



Grupo de Estudo de Comercialização, Economia e Regulação do Mercado de Energia Elétrica-GCR

Economia Comportamental e o Consumidor Residencial de Energia Elétrica frente as Opções de Resposta da Demanda.

**ANA LUCIA RODRIGUES DA SILVA(1); REINALDO CASTRO SOUZA(2); FERNANDO AMARAL DE ALMEIDA PRADO JUNIOR(1);
SINERCONSULT(1); PUC-Rio(2);**

RESUMO

O trabalho apresenta a aplicação dos conceitos da economia do comportamento humano para estudar o comportamento do consumidor residencial frente aos processos de decisões associados a Resposta da Demanda, onde se incluem novos sistemas tarifários, como a Tarifa Branca e o sistema de Bandeiras Tarifárias. Para isso, este trabalho apresenta os resultados do projeto de P&D ANEEL intitulado “Projeto Piloto de Avaliação da Reação dos Consumidores ao Sistema de Pré-pagamento e as Tarifas Diferenciadas na Baixa Tensão em um Ambiente de Redes Inteligentes” – código Aneel PD-0380-0013/2013 no que tange aos estudos e análises estatísticas desenvolvidas dentro do experimento de opções tarifárias.

PALAVRAS-CHAVE

Economia Comportamental, Tarifas, Consumidor Residencial, Resposta da Demanda, Bandeira Tarifária

1.0 - INTRODUÇÃO

O trabalho apresenta em sua fundamentação teórica algumas reflexões sobre a economia do comportamento humano que a partir de uma base econômica, inclui também psicologia e ciências sociais. Os autores abordados nessa fundamentação são Richard H. Thaler, Dan Ariely, Amos Tversky e Daniel Kahneman e tem como objetivo um melhor entendimento sobre o processo de tomada de decisões dos clientes residenciais de energia nem sempre estruturadas a partir de bases econômicas.

A base teórica esta lastreada na irracionalidade de algumas decisões e na teoria da perspectiva que identifica assimetria na avaliação entre os benefícios de um ganho e os malefícios de uma perda.

O artigo apresenta algumas das iniciativas da Resposta da Demanda- RD, em especial aquelas associadas indústria da energia elétrica.

Conhecer o comportamento do consumidor frente aos processos de decisões se faz ainda mais importante no setor elétrico na medida em que este setor está investindo em promover também iniciativas de RD. Estas incluem novos sistemas tarifários, como a Tarifa Branca e as Bandeiras Tarifárias. São também consideradas iniciativas que utilizem técnicas de corte de carga associado a contratos pré-estabelecidos na forma de opções financeiras.

A tarifa branca possui três postos tarifários: ponta, intermediário e fora de ponta. Com isso, o consumidor de baixa tensão passa a ter possibilidade de reduzir o valor pago na conta de energia elétrica caso possa adotar hábitos que desloquem o uso da energia para os postos de energia mais barata.

A outra iniciativa também na direção da Gestão pelo Lado da Demanda é o sistema de Bandeiras Tarifárias, sendo este sistema vinculado a valores do PLD e já disponibilizado para todas as classes tarifárias. As bandeiras

tarifárias podem ser verde, amarela e vermelha, sendo esta última dividida entre patamares 1 e 2, ocorrendo um acréscimo crescente no custo da energia quando comparado a bandeira verde.

Tal como proposto, as iniciativas regulatórias de RD atuais contemplam as opções de tarifas associadas ao tempo de uso (*Time of Use*), sinais de preços sazonais e alternativas mais ortodoxas de corte de carga ainda em fase experimental.

Verifica-se no desenvolvimento do artigo a oportunidade de se identificarem, de forma antecipada, os impactos na percepção pelo mercado, através de pesquisas que permitam aferir aceitação, disposição de adesão, entendimento da proposta, capacidade de adaptação, processos de tomada de decisão, expectativas de retorno, em especial para consumidores de baixa tensão.

Diante desse cenário, o trabalho apresenta entre outros achados, os resultados de pesquisa desenvolvida no âmbito do Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento - P&D ANEEL “Projeto Piloto de Avaliação da Reação dos Consumidores ao Sistema de Pré-pagamento e às Tarifas Diferenciadas na Baixa Tensão em um Ambiente de Redes Inteligentes” código Aneel PD-0380-0013/2013. O referido experimento foi efetuado no estado do Espírito Santo, nas cidades de Marechal Floriano e Domingos Martins, no período compreendido entre os meses de novembro de 2017 a março de 2018.

O objetivo principal do experimento tarifário foi o de analisar possíveis alterações nos padrões de consumo de moradores da classe residencial das referidas cidades, a partir da apresentação da tarifa branca e sua forma de tarifação, bem como da introdução de incentivos para a redução do consumo nos horários considerados de maior consumo, denominados horário-de-ponta.

Recente iniciativa da ANEEL criou condições regulatórias para um primeiro plano piloto de Resposta da Demanda, cuja adesão foi muito pequena. Uma sucinta análise é feita sobre as razões que propiciaram esta pequena participação.

