

DANIELE SCALET ROSSINI

Análise energética em uma indústria de recapagem de pneus

Daniele Scalet Rossini

Análise energética em uma indústria de recapagem de pneus

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador: Agnelo Marotta Cassula

Guaratinguetá
2016

R835a	Rossini, Daniele Scalet Análise energética em uma empresa de recapagem de pneus / Daniele Scalet Rossini – Guaratinguetá, 2016. 65 f : il. Bibliografia: f. 65-66 Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016. Orientador: Prof. Dr. Agnelo Marotta Cassula 1. Energia elétrica. 2. Energia elétrica - consumo I. Título CDU 621.311
-------	--

ANÁLISE ENERGÉTICA EM UMA INDÚSTRIA DE RECAPAGEM DE PNEUS

DANIELE SCALET ROSSINI

**ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO
DIPLOMA DE GRADUADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

Prof. Dr. Leonardo Mesquita
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. AGNELO MAROTTA CASSULA
Orientador / UNESP-FEG


Prof. Dr. DURVAL LUIZ SILVA RICCIULLI
UNESP-FEG


Prof. Dr. DANIEL JULIEN BARRÓS DA SILVA SAMPAIO
UNESP-FEG

MARÇO de 2016

de modo especial, aos meus pais, que me apoiaram ao longo
dessa jornada, incentivando sempre a busca pelos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por me fortalecer nos momentos de dificuldade e me fazer chegar até aqui.

aos meus pais João e Rosana, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre me incentivaram a continuar a busca pelos meus sonhos e objetivos de vida. Sem vocês eu não seria metade da pessoa que me tornei hoje. Vocês me passaram seus valores e sempre buscaram me mostrar que com dedicação e amor, tudo se torna possível. Não existem palavras para agradecer o esforço que vocês fizeram e todo apoio que me deram ao longo desses anos

ao meu irmão Luis Felipe, por sempre servir como exemplo de engenheiro e por sempre me apoiar nos momentos mais difíceis da graduação.

um agradecimento especial aos meus avós, Fádua e Fernando, e a minha tia Eliane por todas as orações e palavras de incentivo.

aos meus amigos de curso, que me aturaram nos momentos de desespero e não me deixaram desistir nas dificuldades do curso. Além disso, agradeço à todas as amizades feitas além da sala de aula.

ao meu orientador, Professor Agnelo Marotta Cassula, pela paciência e apoio ao longo do desenvolvimento desse trabalho.

à todos os docentes e funcionários, deixo aqui o meu agradecimento.

“Reconheça-se como uma pessoa que às vezes acerta; outras erra.
Que às vezes ganha;
Outras, perde...
Acertar e errar, ganhar e perder são apenas circunstâncias.
Você é sempre maior que as circunstâncias.
Procure aprender com todas as experiências.”

Carlos Hilsdorf

ROSSINI, D. S. **Análise energética em uma empresa de recapagem de pneu.** Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

RESUMO

Neste trabalho abordam-se os principais conceitos relacionados ao faturamento de energia elétrica, visando o uso eficiente da energia no atual cenário hidrológico do nosso país. Com base na crise em que o setor energético se encontra, na nova legislação e na implantação das bandeiras tarifárias, busca-se com essa análise alternativas para que se reduza os gastos com energia elétrica em uma empresa de recapagem de pneus, e ainda assim garantir a qualidade final do produto. Dessa maneira, primeiramente deve-se entender o funcionamento da linha de produção da empresa, levando em consideração que sua grande vantagem em cima da concorrência é que o prazo de entrega do pneu já recapado é de 24 horas, levando a empresa a ter seu maior turno de trabalho no horário noturno, incluindo uma parte do horário de ponta. Com isso, são apresentadas possíveis soluções para que possa diminuir o custo final da conta de energia, como a otimização da demanda e o deslocamento da produção para o horário fora de ponta, onde a tarifa é menor, obtendo resultados satisfatórios. Realizando esse estudo foi possível definir em qual modalidade tarifária horo-sazonal, verde ou azul, a empresa se enquadra, ou seja, em qual das modalidades o gasto com energia elétrica é menor.

PALAVRAS-CHAVE: Energia elétrica. Uso eficiente da energia. Bandeiras tarifárias. Otimização da demanda.

ROSSINI, D. S. **Energy analysis in a tire retreading company.** Graduate Work (Graduate in Electrical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

ABSTRACT

In this paper addresses is the main concepts related to electricity sales, aiming at the efficient use of energy in the current hydrological scenario of our country. Based on the crisis in the energy sector is in the new legislation and the implementation of tariff flags, is sought with this alternative analysis so as to reduce the costs of electricity in a tire retreading company, and yet ensure the final product quality. Thus, first must understand the operation of the company's production line, taking into account that it's great advantage over the competition is that the delivery of the tire already ready is 24 hours, leading the company to have its greatest shift in the evening hours, including a portion of the peak hours. Thus, they present possible solutions so you can reduce the final cost of the energy bill, such as the optimization of demand and the shift of production to off-peak, where the rate is lower, obtaining satisfactory results. Realizing this study it was possible to define in which tariff mode, green or blue, the company fits, or in which the modality spending on electricity is lower.

KEYWORDS: Electricity. Efficient use of energy. Tariff flags. Demand optimization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema Elétrico Brasileiro.....	15
Figura 2 – Matriz de capacidade instalada de geração de energia Jan-2015.....	17
Figura 3 – Triângulo de Potências.....	21
Figura 4 – Estrutura Tarifária Horo-Sazonal Verde	29
Figura 5 – Estrutura Tarifária Horo-Sazonal Azul	30
Figura 6 – Etapas da linha de produção da empresa.....	33
Figura 7 – Cadastro das faturas de energia elétrica	37
Figura 8 – Valores da conta de energia para a situação atual da empresa.....	39
Figura 9 – Resultados da demanda ótima e valor esperado da conta de energia	40
Figura 10 – Comportamento do compressor ao longo de um dia	42
Figura 11 – Dados de energia 03/11/2015	44
Figura 12 – Dados de energia 04/11/2015	45
Figura 13 – Dados de energia 05/11/2015.....	45
Figura 14 – Dados de energia 06/11/2015.....	46
Figura 15 – Dados de energia: (a) 27/11/2015; (b) 28/11/2015	47
Figura 16 – Dados de faturamento da energia elétrica da empresa de novembro/2015.....	49
Figura 17 – Dados de leitura de energia elétrica da empresa de novembro/2015	49
Figura 18 – Detalhes de faturamento da empresa de dezembro/2015.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Subgrupos do Grupo A em relação a tensão de fornecimento.....	26
Tabela 2 – Subgrupos do Grupo B em relação a atividade do consumidor	27
Tabela 3 – Potência das cargas mais utilizadas no horário de ponta	34
Tabela 4 – Demanda máxima dentro do horário de ponta	35
Tabela 5 – Quantidade e Potência das lâmpadas presentes na empresa.....	35
Tabela 6 – Valores de tarifas para as modalidades Azul e Verde	38
Tabela 7 – Características dos compressores	41
Tabela 8 – Lâmpadas fachada e iluminação externa	43
Tabela 9 – Aparelhos de Ar Condicionado	43
Tabela 10 – Valores TUSD e TE para modalidade horo-sazonal verde.....	50
Tabela 11 – Dados de consumo em kWh da empresa de recapagem de pneus.....	52
Tabela 12 – Detalhes de faturamento modalidade verde com os valores medidos	54
Tabela 13 – Tributos para valores medidos na modalidade tarifária verde.....	55
Tabela 14 – Detalhes de faturamento modalidade verde com os valores recalculados.....	56
Tabela 15 – Tributos para valores recalculados na modalidade tarifária verde	57
Tabela 16 – Detalhes de faturamento modalidade azul com os valores medidos	58
Tabela 17 – Tributos para valores medidos na modalidade tarifária azul	58
Tabela 18 – Detalhes de faturamento modalidade azul com os valores recalculados.....	59
Tabela 19 – Tributos para valores recalculados na modalidade tarifária azul.....	59
Tabela 20 – Comparação entre as modalidades tarifárias verde e azul	60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	17
2 CONCEITOS IMPORTANTES	18
2.1 O SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO	18
2.1.1 Geração	19
2.1.2 Transmissão.....	20
2.1.3 Distribuição	20
2.2 ESTRUTURAS E BANDEIRAS TARIFÁRIAS	22
2.2.1 Conceitos importantes.....	22
2.2.2 Tensões de fornecimento	22
2.2.3 Consumo	23
2.2.4 Demanda.....	23
2.2.5 Energia reativa e fator de potência	24
2.2.6 Tarifas de energia	25
2.2.7 Tributos	25
2.2.8 Perdas de energia.....	26
2.3 ESTRUTURAS TARIFÁRIA	27
2.3.1 Tarifas Horo-Sazonal	29
2.3.2 Modalidade convencional	30
2.3.3 Modalidade horo-sazonal.....	30
2.4 BANDEIRAS TARIFÁRIAS.....	32
2.4.1 Bandeira verde.....	33
2.4.2 Bandeira amarela	33
2.4.3 Bandeira vermelha	33
3 ESTUDO DE CASO	34
3.1. DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA UTILIZADA NO HORÁRIO DE PONTA	36
3.2 OTIMIZAÇÃO DA DEMANDA.....	38
3.3 LEVANTAMENTO DE CARGA.....	43
3.4 MEDIÇÃO DE ENERGIA.....	46
3.5 ANÁLISE DAS FATURAS DE ENERGIA	50

3.5.1 Fatura de energia elétrica.....	50
4. CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

Hoje em dia, com a crise econômica que afeta o país, continuar mantendo a competitividade entre as empresas tem se tornado cada dia mais difícil. Dessa maneira, demonstrou-se essencial a redução de custos, sem deixar de se preocupar com a eficiência da produção e com a qualidade do produto a. Sabe-se que, grande parte do custo de produção em uma indústria é proveniente do uso de energia elétrica, o que acarretou na busca por alternativas que ajudem a economizar energia, tendo como consequência uma redução de gastos nessa área, influenciando diretamente no preço final do produto a ser oferecido ao cliente.

