distribuidora, a qual funcionará como uma bateria, armazenando esse excedente;
- Quando a energia injetada na rede for maior que a consumida, o consumidor receberá um crédito em energia (kWh) a ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário (para consumidores com tarifa horária) ou na fatura dos meses subsequentes. Os créditos de energia gerados continuam válidos por 60 meses;
- Há ainda a possibilidade de o consumidor utilizar esses créditos em outras unidades previamente cadastradas dentro da mesma área de concessão e caracterizada como autoconsumo remoto, geração compartilhada ou integrante de empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras (condomínios)

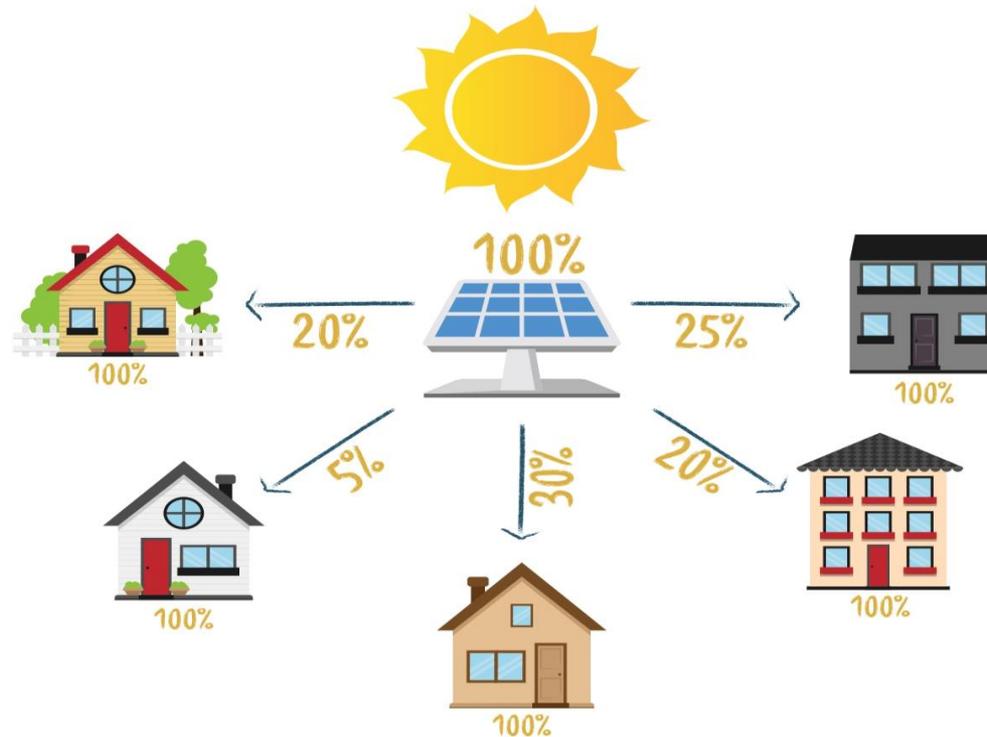
# Tipos de Compensação

- **Autoconsumo Remoto:** caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada;



# Tipos de Compensação

- **Geração Compartilhada**: caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada;

