

Controle de cargas residenciais baseado nas preferências e conforto do consumidor

Control of residential loads based on consumer preferences and comfort

DOI:10.34117/bjdv8n6-364

Recebimento dos originais: 21/04/2022

Aceitação para publicação: 31/05/2022

Larissa Souto Del Rio

Tecnóloga em Redes de Computadores pela Universidade Federal de Santa Maria
Instituição: Universidade Federal de Santa Maria
Endereço: Av. Roraima, 1000, Bairro Camobi, Santa Maria – RS, CEP: 97105-900
E-mail: larissa@redes.ufsm.br

Luciane Neves Canha

Doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria
Instituição: Universidade Federal de Santa Maria
Endereço: Av. Roraima, 1000, Bairro Camobi, Santa Maria – RS, CEP: 97105-900
E-mail: lucianecanha@ufsm.br

Tiago Antônio Rizzetti

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria
Instituição: Universidade Federal de Santa Maria
Endereço: Av. Roraima, 1000, Bairro Camobi, Santa Maria - RS - CEP: 97105-900
E-mail: rizzetti@ctism.ufsm.br

RESUMO

Todos os dias, mais consumidores conectam cargas distintas no sistema de energia elétrica, os veículos elétricos são um exemplo disso. A maioria das residências possuem características diferentes, algumas possuem micro ou minigeração distribuída através da instalação de painéis solares, ou seja, são características de consumo e geração muito distintas. Ao oposto disso, encontramos uma infraestrutura das redes elétricas ultrapassada e estagnada no tempo, que afeta diretamente na eficiência e qualidade da energia. Em contrapartida, as concessionárias estão sob crescente pressão para se tornarem mais eficientes em todos os níveis, enquanto ainda oferecem a qualidade de energia exigida. A partir disso, a inserção das *Smart Grids* é algo bastante eminente e inevitável. E a partir desta inserção, o gerenciamento do consumo das cargas residenciais é algo que se torna possível, buscando a redução do consumo em todos os pontos. Este artigo tem como objetivo trazer a modelagem e implementação de dois algoritmos para realizar o controle do consumo de energia elétrica de forma automatizada. Um dos algoritmos aplica-se a consumidores residenciais que fazem parte do programa da Tarifa Branca. Já o outro, é aplicado em cenários onde a residência participa de algum programa de Resposta da Demanda (RD). Ambos os algoritmos levam em consideração o conforto e as preferências do consumidor. Um cenário de testes contendo sete cargas controláveis, mostrou que os algoritmos desenvolvidos cumprem seu papel. É possível observar a redução da curva de carga em momentos que a tarifa é mais elevada e/ou quando alguma requisição de RD é recebida da concessionária de energia.

Palavras-chave: gerenciamento de energia, otimização, algoritmos, controle, resposta da demanda.

ABSTRACT

Every day, more consumers connect different loads to the electric power system, electric vehicles are an example of this. Most homes have different characteristics, some have micro or mini distributed generation through the installation of solar panels, thus, consumption and generation characteristics are very different from each other. On the opposite, we find an outdated and stagnant electricity grid infrastructure over time, which directly affects energy efficiency and quality. In contrast, utilities are under increasing pressure to become more efficient at all levels in terms of reducing operating costs while still delivering the required electricity quality. Thus, the introduction of Smart Grids is something quite imminent and inevitable. And from this introduction, the management of consumption of residential loads is something that becomes possible, seeking to reduce consumption at all levels. This paper aims to bring the modeling and implementation of two algorithms to perform the control of electricity consumption in an automated way. One of the algorithms applies to residential consumers who are part of the Tarifa Branca program. The other one is applied in scenarios where the residence participates in a Demand Response program. Both algorithms consider consumer comfort and preferences. A test scenario containing seven controllable loads showed that the developed algorithms fulfill their role. It is possible to observe the reduction of the load curve at times when the tariff is higher and/or when a demand response request is received from the utility.

Keywords: energy management, optimization, algorithms, control, demand response.