Finalizando, o trabalho estabelece as correlações percebidas entre a economia comportamental e as decisões adotadas e declaradas pelos clientes participantes de ambos os experimentos, o que irá contribuir para importantes reflexões no setor energético.

2.0 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SOBRE A TEORIA DO COMPORTAMENTO HUMANO

A racionalidade do processo de tomada de decisão tal como estudado na Economia, remonta às teorias clássicas de Adam Smith¹ e ao fato que entre as ciências sociais, a Economia é a mais poderosa entre todas, pois seus achados influenciam de forma muito intensa as políticas públicas. Cabe ainda destaque ao fato que os economistas possuem uma arraigada crença nas “expectativas racionais” dos agentes econômicos.

Nos anos 70 do século passado, esta crença na racionalidade absoluta passou a ser questionada principalmente pelos trabalhos de Kahneman, Tversky e Thaler (2, 3, 5 e 6). Mais recentemente Ariely passou a fazer papel também importante neste questionamento (7). Todos eles evidenciaram as possibilidades de influenciar a tomada de decisão das pessoas por meios de “ancoragens” (3) e por meio do efeito *Nudging* giria para empurrando (5). Estes pesquisadores ainda produziram achados importantes sobre a incoerência racional no processo de decisão muito influenciada por aspectos psicológicos. Não é por outra razão que surgiram os psicólogos-economistas, como Kahneman², Tversky e Ariely. Nos principais trabalhos de convencimento se encontram os processos de decisão rápida afetados por aparente facilidade da questão apresentada, que a posteriori se mostram respostas menos óbvias (3 e 6). Thaler, também estudou incentivos ao processo de decisão (5). A assimetria em relação aos riscos a serem assumidos também foi bastante pesquisada e entre seus achados mais importantes está o fato que os seres humanos estão mais propensos a aceitar riscos para evitar perdas do que os assumir para se beneficiar de alguma vantagem (4 e 7). Finalmente a leniência e a postergação de iniciativas que mesmo causando vantagens potenciais envolvem dificuldades na sua implementação (burocracia por exemplo) tendem a ser preponderantes sobre a racionalidade (1,7 e 8).

Fredericks e outros (8) apresentaram estudos conectados com as decisões vinculadas a iniciativas da Resposta da Demanda e Eficiência Energética encontrando os chamados efeitos “*knowledge action gap*” e “*value action gap*”. Nesses efeitos, esses autores, descobriram que apesar de um consumidor ter conhecimento sobre um determinado tema (por exemplo vantagens associadas a um programa de RD ou efeitos ambientais favoráveis) e ter consciência que vai ocorrer um ganho econômico (descontos em tarifas por exemplo) deixa de implementar as decisões ou as posterga por tempo injustificável pela racionalidade ou ainda tendo aderido deixa

1 O que vai gerar a riqueza das Nações é o fato que cada individuo procure seu desenvolvimento e crescimento pessoal (1)

2 Kahneman foi agraciado com o prêmio Nobel de Ciências Econômicas de 2002.



de dar continuidade em um processo de relaxamento³ de suas decisões racionais. Entre outros fatores cuja amplitude fogem do tema deste artigo pode-se elencar que os seres humanos muitas vezes preferem manter seu “status quo” por serem conservadores e terem aversão à mudança, portanto preferindo a satisfação com o “bom” sem querer ter o trabalho de obter o “ótimo” e por finalmente receio de perdas em um ambiente desconhecido.

3.0 - SISTEMA TARIFÁRIO PARA CLIENTE BAIXA TENSÃO: CONVENCIONAL, BRANCA E BANDEIRAS TARIFÁRIAS)

A metodologia de cálculo de uma tarifa deve buscar os princípios de eficiência, equidade, justiça, equilíbrio financeiro, simplicidade e estabilidade, sinalizando aos consumidores a direção do mínimo custo e promovendo o uso racional da energia elétrica (9). Bonbright e outros (10) ainda acrescentam a necessidade de produzir receita estável para os investidores e ser previsível para todos os agentes da sociedade.

3.1 A TARIFA CONVENCIONAL E A TARIFA BRANCA

A resolução normativa 414 de 2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica- ANEEL descreve as modalidades de tarifas no Brasil, bem como as condições gerais de fornecimento de energia elétrica. Desta forma, os consumidores de energia podem ser classificados em dois grupos: Grupo A e Grupo B.

No grupo A (alta tensão), os consumidores são faturados pelo consumo, demanda e pelo baixo fator de potência. Fazem parte deste grupo todas as unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3kV, caracterizado pela tarifa binômia (11).

No grupo B (baixa tensão), os consumidores são faturados apenas pelo consumo, e fazem parte deste grupo, todas as unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômia.

De acordo com a ANEEL, os clientes do grupo B são divididos em 4 subgrupos (3):

- B1 residencial / residencial baixa renda
- B2 rural / cooperativa rural/serviço público de irrigação
- B3 não residencial nem rural
- B4 iluminação pública

Estas unidades pertencentes ao grupo B podem ter dois tipos de tarifa: a convencional e a branca, mas continuam sendo faturados apenas pelo consumo de energia.

