

MODELAGEM MATEMÁTICA DO FATURAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA EMPRESA DE AVICULTURA DE POSTURA NA TARIFA VERDE DE ACORDO COM INDICADORES DE CONSUMO

MONCLAR NOGUEIRA CHRISTOVÃO ¹, CAMILA PIRES CREMASCO ², LUÍS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO ³

¹ Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento, UNESP-FCE/Tupã-SP

² Graduada Mestre e Livre-docente em Matemática, Doutora em Agronomia, Professora adjunto, UNESP FCE, Tupã-SP.

³ Graduado Mestre e Livre-docente em Matemática, Doutor em Agronomia, Professor adjunto, UNESP FCE, Tupã-SP.

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: O aumento do consumo de eletricidade, os altos custos e as restrições ambientais fizeram com que fosse fundamental o uso eficiente dessa energia, além de ações e programas para promover a conservação de energia. Várias empresas agroindustriais no Brasil produzem seus próprios alimentos para animais, triturando cereais e grãos com o uso de máquinas de motores elétricos, que muitas vezes são superdimensionadas e operam com tarifas caras (horário de pico). Essa atividade é responsável por grande parte do consumo de eletricidade e afeta diretamente os custos de produção. Este estudo desenvolveu um modelo matemático de cobrança de energia elétrica para uma exploração avícola que optou pela modalidade de green fee. Este modelo utiliza equações matemáticas contendo as variáveis elétricas necessárias para o cálculo da conta de luz. Os principais parâmetros elétricos são: a potência e os fatores de carga, a demanda de energia e o consumo ativo. Atualmente, no Brasil, existem duas modalidades de tarifas para os consumidores do Grupo A: as tarifas horárias verde e azul. O modelo matemático proposto pode ser usado para ambas as modalidades, e existem equações específicas para cada uma delas, que devem ser inseridas no software Mathematica desenvolvido pela Wolfram Research. O gerente da avicultura forneceu 12 contas de energia elétrica e seus dados foram inseridos no software que criou gráficos tridimensionais de superfície e mapas de contorno. Esses gráficos mostraram a relação inversamente proporcional dos valores da fatura com os indicadores de potência e fator de carga. O estudo proposto é uma ferramenta que as empresas do agronegócio podem usar ao escolher a modalidade de tarifa e a demanda contratada, permitindo aos gestores avaliar a operação da empresa, buscar alternativas e evitar possíveis multas, com o objetivo de otimizar o consumo de energia da empresa.

PALAVRAS-CHAVE: Energia primária, teoria dos grafos, software Ucinet.

PROSPECTING AND MODELING OF PRIMARY ENERGY PRODUCTION INDICATORS IN BRAZIL SUPPORTED BY GRAPH THEORY

ABSTRACT: The increasing consumption of electricity, the high costs and the environmental restrictions made it paramount the efficient use of such energy, as well as actions and programs to promote energy conservation. Several agro-industrial companies in Brazil produce their own animal feed by mashing cereals and grains with the use of electric-

motor machines, which are many times oversized and operate at expensive fee times (peak time). This activity is responsible for great part of the electricity consumption and directly impacts the production costs. This study developed a mathematical model of electricity billing for a laying poultry farm that opted for the green fee modality. This model uses mathematical equations containing the electric variables required for the calculation of the electric bill. The main electrical parameters are: the power and the load factors, the power demand, and the active consumption. Currently in Brazil, there are two fee modalities for Group A consumers: the green and the blue hourly fees. The proposed mathematical model can be used for both modalities, and there are specific equations for each of them, which should be entered into the software Mathematica developed by Wolfram Research. The manager of the poultry farm provided 12 electric bills, and their data was entered into the software that created three-dimensional surface graphs and contour maps. Such graphs showed the inversely proportional relation of the bill amounts with the power and load factor indicators. The proposed study is a tool agribusiness companies may use when choosing the fee modality and the contracted demand, enabling managers to assess the company's operation, seek alternatives and avoid potential fines, with the purpose of optimizing the company's energy consumption.