1 INTRODUÇÃO

As usinas de geração de energia elétrica encontram-se, normalmente, a uma grande distância dos centros urbanos. Assim, a energia elétrica percorre grandes distâncias por meio do Sistema de Transmissão de Alta Tensão. Após isso, ao chegarem a uma distância mais próxima ao centro de distribuição, são utilizadas linhas de média e baixa tensão.

Toda essa infraestrutura composta por diversos sistemas necessita de dispositivos para monitoramento e controle da rede como um todo. Entre esses dispositivos pode-se citar as chaves telecomandadas, medidores fasoriais, e demais sensores e atuadores. Esses dispositivos têm a capacidade de enviar informações para a central de controle e serem controlados remotamente. Essa central faz uso de sistemas supervisórios, como o sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), que é capaz de supervisionar, controlar, otimizar e gerenciar os sistemas de geração e transmissão de energia elétrica (SOUZA et al., 2020). Com a utilização do sistema SCADA é possível detectar falhas na rede, além de analisar o consumo, demanda e cargas dos consumidores.

Apesar da existência deste tipo de monitoramento, ele não tem a capacidade de monitorar as variáveis da rede, como tensão e corrente, em tempo real. Além disso, não existem mecanismos capazes de aplicar tarifas dinâmicas que variem conforme a capacidade do sistema elétrico em relação à demanda daquele momento (SOUZA et al., 2020). Para resolver esses aspectos negativos do monitoramento existente, novas tecnologias estão surgindo, como é o caso das Redes Elétricas Inteligentes, do inglês *Smart Grids* (SGs).

As SGs consistem na modernização do sistema elétrico tradicional, através da inserção de elementos de comunicação inteligentes capazes de conectar-se à rede de dados, à Internet. Um dos principais dispositivos utilizados nas *Smart Grids* é o medidor inteligente (*smart meter*), responsável pela maioria das tarefas da rede inteligente uma vez que este participa de várias aplicações, seja atuando como produtor de dados ou como elemento de configuração. Entre suas funções encontram-se o processamento de dados e o envio de determinados comandos para outros dispositivos (EKANAYAKE et al., 2012).

A *Advanced Metering Infrastructure* (AMI), também conhecida como Infraestrutura de Telecomunicações, é um sistema que tem como principal função possibilitar a obtenção remota de alguns dados integrados ao Sistema Elétrico de Potência (SEP). A implantação desse sistema é o que viabiliza um ambiente inteligente em uma rede elétrica. Entre os dados obtidos pela AMI, pode-se citar a obtenção remota de medições de consumo de energia, bem como o uso dessas informações para reconfiguração do sistema elétrico, gerenciamento da demanda de energia e até mesmo tarifação dinâmica (DIAS; RIZZETTI, 2020).

Um dos maiores desafios da implantação desse novo sistema é a coleta, armazenamento e tratamento do grande conjunto de dados gerados a partir do uso de novas tecnologias que serão inseridas. Dentre essas tecnologias destaca-se a resposta da demanda (*Demand Response*). A resposta da demanda é um conjunto de mecanismos utilizados para gerenciar o consumo do usuário em relação à oferta de energia elétrica. De forma geral, a resposta da demanda busca a redução do consumo de energia em momentos críticos (alta demanda) através da entrega de incentivos aos consumidores, como, por exemplo, variações no preço da tarifa de energia elétrica (MME, 2019).

No Brasil, a resposta da demanda baseada em preços consiste em dois modelos: a Estrutura Tarifária Horosazonal e a Tarifa Branca. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a tarifação nestes modelos é caracterizada pela aplicação de

tarifas e de demanda de potência diferenciadas em diferentes horários do dia e períodos do ano (COIMBRA; JÚNIOR; CHANTRE, 2021).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo desenvolver um modelo matemático, através de técnicas computacionais, para realizar o gerenciamento de cargas residenciais garantindo o melhor cenário de utilização das cargas existentes de acordo com o comportamento usual e as preferências do consumidor.

