

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

**GERENCIAMENTO ENERGÉTICO EM FONTES ALTERNATIVAS  
CONECTADAS A REDE<sup>1</sup>  
ENERGY MANAGEMENT IN ALTERNATIVE SOURCES CONNECTED TO  
NETWORK**

**Cassio Patrick Alvaristo<sup>2</sup>, Gyordan Bervian Machado<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Trabalho complementar a dissertação de mestrado na Universidade Federal de Santa Maria

<sup>2</sup> Mestrando do curso de Geração de Energia da UFSM ? cassio.alvaristoj@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí ? gyordangbm@gmail.com

**RESUMO**

O sistema de gerenciamento de energia traz tanto benefícios econômicos para o consumidor como para as concessionárias, pois colabora para beneficiar o problema encontrado na curva de pico no sistema elétrico de potência "SEP". Desta maneira pode auxiliar de forma representativa o lado da carga do sistema de potência de energia e consecutivamente o lado da geração e distribuição de energia.

**ABSTRACT**

The energy spinning system is as beneficial to the consumer as it is to utilities because the benefit to the problem is found in the peak curve of the "SEP" power system. They stand out as trainers of load of the system of energy of continuous and lateral form of the generation and distribution of energy.

Palavras-chave: Geração de energia; Energia renovável; Controle de energia.

Keywords: Energy generation; Renewable energy; Power control.

**INTRODUÇÃO**

Os sistemas de energia renováveis conectados à rede "on grid", vem tomando grande mercado no cenário nacional, com uma grande predominância no setor fotovoltaico, que de acordo com a ANEEL representa 99% entre as energias renováveis instaladas. Com o ingresso da bandeira tarifária branca no grupo B e aplicabilidade de postos tarifários diferentes (bandeira azul e verde) em maiores consumidores, este tipo de geração não obtém um ganho econômico alto, pois o maior valor do KWh se encontra entre no período de ponta, que pode variar conforme as concessionárias de energia, porém girando em torno das 19 as 22 horas. Contudo neste horário de ponta ainda o sistema de distribuição e transmissão tem problemas, pois ocorre a popular "curva do pato" que

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

acaba saturado o sistema de energia se comparado ao restante do dia[1].

## MODALIDADES TARIFÁRIAS E POSTOS TARIFÁRIOS

As modalidades tarifárias são um conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativas, considerando as seguintes modalidades:

A tarifa azul é aplicada às unidades consumidoras do grupo A (demanda maior que 125 KVA), que é caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização durante o dia.

A tarifa verde é a modalidade tarifária aplicada às unidades consumidoras também do grupo A, porém com a demanda maior que 125kVA. É caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, e com uma única tarifa de demanda de potência.

A tarifa convencional monômnia é aplicada às unidades consumidoras do grupo B (residenciais e comerciais de pequeno porte), na qual é caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica, de um só valor durante qualquer hora de utilização do dia.

A tarifa branca, recentemente introduzida é aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 (iluminação pública) e para as subclasses baixa renda do subgrupo B1, sendo caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia.

Os postos tarifários são definidos para permitir a contratação e o faturamento da energia e da demanda de potência diferenciada ao longo do dia, conforme as diversas modalidades tarifárias. A regulamentação consta na Resolução Normativa ANEEL - REN nº 414/2010:

Horário de ponta refere-se ao período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos, e feriados nacionais.

Horário fora de ponta refere-se ao período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta e intermediário (no caso da Tarifa Branca).

O horário intermediário refere-se ao período de uma hora anterior e posterior ao horário de ponta, aplicado exclusivamente as unidades tarifárias pertencentes à tarifa branca. O estudo realizado se aplica aos tipos tarifários de bandeira azul, verde e branca. Nestes modelos existem horários de ponta em que a energia chega a custar muitas vezes a mais se comparado ao horário normal tarifário, desta forma causando um custo econômico alto ao consumidor.

Um sistema de gerenciamento de energia além de trazer benefícios econômicos ao consumidor também trará benefícios ao sistema de geração, pois de acordo com a “curva do pato” o sistema deve ser dimensionado para suportar o excessivo consumo neste determinado horário.

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

### ANÁLISE CONSUMO X GERAÇÃO

Os sistemas de consumidores residenciais possuem uma curva um pouco diferenciada em relação aos consumidores comerciais e industriais, ou seja, são os maiores consumidores do horário de pico. A figura 1 demonstra a curva dos consumidores residências versus geração fotovoltaica.

