

Monitoramento da Carga Elétrica Residencial Aplicado ao Gerenciamento de Resposta a Demanda

A. P. Medeiros; D. P. Bertineti; L. N. Canha; R.M. de Azevedo

Centro de Excelência em Energia e Sistemas de Potência - CEESP

Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Santa Maria, Brasil

medeiros.aerton@gmail.com; dbertineti@gmail.com; lucianecanha@gmail.com; rodrigomotta1705@hotmail.com

Abstract— The present article addresses the electric power consumption profile of a household through Non-Intrusive Load Monitoring (NILM), showing the breakdown of the electric energy consumed by each appliance during a day of monitoring. Through this monitoring it becomes evident the importance of knowing the consumption profile of residential electric charges to seek the reduction of the expense with electric energy. The knowledge of the residential consumption profile allows a study to fit the new forms of charging available for low voltage installations and is also important in the demand side load management studies, essential in the context of Smart Grids. This study seeks to show the potential of Demand Response (DR) in residences based on the impact of a Time of Use (TOU) tariff, considering scenarios with and without changes in the habits of the residence occupants.

Keywords—Demand Response, Load Monitoring, Smart Grid, TOU.

I. INTRODUCÃO

O sistema elétrico mundial passa constantemente por processos evolutivos, sendo o incremento de carga nos sistemas e as restrições ambientais cada vez mais presentes. Diante do advento da tecnologia das redes inteligentes, é esperada a participação plena de estratégias de resposta a demanda (*Demand Response* - DR) no âmbito residencial. Basicamente, esta resposta a demanda visa motivar os consumidores a mudar seus padrões de consumo através da reeducação e alteração nos padrões de consumo para obtenção de reduções no custo das faturas de energia elétrica [1].

As estratégias de resposta a demanda fazem parte dos principais desafios da implementação de um programa de gestão da demanda pelo lado da carga (*Demand Side Management* - DSM), sendo que o setor residencial apresenta o maior potencial de resposta a demanda não explorado [2]. Diante deste cenário, torna-se importante conhecer o comportamento diário de cargas neste ambiente, identificando e classificando estes equipamentos de acordo com suas características de funcionamento [1].

O monitoramento de aparelhos domésticos tem recebido crescente interesse nos últimos tempos com intuito de ajudar no desenvolvimento das redes elétricas inteligentes [3]. Evidencia-se que o monitoramento de cargas para conhecimento do perfil de consumo ao longo do dia dá suporte para estratégias de resposta a demanda, permitindo a redução

dos picos de demanda de energia, melhorando assim o desempenho da rede elétrica e reduzindo o custo da energia ao usuário residencial [4].

Este estudo tem por objetivo mostrar a importância do monitoramento da carga elétrica residencial para conhecimento do perfil de consumo residencial, mostrando através de estudo de caso, o grande potencial de resposta a demanda existente no ambiente residencial. Para isto, a Seção II apresenta a caracterização dos tipos de monitoramento no ambiente residencial; na Seção III é realizada a caracterização dos tipos de cargas; na Seção IV as novas formas de tarifação previstas para clientes de baixa tensão são discutidas; na Seção V é apresentada a metodologia utilizada; na Seção VI é desenvolvido estudo de caso para verificar a contribuição dos diferentes tipos de aparelhos domésticos verificados no perfil de consumo real de uma residência; na Seção VII é apresentada a análise dos resultados; e por fim na Seção VIII é apresentada a conclusão.

II. MONITORAMENTO DA ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL

O monitoramento do consumo de aparelhos residenciais (Appliance Load Monitoring - ALM) se tornou um elemento chave no desenvolvimento de aplicações que visam a eficiência energética. Segundo [5], as duas abordagens existentes para o monitoramento de cargas elétricas no ambiente residencial são as técnicas de monitoramento de carga intrusiva (Intrusive Load Monitoring - ILM) e monitoramento de carga não intrusiva (Non-Intrusive Load Monitoring - NILM).