Com isso, aumentou-se a procura por programas de eficiência energética, que de modo geral oferecem uma possível forma de otimizar o consumo de energia, ou seja, a utilização racional da energia gerada através de orientações, direcionamentos e métodos, de modo a reduzir tal consumo sem interferir no resultado final do produto ou causar desconforto para seus usuários.

De acordo com o Manual de Eficiência Energética (COPEL, 2005), ao se melhorar o rendimento energético das instalações elétricas de uma indústria, além da redução do consumo energético, que conseqüentemente leva a uma redução nas despesas mensais com energia elétrica, proporciona um melhor aproveitamento das instalações e equipamentos elétricos, aumentando a produtividade e a qualidade do produto, sem afetar a segurança. Além disso, o uso eficiente da energia traz melhorias para a sociedade, como redução dos investimentos para a construção de usinas e redes elétricas, reduzindo os custos da eletricidade, redução dos preços de produtos e serviços e maior garantia de fornecimento de energia elétrica e de atendimento a novos consumidores no futuro.

Dessa maneira, foi realizado um estudo de eficiência energética, levando em consideração as características da empresa, que realiza recapagem de pneus, onde o seu principal diferencial é recolher o pneu e devolver a mercadoria no dia seguinte, o que ocasionava em um grande consumo de energia elétrica no período noturno, incluindo uma parte do horário de ponta.

Portanto, para traçar planos para um consumo eficiente de energia, além de propor alternativas de redução do consumo, o estudo foi dividido em algumas etapas de modo a compreender o funcionamento da empresa em questão, realizando o levantamento de cargas e a instalação de analisadores de energia em pontos necessários para o projeto.

Também foi realizada uma análise da fatura de energia elétrica, de modo a escolher qual seria a melhor modalidade tarifária a ser implementada, ficando entre as estruturas tarifárias horo-sazonais azul e verde, visto que a partir de setembro de 2015 a modalidade convencional foi extinta, devido a alteração na legislação. Vale ressaltar a importância de compreender como a energia elétrica é cobrada e como são calculados os valores apresentados na fatura de energia elétrica para um projeto de eficiência energética.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo desse estudo é realizar a análise energética de uma empresa de recapagem de pneus, apresentando alternativas no consumo de energia.

Esta análise é feita para diminuir o custo com energia elétrica, sem comprometer a qualidade final do produto.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO

No presente capítulo o objetivo é apresentar uma pequena introdução do tema que será tratado e definir toda a estrutura deste trabalho de graduação

No capítulo 2 é apresentado o Sistema Elétrico Brasileiro é em toda sua extensão, desde a geração, transmissão e distribuição para os clientes finais. Além disso, são indicados conceitos importantes para o desenvolvimento do trabalho.

O capítulo 3 apresenta o Estudo de caso, apontando as cargas presentes na empresa, cálculos e tabelas, bem como uma comparação entre as modalidades tarifárias vigentes e a melhor a ser aplicada no trabalho em questão.

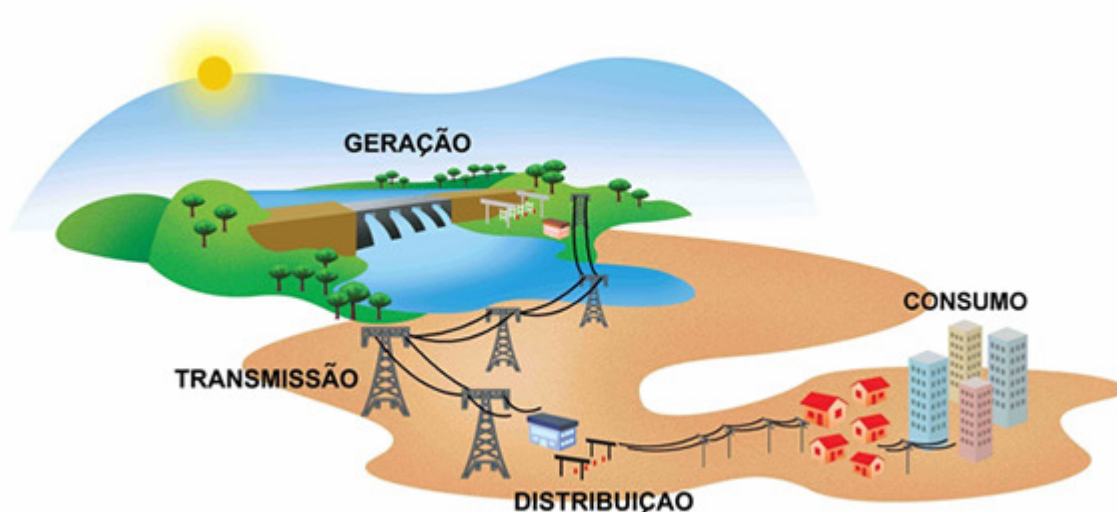
No capítulo 4 são comentadas as principais conclusões obtidas neste trabalho

2 CONCEITOS IMPORTANTES

2.1 O SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

O setor elétrico brasileiro é constituído por três braços: geração de energia através de fontes renováveis ou fósseis ao longo do território brasileiro; transmissão, que tem como função transportar grandes blocos de energia proveniente das usinas geradoras; e distribuição, responsável pelo fornecimento de energia aos consumidores finais. Como representado na Figura 1 abaixo, todo o sistema é eletricamente conectado, exigindo o balanço constante e instantâneo de toda a energia que é produzida e consumida.

Figura 1 – Sistema elétrico brasileiro



Fonte: ABRADDEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica

O segmento de geração, até o ano de 2012, possuía a maioria dos geradores como sendo considerados livres para negociar seus preços, tanto diretamente com seus consumidores quanto por meio de leilões regulados. Porém, a partir de 2013, como condição para renovação de contratos de concessão, algumas usinas hidrelétricas passaram a ter seus preços controlados pela ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica.

Já o segmento de transmissão e distribuição tem seus preços estabelecidos pela ANEEL, considerada a agência reguladora do setor, contanto com mecanismos de revisões e reajustes tarifários periódicos.

2.1.1 Geração

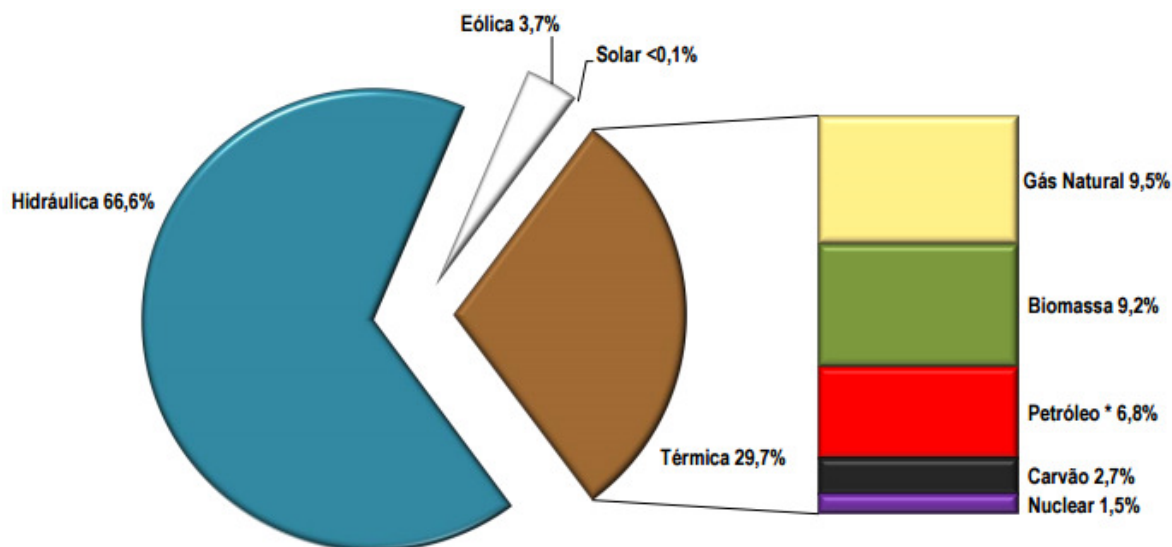
De acordo com a ABRADDEE, Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica, a geração é o segmento da indústria de eletricidade responsável por produzir energia elétrica e injetá-la nos sistemas de transporte (transmissão e distribuição).