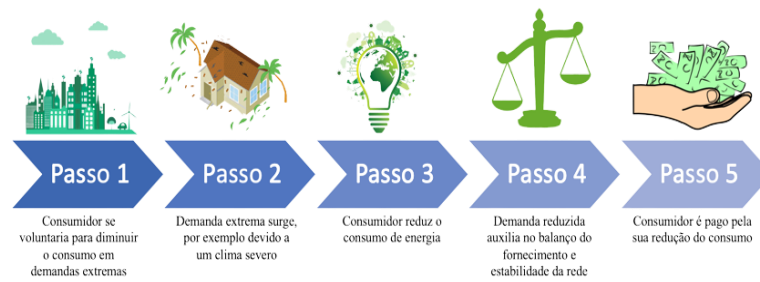
Este artigo está dividido da seguinte forma: a Seção II deste trabalho apresenta de forma mais detalhada o conceito de resposta da demanda. Na III é tratado sobre a tarifação dinâmica. Na Seção IV é apresentada a modelagem matemática do problema. Após, são apresentados os algoritmos desenvolvimentos e seu fluxo de funcionamento. Em consequente, são apresentados os testes e os resultados obtidos. E, por fim, a conclusão do trabalho e as implementações futuras da ferramenta.

2 RESPOSTA DA DEMANDA

A resposta da demanda (RD) é definida como a alteração no perfil de consumo de energia elétrica por parte do usuário, devido a uma recompensa financeira ou a uma alteração nas tarifas por parte da concessionária de energia. Logo, a resposta da demanda é um mecanismo que garante um maior gerenciamento do uso de energia elétrica. E, com esse gerenciamento, os custos são reduzidos e há o aumento da garantia de que a oferta de energia sempre será maior que a demanda (JIANG; WU, 2020).

Há duas categorias de programas de RD: baseados em incentivos e baseados em preços. Nos programas baseados em incentivos, os consumidores participam de forma voluntária onde o operador do sistema pode diretamente desligar algumas cargas durante os picos de demanda. Fica claro, que essa possibilidade de desligar os equipamentos dinamicamente, dá-se através do uso dos medidores inteligentes e toda a integração que as *Smart Grids* proporcionam ao sistema elétrico. Já nos programas baseado em preços há a utilização da tarifação dinâmica, onde a tarifa de energia fica mais cara nos períodos em que a demanda é elevada. Estes programas buscam achatar a curva da demanda com a variação dos preços ao longo do tempo (VÁZQUEZ-CANTELI; NAGY, 2018). Na Fig. 1 é demonstrado um passo-a-passo de como funciona um programa de resposta da demanda.

Fig. 1. Resposta da demanda: Passo-a-passo.



Entre os benefícios proporcionados pela RD, pode-se citar os seguintes:

- Aumento da estabilidade da rede e flexibilização da demanda;
- Mudança do pico da demanda durante os picos de geração de energias renováveis;
- Menores preços de energia elétrica;
- Redução de preços relacionados a geração, transmissão e distribuição de energia;
- Redução da conta de energia elétrica para os consumidores.

A resposta da demanda pode ser realizada de forma automatizada, onde o consumidor não precisa realizar nenhuma ação para controlar o consumo de seus equipamentos. Este controle normalmente é feito através de modelos matemáticos com a implementação de algoritmos. Nestes casos, a resposta da demanda ocorre de forma dinâmica assim como o gerenciamento do consumo de energia (ZHANG; SRIVASTAVA; COOK, 2020).

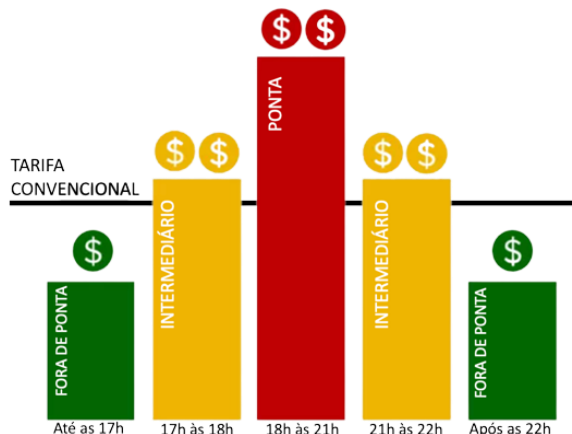
3 TARIFAÇÃO DINÂMICA

A maioria dos consumidores de energia elétrica no Brasil pagam um único valor pela tarifa de energia. A tarifação dinâmica consiste na variação do preço da energia elétrica conforme o período do dia e do ano. Com a tarifação dinâmica, o preço de energia é equivalente à demanda em diferentes períodos. A tarifa dinâmica traz ao consumidor a necessidade de diminuição do consumo quando a tarifa de energia se encontra mais elevada, já que a demanda se encontra em um período crítico (MULLER, 2016).