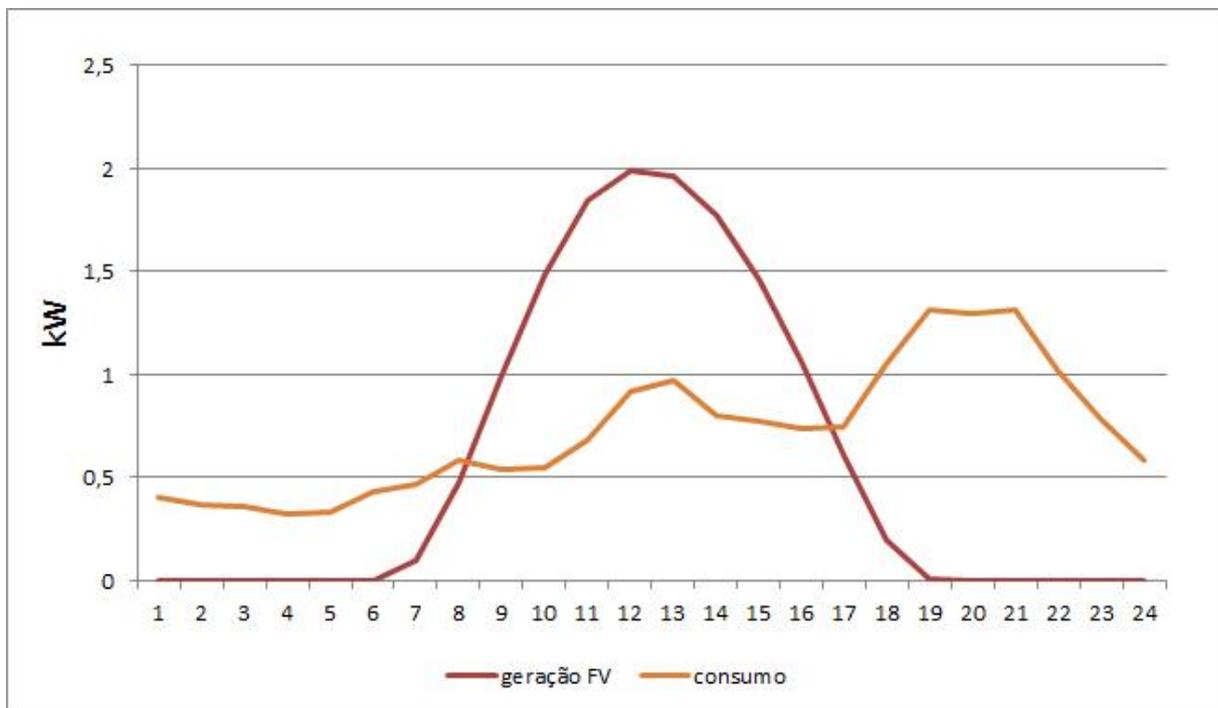


Figura 1 - Fonte ANEEL.

A figura 2 demonstra que os consumidores comerciais não são tão afetados pelo consumo no horário de pico.

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

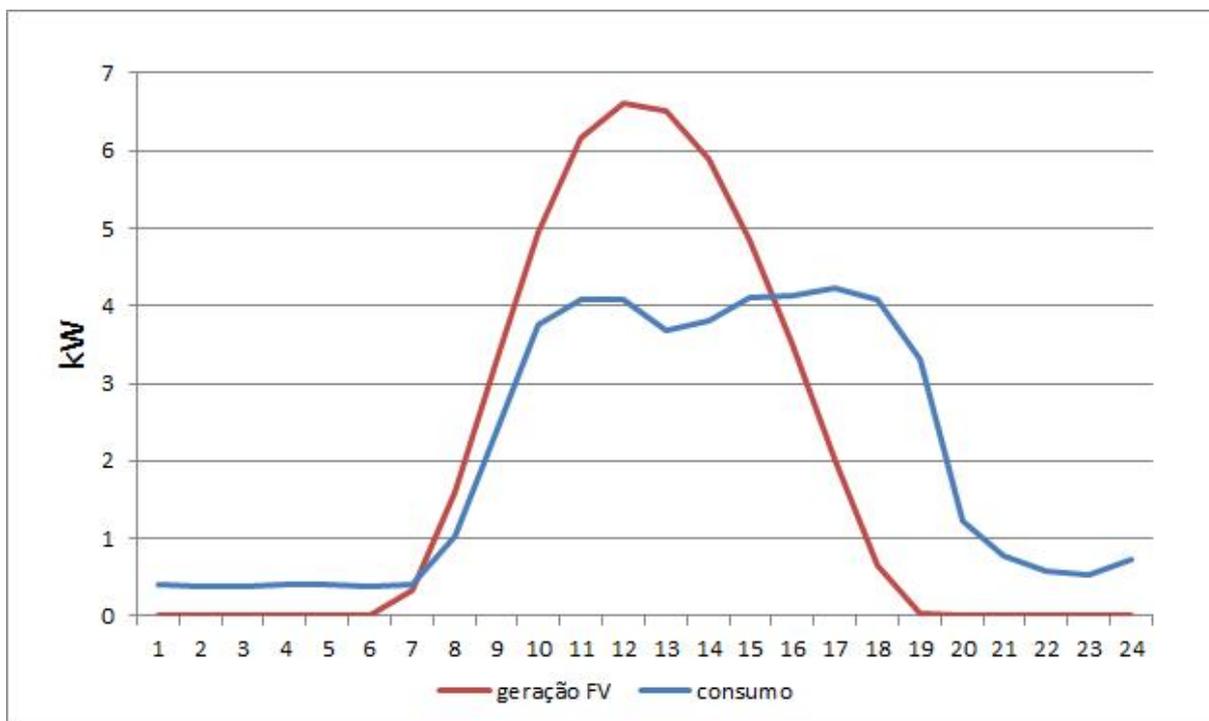


Figura 2 - Fonte ANEEL.