O monitoramento intrusivo de carga (ILM) consiste em medir o consumo de eletricidade de aparelhos eletrodomésticos diretamente no ponto que este se encontra conectado à rede elétrica. Enquanto o monitoramento de carga não intrusivo (NILM) consiste em medir o consumo destes aparelhos a partir de um único ponto de medição, geralmente junto a entrada de energia, podendo ser no painel do medidor ou no quadro geral da residência. Baseando-se em um único ponto de medida, também é chamado de medição de sensor único [5]. A qualificação de não intrusivo significa que nenhum equipamento extra é instalado no interior da residência. Através do NILM as informações sobre o consumo individual dos equipamentos são obtidas de forma indireta por um método chamado de desagregação de energia [5].

Embora possa fornecer dados mais precisos e mais específicos do comportamento das cargas o sistema ILM

apresenta desvantagem devido a necessidade da instalação de tantos sensores quantos forem os pontos monitorados, acarretando maior custo e complexidade na instalação e manutenção.

Contrário ao ILM o monitoramento de carga não intrusivo é apresentado como um meio conveniente para determinar o consumo de energia, pois pode ser implementado a partir da medição realizada pelos próprios medidores inteligentes na entrada de energia da unidade residencial e o estado de operação de aparelhos individuais reconhecidos com base na análise da carga agregada medida. No método NILM o princípio básico da desagregação de energia está baseada na alteração das características elétricas produzida pela alteração do estado operacional dos diferentes aparelhos do usuário, sendo estas características únicas de cada aparelho, denominadas de assinaturas das cargas. Assim se pode dizer que neste sistema o objetivo é que se possa determinar o consumo individual de energia de cada aparelho a partir da análise dos dados agregados medidos a partir de um único medidor, instalado na entrada de energia elétrica da residência [6] [7].

Na Tabela I são apresentadas as principais vantagens e desvantagens dos sistemas NILM e ILM [5]-[9].

TABELA I. COMPARAÇÕES ENTRE AS FORMAS DE MONITORAMENTO

Aspecto	ILM	NILM
Complexidade de instalação	Alta	Baixa
Quantidade de sensores	Muitos	Um
Custos	Alto	Baixo
Método de aquisição de dados	Individual	Agregado
Dificuldade da separação das informações	Fácil	Difícil para cargas de baixa potência

III. CARACTERIZAÇÃO DAS CARGAS ELÉTRICAS RESIDENCIAIS

Em um ambiente residencial percebe-se a existência de diversos tipos de eletrodomésticos, sendo possível a divisão das mesmas em categorias de acordo com suas características de funcionamento e finalidade do estudo envolvido. Para o processo de tomada de decisão a partir dos dados das cargas elétricas residenciais é importante a caracterização destas quanto aos aspectos que definem seus ciclos de operação, modos de ativação entre outros.

No processo de desagregação de energia, por exemplo, pode-se distinguir as cargas elétricas em quatro tipos [5]-[7]: cargas ON/OFF, aparelhos de múltiplos estados finitos, aparelhos de estados continuamente variáveis e aparelhos com consumo permanente. Outra caracterização que pode ser importante está baseada na possibilidade da carga ter seu acionamento deslocado no tempo, ou seja, ter sua ativação adiantada ou adiada. Para isto, podem-se classificar as cargas elétricas como flexíveis e não flexíveis [10]. Os termos gerenciável e controlável também são utilizados para expressar a flexibilidade dos aparelhos domésticos.

A. Cargas Não Flexíveis

Estas cargas referem-se a aparelhos domésticos, cuja operação não pode ser postergada ou interrompida, pois são essenciais para o usuário. Dentro das cargas inflexíveis pode-se dividi-la em duas categorias. Uma formada por cargas que estão sempre ligadas (sistemas de alarmes, equipamentos de internet), ou que ligam em uma determinada frequência de forma automática (freezer, refrigeradores). E outra formada por cargas que devem estar em operação e que são incapazes de se adaptar ou mudar seu regime de operação para atender circunstâncias sem provocar impacto sobre a prestação de serviço (televisão, computadores e sistema de iluminação) [10].