A geração de energia pode ser feita através de fontes renováveis ou não. As fontes renováveis decorrem por recursos naturais, tais como sol, vento, água. As fontes não renováveis são provenientes de combustíveis fósseis, geralmente derivados do petróleo e carvão natural, sendo recursos limitados no planeta.

Segundo dados da ANEEL, a geração no Brasil conta com 3.152 empreendimentos geradores, sendo que a maioria deles são usinas termelétricas de médio porte.

No entanto, a matriz energética brasileira é predominantemente hídrica, representando, segundo o Ministério de Minas e Energia aproximadamente 66,6% da capacidade instalada e 67,9% da energia gerada no país.

Figura 2 – Matriz de capacidade instalada de Geração de Energia Elétrica – Jan/2015



Fonte: Ministério de Minas e Energia – Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro

2.1.2 Transmissão

Tem como função transportar grandes quantidades de energia provenientes das usinas geradoras, através de linhas de transmissão em tensão superior a 230.000 Volts, interconectando os grandes centros de geração aos grandes consumidores, ou como é o caso mais comum, às empresas distribuidoras. Isso se dá porque os recursos necessários para a geração de energia estão localizados longe dos centros consumidores.

Segundo a ABRADDEE, no Brasil existem cerca de 77 concessionárias, responsáveis por administrar e operar as linhas de transmissão espalhadas pelo país.

2.1.3 Distribuição

O segmento de distribuição é aquele que recebe grande quantidade de energia do sistema de transmissão e a distribui para pequenos e médios consumidores. Existem também unidades geradoras de menor porte (menos que 30 MW), que injetam sua produção diretamente nas redes do sistema de distribuição.

No Brasil, existem 63 concessionárias responsáveis principalmente pela administração e operação das redes de média e baixa tensão. É a empresa distribuidora quem faz com que a energia elétrica chegue às residências e pequenos comércios e indústrias.

2.2 ESTRUTURAS E BANDEIRAS TARIFÁRIAS

Ao longo desse capítulo, é discutido os mecanismos para se efetuar o faturamento de energia elétrica, tais como estrutura tarifária, visando compreender as diferenças entre as modalidades existentes, de modo a entender suas vantagens e desvantagens para o estudo realizado; e a implementação das bandeiras tarifárias na cobrança da conta de energia.

2.2.1 Conceitos importantes

Para um melhor entendimento da estrutura e das bandeiras tarifárias, é necessário apresentar alguns conceitos importantes sobre o fornecimento de energia elétrica, estabelecidos pela Resolução Normativa nº 414/2010.

2.2.2 Tensões de fornecimento

A distribuidora de energia tem o dever de informar ao consumidor a tensão de fornecimento para a sua unidade, de acordo com os seguintes critérios:

- (a) Tensão secundária de distribuição: quando a carga instalada na unidade consumidora for igual ou inferior a 75 kW;
- (b) Tensão primária de distribuição inferior a 69 kV: quando a carga instalada na unidade consumidora for superior a 75 kW e a demanda contratada ou estimada pelo interessado para o fornecimento for igual ou inferior a 2.500 kW;
- (c) Tensão primária de distribuição igual ou superior a 69 kV: quando a demanda contratada ou estimada pelo interessado para o fornecimento for superior a 2.500 kW.

2.2.3 Consumo

Representa o uso da potência ativa pelo consumidor, durante um certo intervalo de tempo. Seu valor é expresso em kWh, representando a quantidade de energia consumida.

2.2.4 Demanda

Demanda pode ser definida como a média das potências elétricas ativas e reativas, que são solicitadas ao sistema elétrico pela carga instalada na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado. A demanda ativa é expressa em quilowatts (kW) e a demanda reativa em quilovolt-ampère-reactivo (kVAr), respectivamente.

É importante também, definir os seguintes conceitos:

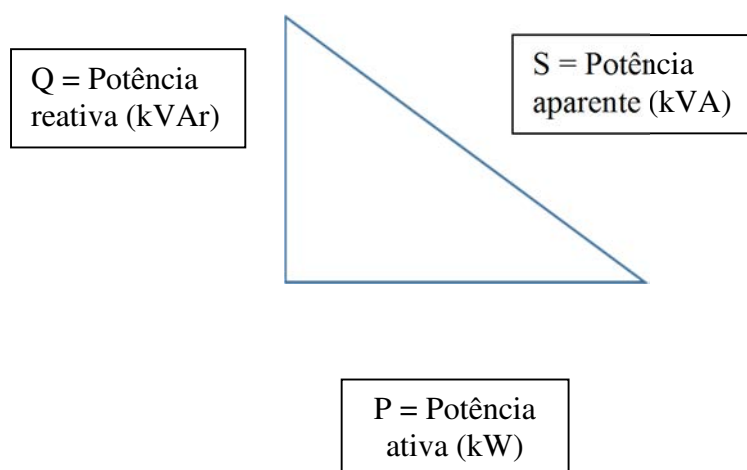
- (a) Demanda contratada: demanda de potência ativa que deve ser disponibilizada continuamente pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, e que deve ser paga pela unidade consumidora mesmo que não for utilizada durante o período de faturamento.
- (b) Demanda medida: maior demanda de potência ativa, verificada por medição, em intervalos de quinze minutos durante o período de faturamento. Portanto, para o caso de um mês (trinta dias) existem 2.880 valores de demanda medida.
- (c) Demanda faturável: valor da demanda de potência ativa, considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quilowatts (kW), sendo que o valor faturado é o valor de maior demanda entre a contratada e a medida.
- (d) Multa por ultrapassagem de demanda: a Resolução Normativa nº 414/2010 estabelece um limite de ultrapassagem de demanda de 5% para todos os consumidores, sendo que a tarifa de ultrapassagem é duas vezes a tarifa normal de fornecimento.

2.2.5 Energia reativa e fator de potência

Segundo o Manual de Orientação aos Consumidores, fornecido no site da concessionária EDP Bandeirante, energia reativa pode ser definida como a energia elétrica que circula continuamente entre os campos magnéticos e elétricos de um sistema de corrente alternada.

As cargas indutivas, que são a maioria presente nas indústrias (transformadores e motores), necessitam tanto de potência ativa quanto de potência reativa para o seu funcionamento, onde a potência ativa é a responsável por executar o trabalho dessas cargas e a potência reativa é responsável por manter os campos eletromagnéticos das cargas indutivas.

Figura 3 - Triângulo de Potências



Fonte: Edp bandeirante – Manual de orientação aos consumidores

A Figura 3 acima, apresenta o triângulo de potências, mostrando a relação entre as potências ativa, reativa e aparente, que é a potência que é efetivamente transmitida a carga.

O fator de potência é dado como a relação entre a potência ativa e a potência aparente e representa a porcentagem na qual a potência transmitida à carga é realmente potência ativa. Portanto, o fator de potência indica o grau de eficiência do uso dos sistemas elétricos.

Se o valor do fator de potência estiver próximo a um, indica um uso eficiente do sistema elétrico em questão.

Segundo a Resolução Normativa nº414/2010 da ANEEL, o fator de potência tem como limite mínimo 0,92 para consumidores que utilizam níveis de tensão inferiores a 69 kV,

devendo ser verificado permanentemente por meio de medição pela distribuidora, de forma obrigatória para consumidores que recebem tensão acima de 2.300 V.

Assim, valores de fator de potência menores que 0,92, capacitivo ou indutivo, indicam excedente de reativo e esse excedente será faturado na conta de energia elétrica.

2.2.6 Tarifas de energia

Para calcular o valor do consumo e da demanda presentes na fatura de energia elétrica, são aplicadas tarifas sobre a energia consumida, sendo elas:

- (a) TUSD - Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição: valor monetário definido pela ANEEL em R\$/MWh ou R\$/kW, utilizado para efetuar o faturamento mensal pelo uso do sistema de distribuição utilizado pelos clientes.
- (b) TE – Tarifa de Energia: valor monetário unitário determinado pela ANEEL, em R\$/MWh, utilizado para efetuar o faturamento mensal referente ao consumo de energia elétrica.

2.2.7 Tributos

Além das tarifas de energia aplicadas, para se chegar ao valor final da fatura de energia elétrica, são cobrados tributos, que segundo o ANEEL podem ser definidos como pagamentos compulsórios que asseguram recursos para que o Governo desenvolva suas atividades. Nas contas de energia elétrica são inclusos tributos federais, estaduais e municipais, sendo eles:

- (a) PIS – Programas de Integração Social: é um dos tributos federais incluído na conta de energia elétrica, e tem como finalidade financiar o programa do Seguro-Desemprego e o abono aos empregados que recebem até dois salários mínimos mensais. Para o nosso estudo é utilizado uma alíquota de 0,68%.
- (b) COFINS - Contribuição Social para Financiamento da Seguridade Social: tributo federal destinado a financiar as despesas das áreas de Saúde, Previdência e Assistência Social, sendo para esse estudo 3,12%.

(c) ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços: imposto que incide sobre as operações relativas à circulação de mercadorias e serviços, sendo da responsabilidade de cada estado (18% para o estado de São Paulo).

(d) CIP – Contribuição de Iluminação Pública: tributo de competência municipal, podendo ser cobrada na conta de luz, sendo atribuídos ao Poder Público municipal a responsabilidade pelos serviços de projeto, implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de iluminação pública.