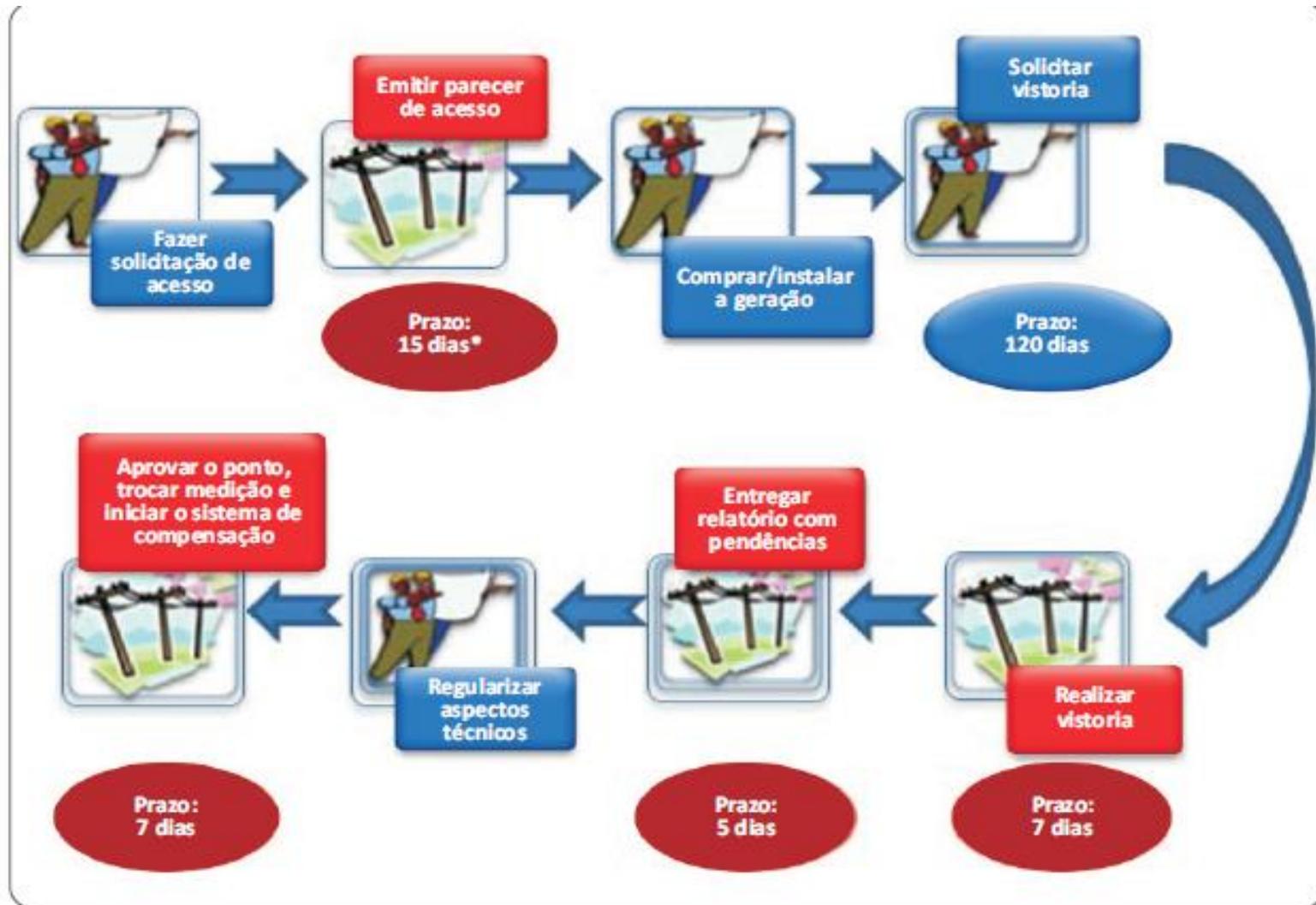


# Tipos de Compensação

- **Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras (condomínios):** caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas;



# Pedido de Conexão



# Resumo

A energia gerada atende à unidade consumidora vinculada



Nos momentos em que a central não gera energia suficiente para abastecer a unidade consumidora, a rede da distribuidora local suprirá a diferença. Nesse caso será utilizado o crédito de energia ou, caso não haja, o consumidor pagará a diferença.

Quando a unidade consumidora não utiliza toda a energia gerada pela central, ela é injetada na rede da distribuidora local, gerando crédito de energia

**Grupo A:** paga apenas a parcela referente à demanda.

**Grupo B:** paga apenas o custo de disponibilidade.

# Regras de Faturamento

- Modo de faturamento estabelecido no art. 7º da Resolução Normativa nº 482/2012;
- A energia injetada em determinado posto tarifário se houver, deve ser utilizada para compensar a energia consumida nesse mesmo posto;
- Se houver excedente, os créditos de energia ativa devem ser utilizados para compensar o consumo em outro posto horário, na mesma unidade consumidora e no mesmo ciclo de faturamento;
- O valor a ser faturado é a **diferença positiva entre a energia consumida e a injetada**, considerando-se também eventuais créditos de meses anteriores, sendo que caso esse valor seja inferior ao custo de disponibilidade, será cobrado o custo de disponibilidade.

# Regras de Faturamento

- Após a compensação, se ainda houver excedente, um percentual dos créditos poderá ser utilizado para abater o consumo de outras unidades escolhidas pelo consumidor no mesmo ciclo de faturamento;
- Os créditos remanescentes podem ser utilizados **por até 60 meses após a data do faturamento.**

Mês	Consumo (kWh)	Injetado (kWh)	Crédito acumulado (kWh)	Fatura sem GD*	Fatura com GD*	Diferença
Jan	330	353	23	R\$ 168,30	R\$ 51,00	R\$ 117,30
Fev	360	360	23	R\$ 183,60	R\$ 51,00	R\$ 132,60
Mar	460	335	0	R\$ 234,60	R\$ 52,02	R\$ 182,58