O gerenciador de energia tem como objetivo preencher a lacunas existente, conforme a figura 3 e figura 4 demonstram.

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XXIII Jornada de Pesquisa

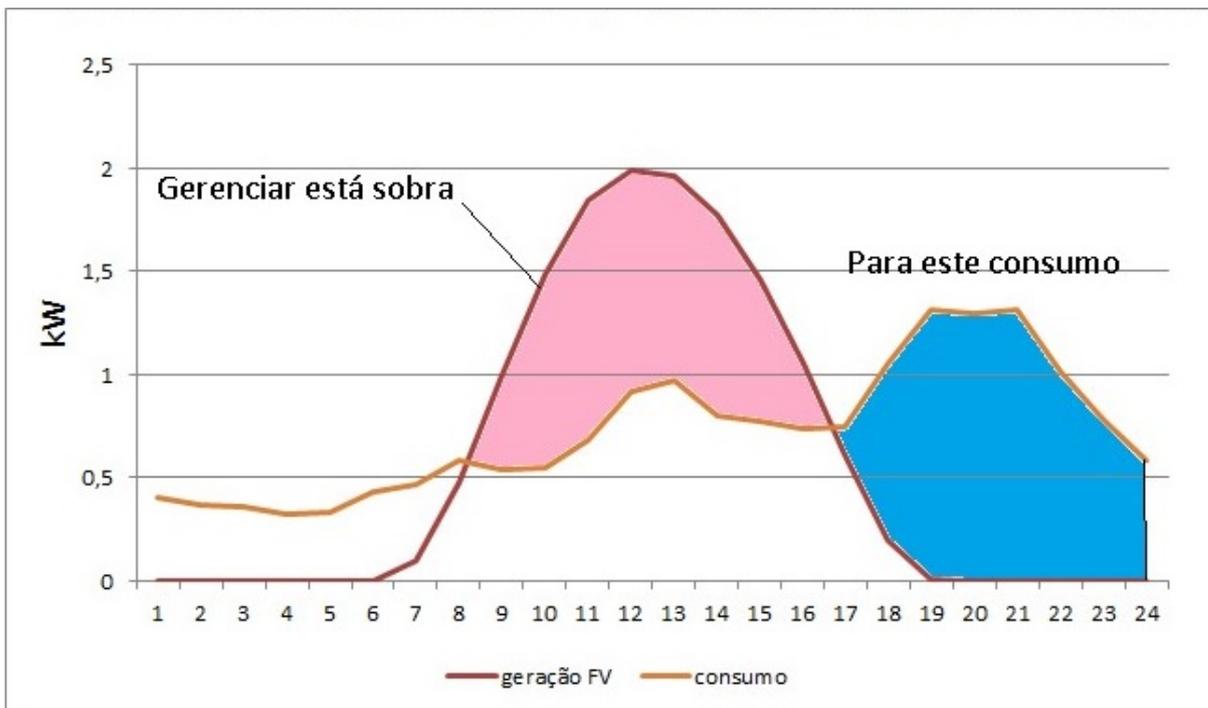
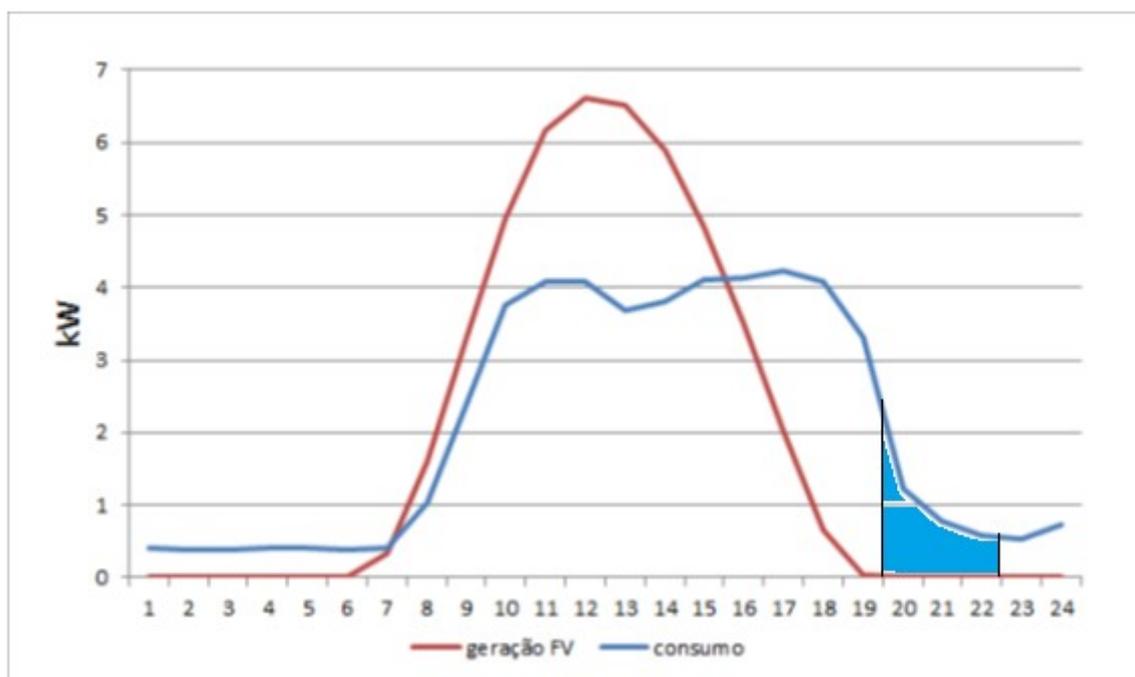