B. Cargas Flexíveis

São cargas que apresentam ciclos de trabalho fixo, mas que podem ter o seu acionamento deslocado para outro período, sem que o trabalho deixe de ser realizado [10]. Em [10] e [11] são apresentados como equipamentos que possuem consumo flexível aparelhos como: máquinas de lavar roupas, máquinas de lavar louças, máquinas de secar roupas e aquecedores elétricos de água. Porém, embora sempre exista algum impacto no conforto do usuário, a ativação das cargas consideradas flexíveis ou não sempre dependerá do comportamento do usuário, que poderá optar por deslocar o período do seu acionamento caso obtenha algum retorno financeiro mais atrativo que o impacto observado sobre o seu conforto.

IV. MODELOS TARIFÁRIOS

A tarifa visa garantir aos prestadores dos serviços receita suficiente para cobrir custos operacionais e remunerar investimentos necessários para expandir a capacidade e garantir o atendimento com qualidade. Atualmente no Brasil, segundo a REN 414/2010, os clientes residenciais de baixa tensão do grupo B dispõem de duas modalidades tarifárias. A tarifa convencional monômia, com adesão de forma compulsória e automática, e a modalidade tarifária horária branca, com adesão opcional do consumidor [12].

A tarifa horária branca é uma opção de tarifa *Time Of Use* (TOU) que apresenta valores diferenciados ao consumidor de acordo com o horário de utilização da energia [13]. Para aplicação da tarifa branca torna-se importante a definição dos períodos de ponta, fora ponta e intermediário, sendo que a definição dos mesmos deve ser proposta pela distribuidora, para aprovação da ANEEL. Para isto as seguintes imposições devem ser observadas: o horário de ponta deve ter a duração de três horas consecutivas e ser aplicado em cinco dias da semana, o horário intermediário deve ser uma hora imediatamente anterior e uma hora imediatamente posterior ao período de ponta e os demais períodos são considerados período fora da ponta [12].

No Brasil a tarifa branca começou a ser implementada para clientes de baixa tensão a partir de Janeiro de 2018. No primeiro ano somente clientes com consumo médio de 500 kWh/mês podem fazer a sua adesão, em Janeiro de 2019 os clientes com consumo médio de 250 kWh/mês poderão aderir.

Sendo que em Janeiro de 2020 todos os consumidores, exceto classe baixa renda, poderão aderir a este sistema tarifário [14].

V. METODOLOGIA UTILIZADA

Para analisar o consumo de energia elétrica residencial com o objetivo de caracterizar os aparelhos responsáveis por este consumo e, também, verificar as potencialidades de resposta a demanda passíveis de serem exploradas neste ambiente foi adotada neste estudo a metodologia composta pelas etapas apresentadas no fluxograma mostrado na Fig. 1.



Fig. 1. Fluxograma da Metodologia Desenvolvida

Inicialmente, o monitoramento do consumo de energia elétrica de uma residência deve ser realizado durante o período de 24 horas, ao longo de um dia, para a aquisição do perfil de consumo do ambiente residencial. Para a aquisição dos dados considera-se necessário a utilização de equipamento de monitoramento que realize a amostragem potência ativa, potência aparente, tensão e corrente elétrica. Esta aquisição deve ser realizada a partir de um único ponto da rede elétrica analisada em intervalos fixos de 1 segundo, caracterizando um monitoramento do tipo NILM.

A desagregação do consumo deve ser realizada a partir do perfil de consumo registrado, podendo ser realizada por algoritmos NILM [7] ou através dos registros de eventos importantes realizados pelos ocupantes da residência. Neste processo os valores de potência média e os horários de ativação e desativação, dos aparelhos que tiveram seu

consumo reconhecido, devem ser registrados para posterior análise de consumo.

A análise do consumo deve ser realizada com base nos registros obtidos do perfil de consumo com o intuito de observar o impacto de cada aparelho no consumo da energia elétrica total. Também, deve ser analisado o potencial de carga que podem ser desagregadas a partir de algoritmos NILM e, ainda, o percentual de carga de equipamentos com potencial de participarem de estratégias de resposta a demanda, segundo a classificação das mesmas como cargas flexíveis ou não flexíveis.