Fatura março = (Consumo – Injetado – Crédito utilizado) x Tarifa energia

Fatura março = (460 – 335 – 23) x 0,51 = R\$ 52,02

# Regras de Faturamento

Mês	Consumo (kWh)	Injetado (kWh)	Crédito acumulado (kWh)	Fatura sem GD*	Fatura com GD*	Diferença
Jan	330	353	23	R\$ 168,30	R\$ 51,00	R\$ 117,30
Fev	360	360	23	R\$ 183,60	R\$ 51,00	R\$ 132,60
<b>Mar</b>	<b>460</b>	<b>335</b>	<b>0</b>	<b>R\$ 234,60</b>	<b>R\$ 52,02</b>	<b>R\$ 182,58</b>
Abr	440	357	0	R\$ 224,40	R\$ 51,00	R\$ 173,40
Mai	450	333	0	R\$ 229,50	R\$ 59,67	R\$ 169,83
Jun	390	308	0	R\$ 198,90	R\$ 51,00	R\$ 147,90
Jul	350	360	10	R\$ 178,50	R\$ 51,00	R\$ 127,50
<b>Ago</b>	<b>476</b>	<b>370</b>	<b>4</b>	<b>R\$ 242,76</b>	<b>R\$ 51,00</b>	<b>R\$ 193,80</b>
Set	484	380	0	R\$ 246,84	R\$ 51,00	R\$ 183,60
Out	480	378	0	R\$ 244,80	R\$ 52,02	R\$ 192,78
Nov	430	338	0	R\$ 219,30	R\$ 51,00	R\$ 168,30
Dez	390	332	0	R\$ 198,90	R\$ 51,00	R\$ 147,90
Total	5.100	4.204	-	R\$ 2.560,20	R\$ 622,71	R\$ 1.937,49

Fatura agosto =  $(476 - 370 - 6) \times 0,51 = R\$ 51,00$

# Exemplo Faturamento de Autoconsumo Remoto

- Considerando um consumidor que tem uma microgeração na unidade UC1, e outras 3 unidades consumidoras UC2 e UC3, na mesma área de concessão. Custo de disponibilidade de todas as unidades é considerada trifásica.

Tabela 7 - Transferência de créditos entre as unidades consumidoras UC1 e UC2

Mês	Consumo UC1 (kWh)	Injetado UC1 (kWh)	Energia excedente UC1 (kWh)	Consumo faturado UC1 (kWh)	Consumo UC2 (kWh)	Crédito alocado UC2 (kWh)	Crédito utilizado UC2 (kWh)	Crédito acumulado UC2 (kWh)	Energia faturada UC2 (kWh)
Jan	330	1.764	1.434	100	957	1.004	957	47	100
Fev	360	1.863	1.503	100	1.008	1.052	1.008	91	100
Mar	460	1.900	1.440	100	1.334	1.008	1.099	0	235

Tabela 8 – Alocação de créditos e faturamento da unidade consumidora UC3

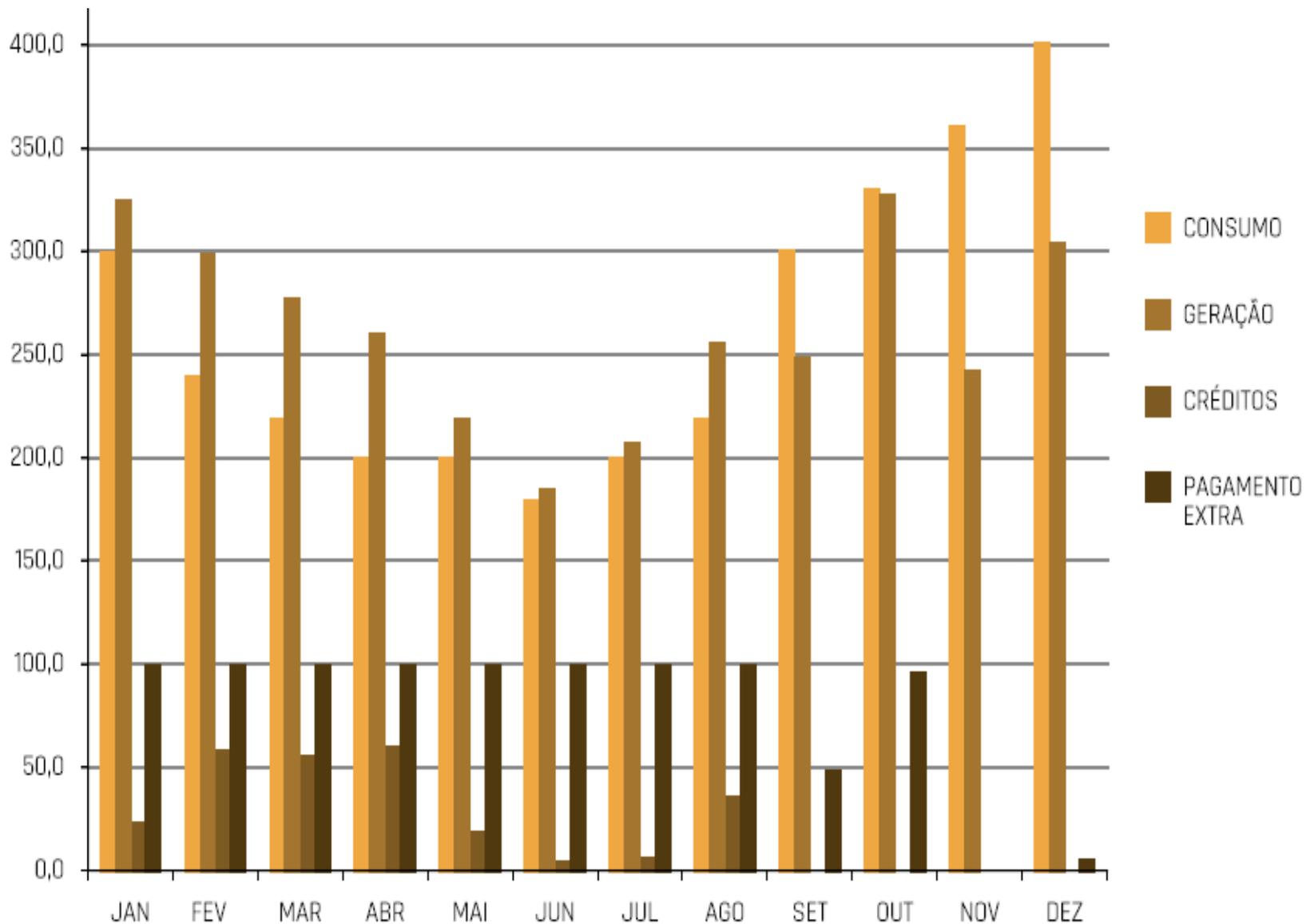
Mês	Consumo UC3 (kWh)	Crédito alocado UC3 (kWh)	Crédito utilizado UC3 (kWh)	Crédito acumulado UC3 (kWh)	Energia faturada UC3 (kWh)
Jan	396	430	396	34	100
Fev	432	451	432	53	100
Mar	598	432	485	0	113