A diferença básica entre a tarifa convencional e a tarifa branca é que na primeira, o valor da energia consumida não varia de preço ao longo das 24 horas do dia. No entanto, na tarifa branca, o valor da energia não é fixo, variando ao longo do dia. Para as três horas consecutivas de maior demanda de carga do dia denomina-se horário de ponta. Este horário onde o consumo é mais intenso, varia de acordo com cada distribuidora de energia elétrica. No caso do estudo de caso apresentado aqui, a distribuidora EDP ES considera o horário de maior consumo como sendo das 18 às 21 horas. Foi definido também um horário chamado intermediário, que é aquele que ocorre uma hora antes e uma hora depois do horário de ponta. Para as demais horas do dia, convencionou-se chamar de horário fora de ponta. O horário de ponta e o horário intermediário são aplicados a todos os dias do ano, exceto sábados, domingos, e alguns feriados oficiais do Brasil.

Na tarifa branca, os valores a serem pagos pela energia consumida no horário de ponta e no horário intermediário, são bem mais altos do que ocorreria na tarifa convencional. Por outro lado, nos intervalos denominados fora de ponta, o valor da tarifa branca é significativamente menor.

A ANEEL na resolução normativa 414/2010 (12) detalha que modalidade tarifária horária branca é aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1. Para cada posto tarifário existe uma tarifa expressa em R\$/MWh para o respectivo horário.

Como foi regulamentado na Resolução Normativa nº 733/2016, o consumidor poderia solicitar a adesão à tarifa branca desde janeiro de 2018. Contudo, existe um cronograma de referência priorizando os maiores consumos. A partir de 2020 todos os consumidores poderão ter acesso a esta modalidade independentemente de seu porte. A criação da tarifa branca, semelhante a outras iniciativas da RD, incentiva o uso mais eficiente da rede e promove a sinalização de preços como um dos mecanismos indutores da modulação da carga (13).

3 Efeito dieta no longo prazo.



No estabelecimento dos valores a serem pagos pelo consumidor nesta nova modalidade de tarifa, a ANEEL instituiu o fator kz. Pela regulamentação vigente os preços das tarifas ponta, intermediária e fora ponta são estabelecidos com base na tarifa convencional homologada. O preço da tarifa fora ponta é determinado pelo referencial tarifário convencional multiplicado por um fator kz, que, de acordo com o regulador, é definido pelo ponto de indiferença entre a tarifa branca fora ponta e a tarifa convencional é menor que a unidade (14). Na resolução atual, o fator kz publicado implica em uma tarifa de horário intermediário 3 vezes o valor da tarifa fora ponta. No caso da ponta este valor é 5 vezes maior.

Assim, fica claro que o fator kz vem a ser o parâmetro de maior importância e a sua definição foi um fato de ampla discussão nas audiências públicas da ANEEL. Tarifas fora de ponta muito próximas da convencional implicariam em pouco incentivo para a adesão dos consumidores. Já as tarifas fora de ponta são muito atrativas, poderiam impactar em um desequilíbrio econômico e financeiro das distribuidoras. Para um estudo interessante sobre a seleção ótima do fator KZ os autores recomendam a dissertação de mestrado de Batista (14).

3.2 BANDEIRAS TARIFÁRIAS

Desde 2015, as contas de energia passaram a informar o Sistema de Bandeiras Tarifárias, que indicam se haverá ou não acréscimo no valor da energia a ser repassada ao consumidor final, em função das condições de geração de eletricidade. Cada uma delas apresenta as seguintes características:

- **Bandeira verde:** condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- **Bandeira amarela:** condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,010 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- **Bandeira vermelha - Patamar 1:** condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,030 para cada quilowatt-hora kWh consumido.
- **Bandeira vermelha - Patamar 2:** condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,050 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

Importante destacar que as bandeiras tarifárias além do objetivo de sinalizar a sociedade que as condições de fornecimento são adversas ainda visa financiar para as concessionárias de distribuição o custo variável de energia contratada de usinas térmicas na modalidade por disponibilidade. Anteriormente a criação da sistemática de Bandeiras, este custo era arcado pelas concessionárias e repassado de forma integral as tarifas no aniversário do contrato de concessão gerando eventualmente variações muito significativas. Cabe, portanto, a ressalva que o critério das Bandeiras não representou um custo adicional, mas simplesmente alocou o custo variável de combustíveis no mesmo mês em que ocorrem as dificuldades de suprimento que requerem despacho mais frequente das térmicas. Como o referencial está associado à critérios de custos de operação, pode ocorrer que a receita das bandeiras não seja suficiente para cobrir todo o dispêndio variável. Estes aspectos da não existência de custos adicionais (em aproximação) nem sempre estão suficientemente compreendidos pela sociedade. Este não entendimento é bastante importante pois acaba sendo, não um sinal para contenção do consumo devido a custos circunstancialmente maiores, mas apenas mais um novo aumento imposto aos consumidores como fato determinístico.