Para isto, deve ser realizada análise do potencial de resposta a demanda comparando a aplicação das tarifas convencional e tarifa branca. Desta forma, devem ser analisados 03 cenários, sendo eles:

- Cenário 1: Carga monitorada;
- Cenário 2: Deslocamento da parcela de carga flexível do horário de ponta para intermediário;
- Cenário 3: Deslocamento da parcela de carga flexível do horário de ponta para fora de ponta.

Por fim, os resultados obtidos no estudo de caso são avaliados com base no custo da energia.

VI. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso conduzido neste artigo tem base no monitoramento realizado em uma Unidade Consumidora (UC), pertencente ao Grupo B de tarifação, em um dia do mês de junho de 2018, localizada na região sul do Brasil, do tipo unifamiliar, habitada por um casal sem filhos.

A aquisição dos dados foi realizada junto ao painel de disjuntores da residência por meio de um Alicate Wattímetro marca Minipa modelo ET-4055 que coletou amostras de potência ativa, potência aparente, tensão e corrente elétrica em intervalos fixos de 1 segundo. O perfil de consumo resultante do monitoramento é mostrado na Fig. 2, onde se podem observar a curva de potência ativa ao longo do dia e o acumulado da energia consumida neste período, resultado no consumo total de 5.9kWh.