# Importância do Custo de Disponibilidade

- Para os consumidores de BT é necessário averiguar o impacto do custo de disponibilidade. este deve ser levado em consideração na hora de dimensionar o sistema fotovoltaico.
- Em casos onde o consumo for próximo da geração o cliente será tarifado sobre o CD e pode na prática “doar” kWh para a concessionária, o que não é desejável.
- O custo de disponibilidade foi instituído pela REN-414 e serve como forma de remunerar a concessionária mesmo que não haja consumo em uma unidade consumidora ativa.
- O valor a ser faturado irá depender do número de fases que o cliente é atendido: clientes monofásicos, bifásicos e trifásicos são faturados em 30, 50 e 100 kWh respectivamente.

Ao se analisar a fatura de energia do cliente deve ser levada em consideração não somente o último valor de kWh faturado, mas também a média e variação do consumo. Toda fatura de energia elétrica é obrigada a disponibilizar o consumo medido nos últimos 12 meses por força de regulamentação.

# Importância do Custo de Disponibilidade



# Sistemas Conectados em BT

- A potência instalada de sistemas de geração fotovoltaicos é definida na Resolução Normativa nº 676/2015 como a “potência nominal elétrica, em kW, na saída do inversor, respeitadas limitações de potência decorrentes dos módulos, do controle de potência do inversor ou de outras restrições técnicas”. Trata-se, portanto, do menor valor entre a potência nominal do inversor e a potência dos módulos.
- Em unidades do grupo tarifário B o limite de potência instalada será a resultante da multiplicação da capacidade nominal de condução de corrente elétrica do dispositivo de proteção geral da unidade consumidora pela tensão nominal, observado o fator específico referente ao número de fases, expressa em quilovolt-ampère (kVA).

Para exemplificar o caso de consumidor do grupo B, se a capacidade do disjuntor da unidade consumidora for de 30 A (ampères), a tensão de atendimento for 220 V (volts) e instalação trifásica, tem-se: Potência disponibilizada =  $30 \text{ A} \times 220 \text{ V} \times 3 = 19800 \text{ VA} = 19,8 \text{ kVA}$

# Incidência de Impostos

- Convênio CONFAZ 16/2015 apesar de não retirar a cobrança do ICMS de imediato dos estados, faculta aos mesmos conceder a isenção do ICMS sobre as operações de compensação de energia.
- Os tributos federais PIS e COFINS também foram reduzidos a zero pela Lei 13.169 publicada em outubro de 2015. Na prática, nos estados que já contam com a isenção do ICMS, a energia consumida irá possuir o mesmo valor monetário da energia compensada. Salvo casos como o da RGE;
- Logo a viabilidade econômica irá variar de acordo com o estado que o empreendimento será realizado. A distribuição de energia c é um monopólio natural, o que implica que o consumidor precisa comprar energia obrigatoriamente da empresa que possui a concessão de sua área.