3.3 RESPOSTA DA DEMANDA – EXPERIMENTOS.

Ainda em fase embrionária, a ANEEL autorizou em novembro de 2017 um Programa Piloto para ser implementado até junho de 2019, visando substituir a geração térmica fora da ordem de mérito por redução de consumo, mediante compensação financeira. Nesta etapa piloto os principais conceitos envolvidos visavam a criação de linhas de base referenciais do consumo, formas de exclusão de agentes que deixassem de cumprir o contratado e outras demandas administrativas do programa. Apenas um agente se credenciou para este piloto, a unidade da Bahia da Brasken que ofertou a capacidade de redução de 10MW com antecedência de aviso (D-1), com preços variando no período da contratação entre R\$ 350-730/ MWh. Em relatório conjunto (15) O Operador Nacional do Sistema Elétrico ONS e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica-CCEE avaliaram que a baixa adesão a este programa se deveu entre outros aspectos ao:

- Desconhecimento do que vem a ser “resposta da demanda” por parte dos consumidores potenciais participantes e do próprio programa piloto.



- Ao fato que os consumidores potenciais participantes do programa piloto deveriam estar localizados nos subsistemas Norte e Nordeste e estar conectados na rede de supervisão do ONS. Estas condições mostraram-se muito restritivas, tornando inelegíveis potenciais participantes, visto que houve manifestação de interesse de consumidores em participar, mas que não atendiam a este requisito.
- Aos critérios da remuneração do proponente⁴ que vinculava os preços ofertados ao valor do PLD, o que se mostrou pouco atrativo por inserir riscos adicionais ao pioneirismo de projetos de RD.

Esta iniciativa certamente precisará passar por reformulações e consiste importante ponto de observação e estudo por parte dos agentes ofertantes (potencialmente da RD) e pelos institucionais. O comportamento dos consumidores potencialmente ofertantes precisa ser também melhor compreendido. Os resultados desta iniciativa ainda não se encontram disponíveis visto que o término do experimento ainda não havia sido finalizado ao término deste artigo.

4.0 - ESTUDO DE CASO: P&D BANDEIRANTE E ESCELSA – DOMINGOS MARTINS

4.1 PRELIMISSAS

O objetivo do experimento tarifário foi o de analisar possíveis alterações nos padrões de consumo dos clientes residenciais das cidades de Domingos Martins e Marechal Floriano, a partir da introdução, de forma simulada, da tarifa branca bem como da introdução de incentivos (Premiação diversas, posto que mesmo sendo um projeto de P&D não estavam autorizadas tarifas diferenciadas para os participantes da pesquisa) para a redução do consumo de energia nos horários de maior intensidade. Este estudo foi realizado no período de novembro de 2017 a março de 2018.

Primeiramente, fez-se uma pesquisa quantitativa de posses de eletrodomésticos e hábitos de consumo de energia elétrica- PPH a partir de uma amostra de clientes residenciais destas localidades. Os clientes elegíveis dessa amostra já possuíam o medidor inteligente da WEG, o que permitiu a extração do consumo nos 3 postos tarifários da tarifa branca.

O segundo passo foi identificar a partir de dados da PPH e dos dados coletados dos medidores eletrônicos, quais consumidores seriam elegíveis para participação no painel de tarifas, ou seja, aqueles que possuísem a maior relação entre o consumo no horário de ponta e fora de ponta, propiciando um maior potencial para fornecer benefícios ao sistema, uma vez adotadas medidas de eficiência energética. Estes clientes ao serem selecionados para o painel, foram estimulados a adotar medidas de redução do consumo nos horários de ponta para tentar se adequar a esta nova tarifa. Durante 30 dias eles simularam, em suas residências, o uso da tarifa branca. Após estas 4 semanas, foi apresentado aos participantes do painel, os principais resultados obtidos a partir dos esforços por eles empreendidos para a redução do consumo no horário de ponta.

4.2 METODOLOGIA PARA SELEÇÃO DOS CLIENTES DO PAINEL TARIFA

A metodologia foi composta por uma gama de etapas independentes. As figuras 01 e 02 subsequentes mostram as etapas compreendidas na fase de coleta de dados e seleção dos consumidores elegíveis para participação no painel e as etapas compreendidas na execução do mesmo.

4 A remuneração não ocorre quando o preço ofertado for menor do que o PLD e nem por serviços vinculados a os Encargos de Serviço do Sistema- ESS.