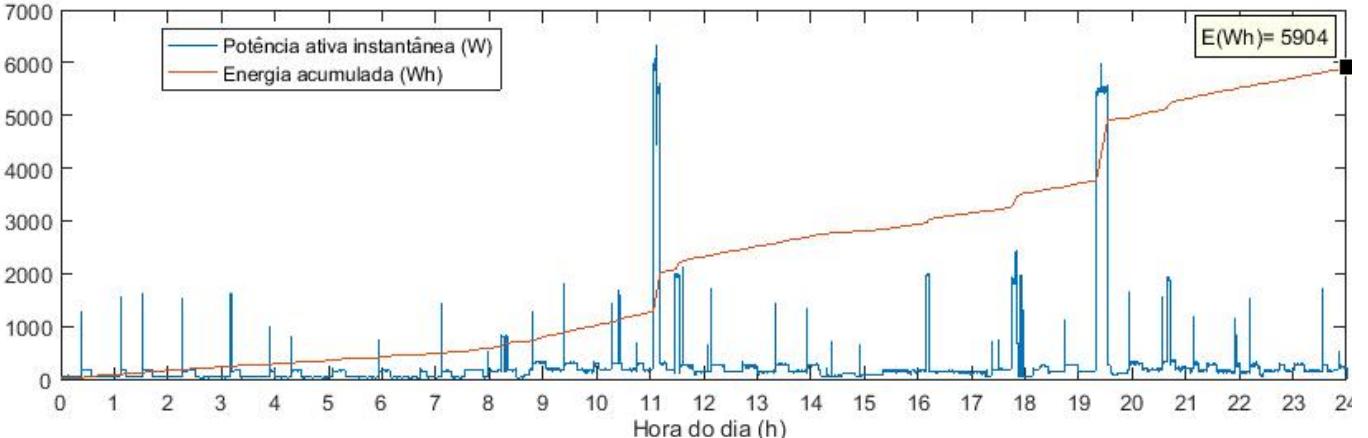


Fig. 2. Perfil de Consumo Obtido no Monitoramento

A. Análise do Perfil do Consumo Residencial

Com base no perfil de consumo observado na Fig.2 foi realizada a desagregação do consumo de forma manual a partir da observação do perfil de consumo e dos registros de eventos importantes realizados pelos ocupantes da residência. Fundamentado nesta desagregação foi realizada análise da participação de cada equipamento no consumo total, conforme demonstrado na Tabela II. Nesta é possível observar os equipamentos acionados no período de monitoramento, a energia elétrica consumida, o tempo de operação total durante os ciclos de operação, a potência média e o percentual no consumo total no período registrado. O percentual aproximado de 2,5% de energia não identificada é atribuído a vários motivos, tais como: não registro de cargas de pequena magnitude (lâmpadas LED em sua maioria apresentam potência inferior a 10 W), diferenças entre a potência média atribuída as cargas e o seu real consumo (os televisores apresentam grande variação no seu consumo, trazendo grande oscilação a curva de carga), além de outros erros devido a manipulação manual dos dados. Também pode se observar os equipamentos que mais contribuíram para o consumo total da residência, tendo o refrigerador participado com a parcela de 16,57% no consumo total, sendo o segundo aparelho que mais consumiu energia.

TABELA II. DESAGREGAÇÃO DO CONSUMO VERIFICADO

Equipamento	Energia (Wh)	Tempo (h)	Potência Média (W)	Particip. no consumo (%)
Geladeira	978.22	7.9	124	16.57
Torradeira	88.45	0.14	632	1.5
Cafeteira	90.86	0.04	2272	1.54
Jarra elétrica	726.26	0.4	1816	12.3
Micro-ondas	78.85	0.05	1577	1.34
Aquecedor do banheiro	91.75	0.05	1835	1.55
Chuveiro elétrico	1584.46	0.34	4660	26.84
TV A	805.24	9.77	82	13.64
TV B	185.23	4.8	39	3.14
Iluminação	165.61	5.47	30	2.81
Carregador de Notebook	117.34	4.39	27	1.99
Lençol elétrico	61.49	1.43	43	1.04
Stand-by*	786.36	24	33	13.32
Não identificado	143.88	-	-	2,42
Total	5904	-	-	100

* Aparelhos sempre ativados + Stand-by

Com base no levantamento mostrado na Tabela II pode-se observar o consumo referente aos equipamentos que apresentam possibilidade de participar ou não de programas de

resposta a demanda, classificados como flexíveis ou não flexíveis. Fundamentado na Seção III a Fig. 3 mostra o percentual do consumo total das cargas que podem ter seu consumo classificado como flexível ou não. Para isto, foram considerados como equipamentos de consumo flexível a jarra elétrica, o aquecedor do banheiro, o chuveiro elétrico e o lençol elétrico.

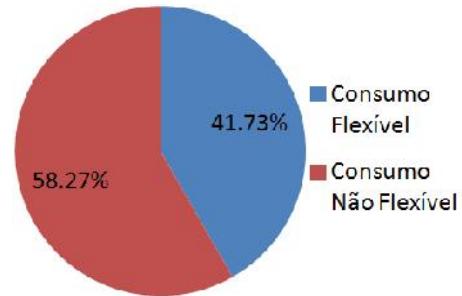


Fig. 3. Participação de Cargas Flexíveis e Não Flexíveis.

Segundo as vantagens apontadas sobre o monitoramento não intrusivo torna-se interessante observar o consumo dos equipamentos que poderiam ter seu consumo desagregado por algoritmos NILM. Na Tabela III são apresentados dados de carga dos equipamentos que, devido seus valores de potências ativas consideráveis, poderiam ser mais propensos de terem seus consumos reconhecidos por algoritmos NILM [7].

TABELA III. CONSUMO DETECTÁVEL

Equipamento	Energia Consumida (Wh)	Faixa de Potência (W)	Particip. no consumo (%)
Geladeira	978.22	114 - 140	16.57
Torradeira	88.45	590 - 660	1.4
Cafeteira	90.86	1300 - 1330	1.44
Jarra elétrica	726.26	1834 - 1850	11.52
Micro-ondas	78.85	1577	1.25
Aquecedor do banheiro	91.75	1835	1.46
Chuveiro	1584.46	3775 - 5200	25.13
Stand-by*	786.36	33	12.47
Total	4861.82		71.24

* Aparelhos sempre ativados + Stand-by

B. Análise da Aplicação da Tarifa Branca

Para analisar o impacto dos modelos tarifários sobre o perfil de consumo registrado, assim como considerar as possibilidades de resposta a demanda permitida pela tarifa branca, torna-se necessário observar a composição do consumo no horário de valor diferenciado desta tarifa. O horário de valor

diferenciado para a tarifa branca é compreendido pelo período composto entre as 17:00 e as 22:00 horas. Neste período o consumo registrado na residência em análise pode ser caracterizado conforme mostra a Fig. 4.