# Tarifa

Em síntese, para compor a tarifa do cliente é necessário verificar a Tarifa Base pelo site da ANEEL e o ICMS de acordo com a região de concessão. O sítio eletrônico da ABRADÉE possui uma seção de banco de dados do setor elétrico com informação da alíquota de ICMS de cada classe de consumo e estado. Para calcular a tarifa de aplicação dos estudos de viabilidade econômica pode-se utilizar a equação abaixo:

$$T = \frac{T_{base}}{(1 - ICMS - PIS - CONFINS)}, \text{ onde:}$$

$T$  - tarifa de aplicação;  $T_{base}$  - tarifa base sem impostos

Tarifas de Energia Elétrica Baixa Tensão - em R\$/kWh sem impostos

Subgrupo	Classe	Aliquota ICMS	Valor kWh			
			Modalidade Convencional	Modalidade Horária Branca		
				Ponta	Intermediário	Fora Ponta
B1	Residencial Baixa Renda até 30 kWh	Até 50 kWh	0,163177	Não se aplica		
	Residencial Baixa Renda 31-100 kWh	12%	0,279732			
	Residencial Baixa Renda 101-220 kWh	Acima de 50 kWh	0,419598			
	Residencial Baixa Renda acima de 220 kWh		0,466220			
	Residencial Convencional	30%	0,505420	0,948080	0,615330	0,428300
B2	Rural Sem CPR	30%	0,353790	0,641470	0,417410	0,295370
	Rural Com CPR	Diferido				
	Rural Irrigante/Hor. Especial (Art.107 REN 414)			0,141516	Não se aplica	
B3	Industrial - Reconhecido pela SEFAZ-RS	18%	0,505420	1,003550	0,648610	0,439390
	Industrial	30%				
	Comercial					
	Poder Público					
	Serviço Público					
B4	Iluminação Pública - Rede de distribuição	20%	0,277980	Não se aplica		

# Tarifação: Caso RGE

O Grupo B é subdividido nos seguintes Subgrupos:

- B1: residencial e baixa renda;
- B2: rural;
- B3: demais classes;
- B4: iluminação pública.

R. S JOAO CALABRIA, 303  
BELVEDERE FARROUPILHA - RS

CPF.003.334.910-09  
Classificação: Convencional B1 Residencial - Trifásico 220 / 127 V

ATENDIMENTO	PN	SEU CÓDIGO	CONTA/MÊS	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR (R\$)
0800 9 70 09 00 <a href="http://www.rge-rs.com.br">www.rge-rs.com.br</a>	0711615122	3085667934	AGO/2018	10/09/2018	136,15

## DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO

Cod.	Descrição da Operação	Mês	Quant.	Unid.	Tarifa com	Valor Total da	Base Cálculo	Aliq.	ICMS	Base Cálculo	PIS	COFINS	Bandeiras
115	Nº 911150961828	Ref.	Faturada	Med.	Tributos	Operação	ICMS	ICMS		PIS/COFINS	1,11%	5,10%	Tarifárias
0805	Consumo Uso Sistema [KWh]-TUSD	AGO/18	148,000	kWh	0,41595891	60,73	60,73	30,00	18,22	60,73	0,67	3,15	Vermelha
0801	Consumo Bandeira Verde - TE	AGO/18	148,000	kWh	0,41212329	60,17	60,17	30,00	18,05	60,17	0,67	3,12	19 Dias
0801	Adicional de Bandeira Vermelha	AGO/18				11,46	11,46	30,00	3,44	11,46	0,13	0,59	Vermelha
	Total Distribuidora					132,36							13 Dias
	<b>DÉBITOS DE OUTROS SERVIÇOS</b>												
0807	Contrib. Custeio IP-CIP Municipal	AGO/18				3,79							

# Exemplo de Compensação

DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO						
Cod.	Descrição da Operação	Mês	Quant.	Unid.	Tarifa com Tributos	Valor Total da Operação
115	<b>Nº 900601944955</b>	Ref.	Faturada	Med.		
0605	Energia Ativa Fornecida - TUSD	JAN/18	240,000	kWh	0,30900000	74,16
0601	Energia Ativa Fornecida - TE	JAN/18	240,000	kWh	0,35995834	86,39
0601	Adicional de Bandeira Vermelha	JAN/18				10,06
0605	Energia Ativa Injetada TUSD	JAN/18	240,000	kWh	0,21629167	51,91-
0601	Energia Ativa Injetada TE	JAN/18	240,000	kWh	0,35995834	86,39-
0601	Cred Adc Band Vermelha	JAN/18				8,33-
0605	Custo de Disp. Energia TUSD	JAN/18	50,000	kWh	0,30860000	15,43
0601	Custo de Disp. Energia BVD-TE	JAN/18	50,000	kWh	0,36000000	18,00
	<b>Total Distribuidora</b>					<b>57,41</b>
	<b>DÉBITOS DE OUTROS SERVIÇOS</b>					
0807	Contribuição Custeio IP-CIP	JAN/18				5,95