A tarifa branca é um exemplo de modalidade tarifária onde é aplicada a tarifação dinâmica. Esta tarifa pode ser aderida por consumidores do grupo B (ANEEL, 2022) que é composto pelos consumidores de baixa tensão entre eles os consumidores residenciais.

Na tarifa branca o dia é dividido em três períodos: ponta, intermediário e fora de ponta conforme por ser observado na Fig. 2.

Fig. 2. Tarifa branca.



Dessa forma, com a tarifa branca o consumidor irá pagar mais caro nos momentos em que o sistema está sobrecarregado e mais barato nos momentos de baixa demanda. Os horários especificados na Fig. 2 são os mais usuais, mas cabe a cada concessionária de energia definir os períodos e os respectivos valores das tarifas.

4 MODELAGEM DO MÉTODO

O método para resposta da demanda dinâmica proposto neste trabalho, busca atender a redução do consumo das cargas levando em consideração as preferências e o conforto do consumidor. A partir disto, a função objetivo do modelo matemático é garantir o menor consumo de energia elétrica das cargas, tendo como restrições as prioridades definidas pelo consumidor conforme seu perfil.

Para isto, dois perfis diferentes de consumidores serão utilizados: consumidor que utiliza a modalidade da tarifa branca e o consumidor que participa de programas de resposta da demanda que tem como objetivo diminuir a carga em momentos críticos para o sistema elétrico.

4.1 CENÁRIO 1 – PARITICIPANTE DE PROGRAMAS DE RD

Neste cenário, cada consumidor possui sua curva de carga fornecida pela concessionária de energia. Então $C_n(t)$ representa a curva de carga do consumidor n no tempo t . Logo, a carga total P_n^{tot} pode ser escrita como (1):

$$P_n^{tot} = \sum_{t=1}^T C_n(t) \quad (1)$$

A requisição enviada pelo programa de Resposta da Demanda $R_p(t)$ consiste na carga total, em W (Watts), que deve ser respeitada durante o evento. O objetivo deste modelo é minimizar o consumo de energia durante o evento de RD, respeitando a requisição de carga máxima recebida e, também, as prioridades e preferências definidas previamente. Desta forma, a função objetivo deste cenário é descrita em (2).

$$\text{Minimizar } P_n^{tot} = \sum_{t=1}^T C_n(t) \quad (2)$$

Sujeito às seguintes restrições:

$$R1 \ P_n^{tot} \geq 0;$$

$$R2 \ P_n^{tot} \leq R_p(t);$$

R3 Prioridades e preferências do consumidor devem ser levadas em consideração.

4.2 CENÁRIO 2 – PARTICIPANTE DA MODALIDADE TARIFA BRANCA

Na tarifa branca existem horários durante o dia, onde a tarifa de energia elétrica torna-se mais cara. Desta forma, o objetivo do método neste cenário é diminuir o consumo de energia elétrica nos períodos em que o preço é mais elevado, mantendo as prioridades das cargas e preferências do consumidor.

A curva de carga do consumidor n no tempo t , $C_n(t)$, também é recebida como parâmetro. Logo, a carga total continua sendo o representado em (1). E_n é a energia consumida pelo usuário n no tempo n . Então, o total de energia consumida no dia $C_T(n)$ é definido em (3):

$$C_T(n) = \sum_{t=1}^T E_n(t) \quad (3)$$

A função objetivo (4) consiste na minimização do consumo de energia nos períodos em que o preço da tarifa de energia é mais elevado.

$$\text{Minimizar } C_T(n) = \sum_{t=1}^T E_n(t) \quad (4)$$

Sujeito às seguintes restrições:

$$\text{R1 } C_T(n) \leq P_n^{tot};$$

$$\text{R2 } P_n^{tot} \geq 0;$$

$$\text{R3 } E_n(t_{crítico}) < E_n(t_{acrítico});$$

R4 Prioridades e preferências do consumidor devem ser levadas em consideração.