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

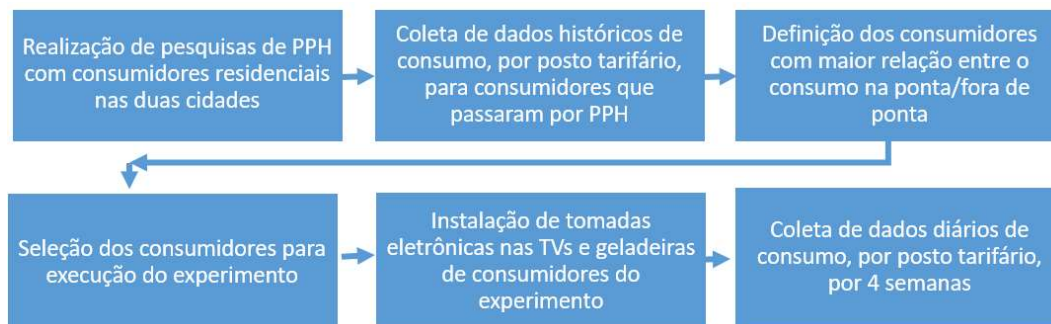


Figura 01 - Etapas da fase de coleta e seleção de consumidores elegíveis

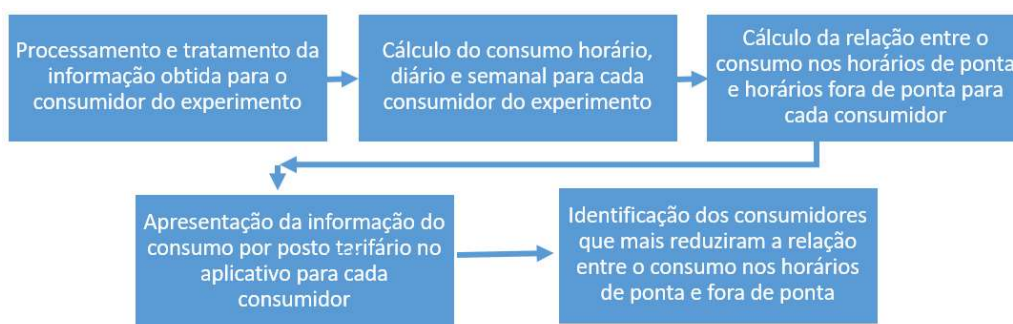


Figura 02 Etapas da execução do painel

A amostra para a realização da PPH foi de 539 clientes estratificados por faixa de consumo. Todos os clientes da amostra poderiam ser elegíveis para o painel de simulação da tarifa branca, no entanto, para a identificação do grupo com maior potencial para redução na relação do consumo nos horários de ponta e fora de ponta, foi crucial a coleta e tratamento dos dados advindos dos medidores eletrônicos. Os dados coletados para fins de definição dos clientes elegíveis foram compreendidos entre o período de 30 de outubro a 5 de janeiro de 2018.

O consumo de energia elétrica, por posto tarifário, advindo dos medidores inteligentes, era fornecido de forma acumulada e sem um padrão fixo de horário para coleta e armazenamento dos dados de medição. Para corrigir este problema, foi desenvolvido um algoritmo computacional para a extração, leitura, tratamento dos dados e estimação do consumo horário por posto tarifário. Foi considerado, à semelhança da concessionária local, o horário de ponta o período compreendido entre as 18 horas até às 21 horas. Os demais postos horários seguiram os regulamentos vigentes correspondentes.

4,3 ILUSTRAÇÃO DO ALGORITMO

O primeiro passo do desenvolvimento do algoritmo computacional consiste em receber a base de dados contendo as informações da unidade consumidora, do consumo nos diferentes postos horários, do consumo total e o dia e horário da leitura. Em seguida, como os horários de realização das medições são aleatórios, o algoritmo precisava realizar para cada cliente, uma varredura dos dados ajustando os horários de medição para a meia hora mais próxima. Desta forma, para cada um dos intervalos de medição, identificam-se quantas “meia-horas” contidas nesse intervalo pertencem a cada um dos três postos tarifários. Este procedimento foi adotado para toda base de dados. Nos passos seguintes, o algoritmo realizava uma série de cálculos para arredondar a leitura para a meia hora mais próxima, e em seguida, transforma em leitura horária, e finalmente, gerava o consumo médio horário para cada um dos postos tarifários. As tabelas 01 à 04 apresentam estas metodologias.

Tabela 01- Leitura dos dados e organização dos dados no algoritmo

UC	Data (i)	Hora (i)	Fora Ponta (FP _{ij})	Intermediário (IN _{ij})	Ponta (P _{ij})
9999999	30/10/2017	15:03	45,76	3,61	4,41
9999999	31/10/2017	00:18	45,87	3,64	4,44

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

Tabela 02 - Ajuste da variável hora (para a meia hora mais próxima)

UC	Data (i)	Hora (i)	Fora Ponta (FP _i)	Intermediário (IN _i)	Ponta (P _i)
9999999	30/10/2017	15:00	45,76	3,61	4,41
9999999	31/10/2017	00:30	45,87	3,64	4,44

Para o exemplo apresentado nas Tabelas 1 e 2, entre 15:00 e 00:30 existem 9 horas e 30 minutos, ou seja, 19 “meia horas” a serem consideradas. Entre os dois períodos de medição estão contidos os três postos tarifários. Desta forma, para o posto tarifário intermediário existem 4 “meia hora”, para a ponta e o horário fora de ponta existem respectivamente 6 e 9 “meia horas”.