Figura 3 - Fonte Autor.



01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

Figura 4 - Fonte Autor.

Existem diversas formas de fazer esta compensação nos diferentes horários de geração e consumo. O sistema de gerenciamento ideal, é no qual, se pode aplicar estas diferentes formas de compensação. Inicialmente abordando o sistema de aquecimento de água residencial que é um dos responsáveis pelo grande consumo no horário de pico e também o sistema de armazenamento em baterias aplicado tanto em residências como comércios. Nos clientes do Grupo A, pode-se trabalhar uma alternativa de geração e armazenamento mais amplo, podendo alternar entre a fonte geradora.

O sistema gerenciador de energia deve possibilitar ao usuário através da entrada de dados dos valores do Kwh definir se é compensatório acionar o aquecimento da água armazenado em boiler e/ou se é viável armazenar a energia gerada no pico do sol através do fotovoltaico em baterias por exemplo.

Nos sistemas industriais este gerenciamento pode ser realizado em mais de uma alternativa de geração de energia. Se conciliarmos um sistema fotovoltaico com um sistema de biogás pode-se armazenar o biogás nas horas de pico da energia solar e utilizar o biodigestor somente no horário de pico.

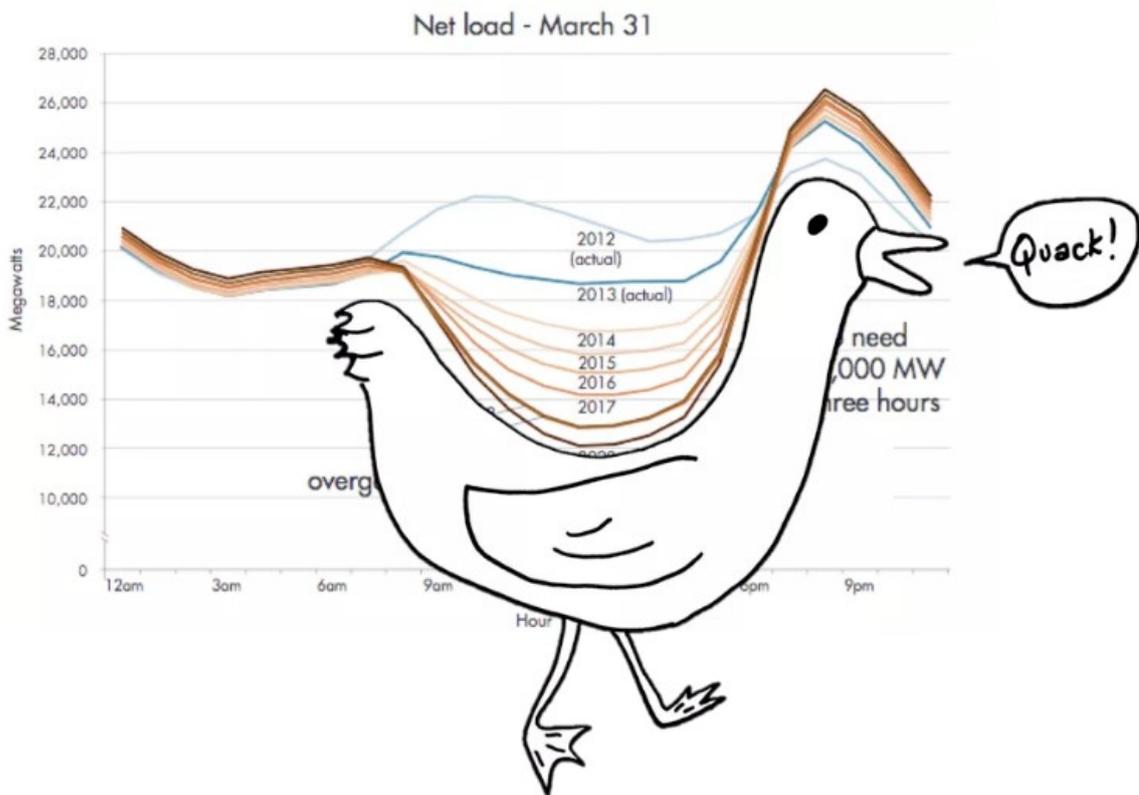
#### CURVA DO PATO

Com a introdução da energia solar, as curvas de carga começam a parecer patos. O que nos leva à curva do pato.