Informações Técnicas			
Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Multiplicação	Consumo kWh
00019 107	327	1	220
00019 0	122		122
/h - Noturno: 0 kWh			

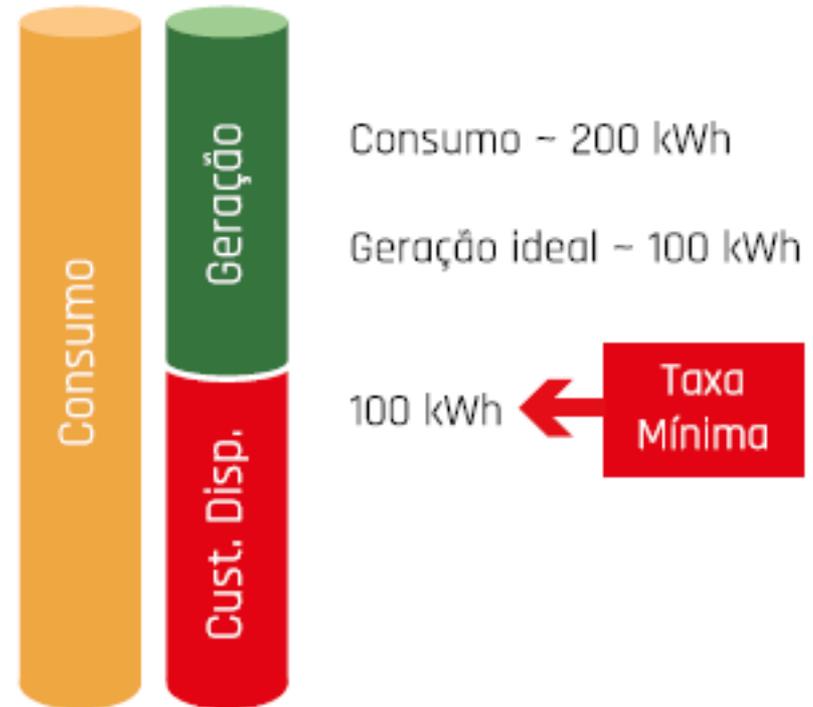
**Gerais**  
 (DA 516 kWh.  
 2.076, de 24/05/2016.  
 /15.  
 08/2016.  
 ibito em sua c/c.  
 ébitos anteriores.  
 e legais vigentes  
 ros)baseadas no  
 de faturamento  
 and. Verde

Valores Faturados			
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)
Energia Elétrica kWh	342	0,80695731	275,91
Dif. Custo Disponib. Res. 482	100	0,80695731	80,64
Energia Injetada kWh	342	0,80695731	-275,91
Encargos/Cobranças			
Contrib. Custeio Ilum. Pública			53,40
Tarifas Aplicadas (sem impostos)			
Energia Elétrica kWh		0,53122000	
Dif. Custo Disponib. Res. 482		0,53122000	

**de Fornecimento**  
 Valores Permitidos  
 nsal Trimestral Anual

# Viabilidade Financeira

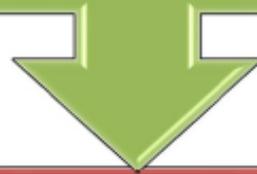
- › Sistema de Compensação, nem sempre é vantajoso;
- › É preciso conhecer as regras da compensação e avaliar o fluxo de caixa e a viabilidade do projeto;
- › Existe um valor de equilíbrio onde o custo do sistema seja atrativo para a quantidade de geração injetada;
- › Sistemas de baixa potência costumam ter custos elevados em relação a energia que produzem.



Na média, a geração deve ficar próximo ao consumo, descontado o custo de disponibilidade.

# Viabilidade Financeira

Um boa análise de projeto, deve levar em conta a qualidade dos dados que serão incorporados



Dados importantes:

- Estimativa do Custo do Investimento;

- Estimativa do Fluxo de Caixa.