2.2.8 Perdas de energia

A diferença entre a energia medida pelas distribuidoras nas unidades consumidoras e a energia recebida dos agente supridores é denominada perda de energia e é classificada de acordo com a sua origem.

(a) Perdas na rede básica (ou Transmissão): perdas que ocorrem entre a geração de energia elétrica nas usinas até os limites do sistema de distribuição. São medidas mensalmente pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e seu custo é rateado em 50% para geração e 50% para o consumo.

(b) Perdas na rede de distribuição: perdas que ocorrem dentro do sistema de distribuição, podendo ser divididas conforme a sua causa:

➤ Perdas técnicas: relacionadas ao transporte de energia elétrica na rede, devido a transformação de energia elétrica em energia térmica nos condutores, perdas nos núcleos dos transformadores, entre outras.

➤ Perdas não técnicas: correspondente a diferença entre as perdas totais e as perdas técnicas, ou seja, todas as demais perdas (furtos de medição, erros no processo de faturamento, etc.) se enquadram nessa categoria. Além disso, é de poder da ANEEL definir qual a porcentagem das perdas não técnicas será repassada à tarifa de energia elétrica para os consumidores regulares.

2.3 ESTRUTURAS TARIFÁRIA

Segundo a resolução da ANEEL nº 414/2010, pode-se definir Estrutura Tarifária como o conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência, de acordo com a modalidade de fornecimento. As tarifas estabelecidas pela ANEEL asseguram ao consumidor o pagamento de um valor justo pela energia consumida, e também garante à concessionária o equilíbrio financeiro para que ela possa oferecer serviços de qualidade a população.

No Brasil, essas tarifas podem ser divididas em três grupos:

- Modalidade Convencional;
- Modalidade Horária Azul;
- Modalidade Horária Verde.

Para a aplicação das tarifas de energia elétrica é preciso identificar os tipos de consumidores. Os consumidores são classificados em classes e subclasses, podendo ser:

- Residencial: enquadram as unidades consumidoras residenciais incluindo os de baixa renda cuja tarifa é estabelecida de acordo com critérios específicos;
- Industrial: enquadram as unidades consumidoras que desenvolvem atividade industrial, inclusive o transporte de matéria prima, insumo ou produto resultante do seu processamento;
- Comercial: enquadram os serviços de transporte, comunicação e telecomunicação e outros afins;
- Rural: enquadram as atividades de agropecuária, cooperativa de eletrificação rural, indústria rural e serviço público de irrigação rural;
- Poder Público: enquadram as atividades dos Poderes Públicos: Federal, Estadual e Municipal;
- Iluminação Pública: enquadra a iluminação de ruas, praças, jardins, estradas e logradouros de domínio público de uso comum e livre acesso, de responsabilidade de pessoa jurídica de direito público;
- Serviço Público: enquadram os serviços de água, esgoto e saneamento;

Além dessa identificação, as unidades consumidoras de energia elétrica são divididas em dois grupos tarifários, classificados principalmente de acordo com o nível de tensão em que são atendidos, e também, como consequência, em função da demanda. São eles:

- Grupo A

Esse grupo é composto de consumidores cuja tensão de fornecimento é igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas a partir do sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômia, isto é, os consumidores são cobrados tanto pela demanda quanto pela energia que consomem. O grupo A é subdividido de acordo com a tensão de fornecimento, como mostrado na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Subgrupos do Grupo A em relação a tensão de fornecimento

Subgrupos	Tensão de Fornecimento
A1	Igual ou superior a 230 kV
A2	De 88 kV a 138 kV
A3	De 69 kV a 88 kV
A3a	De 30 kV a 44 kV
A4	De 2,3 kV a 25 kV
A5	<i>Inferior a 2,3 kV; subterrâneo</i>

Fonte: Próprio autor – Dados Resolução Normativa N° 414/2010

- Grupo B

Esse grupo é composto de unidades consumidoras cuja tensão de fornecimento é inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômnia, ou seja, o preço é aplicado unicamente ao consumo de energia elétrica ativa. O grupo B é subdividido de acordo com a atividade do consumidor, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Subgrupos do Grupo B em relação a atividade do consumidor

Subgrupos	Atividade do Consumidor
B1	Residencial
B2	Rural
B3	Demais classes
B4	Iluminação Pública

Fonte: Próprio autor – Dados Resolução Normativa N° 414/2010

2.3.1 Tarifas Horo-Sazonal

As tarifas de energia elétrica são segmentadas segundo os horários do dia, devido as variações de consumo ao longo das vinte e quatro horas, e os períodos do ano, obedecendo as diferenças climáticas entre os meses do ano.

Segundo a Resolução Normativa n ° 414/2010 da ANEEL, a segmentação dos chamados postos tarifários é feita da seguinte forma:

(a) Horários do dia:

➤ Horário de Ponta

É definido como sendo o período de três horas consecutivas, exceto aos sábados, domingos e feriados, sendo escolhido pela concessionária. No caso do nosso estudo, a concessionária EDP Bandeirante define o horário de ponta das 17h30 às 20h30 e das 18h30 às 21h30 durante o horário de verão, sendo esse o período onde é fornecido maior demanda para consumo, e portanto possui um valor de tarifa mais caro.

➤ Horário Fora de Ponta

Corresponde as demais vinte e uma horas do dia, que não estão inclusas no horário de ponta.

(b) Período do ano

➤ Período seco

Período de sete meses, compreendido de maio a novembro, onde geralmente ocorrem poucas chuvas. Normalmente nesse período as tarifas são mais caras, devido a matriz elétrica brasileira ser predominantemente hídrica.

➤ Período úmido

Período compreendido de dezembro a abril do ano subsequente, onde normalmente ocorrem mais chuvas.

2.3.2 Modalidade convencional

A modalidade convencional possui uma tarifa independentemente do horário ou do período do ano, exigindo um contrato com a concessionária, onde é estipulado um único valor de demanda pretendida pelo consumidor

Entretanto, em 22/11/2011, foi aprovado pela ANEEL a extinção dessa modalidade tarifária para consumidores do Grupo A. Assim, a estrutura convencional é indicada para unidades consumidoras comerciais e residenciais que se enquadram no grupo B, onde o período de maior utilização da energia elétrica ocorre por volta das 18 às 21 horas.

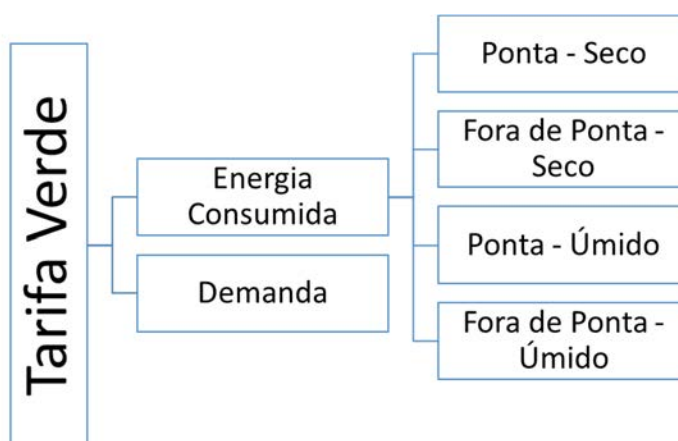
2.3.3 Modalidade horo-sazonal

A tarifa horo-sazonal é caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia (kWh) e de demanda de potência de acordo com as horas do dia utilizadas e períodos do ano. Este tipo de tarifa tem por objetivo racionalizar o consumo incentivando o consumidor a utilizar a energia nos horários e períodos em que elas forem mais baratas. A tarifa horo-sazonal é dividida de duas formas:

(b) Modalidade horo-sazonal verde

A modalidade Horo-Sazonal Verde, aplicada a unidades consumidoras do grupo A. É caracterizada por uma única tarifa para demanda de potência e diferentes tarifas sobre a energia consumida, que varia de forma horária para o período de ponta e fora de ponta e de forma sazonal ao longo do ano. Ou seja, uma tarifa para o posto tarifário de ponta tanto em período úmido quanto em período seco e também uma tarifa para o posto tarifário fora de ponta para período seco e úmido, como ilustrado na Figura 4 abaixo.

Figura 4 - Estrutura Tarifária horo-sazonal verde



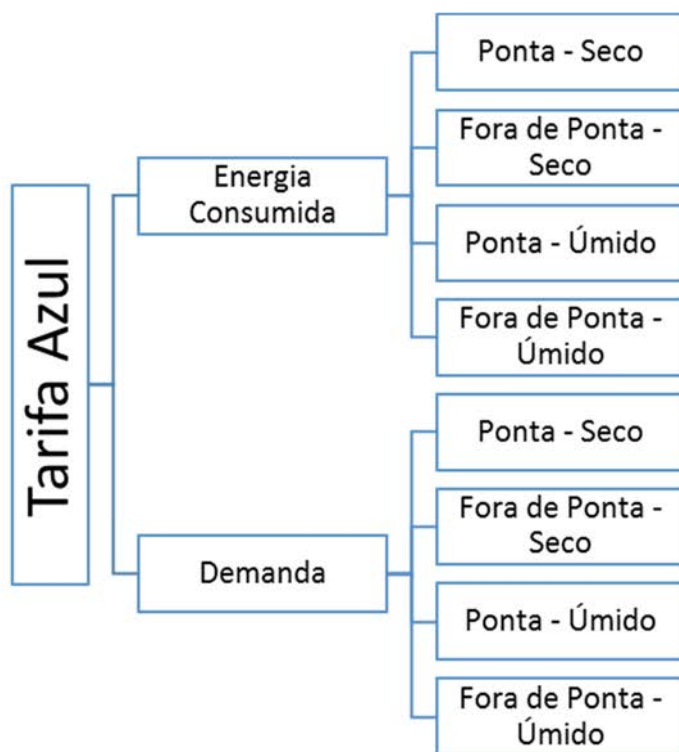
Fonte: Próprio autor

(c) Modalidade horo-sazonal azul

A modalidade tarifária horo-sazonal azul funciona basicamente como a tarifa verde, sendo que a principal diferença entre as duas é que na estrutura tarifária azul o fator horo-sazonal também é aplicado para demanda, exigindo um contrato para estipular um valor para a demanda tanto no horário de ponta quanto no horário fora de ponta, diferenciando além disso, os períodos seco e úmido.