A resolução dos problemas descritos nos dois cenários é feita através da aplicação de algoritmos de otimização, que serão apresentados na próxima seção deste artigo.

5 ALGORITMOS DE OTIMIZAÇÃO

Para chegar ao cenário ideal do consumo de energia elétrica, tanto para o caso da tarifa branca quanto para participantes de programas de RD, foram desenvolvidos dois algoritmos distintos, um para cada caso. Os algoritmos foram implementados utilizando a linguagem de programação Python.

O primeiro algoritmo tem o objetivo de auxiliar o consumidor no gerenciamento de suas cargas de acordo com os horários da tarifa branca definidos pela concessionária de energia. Onde, as cargas mais prioritárias de acordo com as preferências do usuário, podem estar em funcionamento em qualquer período do dia, não importando o valor da tarifa de energia. Já as cargas menos prioritárias, têm seus horários de funcionamento alterados para os horários em que a tarifa de energia se torna mais barata. A Fig. 3 traz o fluxo de funcionamento do algoritmo aplicado ao cenário de utilização da tarifa branca.

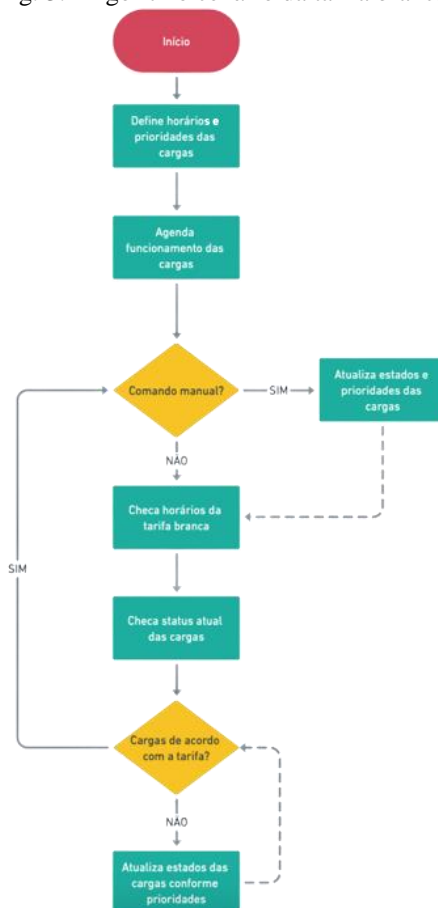
Na primeira parte da execução do algoritmo, são definidos os horários de funcionamento das cargas, bem como as respectivas prioridades. Estes dados são determinados de acordo com as preferências do usuário.

A prioridade das cargas é definida num intervalo de 0 a 2, onde 0 são as cargas mais prioritárias e devem ter seu horário de funcionamento respeitado, independente do valor da tarifa. Já as cargas de prioridade 1 podem ser desligadas somente durante o horário de ponta, e as cargas de prioridade 2, podem ser desligadas tanto no horário de ponta quanto no horário intermediário da tarifa branca.

Após a definição destas variáveis é feita a chamada da função *scheduler*, responsável por agendar o horário de funcionamento e desligamento das cargas conforme

definição do consumidor. O algoritmo está sempre monitorando caso o consumidor ligue alguma carga fora do horário planejado. Caso isso aconteça, a prioridade daquela carga recém é acionada é alterada para 0, considerada de altíssima prioridade para o consumidor já que recém foi acionada.

Fig. 3. Algoritmo cenário da tarifa branca.