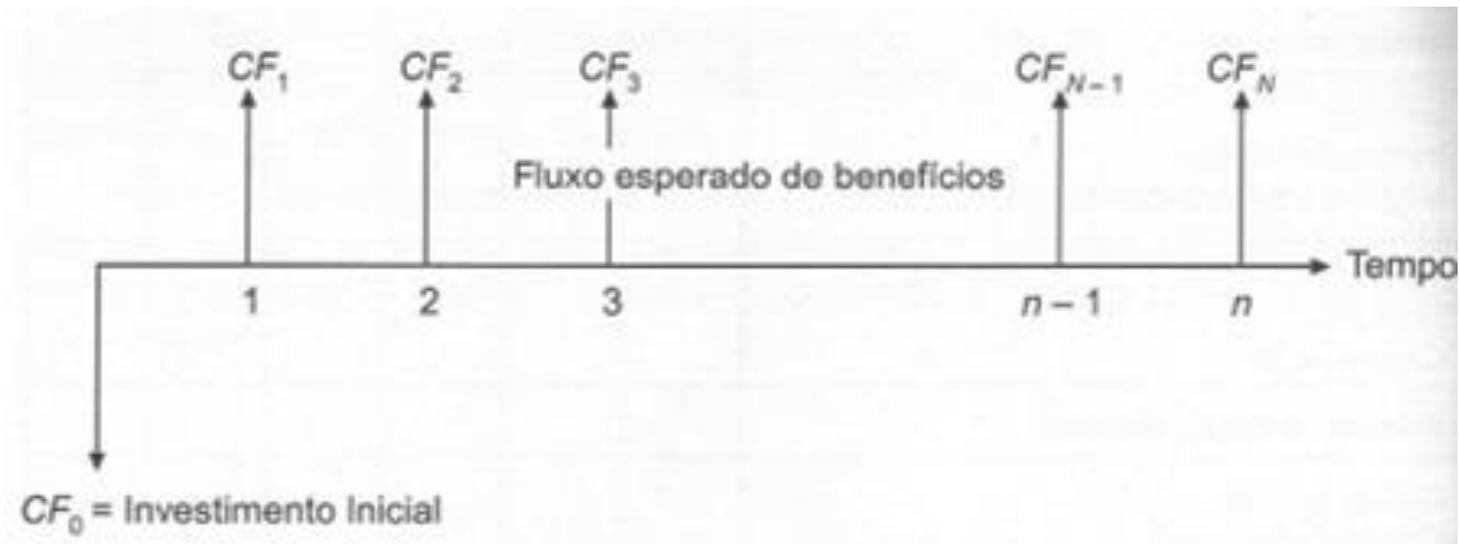
# Viabilidade Financeira

- **Custos de Investimento:** Mão de obra com instalação, módulos, inversor, projeto e acessórios (cabos, dispositivos de proteção, conectores etc);
- **Custos de Manutenção:** Manutenção anual (verificação da fixação, limpeza) e troca de inversor (a cada 8 anos);
- **Estimativa mensal de Produção e Compensação:** Determinação adequada da previsão de produção e das limitações da regra de compensação. Pela imprevisibilidade, geralmente se adota produção anual e sua média nos 12 meses do ano;

# Análise Financeira: Definições

## Fluxo de Caixa

- No primeiro mês do período de análise serão concentrados os custos do investimento inicial;
- Nos meses subsequentes será considerada a entrada a economia de energia como receita e eventuais manutenções como despesas



# Análise Financeira: Definições

Como avaliar se um investimento vale a pena ou não?

- Duas ferramentas da matemática financeira muito utilizadas para a avaliação de **viabilidade de projetos** são a análise por **valor presente líquido (VPL)** e **taxa interna de retorno (TIR)**, estes elementos levam a outro importante elemento das análises que o tempo de retorno do investimento (payback);
- VPL e TIR são muito utilizado no estudo de viabilidade de um projeto ou novo negócio, a fim de indicar se vale a pena, ou seja, se é mais vantajoso do que simplesmente deixar o dinheiro investido.

# Análise Financeira: Definições

**Valor Presente Líquido** Trata-se de um método que trás todo um fluxo de caixa para o instante atual, ou seja, trás para o presente pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros (custo de oportunidade).

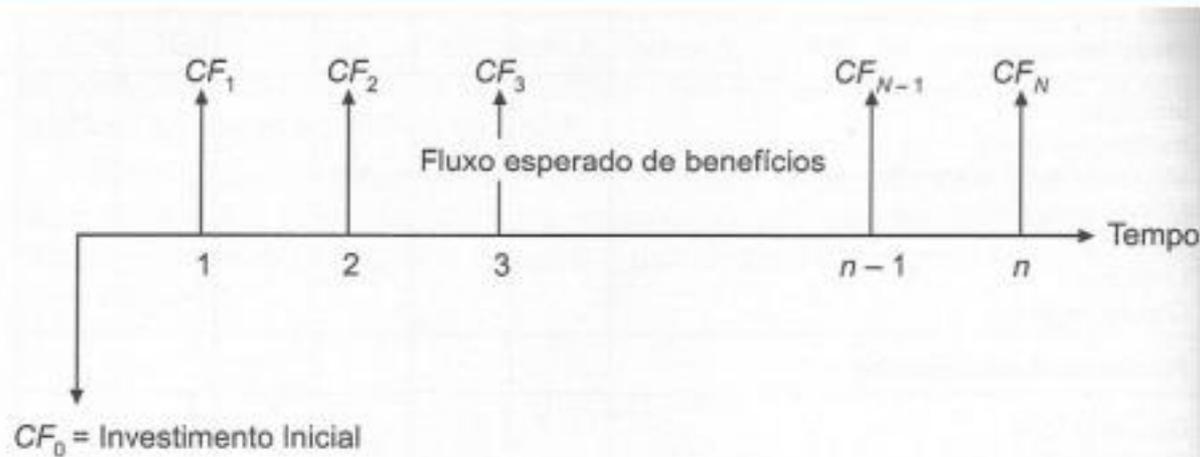
$$VP = \sum_{t=1}^{\infty} \left( \frac{\text{Parcela}_t}{(1+i)^t} \right)$$