A tarifa azul é obrigatória nas unidades consumidoras atendidas com tensão de fornecimento igual ou superior a 69 kV, ou seja, para os subgrupos A1, A2 ou A3, porém é opcional para os demais subgrupos do grupo A

Figura 5– Estrutura Tarifária horo-sazonal azul



Fonte: Próprio autor

Além disso, deve-se lembrar que as tarifas no horário de ponta e fora de ponta são mais caras no período seco, compreendido de maio a novembro.

2.4 BANDEIRAS TARIFÁRIAS

Como já dito anteriormente, a geração de energia elétrica no Brasil conta com uma matriz energética onde se predomina fontes de energia renováveis, mas especificamente provenientes de usinas hidrelétricas, com uma capacidade instalada de 80 mil MW. No entanto, a geração hidráulica depende de condições climáticas pluviométricas que variam constantemente, causando um impacto na geração dessas usinas.

Com a crise hídrica encontrada nos últimos períodos, os níveis dos reservatórios diminuíram drasticamente, acarretando no acionamento das usinas térmicas, que além de serem mais poluentes, o custo de geração de energia elétrica é cerca de oito vezes maior se comparado ao custo de geração das usinas hidrelétricas.

Sendo assim, a alteração tarifária aprovada pela ANEEL em 22/11/2011, trouxe também uma modificação válida tanto para os consumidores de baixa tensão (residenciais) quanto para os de alta tensão, onde a partir de janeiro de 2014, seriam instituídas as bandeiras tarifárias, verde, amarela e vermelha.

Segundo o Presidente da Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE), Nelson Fonseca Leite (2014), o uso desse mecanismo é fundamental para conciliar os custos adicionais desse repasse do acionamento de usinas térmicas, visando o uso racional dessa fonte de energia, além de manter o consumidor avisado sobre a situação do sistema elétrico.

2.4.1 Bandeira verde

A bandeira verde entra em vigência com condições normais de geração, indicando que não haverá acréscimos no valor da tarifa de energia, pois a capacidade de geração através de usinas hidrelétricas é suficiente para manter os custos nos valores previstos.

2.4.2 Bandeira amarela

As condições de geração de energia são menos favoráveis, ou seja, houve uma diminuição dos níveis dos reservatórios. De acordo com a Resolução Homologatória nº 1.973 de 20/10/2015, a tarifa de energia sofre acréscimo de R\$ 0,025 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos, podendo ser alterado de acordo com o cenário hidrológico do país.

2.4.3 Bandeira vermelha

As condições de geração de energia são ainda mais desfavoráveis, mostrando um quadro crítico no setor e havendo necessidade de acionar as usinas térmicas, aumentando o custo para a geração de energia, além da alta demanda. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,045 para cada quilowatt-hora kWh consumido, como apresentado na Resolução Homologatória nº 1.973 de 20/10/2015, e assim como na bandeira amarela, esse valor também pode sofrer alterações.

3 ESTUDO DE CASO

O cenário do nosso estudo é uma empresa de recapagem de pneus, localizada na cidade de Lorena, estado de São Paulo. A empresa busca alternativas para que se possa economizar energia elétrica, de modo a reduzir os gastos.

De acordo a resolução nº 414/2010 da ANEEL, como visto anteriormente a empresa em estudo se enquadra no grupo de consumidores A, pois a empresa, localizada na cidade de Lorena – SP, é atendida pela concessionária em 13,2 kV, ou seja, está dentro do subgrupo A4. As tarifas do grupo A são caracterizadas pela tarifa binômia.

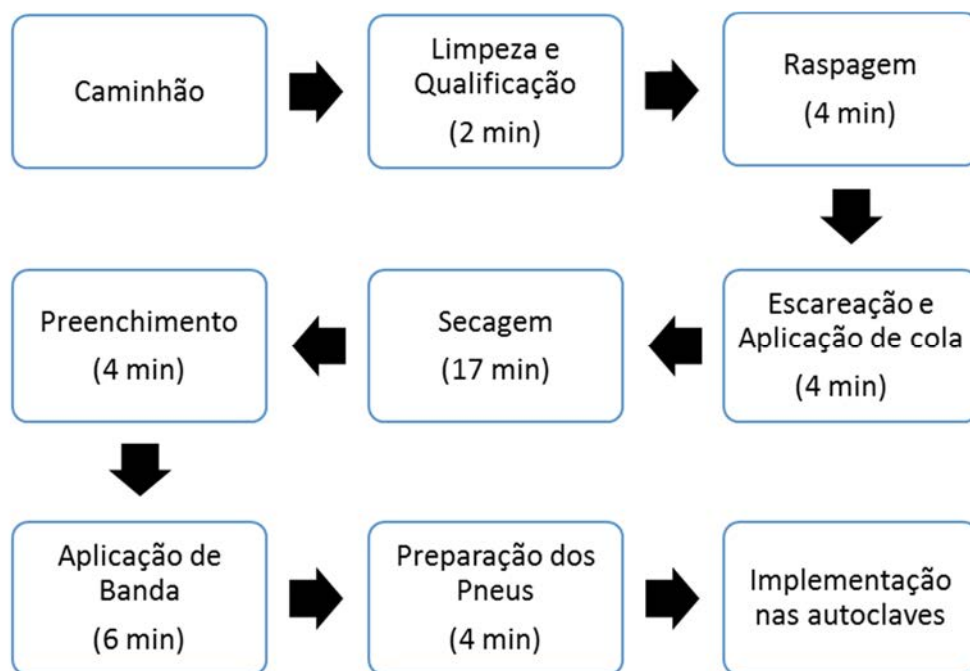
O funcionamento da empresa tem como base vendedores, que recolhem pneus com os clientes, em uma rota entre Guarulhos – SP e Resende – RJ, entregando esses pneus na empresa para que se realize a recapagem dos mesmos.

Além disso, a produção da empresa é composta pelas seguintes etapas:

- Limpeza e qualificação dos pneus: limpeza do pneu e exame inicial para selecionar quais pneus estão em condições de reforma;
- Raspagem: através de máquinas, acontece uma raspagem dos pneus, deixando-o nas dimensões apropriadas para ser reformado;
- Escareação e aplicação de cola: a escareação consiste no tratamento de todos os danos pontuais, como uma espécie de raspagem mais detalhada, a fim de eliminar qualquer deformação que possa existir. Após isso, é aplicada uma cola especial em toda a parte externa do pneu.
- Secagem: secagem da cola aplicada;
- Preenchimento: preenchimento das escareações com borrachas adequadas;
- Aplicação de banda: substituição da banda de rodagem, que é a parte do pneu que entra em contato direto com o solo;
- Preparação dos pneus: o pneu é montado para ser levado a autoclave, máquina que libera calor e pressão nas carcaças;
- Implementação dos pneus nas autoclaves: os pneus montados são dispostos e vulcanizados, de modo a fazer com que a nova banda de rodagem fique aderida a carcaça.

Um estudo realizado em parceria com a Jr. Eng, empresa júnior composta por alunos da UNESP – Guaratinguetá, foram definidos os tempos de cada etapa da linha de produção como mostrado na Figura 6 abaixo.

Figura 6 – Etapas da linha de produção da empresa



Fonte: Próprio autor

Além disso, vale ressaltar que a empresa conta com três autoclaves, sendo elas o gargalo da produção, pois cada uma detém um tempo fixo para cada tipo de pneu.

Ao se analisar o funcionamento da empresa, foram observadas algumas dificuldades com relação à linha de produção da empresa. Esse estudo em especial abordará a dificuldade encontrada em administrar o gasto com energia elétrica.

Ao realizar visitas e conversas com os responsáveis pela empresa, é possível observar que o horário de maior produção é entre 18h e 4h, enquadrando então boa parte do processo dentro do horário de ponta, que como explicado anteriormente, é o horário onde a energia tem um maior custo. Isso ocorre por conta do serviço que a empresa oferece ao seu cliente, o de entregar o pneu recapado no dia seguinte, definindo grande vantagem sobre a concorrência.

Com base nesses dados, o estudo é realizado para obter maneiras de se reduzir o consumo de energia elétrica, especialmente dentro do horário de ponta. Assim, o estudo de caso foi dividido em etapas: análise das faturas de energia, levantamento de carga e medições.