Por em torno do ano de 2012, o operador de sistema independente da Califórnia (ISO), ou CAISO, publicou um pequeno artigo sobre a curva de pato que chamou muita atenção. Pois a Califórnia tem experimentado a maior penetração de energia solar fotovoltaica de qualquer estado e espera um enorme crescimento nos próximos anos. A figura 5 demonstra a demanda do consumo ilustrando porque é a curva do pato.

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XXIII Jornada de Pesquisa



CAISO / Jordan Wirfs-Brock

Figura 5 - Fonte DAVID.

Ao analisar a “curva do pato” é notável o aumento de consumo no popular horário de pico.

## CONTROLE DO SISTEMA

O sistema de gerenciamento deve possuir um sistema de entrada e saída de dados eficiente, através da engenharia de controle desenvolve-se este tipo de sistema, conforme figura 6 podemos observar o princípio de um controle de sistema de malha fechada.

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

Entrada de dados

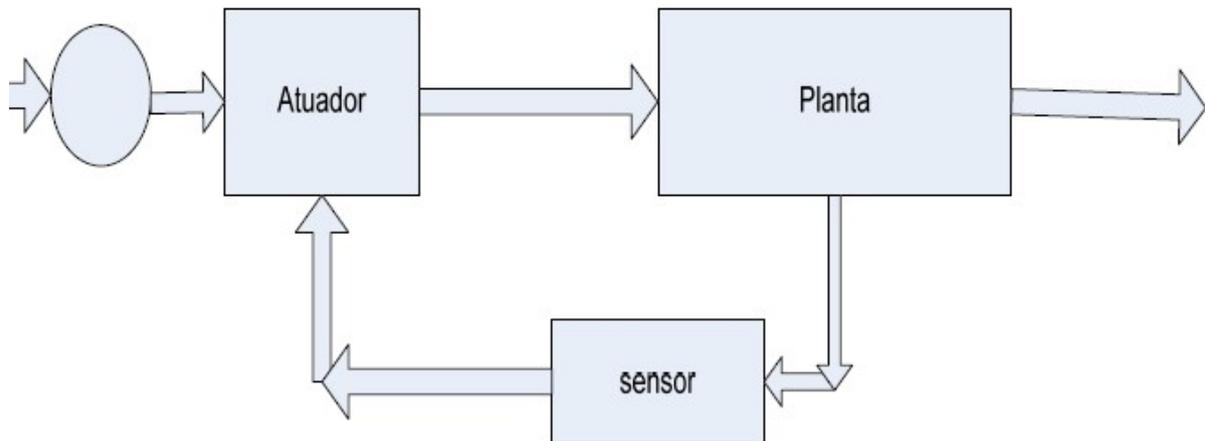


Figura 6 - Fonte Autor.

Neste sistema os dados são adicionados por um usuário, o algoritmo desenvolvido definirá a ação a ser tomada acionando o atuador para aplicar a melhor alternativa. Os sistemas com mais de uma entrada e uma saída são chamados de sistemas multivariáveis, conforme figura 7.

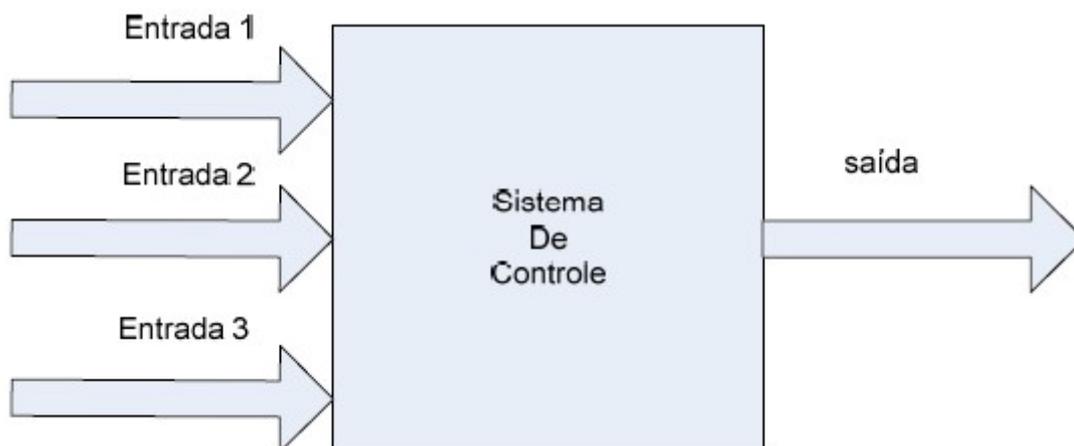


Figura 7 - Fonte Autor

Trazendo para a realidade de um gerenciador de energia, o sistema vai definir qual a melhor ação a ser realizada para gerar o menor custo econômico.