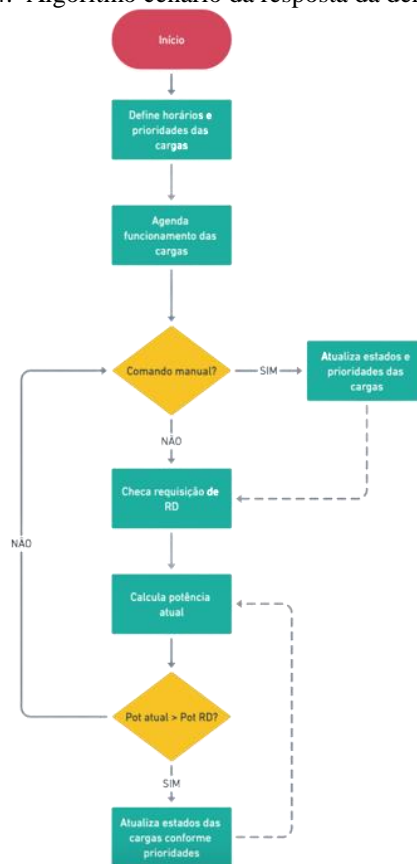


É feita a checagem dos períodos da tarifa branca (ponta, intermediário e fora de ponta), conforme definição realizada no início do algoritmo seguindo o padrão utilizado pela concessionária de energia que fornece o serviço ao consumidor. Caso alguma carga esteja em funcionamento fora do horário permitido para sua prioridade, a mesma é desligada.

É possível observar que o algoritmo roda em um *loop*, onde a checagem do recebimento de algum comando manual e dos períodos da tarifa branca. Caso algo esteja fora do objetivo final de minimização do custo com o consumo de energia, o algoritmo toma as ações necessárias de forma automática.

O algoritmo aplicado ao cenário do consumidor participante de programa de resposta da demanda, é bastante similar ao anterior. Ambos consideram as prioridades e os horários de funcionamento das cargas definidos pelo consumidor. A Fig. 4 traz o fluxo de funcionamento do algoritmo aplicado ao cenário de RD. A principal diferença entre o algoritmo de RD e do cenário de tarifa branca é a verificação do recebimento de alguma requisição de RD enviada pela concessionária de energia, e não é realizada a verificação dos horários relativos às definições de períodos da tarifa branca.

Fig. 4. Algoritmo cenário da resposta da demanda.



Quando é recebida alguma requisição de RD contendo a potência máxima a ser consumida no período, o algoritmo automaticamente calcula a potência atual total das cargas que estão em funcionamento. Se a potência atual é maior que a requisição recebida, as cargas de menor prioridade começam a ser desligadas até que a potência seja menor ou igual à requisição. Na possibilidade de ser necessário desligar alguma carga de prioridade 0 para atender a requisição da concessionária, uma resposta de atendimento parcial da solicitação é enviada, já que as cargas de prioridade 0 nunca são desligadas automaticamente.

A seguir serão apresentados os testes realizados com os algoritmos desenvolvidos, bem como os resultados obtidos após as simulações.

6 TESTES E RESULTADOS

Para a validação dos algoritmos desenvolvidos foi utilizado um cenário de testes contendo 7 cargas controláveis. Estas cargas podem ter seus horários de funcionamento alterados, diferentemente de um refrigerador, por exemplo, que tem funcionamento obrigatório durante as 24 horas do dia (carga não-controlável).

Na Tabela Tab. I são descritas as cargas controláveis utilizadas no cenário de testes com as informações do horário de funcionamento, prioridade e potência média por equipamento.

Tabela 1
CENÁRIO DE TESTES

Aparelho Elétrico	Potência média	Utilização	Prioridade
Ar-condicionado	2640W	23h às 7h	1
Computador	300W	8h às 17h	0
Chuveiro	5500W	19h às 19h30	2
Televisão	120W	18h às 23h	1
Lavadora de roupas	1000W	7h30 às 20h30	2
Forno micro-ondas	450W	12h às 12h30	1
Forno elétrico	3500W	11h às 12h	1

Os testes foram feitos seguindo o fluxo padrão, sem a inserção de comandos manuais pelo usuário. Abaixo serão descritos os testes e apresentados os resultados dos dois cenários, participante do programa da tarifa branca e participante de programas de RD.

6.1 CENÁRIO 1 – TARIFA BRANCA

Para o cenário da tarifa branca foram considerados os períodos padrões utilizados pela concessionária RGE Sul (RGE, 2022), onde:

- Horário Fora de Ponta: 22h00 às 15h59;
- Horário de Ponta: 18h00 às 20h59;
- Horário Intermediário: 16h00 às 17h59 e 21h00 às 21h59.