3.1. DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA UTILIZADA NO HORÁRIO DE PONTA

Durante o horário de ponta, nota-se a presença de equipamentos de grande consumo de energia elétrica. O principal agente de consumo é o compressor, pois grande parte das máquinas presentes na empresa são pneumáticos, necessitando dele para o seu funcionamento. Além disso as autoclaves e raspas, que participam diretamente do processo de recapagem também apresentam participação significativa no total de consumo de energia. Dessa maneira, torna-se possível estimar a potência consumida por esses equipamentos.

As potências dessas cargas são mostradas na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3 – Potência das cargas mais utilizadas no horário de ponta

Equipamento	Potência [cv]	Potência [kW]
Compressor 01	50	36,775
Compressor 02	30	22,05
Autoclave 01	10	7,355
Autoclave 02	5	3,6775
Autoclave 03	5	3,6775
Raspa 01	22	16,181
Raspa 02	22	16,181
	TOTAL	83,84

Fonte: Próprio autor

O compressor utilizado durante a produção é o de 50 cv, sendo que o compressor de 30 cv entra em funcionamento caso seja necessário. Portanto, tem-se a potência total consumida, sendo 83,84 kW.

Além disso, através das faturas de energia elétrica disponibilizadas, obtém-se o valor de demanda máxima dentro do horário de ponta como mostrado abaixo.

Tabela 4 – Demanda máxima dentro do horário de ponta

DEMANDA [kW]				
Agosto/2015	Setembro/2015	Outubro/2015	Novembro/2015	Dezembro/2015
94,8480	101,1840	105,6960	99,7440	102,3360

Fonte: Próprio autor

Dentre o período analisado, o valor máximo de demanda foi obtido em outubro. A diferença das demandas presentes na fatura de energia elétrica com a demanda calculada somando-se a principais cargas se deve principalmente a iluminação e sistemas de condicionamento de ar também presentes na empresa. A quantidade de lâmpadas com suas respectivas potências são apresentadas na Tabela 5 abaixo.

Tabela 5 – Quantidade e Potência das lâmpadas presentes na empresa

Número de Lâmpadas	Potência [W]	Total [W]
4	10	40
29	15	435
30	20	600
2	30	60
188	40	7520
14	50	700
7	60	420
3	65	195
42	85	3570
1	100	100
88	110	9680
10	150	1500
62	400	24800
TOTAL [W]		49620

Fonte: Próprio autor

3.2 OTIMIZAÇÃO DA DEMANDA

Para se estipular o valor ótimo da demanda a ser contratada para a situação atual da empresa, utiliza-se a ajuda de um software desenvolvido na Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá.

Nesse software, além de se cadastrar os valores das tarifas vigentes tanto para a modalidade tarifária azul quanto para a modalidade tarifária verde, é possível se cadastrar as faturas de energia elétrica, como mostrado na Figura 7 a seguir. Sendo:

D_Ponta: Demanda de Ponta [kW];

D_FPind: Demanda Fora de Ponta Indutivo [kW];

D_FPcap: Demanda Fora de Ponta Capacitivo [kW];

C_Ponta: Consumo na Ponta [MWh];

C_FPind: Consumo Fora de Ponta indutivo [MWh];

C_FPcap: Consumo Fora de Ponta capacitivo [MWh];

UFER_p: Consumo de energia reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência 0,92, no período de ponta [kWh];

UFERfpI: Consumo de energia reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência 0,92, no período fora de ponta indutivo [kWh];

UFERfpC: Consumo de energia reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência 0,92, no período fora de ponta capacitivo [kWh].

Figura 7 – Cadastro das faturas de energia elétrica

	D_Ponta	D_FPind	D_PFCap	C_Ponta	C_FPInd	C_FPCap	UFER_p	UFERfpI	UFERfpC
Janeiro	111.26	104.83	82.27	3686.02	16057.63	4110.86	500.06	2028.34	1117.08
Fevereiro	109.25	113.86	92.06	5095.61	24150.79	6694.97	589.82	2551.44	982.66
Marco	105.60	104.45	85.73	4512.77	20075.66	6142.37	538.01	2311.08	1111.34
Abril	101.57	102.00	83.08	4568.16	19224.07	5928.99	481.88	1919.25	1368.41
Maio	101.57	102.00	83.08	4568.16	19224.07	5928.99	481.88	1919.25	1368.41
Junho	101.57	102.00	83.08	4568.16	19224.07	5928.99	481.88	1919.25	1368.41
Julho	101.57	102.00	83.08	4568.16	19224.07	5928.99	481.88	1919.25	1368.41
Agosto	94.85	93.70	80.83	4700.09	18324.94	6000.10	295.42	1085.06	1979.38
Setembro	90.43	101.18	84.29	4194.38	16317.05	5759.98	239.69	1223.62	1426.18
Outubro	99.07	105.70	82.08	4572.14	19238.11	6647.16	346.75	1388.83	1335.41
Novembro	99.74	94.94	80.64	4600.18	19228.78	5909.90	830.28	2986.70	1272.57
Dezembro	102.34	97.82	76.70	5184.07	20399.57	6166.56	514.99	1778.93	1722.65

Demanda Contratada	PERIODO UMIDO		PERIODO SECO		OK
	Fora Ponta	Ponta	Fora Ponta	Ponta	
	105.00	105.00	105.00	105.00	
					Cancelar

Fonte: Software desenvolvido - ACEE

Com esse cadastro das contas de energia, o software identifica o menor valor de demanda, sendo esse utilizado como valor inicial para o procedimento de otimização da demanda. Para a modalidade tarifária Azul, há um valor inicial para demanda de ponta e outro para demanda fora de ponta, enquanto que para a modalidade tarifária Verde há apenas um valor inicial de demanda, ou seja, apenas um valor de demanda ótima a ser contratada.

A partir destes valores iniciais de demanda calcula-se o valor da fatura de energia, que considera tanto valores de demanda como de consumo (energia). Este cálculo é realizado separadamente para as modalidades Verde e Azul.

Após este cálculo, incrementa-se 1 kW aos valores iniciais de demanda anteriores, e novamente calcula-se o valor da fatura de energia, tanto para a modalidade Verde quanto para a Azul. Comparam-se os valores da conta de energia separadamente para as modalidades Azul e Verde. Caso o valor da conta de energia seja menor considerando este(s) novo(s) valor(es)

de demanda, repete-se o procedimento, ou seja, incrementa-se 1 kW a este(s) novo(s) valor(es) de demanda e refaz-se o cálculo da conta de energia.

Quando o valor da conta de energia for maior que o anterior, a demanda ótima é o valor anterior (ou o valor atual de demanda subtraído de 1 kW). Além disso, como o cálculo é realizado para ambas as modalidades, Azul e Verde, é possível verificar também em qual delas o custo é menor e, assim, escolher a modalidade mais adequada.

Para o estudo foram disponibilizadas apenas as faturas de janeiro a março e de agosto a dezembro. Para os meses restantes, foi realizada uma média dos demais valores. Além disso, nota-se que não há distinção entre a demanda contratada para o período úmido e seco.

As tarifas utilizadas para os cálculos são disponibilizadas pela EDP Bandeirante, e são mostradas na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 – Valores de tarifas para as modalidades Azul e Verde

			AZUL	VERDE
TUSD	Ponta	R\$/kWh	19,0000	0,56782
	Fora de Ponta	R\$/kWh	6,8900	0,09627
		R\$/kWh	0,00963	6,89
	Tarifa de Energia (TE)	R\$/kWh	0,40717	0,40717
Ponta	TE + Bandeira Tarifária	Verde R\$/kWh	0,40717	0,40717
		Amarela R\$/kWh	0,43217	0,43217
		Vermelha R\$/kWh	0,45217	0,45217
	Tarifa de Energia (TE)	R\$/kWh	0,25814	0,25814
Fora de Ponta	TE + Bandeira Tarifária	Verde R\$/kWh	0,25814	0,25814
		Amarela R\$/kWh	0,28314	0,28314
		Vermelha R\$/kWh	0,30314	0,30314

Fonte: EDP Bandeirante – Resolução Homologatória Nº 1.973 de 20/10/2015

Desse modo, o software fornece o total gasto anual na situação atual da empresa, ou seja, com a demanda contratada de 105 kW e fazendo uso da modalidade tarifária Verde. Tal valor é mostrado na Figura 8 abaixo.

Figura 8 – Valor da conta de energia para a situação atual da empresa

Tarifa A4 VERDE	
Demanda Contratada	
Demanda:	105.00
Valores Conta	
Demanda:	8747.27
Energia Ponta:	24668.05
Energia FPonta:	90551.00
UFER :	14437.72
T O T A L :	138404.04

Fonte: Software desenvolvido – ACEE

O software também calculou os valores de demanda ótima tanto para a modalidade Azul quanto para a Verde, que estão apresentados na Figura 9.