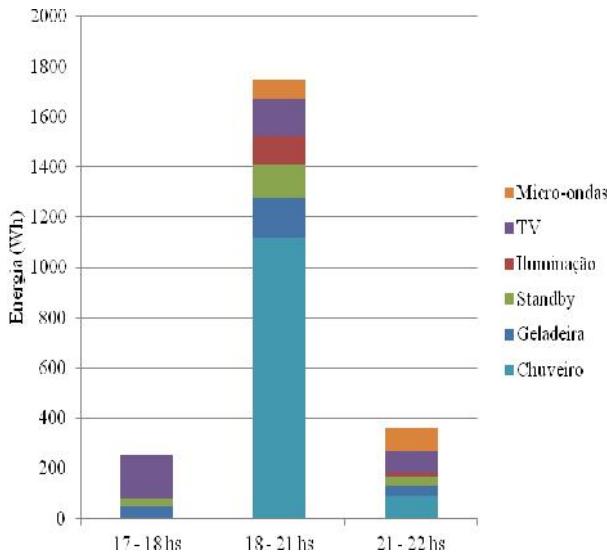


Fig. 4. Consumo nos Períodos Intermediários e de Ponta.

Na Fig. 4 é observado o grande consumo de energia no período entre 18:00 e 21:00 horas, sendo o chuveiro elétrico o maior responsável por este montante de energia elétrica. Neste período o chuveiro consumiu aproximadamente 1.1kWh, cerca de 60% da energia total consumida no período. Por este motivo e pelo fato do chuveiro elétrico ter grande potencial para participar na resposta a demanda, são apresentados 3 cenários comparativos para verificar o impacto no custo da energia elétrica quando é considerado o gerenciamento da utilização do chuveiro elétrico. Os cenários analisados mostrarão o custo diário e extrapolado para um período de um mês.

- Cenário 1: comparação dos custos de energia elétrica considerando a tarifa convencional e a tarifa branca sobre o consumo monitorado, conforme é mostrado na Tabela IV.

TABELA IV. CUSTO DA ENERGIA COM CHUVEIRO ELÉTRICO NA PONTA

	Ponta	Intermed.	F. ponta	Convencional
Tarifa (R\$/kWh)	1.43	0.93	0.65	0.76
Consumo (kWh)	1.76	0.45	3.7	5.9
Custo (R\$)	2.52	0.42	2.41	4.48
Custo diário (R\$)		5.35		4.48
Custo mensal (R\$)		148.38		134.4

Na Tabela IV é observado que para o padrão de consumo registrado a opção pela tarifa branca causaria um maior valor se comparado com o custo na tarifa convencional, evidenciando que para este padrão de consumo a melhor opção é a tarifa convencional.

- Cenário 2: compara os custos de energia elétrica considerando a tarifa convencional e a tarifa branca com o deslocamento do consumo do chuveiro elétrico para o período intermediário da tarifa branca, conforme Tabela V.

TABELA V. CUSTO DA ENERGIA COM CHUVEIRO ELÉTRICO NO PERÍODO INTERMEDIÁRIO

	Ponta	Intermed.	F. ponta	Convencional
Tarifa (R\$/kWh)	1.43	0.93	0.65	0.76
Consumo (kWh)	0.64	1.56	3.7	5.9
Custo (R\$)	0.92	1.45	2.41	4.48
Custo diário (R\$)		4.78		4.48
Custo mensal (R\$)		135.84		134.4

A partir do custo diário e mensal mostrados na Tabela V para as tarifas branca e convencional é observado que para o padrão de consumo abordado houve a redução do custo da energia na tarifa branca se comparada o caso mostrado na Tabela IV, porém este custo ainda é levemente superior ao verificado na tarifa convencional.