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

### EQUAÇÃO DE ENTRADA DE DADOS

Para a obtenção de um modelo matemático linear, as vezes torna-se necessário desprezar certas não linearidades e parâmetros distribuídos (desde que isto cause pequenos impactos na precisão dos resultados) Geralmente, constrói-se um modelo simplificado que leva à uma percepção geral do sistema e, em seguida, são introduzidas sofisticções na modelagem.

A relação entre a transformada de Laplace da saída (função resposta - response function) e a transformada de Laplace da entrada (função de excitação - driving function) é dada pela fórmula 01.

$$G(s) = \frac{\mathcal{L}[\text{saída}]}{\mathcal{L}[\text{entrada}]} \Bigg|_{\text{condições iniciais iguais a zero}}$$

Para realizar a equação de um sistema de controle com malha fechada deve-se possuir um sinal de realimentação que na figura 8 está representada pe H(s).

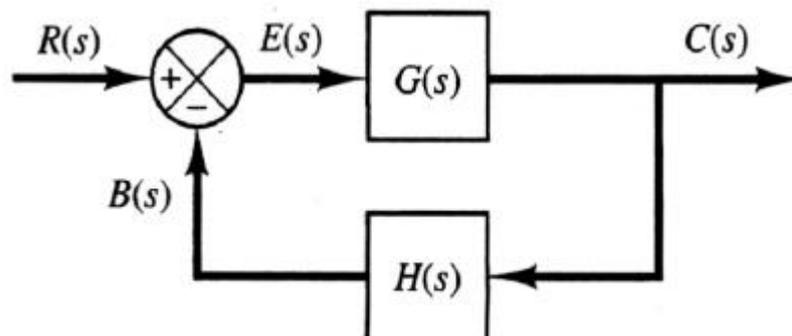


Figura 8 - Fonte OGATA

Considerando o c(s) como sinal saída e R(s) como sinal de entrada após deduções matemáticas chega-se a equação 02, que está em função da frequência (s).

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

$$\left[ \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)} (s) \right]$$

#### FLUXOGRAMAS

O sistema de controle ficará com os critérios definidos conforme figura 09, sendo que de acordo com a bandeira tarifária serão selecionados os critérios de atuação do controle, esta opção será selecionada de acordo com cada consumidor e após esta seleção o sistema atuará de forma automática gerando a melhor eficiência energética.

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XXIII Jornada de Pesquisa

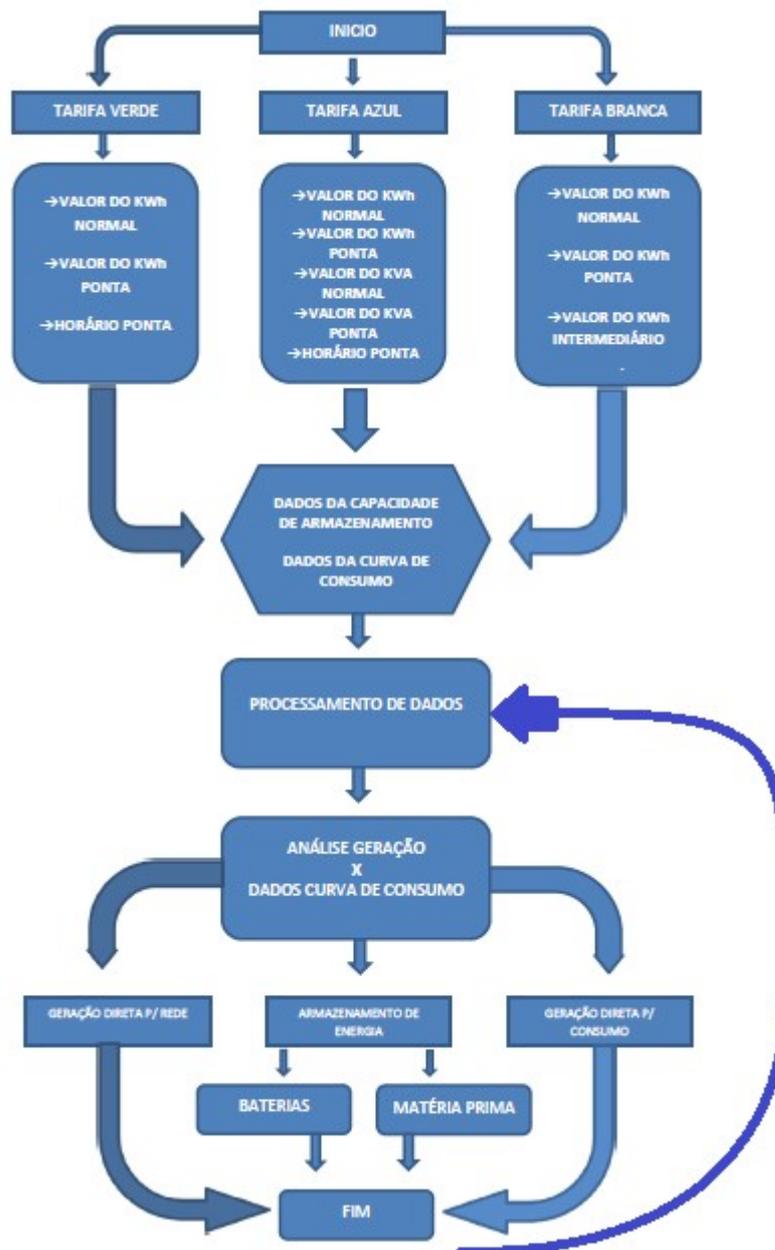


Figura 9 - Fonte Autor.