Tabela 03 - Cálculo da diferença de consumo acumulado em cada posto tarifário

UC	Data (i)	Hora (i)	Fora Ponta (FP _i)	Intermediário (IN _i)	Ponta (P _i)
9999999	30/10/2017	15:00	45,76	3,61	4,41
9999999	31/10/2017	00:30	45,87	3,64	4,44
Diferença do consumo acumulado			0,11	0,03	0,03

Finalmente, no último passo do algoritmo, estima-se o consumo médio horário por posto tarifário:

- **Posto fora de ponta:** Calcula-se a diferença entre o consumo acumulado entre as duas leituras e divide-se pelo número de horas associadas ao posto fora de ponta, existentes no intervalo:
 $(45,87 - 45,76) = 0,11. \rightarrow 0,11/4,5 = 0,024$
- **Posto intermediário:** Calcula-se a diferença entre o consumo acumulado entre as duas leituras e divide-se pelo número de horas associadas ao posto intermediário, existentes no intervalo:
 $(3,64 - 3,61) = 0,03 \rightarrow 0,03/2 = 0,015$
- **Posto ponta:** Calcula-se a diferença entre o consumo acumulado entre as duas leituras e divide-se pelo número de horas associadas ao posto ponta, existentes no intervalo:
 $(4,44 - 4,41) = 0,03. \rightarrow 0,03/3 = 0,01$

Estes resultados gerados pelo algoritmo são apresentados na tabela 04:

Tabela 04 - Resultado da estimação do consumo médio horário

UC	Data (i)	Hora (i)	Fora Ponta (FP _i)	Intermediário (IN _i)	Ponta (P _i)
9999999	30/10/2017	15:00	45,76	3,61	4,41
9999999	31/10/2017	00:30	45,87	3,64	4,44
Diferença do consumo acumulado			0,11	0,03	0,03
Horas			4,5	2	3
Consumo horário			0,024	0,015	0,01

Com base no algoritmo desenvolvido foi possível obter o consumo horário diário (kWh), por posto tarifário, para cada um dos clientes da base de dados. A partir de tais dados, foram calculados os consumos médios horários para cada um desses clientes. Realizadas estas estimativas, foi possível selecionar a amostra de consumidores que possuíam alta relação de consumo na ponta e fora de ponta para serem monitorados no experimento. Desta forma, dos 539 domicílios amostrados na PPH, 144 atendiam a esta restrição de razão de consumo. Estes clientes foram contatados e apresentados ao experimento de tarifas, onde receberam todo o conhecimento sobre esta modalidade tarifária e foram convidados a participarem por 30 dias de uma simulação da tarifa branca, com o objetivo de fazer com que eles tentassem reduzir o consumo de energia na ponta e assim, obter de forma

simulada, uma redução no valor da tarifa a pagar na opção tarifa branca. Ao final do experimento, 41 clientes desta sub-amostra concordaram em participar do experimento. Como todos também já haviam participado da PPH, foi possível identificar para cada um deles quais os usos finais em seus domicílios eram os maiores “vilões” deste elevado consumo na ponta.

Iniciado o experimento com estes 41 clientes, uma vez por semana, os pesquisadores faziam contato com eles para que os mesmos não se esquecessem de que estavam participando de uma simulação da tarifa branca e que deveriam lembrar de deslocar o consumo no horário de ponta.

Além disso, 30 desses clientes foram escolhidos para fazerem uso de tomadas inteligentes, conectadas à geladeira e televisão. Estas tomadas permitiam o registro do consumo destes eletrodomésticos a cada 15 minutos, ou seja, a identificação de sua curva de carga diária. As tomadas permaneceram nestes domicílios por duas semanas. A partir dos dados de memória de massa desses equipamentos, foi possível a visualização da curva de carga real destes aparelhos.

Na figura 3 são apresentados dois gráficos oriundos das medições com as tomadas inteligentes: No primeiro, é mostrado, em azul, a curva de carga de um dia útil para o eletrodoméstico “geladeira” em um domicílio residencial. No mesmo gráfico, em vermelho, apresenta-se uma outra curva de carga, referente ao uso no final de semana, para o mesmo equipamento, no mesmo domicílio. No segundo gráfico, apresenta-se a curva de carga da televisão principal do domicílio, em azul a curva do dia útil e em vermelho a do final de semana.

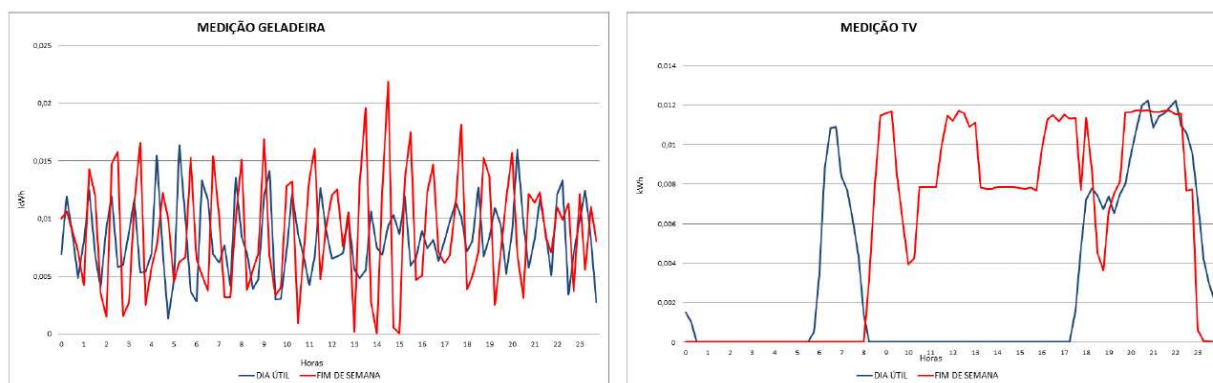


Figura 03 – Curvas de Carga de Geladeira e TV em Uma Residência Participante do Experimento

Para os 41 consumidores participantes do painel de simulação de tarifa branca, foram coletados pela concessionária, semanalmente, durante o mês de março, dados de medição do consumo de energia elétrica desses consumidores.