Figura 9 – Resultados da demanda ótima e valor esperado da conta de energia para as modalidades tarifárias Azul e Verde

Tarifa A4 AZUL		Tarifa A4 VERDE	
Demanda Contratada		Demanda Contratada	
Ponta Umida:	99.00	Demanda:	94.00
FPonta Umida:	94.00		
Ponta Seca:	91.00		
FPonta Seca:	94.00		
Valores Conta		Valores Conta	
Demanda Ponta:	34141.86	Demanda:	8802.80
Demanda FPonta:	11985.29		
Energia Ponta:	24668.05	Energia Ponta:	24787.01
Energia FPonta:	56746.30	Energia FPonta:	91498.77
UFER :	0.00	UFER :	0.00
T O T A L :	127541.51	T O T A L :	125088.58

Fonte: Software desenvolvido - ACEE

Como se pode observar, a modalidade tarifária que melhor se aplica para a condição de consumo atual é a modalidade horo-sazonal verde, pois apresenta um gasto anual menor se comparado com a modalidade horo-sazonal azul. Além disso, a demanda ótima seria de 94 kW, e não mais 105 kW como contratada atualmente.

Além disso, ao observar as Figuras 8 e 9, é possível perceber que apenas com a mudança no valor da demanda contratada, ou seja, mantendo a modalidade tarifária horo-sazonal verde, há uma redução significativa no gasto total com energia elétrica ao longo do ano.

3.3 LEVANTAMENTO DE CARGA

Inicialmente, realizou-se o levantamento de todas as cargas presentes na empresa, onde foram contabilizadas as lâmpadas e demais cargas, assim como registradas as potências de cada equipamento.

A partir desse estudo, pode-se observar que as maiores cargas instaladas são os compressores.

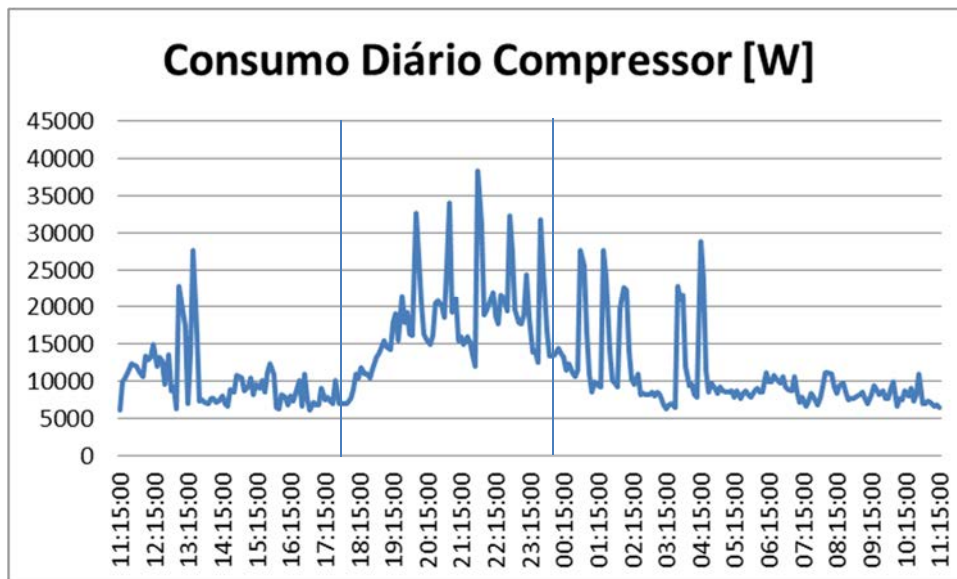
Tabela 7 - Características dos compressores

	Potência Nominal	Tensão	Corrente	Rotação
Equipamentos	[cv / kW]	[V]	[A]	[rpm]
Compressor 01	50 / 37	220	121,2	3.560
Compressor 02	30 / 22	220	72,1	4.985

Fonte: Próprio autor

A partir disso, instalou-se um analisador de energia (SAGA4000 - ESB Electronic Services) para monitorar o consumo dos compressores, durante o período de uma semana. A Figura 10 apresenta o comportamento horário do compressor ao longo do dia 14 de abril de 2015 (terça-feira) até o dia 15 de abril.

Figura 10- Comportamento do compressor ao longo de um dia



Fonte: Próprio autor

Analisando os dados e gráficos extraídos do analisador de energia, verifica-se um comportamento característico ao longo do dia, durante o período em que ocorreu o monitoramento.

Observa-se também um período de grande consumo dos compressores está no horário de ponta (17h30 às 20h30), se estendendo além desse período, visto que a empresa trabalha nesse período para atingir seu objetivo de devolver os pneus já recapados no dia seguinte. Pode-se notar através do gráfico que aproximadamente as 20:00 hs deve ter ocorrido a chegada dos pneus, estendendo a produção até as 5h da manhã do dia seguinte.

Portanto, esse é um ponto que deve ser analisado para conseguir uma redução no consumo de energia elétrica.

Com o levantamento de cargas, observa-se também a presença de um grande número de lâmpadas de alta potência, utilizadas principalmente na fachada da empresa e que são ligadas a noite, estando dentro do período de ponta. Segue na Tabela 8 abaixo o número de lâmpadas e sua potência nominal.

Tabela 8 – Lâmpadas fachada e iluminação externa

	Potência	Total
Número de Lâmpadas	[W]	[kW]
10	150	1,5
13	400	5,2
	TOTAL	6,7

Fonte: Próprio autor

Além disso, nas instalações da empresa, conta-se com aparelhos condicionadores de ar, mostrados na Tabela 9 abaixo.

Tabela 9 – Aparelhos de Ar Condicionado

Aparelhos de Ar Condicionado	
Número	Potência [btu]
2	7500
3	10000
1	12000
5	15000
1	5000

Fonte: Próprio autor

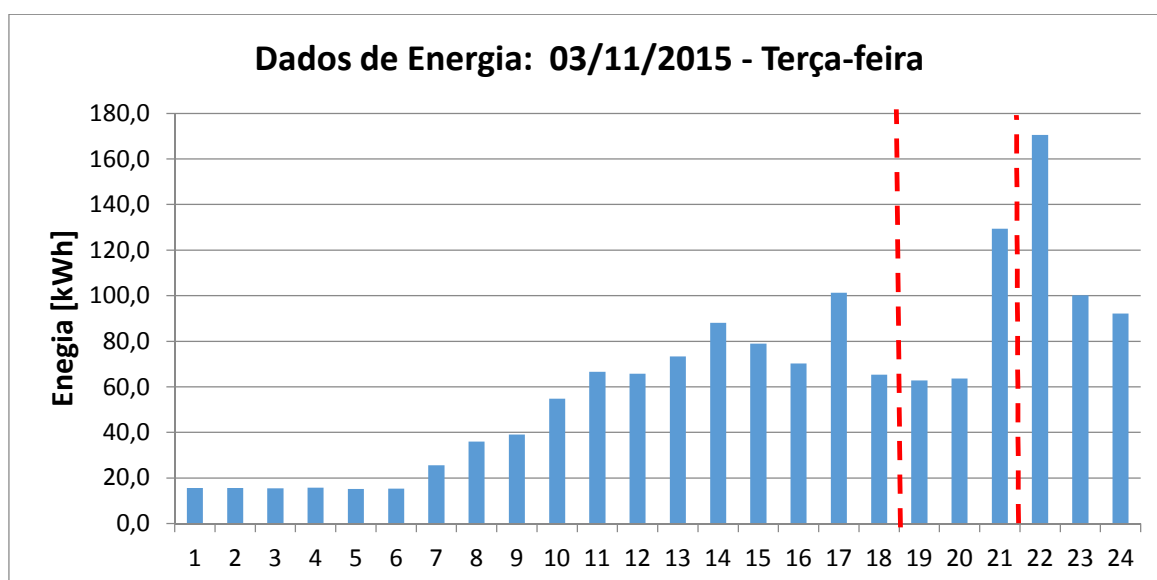
Apesar de normalmente as lâmpadas e os condicionadores de ar terem uma menor contribuição nas cargas da empresa, é possível se obter uma redução no consumo de energia se tomado alguns cuidados. No caso das lâmpadas da fachada, uma possibilidade é verificar se é viável a utilização de um timer, ligando-as apenas quando necessário.

3.4 MEDIÇÃO DE ENERGIA

Nessa parte do estudo, é instalado um medidor de energia no painel de entrada da empresa, a fim de analisar em quais horários o consumo de energia é maior.

O aparelho instalado realiza medições em tempo real e através de um software é possível acompanhar o consumo de energia, via internet, ao longo do dia. Na Figura 11 a seguir, mostra-se o histórico de consumo de hora em hora durante o dia 03 de novembro de 2015.