De forma simplificada o sistema de controle energético possuirá quatro passos mostrados na figura 10, na qual os dois primeiros passos serão adicionados ao sistema no início da operação e em seguida o sistema irá para um funcionamento automático de repetição entre o terceiro e quarto passo.

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XXIII Jornada de Pesquisa

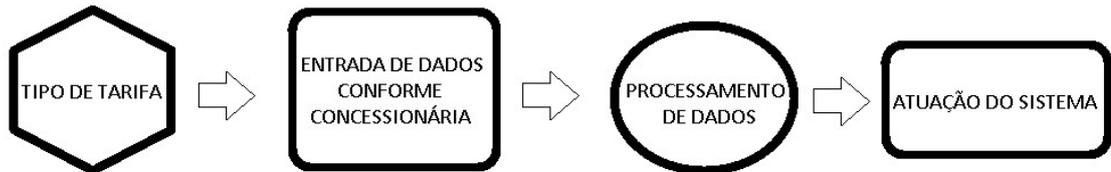


Figura 10 - Fonte Autor.

Desta forma define-se os dados de entrada e o sistema funciona de forma infinita atualizando os dados de entrada e saída da forma mais vantajosa para o seu usuário. O fluxograma da figura 11 demonstra este funcionamento.

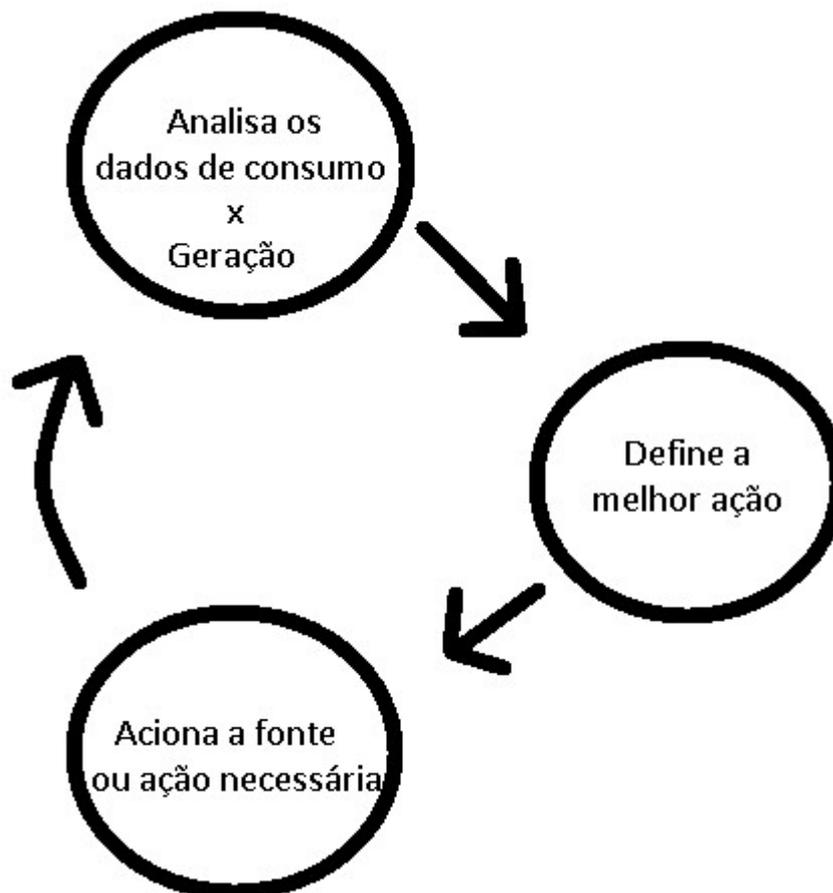


Figura 11 - Fonte Autor.

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

#### ALGORITMO DO SISTEMA

Início;

Seleciona o bandeira tarifária:

-azul

-verde

-branca

Entrada de dados;

-valor do KWh na Ponta

-valor do KWh intermediário

-valor do KWh normal

-horário de ponta

-dados de consumo de energia

-quantidade máxima de armazenamento em KWh

-valores do Kwh das fontes alternativas

Processamento de dados:

-define melhor fonte para gerar energia;

-define se armazena ou envia energia para rede de distribuição

Comandos de saída

-armazena energia

-envia energia para a rede

-desliga ou liga fonte geradora

-consumo de energia direta para fonte consumidora

Volta para processamento de dados

Fim.