À medida que as informações eram disponibilizadas, as mesmas passavam pelo algoritmo computacional, sendo então processadas e os consumos horários, diário e semanais, por posto tarifário, estimados para cada um dos consumidores participantes do experimento, bem como o cálculo da relação entre o consumo no horário de ponta e horário fora de ponta. Também era efetuado o cálculo da relação entre esses consumos.

Através de um aplicativo de celular desenvolvido para o experimento, os dados gerados pelo algoritmo alimentavam as informações do aplicativo, de forma que os participantes pudessem acompanhar seu consumo de energia, e comparar os valores com a tarifa convencional e a tarifa branca.

A última etapa do experimento consistia na identificação dos consumidores que mais conseguiram reduzir a relação entre o consumo no horário de ponta e no horário fora-de-ponta, ao longo do mês de experimento. Para a obtenção desse resultado, foi considerada a média das relações ponta/fora-ponta, calculadas para as semanas do experimento (4 semanas) e, então, a mesma foi comparada com a relação ponta/fora-ponta, calculada no início do experimento para identificação dos consumidores elegíveis.

4,4 RESULTADOS ALCANÇADOS NO EXPERIMENTO

Observou-se que, em média, a relação ponta/fora-ponta foi reduzida em **58%**. De todos os consumidores participantes do experimento, somente 9 não reduziram essa relação. Os consumidores com maior redução dessa relação, ou seja, aqueles que empreenderam os maiores esforços para a redução da relação ponta/fora-



ponta participaram de um sorteio com brindes ao final do experimento, entregues presencialmente na reunião de encerramento do projeto ocorrida no dia 28/03/18 na cidade de Domingos Martins.

5.0 - CONCLUSÕES

Este trabalho desenvolvido no âmbito dos projetos de P&D Aneel, registrado sob o código Aneel PD-0380-0013/2013 e denominado “Projeto Piloto de Avaliação da Reação dos Consumidores ao Sistema de Pré-pagamento e as Tarifas Diferenciadas na Baixa Tensão em um Ambiente de Redes Inteligentes” evidencia a importância da interação dos agentes do setor elétrico brasileiro na busca da otimização de sua operação, investimentos e inserção de soluções que posterguem impactos ambientais.

A base conceitual dos economistas comportamentais evidencia que a difusão dessas iniciativas pode ser mais complexa do que aparentemente seria esperado. Os próprios experimentos da iniciativa piloto da ANEEL mostram que a adesão dos consumidores pode ser obstaculizada por regras ainda mal concebidas ou pela percepção de riscos de forma assimétrica entre o regulador e o consumidor participante.

Muito esforço ainda precisará ser dispendido no Brasil para que estas iniciativas aconteçam e os incentivos a serem oferecidos estão no cerne do sucesso a ser construído. Fato concreto é a necessidade de investimentos no conhecimento do consumidor, em especial frente às novas tecnologias que possam ser empregadas na gestão do uso da energia.

No caso específico deste artigo, pode-se observar que a proposta de implementação da tarifa branca para consumidores atendidos na BT necessita claramente de uma grande e abrangente comunicação de seus possíveis ganhos para a sua adesão de forma mais ampla. Por muitos anos, esta classe de consumidores mantinham uma relação bastante distante de suas distribuidoras de energia. O único contato, se resumia no envio de uma fatura a estes que tinham a obrigação única de realizar o pagamento das mesmas. A introdução desta nova modalidade de tarifa implicará numa mudança radical nesta relação. O consumidor terá que sair da zona de conforto de receber uma fatura com uma especificação de kWh consumidos e o respectivo valor a ser pago e passará a conhecer quem são aqueles usos finais disponíveis em suas residências e que são os “vilões” do consumo nas horas críticas e com isto passar a monitorar de forma eficiente o seu consumo. O experimento conduzido no âmbito deste projeto mostrou que este aprendizado de como e quando consumir é possível, porém, este ganho foi alcançado através de visitas com explicações da modalidade, contatos permanentes durante a vigência do experimento e incentivos para aqueles consumidores que conseguissem deslocar os seus consumos dos horários críticos (premiação, uma vez que não havia preço diferenciado na tarifa). De qualquer forma, o experimento sinaliza que a adoção desta nova modalidade pela massa de consumidores desta classe de consumo tem condições de ser implementada com sucesso.