Para a simulação foram utilizadas as cargas apresentadas na Tab. I, seguindo os horários e as prioridades pré-definidas pelo consumidor. No gráfico da Fig. 5 é apresentado o comportamento padrão da curva de carga do consumidor, sem a utilização de nenhum algoritmo de controle.

Fig. 5. Curva de carga padrão.

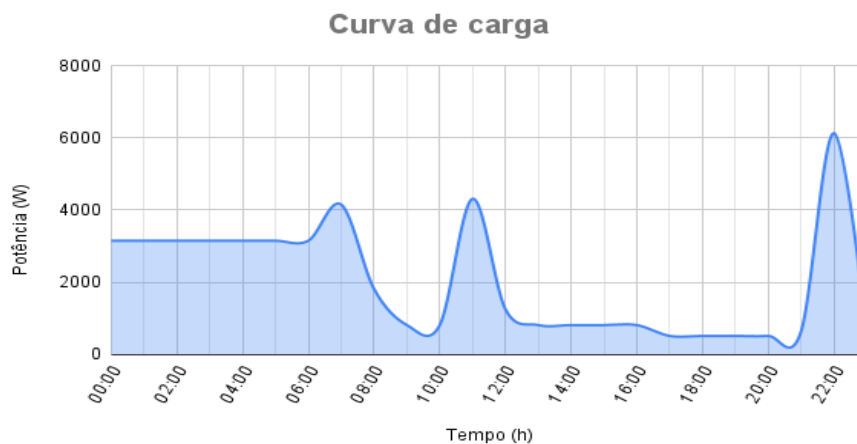


Sem nenhum controle aplicado, seguindo o comportamento de consumo padrão do usuário, é possível observar que o pico de consumo ocorre entre às 18h e 20h. Seguindo as definições da tarifa branca da RGE Sul, esse período está exatamente dentro do Horário de Ponta, onde o custo de energia é o mais caro durante o dia.

No caso descrito, evidencia-se a necessidade da utilização de um controle para que as cargas menos prioritárias sejam migradas para períodos em que a tarifa de energia é mais barata. Na Fig. 6 é apresentada a curva de carga com a utilização do algoritmo de controle aplicado exclusivamente ao cenário da tarifa branca.

É possível observar que com a utilização do controle, o pico de consumo tem seu período alterado e fica entre às 21h e 23h, fora do horário de ponta. Logo, a minimização do custo com energia elétrica é alcançada seguindo as preferências do consumidor através da definição das prioridades das cargas.

Fig. 6. Curva de carga – controle tarifa branca.



6.2 CENÁRIO 2 – PROGRAMAS DE RESPOSTA DA DEMANDA

Neste cenário, o horário de funcionamento das cargas não se torna tão relevante, já que o objetivo é atender as requisições de RD da concessionária de energia. No cenário de testes, estas requisições possuem duas informações principais: a potência máxima a ser consumida e o período em que esta deve ser mantida. As cargas utilizadas na simulação são as mesmas apresentadas na Tab. I e a curva padrão do gráfico da Fig. 5. Para fins de avaliação do algoritmo, foi utilizada a seguinte requisição de RD:

```

{"request":
  {
    "power": "3500",
    "interval": "19h - 20h"
  }
}

```

O resultado da utilização do algoritmo para atender a requisição apresentada acima, pode ser observado na curva de carga apresentada na Fig. 7.

Fig. 7. Curva de carga – controle RD.



Observa-se que no período recebido na requisição, das 19h às 20h, a potência total das cargas ficou abaixo do solicitado (3500W). E, logo após o período, as cargas voltam a seu funcionamento respeitando as prioridades definidas pelo consumidor.

Nota-se que ambos os algoritmos desenvolvidos alcançaram seus objetivos. A minimização do consumo nos períodos necessários foi alcançada respeitando todas as restrições da modelagem da otimização. Na próxima seção é apresentada a conclusão do trabalho e, também, as implementações futuras.