- Cenário 3: compara os custos de energia elétrica considerando a tarifa convencional e a tarifa branca com o deslocamento do consumo do chuveiro elétrico para o período fora de ponta a tarifa branca, conforme Tabela VI. Nesta é mostrada a possível redução no valor da energia com a tarifa branca em relação a tarifa convencional.

TABELA VI. CUSTO DA ENERGIA COM O CHUVEIRO ELÉTRICO NO PERÍODO FORA DE PONTA

	Ponta	Intermed.	F. ponta	Convencional
Tarifa (R\$/kWh)	1.43	0.93	0.65	0.76
Consumo (kWh)	0.64	0.45	4.81	5.9
Custo (R\$)	0.92	0.42	3.13	4.48
Custo diário (R\$)		4.47		4.48
Custo mensal (R\$)		129.02		134.4

VII. RESULTADOS

Com base no estudo de caso desenvolvido é possível observar o grande potencial de reposição a demanda existente nas residências, pois, conforme verificado no período analisado, aproximadamente 41% do consumo verificado apresenta característica flexível. Sendo assim, ressalta-se a importância dos estudos que buscam um melhor entendimento do perfil de consumo das residências para que se obtenha maior eficiência no uso da energia elétrica.

Observando-se as potencialidades do monitoramento NILM estima-se que aproximadamente 70% do consumo verificado poderia ser reconhecido através do monitoramento NILM. Assim, esta ferramenta mostra-se como uma importante fonte de informação para estudos ou mesmo aplicação, sendo uma destas a produção de informação para estudos de forma de contratação de energia para clientes de baixa tensão, disponível no Brasil a partir da implantação da tarifa branca.

Na análise dos cenários criados para verificação do impacto das tarifas disponíveis atualmente para consumidores de baixa tensão sobre o perfil de consumo monitorado. É verificado no Cenário 1 que a opção pela tarifa branca causaria um aumento no custo com energia elétrica quando utilizando o chuveiro nos horários verificado no monitoramento, cerca 19,4% de aumento no consumo diário e cerca de 10,4% na extração do consumo para o período mensal. No Cenário 2, onde a utilização do chuveiro foi deslocada para o período intermediário da tarifa branca, observa-se que ainda há um maior custo na tarifa branca em relação a tarifa convencional monômia, porém esse aumento verificado reduziu para cerca 6,7% para o consumo diário e cerca de 1% de aumento para o período de 30 dias. Já no Cenário 3, onde o chuveiro teria seu funcionamento deslocado para o horário fora de ponta, foi observada a redução no valor diário da energia. Neste caso extrapolando o perfil de consumo para o período de 30 dias a escolha pela tarifa branca poderia oportunizar a economia de R\$5,38 para o consumidor, representando a redução em cerca de 4,0% no custo mensal da energia.

VIII. CONCLUSÃO

Este estudo é conduzido na busca por sistemas que possam agregar de forma eficiente e confiável os recursos energéticos distribuídos à rede elétrica existente. Para isto, diferentes passos devem ser dados em várias esferas do conhecimento, sendo neste estudo ressaltada a importância do monitoramento da energia elétrica residencial na criação do perfil de consumo para exploração do potencial de resposta a demanda existente no ambiente residencial.