*Parcela t = parcela a ser paga no financiamento no tempo t*  
*t = período do financiamento*  
*i = Custo de Oportunidade*

# Viabilidade Financeira

– Valor do Investimento +  $\Sigma(\text{Fluxo Esperado de Benefícios}) > 0$

O método do Valor Presente Líquido (VPL) nada mais é do que a concentração de todos os valores esperados de um fluxo de caixa na data zero.



# Exemplo VPL

Custo de Oportunidade		7,00%	
Período	Mês	Fluxo de Caixa (CF)	Valor Presente Líquido
0		R\$ 5.500,00	
1	Janeiro	R\$ 1.000,00	R\$ 4.565,4
2	Fevereiro	R\$ 1.000,00	R\$ 3.630,8
3	Março	R\$ 1.000,00	R\$ 2.696,3
4	Abril	R\$ 1.000,00	R\$ 1.761,7
5	Maio	R\$ 1.000,00	R\$ 827,1
6	Junho	R\$ 550,00	R\$ 313,1
7	Julho	R\$ 550,00	R\$ 200,9
8	Agosto	R\$ 550,00	R\$ 715,0

# Análise Financeira: Taxa Interna de Retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR), por definição, é a taxa que torna o VPL de um fluxo de caixa igual a zero.

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{[CF_j]}{(1+i)^j} = \text{Zero}$$

- A taxa interna de retorno (TIR) mede a rentabilidade do fluxo de caixa **DO INÍCIO ao fim do período de análise**.
- Aceita-se um projeto se a sua TIR for maior que o custo de oportunidade.

# Exemplo: Taxa Interna de Retorno

Custo de Oportunidade		7,00%		
Período	Mês	Fluxo de Caixa (CF)	Valor Presente Líquido	Taxa Interna de Retorno
0		-5.500,00		
1	Janeiro	1.200,00	R\$ 4.378,5	-78%
2	Fevereiro	1.200,00	R\$ 3.257,0	-41,12%
3	Março	2.000,00	R\$ 1.387,9	-9,58%
4	Abril	1.000,00	R\$ 453,3	-0,72%
5	Maio	1.000,00	R\$ 481,3	5,44%
6	Junho	550,00	R\$ 995,3	7,93%
7	Julho	550,00	R\$ 1.509,3	9,88%
8	Agosto	550,00	R\$ 2.023,4	11,41%

# Análise Financeira: Definições

- Quando o VPL é positivo, isso significa que o projeto agrega valor, ou seja, o investimento está sendo remunerado a uma taxa de retorno (TIR) superior ao custo de capital ( $i$ );
- Quando o VPL é negativo, o projeto destrói valor, pois o investimento está sendo remunerado a uma taxa de retorno (TIR) inferior ao custo de capital ( $i$ );
- PAYBACK: Determina o período de tempo necessário para que se recupere o valor inicialmente investido. No payback simples, apenas somam-se os fluxos de caixa até se chegar no valor investido. No payback descontado, leva-se em consideração o custo de oportunidade.

# Exemplo: Payback

Custo de Oportunidade		7,00%		
Período	Mês	Fluxo de Caixa (CF)	Valor Presente Líquido	Taxa Interna de Retorno
0		-5.500,00		
1	Janeiro	1.200,00	R\$ 4.378,5	-78%
2	Fevereiro	1.200,00	R\$ 3.257,0	-41,12%
3	Março	2.000,00	R\$ 1.387,9	-9,58%
4	Abril	1.100,00	R\$ 359,8	0,00%
5	Maio	1.000,00	R\$ 640,2	5,99%
6	Junho	230,00	R\$ 870,2	7,05%
7	Julho	550,00	R\$ 1.420,2	9,14%
8	Agosto	550,00	R\$ 1.970,2	10,76%

# Bibliografia

- Caderno Temático ANEEL Micro e Minigeração Distribuída, sistema de compensação de energia elétrica;
- Profissionais para energias do futuro: Energia Fotovoltaica, especialista técnico em energia solar fotovoltaica, MEC/GIZ.
- Acompanha planilha excel com exemplos de análise financeira;