7 CONCLUSÃO

O gerenciamento do consumo de energia é uma tarefa bastante complexa. Garantir que a otimização do funcionamento das cargas para que os custos sejam os mínimos possíveis, torna o processo bastante particularizado, ainda mais em casos em que as preferências e conforto do usuário são levadas em consideração.

Com o surgimento das *Smart Grids*, a aplicação de algoritmos tornou o processo de gerenciamento totalmente automatizado, onde o consumidor necessita somente definir suas preferências e deixar que o modelo controle todas as cargas sem a necessidade de qualquer interferência. Desta forma, os problemas de otimização têm papel fundamental na criação de um algoritmo de controle para gerenciamento de cargas.

Os algoritmos desenvolvidos e apresentados neste trabalho tratam de cenários distintos, possibilitando uma maior flexibilidade ao consumidor. Vale ressaltar que os algoritmos são somente uma das partes necessárias para implementação do controle das cargas. É imprescindível ter em mente, que há a necessidade de uma infraestrutura bastante complexa para a aplicação destes controles em uma residência. Uma rede de comunicação é fundamental para que seja possível receber as requisições da concessionária de energia, logo a segurança dos dados trafegados também é dos pontos críticos a serem considerados.

A partir disto, futuramente, pretende-se desenvolver a infraestrutura completa para a aplicação destes controles. Através da utilização da AMI para possibilitar a comunicação entre as partes envolvidas em todo processo. Para tratar das requisições de RD pretende-se utilizar o protocolo OpenADR, desenvolvido exclusivamente para Resposta da Demanda. Além disso, a segurança das informações trafegadas será tratada através da utilização de autenticação das partes e encriptação dos dados com o uso de certificados digitais em ambos os lados. Outro ponto a ser implementado é uma interface, onde o consumidor possa inserir os parâmetros desejados, como horário de funcionamento das cargas, prioridades e, também poder monitorar o consumo em tempo real, bem como ter uma estimativa dos custos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES/PROEX) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Tarifa branca**. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/tarifa-branca/introducao>. Acesso em: 01 maio 2022.

COIMBRA, Monique; WALAS JÚNIOR,; CHANTRE, Caroline. O Estado da Arte da Resposta da Demanda no Brasil. **Gesel: Grupo de Estudos do Setor Elétrico**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 1-12, mar. 2021.

DIAS, Lucas; RIZZETTI, Tiago Antônio. A Review of Privacy Preserving Aggregation Schemes for Smart Grid. **IEEE Latin America Transactions**, New York, NY, v. 7, n. 19, p. 1109-1120, out. 2020.

EKANAYAKE, Janaka et al. **Smart Grid: technology and applications**. New Delhi, India: Wiley, 2012.

JIANG, Xunyan; WU, Lei. A Residential Load Scheduling Based on Cost Efficiency and Consumer's Preference for Demand Response in Smart Grid. **Electric Power Systems Research**, USA, v. 186, n. 106410, p. 1-10, maio 2020.

MME (Ministério de Minas e Energia). **Resposta da Demanda: conceitos, aspectos regulatórios e planejamento energético coordenação**. Rio de Janeiro: EPE, 2019.

MULLER, Glaysson de Mello. **Impacto de Novas Tecnologias e Smart Grids na Demanda de Longo Prazo do Sistema Elétrico Brasileiro**. 2016. 222 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

RGE (Rio Grande Energia). **Tarifa branca**. Disponível em: <https://servicosonline.cpfl.com.br/agencia-webapp/#/migracao-tarifaria-informativo>. Acesso em: 01 maio 2022.

VÁZQUEZ-CANTELI, José R.; NAGY, Zoltán. Reinforcement learning for demand response: A review of algorithms and modeling techniques. **Applied Energy**, USA, v. 235, n. 1, p. 1072-1089, nov. 2018.

SOUZA, W. et al. Automatic Consumption Management for Prepaid Electricity Meter with NILM. **IEEE Latin America Transactions**, New York, v. 18, n. 6, p. 1102-1110, jun. 2020.

ZHANG, Yue; SRIVASTAVA, Anurag. K.; COOK, Diane. Machine learning algorithm for activity-aware demand response considering energy savings. **IET Smart Grid**, Cambridge, v. 3, n. 5, p. 730-737, out. 2020.