O monitoramento do perfil de consumo residencial realizado neste estudo permitiu observar os equipamentos que participaram do consumo da energia elétrica no período de um dia. Assim, observou-se que aproximadamente 41% deste consumo foram realizados por equipamentos que apresentam características de consumo flexível, mostrando que o ambiente residencial apresenta grande potencial para a aplicação de técnicas de gerenciamento de resposta a demanda. Ainda, através da desagregação do consumo realizada de forma manual pode-se observar que um percentual próximo a 71% do consumo total poderia ser identificado de forma automática por algoritmos NILM, mostrando que estudos relacionados a estas técnicas de desagregação podem permitir um bom entendimento do perfil do consumo residencial, necessário para o estudo da forma de contratação da modalidade de tarifação residencial. Também, observou-se através do estudo de caso que a aplicação da modalidade tarifária branca sobre o perfil de consumo verificado apresentaria impacto negativo para o consumidor, com um aumento no custo da energia em aproximadamente 19% no período analisado. No entanto, pode-se também observar que a partir do gerenciamento da demanda residencial é possível obter redução no custo da energia elétrica residencial com a adesão da tarifa branca, sendo o observado no terceiro cenário de análise uma redução próxima a 4% no período de 30 dias. Ressalta-se ainda que este impacto poderia ser ainda maior em residências que apresentam durante os dias do final de semana ou mesmo durante o período fora de ponta um perfil de consumo maior do que o analisado neste estudo.

Por fim, deve-se salientar que o perfil de consumo apresentado neste estudo não busca representar um padrão de consumo geral. Para que generalizações possam ser feitas deve-se buscar um maior período de monitoramento, envolvendo diferentes períodos do ano.

ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES PROEX), a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), Bolsa de Produtividade e Pesquisa - PQ CNPq Processo 311516/2014-9, ao INCTGD e aos órgãos financiadores (CNPq processo 465640/2014-1, CAPES processo no. 23038.000776/2017-54 e FAPERGS 17/2551-0000517-1).

REFERENCES

- [1]. A. Khalid et al., Towards Dynamic Coordination among Home Appliances Using Multi-Objective Energy Optimization for Demand Side Management in Smart Buildings. IEEE Access. 6, 19509–19529 (2018).
- [2]. M. Pipattanasomporn, M. Kuzlu, S. Rahman, Y. Teklu, Load profiles of selected major household appliances and their demand response opportunities. IEEE Transactions on Smart Grid. 5, 742–750 (2014).
- [3]. S. Hosseini et al., “Non-intrusive load monitoring through home energy management systems: A comprehensive review”. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017.
- [4]. A. Barbato, A. Capone, L. Chen, F. Martignon, S. Paris, in 2013 IEEE Online Conference on Green Communications, OnlineGreenComm 2013 (2013), pp. 137–142.
- [5]. A. Ridi, C. Gisler, J. Hennebert, in Proceedings - International Conference on Pattern Recognition (Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2014), pp. 3702–3707.
- [6]. E. J. Aladesanmi, K. A. Folly, Overview of non-intrusive load monitoring and identification techniques. IFAC-PapersOnLine. 48, 415–420 (2015).
- [7]. I. ABUBAKAR et al., “An overview of Non-intrusive load monitoring methodologies”. IEEE Conference on Energy Conversion. 2015.
- [8]. M. Nardello, M. Rossi, D. Brunelli, A low-cost smart sensor for non intrusive load monitoring applications. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, [s. l.], p. 1362–1368, 2017.
- [9]. A. Adabi, P. Mantey, E. Holmegard, M. B. Kjaergaard, Status and challenges of residential and industrial non-intrusive load monitoring. 2015 IEEE Conference on Technologies for Sustainability, SusTech 2015, [s. l.], p. 181–188, 2015.
- [10]. O. Ayan, B. E. Turkay, Smart Home Energy Management Technologies Based on Demand Side Management and A Review of Smart Plugs with Smart Thermostats. 10th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO), [s. l.], p. 1247–1252, 2017.
- [11]. J. Yang, J. Liu, Z. Fang, W. Liu, Electricity scheduling strategy for home energy management system with renewable energy and battery storage: a case study. IET Renewable Power Generation. 12, 639–648 (2018).
- [12]. ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, Brasília, 2010.
- [13]. L. C. Siebert, a R. Aoki, E. K. Yamakawa, F. O. Toledo, Gerenciamento pelo Lado da Demanda em Redes Inteligentes Utilizando Algoritmos Genéticos. Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, [s. l.], p. 1–6, 2012.
- [14]. ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Resolução Normativa no 733, de 06 de setembro de 2016, Brasília, 2010.