KEYWORDS: Electric bill. Power factor. Electric bill simulation software.

INTRODUÇÃO: Para determinar a cobrança da demanda medida em Quilowatt (KW), considera-se o maior valor médio no período de faturamento. A energia consumida em Quilowatt-hora (KWh) é a soma das potências elétricas ativas consumidas [7]. A demanda contratada é a potência ativa, ou seja, é o valor da energia elétrica requerida por unidade de tempo, cuja unidade de medida é o KW, que deverá ser fornecida ininterruptamente pela distribuidora no ponto de entrega do consumidor, com valor e período de validade descritos em contrato. Quer o cliente tenha utilizado essa potência em sua totalidade ou não no intervalo de tempo da fatura, a mesma deverá ser quitada integralmente [1]. A demanda elétrica requerida pelo consumidor varia de uma estação para outra no transcorrer do ano, e de uma hora para outra durante o dia. Normalmente, o pico da demanda por energia ocorre entre o final da tarde e o início da noite, e é nesse período que os preços das tarifas de energia são extremamente altos [11]. Além da diminuição dos gastos com capacidade energética extra, a redução do pico de carga colabora com os custos operacionais das geradoras, bem como com a redução dos preços da eletricidade no atacado [6]. Para suprir a demanda de energia no horário de ponta, além das usinas da base energética, linhas de transmissão e subestações, as denominadas despesas de capital, é necessário o reforço das usinas geradoras de eletricidade que consomem combustíveis poluidores e onerosos para seu funcionamento, as chamadas despesas operacionais [4]. O objetivo deste trabalho foi desenvolver modelo matemático do faturamento de energia elétrica para uma granja de postura optante pela modalidade tarifária horária verde, em função dos índices Fator de Carga Fator de Carga e Fator de Potência, gerando gráficos de superfícies tridimensionais e mapas de contorno, em função dos fatores de carga e de potência.

MATERIAL E MÉTODOS: A pesquisa analisou a eficiência do consumo de eletricidade de um setor de uma agroindústria de criação de aves de postura com sede na cidade de Bastos, interior de São Paulo. A direção da granja cedeu 12 contas de energia elétrica, do período de agosto de 2018 a julho de 2019, de um setor chamado por eles de Indústria de Bandejas de Ovos. A empresa dispõe de barracões que abrigam as aves em todas as etapas de crescimento, de pintinhos a galinhas de postura, que a depender de sua raça, botam ovos de casca branca ou marrom. Nesses barracões, há maquinários responsáveis pela alimentação das aves; no entanto, as máquinas de maior potência estão no alojamento da limpeza, triagem,

encaixotamento e armazenamento dos ovos. A empresa possui máquinas automatizadas para a coleta, limpeza e classificação dos ovos por massa, bem como para acondicioná-los nas mais variadas embalagens. O alimento das aves é processado na granja, sendo sua formulação praticamente constante, com pequenas variações dos componentes de acordo com a idade das mesmas. O milho e a soja são os componentes básicos da ração. Na construção da conta de eletricidade de uma Unidade Consumidora (UC), as equações são utilizadas a cada intervalo de 15 minutos, onde a cobrança da demanda e da energia consumida são integralizadas no ciclo de faturamento, que é de aproximadamente 30 dias. Considera-se o maior valor entre a demanda contratada e a medida (KW), enquanto que a energia consumida (KWh) é a soma das potências elétricas ativas no período. A fatura mensal é determinada por meio da adição de cada item obtido nos cálculos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A seguir, estão descritas as principais características das 12 contas de energia da granja:

Inserida na classe Rural e na subclasse Rural – Agropecuária Rural;

Ligação: trifásico;

Alimentada em 11400 Volts;

Isenta do ICMS, conforme Decreto Nº 45.490/00 [9];

Pertencente ao subgrupo A4;

Demanda contratada igual a 360KW; e

Optante pela modalidade tarifária horária verde.