O logaritmo pode ser entendido no fluxograma da figura 12, na qual exemplifica o caminho de entrada e processamento de dados.

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

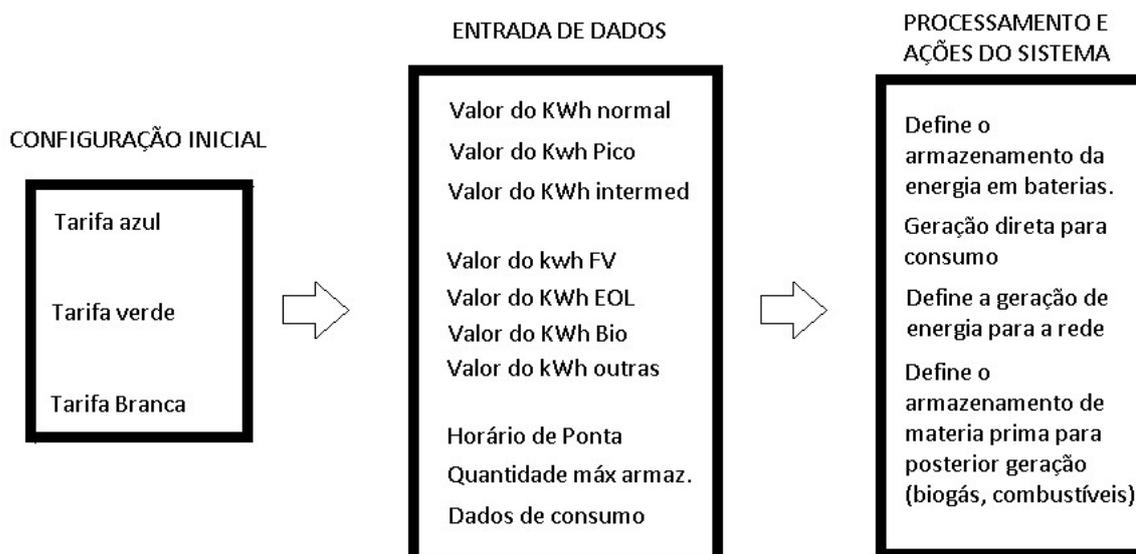


Figura 12 - Fonte Autor.

## CONCLUSÃO

O presente artigo apresentou uma ideia geral sobre um sistema de controle de energia em diferentes classes tarifárias e diferentes classes consumidoras, trazendo uma eficiência econômica para o consumidor e auxiliando a aliviar a carga dos sistemas de geração, transmissão e distribuição. O gerenciador de energia apresentado tem um funcionamento inteligente, tomando decisões entre fontes de geração e como utiliza-las conforme horário, decidindo entre o armazenamento em sistema interno ou injeção na rede da distribuidora. Desta forma os benefícios trazidos são amplos, pois a “curva do pato” é um problema para custos de obras na rede e no sistema de geração, causando impacto na eficiência energética conforme ISO 50001 aborda. Destacando-se a melhor eficiência do sistema de energia de forma ampla desde a geração até o consumo evitando grandes perdas através de um gerenciamento inteligente.

## REFERÊNCIAS

ANEEL, Acessória de imprensa, 2017. Disponível em [http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset\\_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/tarifa-branca-e-nova-opcao-para-os-consumidores-a-partir-de-2018/656877?inheritRedirect=false](http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/tarifa-branca-e-nova-opcao-para-os-consumidores-a-partir-de-2018/656877?inheritRedirect=false).

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXIII Jornada de Pesquisa

ANEEL, Postos tarifários, 2015. Disponível em [http://www.aneel.gov.br/alta-tensao/-/asset\\_publisher/zNaRbJCLDgbE/content/alta-tensao/654800?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Falta-tensao%3Fp\\_p\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_zNaRbJCLDgbE%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dview%26p\\_p\\_col\\_id%3Dcolumn-2%26p\\_p\\_col\\_pos%3D2%26p\\_p\\_col\\_count%3D3](http://www.aneel.gov.br/alta-tensao/-/asset_publisher/zNaRbJCLDgbE/content/alta-tensao/654800?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Falta-tensao%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_zNaRbJCLDgbE%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D2%26p_p_col_count%3D3).

ANEEL, Resolução Normativa Nº 414, DE 9 DE SETEMBRO DE 2010.

ANEEL, Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.

ANEEL, Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015.

DAVID, roberts, SOLAR ENERGY DUCK CURVE, 10 de fevereiro de 2016. Disponível em: <https://www.vox.com/2016/2/10/10960848/solar-energy-duck-curve>.

OGATA, Katsuhiko, ENGENHARIA DE CONTROLE MODERNO - Quarta Edição - Editora Pearson Prentice Hall, 2003.

SOARES, Iolanda, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E A ISO 50001, 1ª Edição - Lisboa, EDIÇÕES SÍLABO LTDA abril de 2015.