6.0- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) SMITH, A. **A riqueza das Nações**. Fundação Calouste Gulbekian, Brasil, 2010.
- (2) THALER, R. H. **Misbehaving- The making of behavioral economics**. Norton Company Press, N.Y. 2016.
- (3) TVERSKY., A.,KAHNEMAN, D. **Judgment under uncertainty: heuristic and biases**. Science vol 185, issue 4157, p.1124-1131, 1974.
- (4) KAHNEMAN, D., TVERSKY., A., **Prospect theory: an analysis of decision under risk**. Econometrica, vol.47 , issue 2, p.263-291, 1979.
- (5) THALER, R. H. , SUSTEIN, C. R. **Nudge: improving decisions about health, wealth and happiness**. Penguin Books, USA, 2009.
- (6) KAHNEMAN, D. **Thinking fast and slow**. Macmillan Press, USA, 2011.
- (7) ARIELY, D. **Predictably irrational: the hidden forces that shape our decisions**. Harper Perennial press, USA, 2010.
- (8) FREDERICKS, E. R., STENNER, K., HOBMAN, E. V. **Household energy use: applying behavioral economics to understanding consumer decision-making and behavior**. Renewable and sustainable energy reviews, vol. 41, p.1385-1394, 2015.
- (9) BITU, R. S., BORN, P. H. (1993). **Tarifas de Energia: Aspectos Conceituais e Metodológicos**. São Paulo: MM Editora Ltda.
- (10) BONBRIGHT, J. C., DANIELSEN, A.L., KAMERSCHEN, D. R. **Principles of public utility rates**, 2nd edition, Public Utilities Reports, USA,1988.

- (11) FAGUNDES, W. **Estimativa do Fator de Carga (FC) e Fator de Demanda (FD) de Consumidores de Energia Elétrica Via Medição e Pesquisa de Posses e Hábitos**. 2011. Dissertação (Mestrado em Metrologia) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.2011.
- (12) ANEEL. **Resolução Normativa nº. 414: Condições gerais de fornecimento de energia elétrica**. Brasília, Brasil,2010
- (13) BAPTISTA, D.F., ESTEVES, G.R.T., CALILI, R.F.; SOUZA, R.C.. **Avaliação do impacto da introdução da tarifa horosazonal em clientes do setor comercial e de serviços na baixa tensão: estudo de caso para uma distribuidora de energia elétrica**. SBPO 2015, Porto de Galinhas (PE). Disponível em <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2015/pdf/142994.pdf>, acesso em 25 de abril e 2019.
- (14) BATISTA, D. **Estrutura da tarifa branca de Energia Elétrica no Brasil: Análise crítica e proposição metodológica**. 2016. 129f. Dissertação de Mestrado em Metrologia - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.201
- (15) ONS- CCEE. **1º. Relatório de análise do programa piloto de resposta da demanda**. Disponível em http://ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/201812_ONS_CCEE_Relatorio%20Programa%20Piloto%20Resposta%20Demanda.pdf. Acesso em 28 de abril de 2019. Publicado em dezembro de 2018.

7.0-DADOS BIOGRÁFICOS



ANA LUCIA RODRIGUES DA SILVA possui graduação em Física pela UNESP (1986), Mestrado (1992) e Doutorado (1998) em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp, onde realizou seu pós-doutorado (2009). É pós-doutora também pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp (2011). Atualmente é professora do SENAC e sócia gerente da empresa Sinerconsult – Consultoria e Treinamento. Autora dos livros Monografia Fácil (2005), Marketing Energético (2009), Energetic Marketing (Alemanha, 2010), Comportamento do Grande Consumidor de Energia Elétrica (2011) e Cruzeiros Marítimos (2018).
E-mail: ana@sinerconsult.com.br



REINALDO CASTRO SOUZA, é graduado em Engenharia Elétrica pela UFJF em 1971, mestrado em Engenharia de Sistemas pela PUC-Rio em 1975, doutorado em estatística pela Warwick University, Coventry, Inglaterra em 1979 e pós-doutorado em modelos estatísticos e econométricos na London School of Economics, Inglaterra em 1986. Atualmente é professor titular da PUC-Rio. É especialista em análise e previsão de séries temporais (tema de sua tese de doutorado) e tem desenvolvido modelos estatísticos e de séries temporais em diversas áreas, tais como, pesquisas de mercado, previsões eleitorais, aplicações no setor energético e modelos econométricos. Tem também interesse na área de eficiência energética e uso racional de energia, com trabalhos



XXV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

3515
GCR/26

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

de pesquisas para várias distribuidoras de energia elétrica, para o PROCEL/Eletrobrás, para o CEPEL, ONS, ANEEL e ANP. Sócio Titular da SOBRAPO desde 1980 e membro dos Comitês de Programa dos SBPOs (Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional de 2016 e 2017). Ingressou no Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio em agosto de 2017. Membro da Área de Concentração Gerência de Produção.
E-mail: reinaldo@puc-rio.br



FERNANDO AMARAL DE ALMEIDA PRADO JR, Engenheiro Civil pela Unicamp (1977), Curso de Especialização em Administração Contábil e Financeira- CEAG- FGV-SP (1989), mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Unicamp (1994), doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Unicamp (1999) e pós-doutorado pela Universidade de São Paulo (2006) e pela Unicamp (2014). É professor colaborador de pós-graduação da USP. Desde 2001, é sócio gerente da empresa Sinerconsult – Consultoria e Treinamento, onde atua como consultor de empresas além de atuar Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento.
E-mail: fernando@sinerconsult.com.br