Foram empregadas as seguintes considerações: $a_1 = TCp$, $a_2 = TCfdp$, $b = TD$, $c_1 = Cp$ e $c_2 = Cfdp$, nas equações da modalidade tarifária contratada pela empresa, obtendo-se a equação do faturamento abaixo, a depender do FP mensal da empresa [2].

$$g(x,y)=\{([0,92/x.(a_1+ b/(730.y)).c_1+0,92/x.(a_2+ b/(730.y)).c_2],se\ 0<x<0,92@ [(a_1+ b/(730.y)).c_1+(a_2+ b/(730.y)).c_2],\ se\ 0,92\leq x\leq 1)\quad (5)$$

Desse modo, constata-se que o montante da fatura de energia é inversamente proporcional aos índices dos fatores de potência e carga.

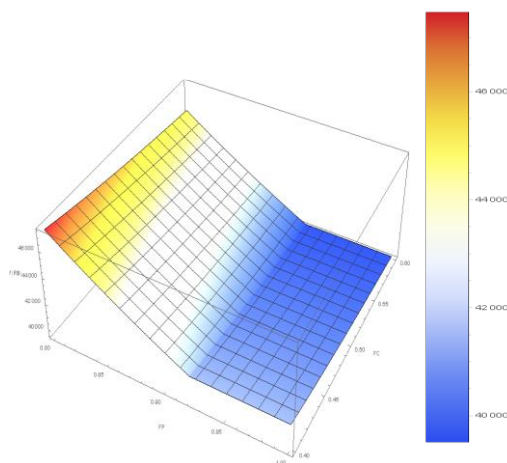


FIGURA 1. Superfície gráfica do hiperboloide contendo o índice de faturamento

A modelagem matemática proposta para análise das contas de energia elétrica das empresas do agronegócio, por meio de indicadores de consumo e de simulações das mesmas, auxiliará técnicos e gestores dessas empresas a reduzir suas faturas.

CONCLUSÃO: Constatou-se nitidamente nesse modelo que ações de correção no consumo excessivo de energia reativa, separadamente ou concomitante com o funcionamento racional de máquinas e motores elétricos reduzem o custo com a energia elétrica, mantendo inalterado o consumo de energia, e consequentemente a produção da empresa.

Pelo exposto, a modelagem matemática sugerida possibilitará aos administradores da empresa a conferência e a validação de sua conta de energia elétrica, além de evitar a cobrança de multas e penalidades.

AGRADECIMENTOS: Este trabalho teve o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) na forma de bolsa de produtividade em pesquisa (Processo nº 313570 / 2017-5).

REFERÊNCIAS

[1] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa (REN) nº 414, de 9 de setembro de 2010.** Brasil, n. 414, p. 1-157, set. 2010. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414comp.pdf>>. Acesso em 21 set. 2018.

[4] MISHRA, A.; IRWIN, D.; SHENOY, P.; KUROSE, J.; ZHU, T. GreenCharge: Managing renewable energy in smart buildings. **IEEE Journal on Selected Areas in Communications.** Estados Unidos, v. 31, n. 6547836, p. 1281-1293, jul. 2013. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85046396293&doi=10.1109%2fACCESS.2018.2833143&partnerID=40&md5=9cb6d991f871ef3eb0d254742c366089>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

[6] NEZAMODDINI, N.; WANG, Y. Real-time electricity pricing for industrial customers: Survey and case studies in the United States. **Applied Energy.** Estados Unidos, v. 195, p. 1023-1037, jun. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.03.102>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

[11] WANG, Y.; LI, L. Critical peak electricity pricing for sustainable manufacturing: Modeling and case studies. **Applied Energy.** Estados Unidos, v. 175, p. 40-53, ago. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.04.100>>. Acesso em: 29 ago. 2018.