Figura 11 – Dados de Energia 03/11/2015

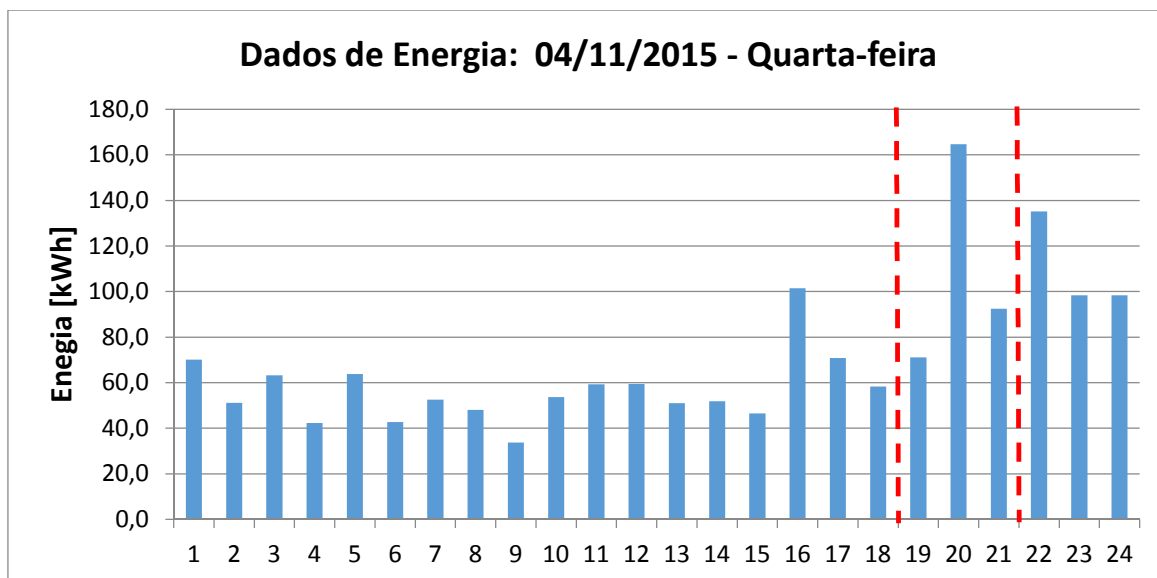


Fonte: Próprio autor

Como dia 2 de novembro (segunda-feira) foi feriado de Finados, nota-se que no período entre 00h e 07h não há cargas, começando a aumentar o consumo quando os funcionários entram para trabalhar no dia 3. Além disso, a partir do gráfico, percebe-se um grande consumo dentro do horário de ponta estabelecido pela EDP Bandeirante, entre 18h30 e 21h30 durante o horário de verão, onde o preço que se paga pela energia consumida é maior.

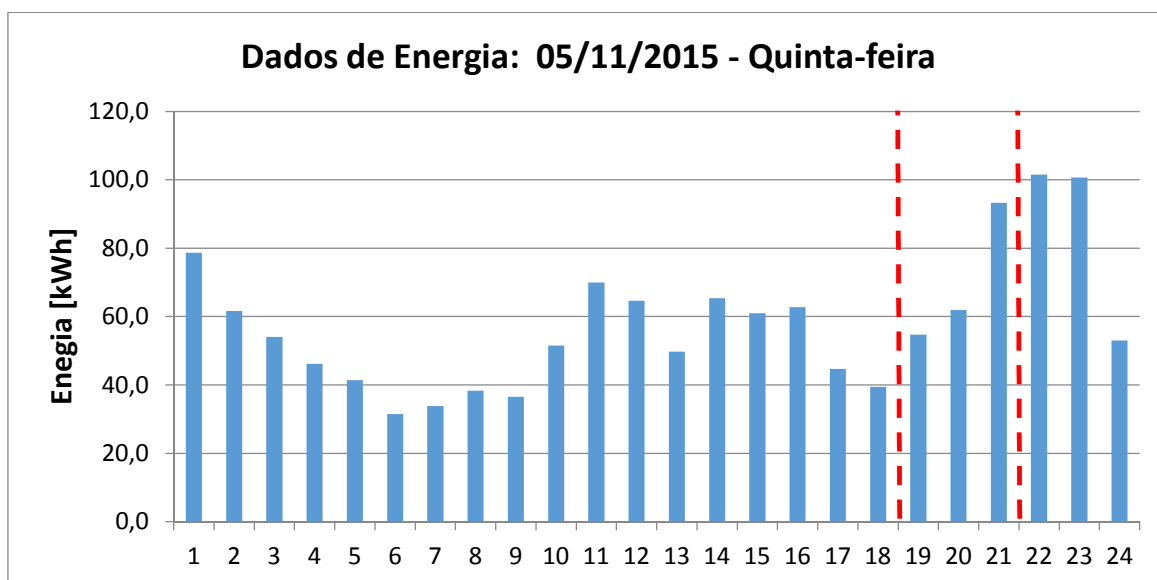
O equipamento ficou instalado no painel de entrada da empresa durante todo o mês de novembro e com a análise dos dados de consumo de outros dias, percebe-se que esse comportamento se repete, como mostrado nos gráficos abaixo.

Figura 12 – Dados de Energia 04/11/2015



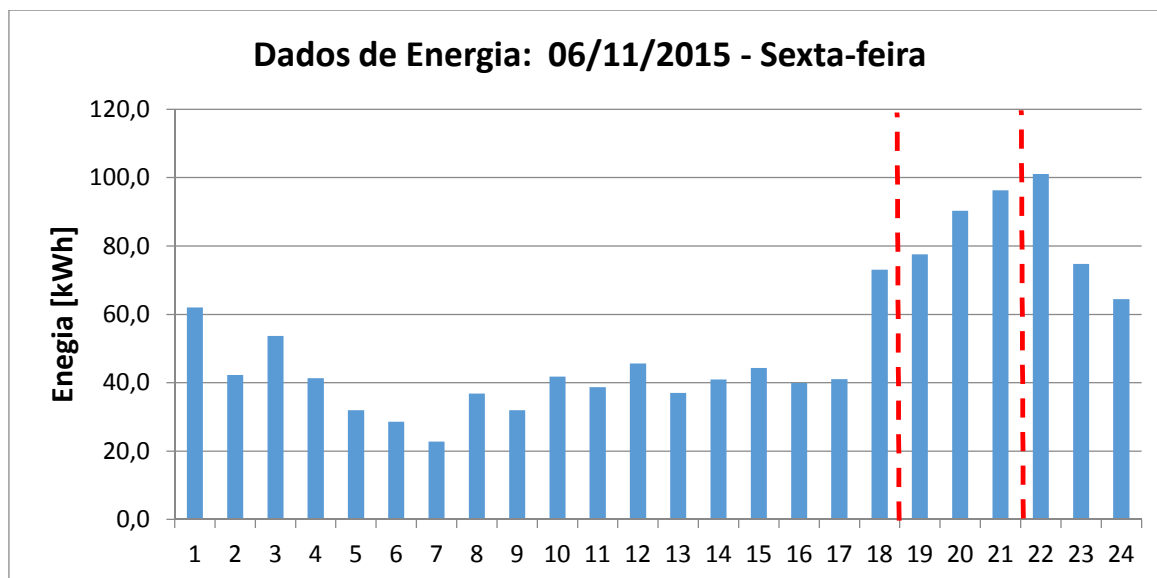
Fonte: Próprio Autor

Figura 13– Dados de Energia 05/11/2015



Fonte: Próprio Autor

Figura 14 – Dados de Energia 06/11/2015



Fonte: Próprio Autor

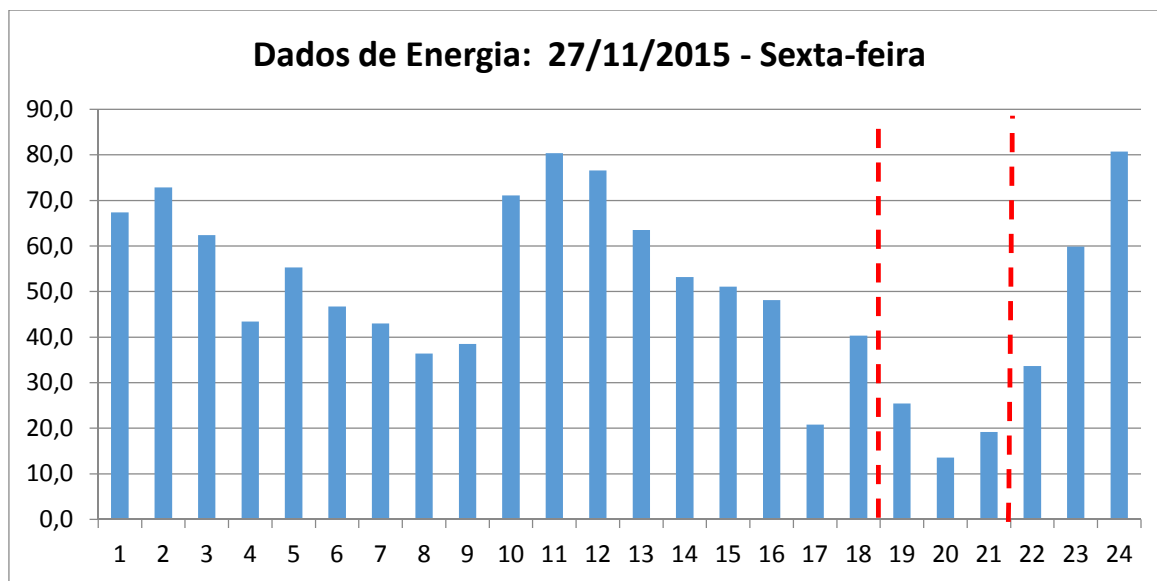
Em um dia típico, como apresentado nas figuras anteriores, nota-se um aumento do consumo de energia por volta das 18h, com a chegada dos caminhões dos vendedores com os pneus a serem recapados e serem entregues no dia seguinte. Além disso, é possível observar alguns picos esporádicos no consumo devido a entrada de alguns pneus para serem recapados ao longo do dia, pois a empresa possui uma loja que trabalha em horário comercial, permitindo esse tipo de serviço.

Portanto, pode-se concluir que grande parte do consumo energético na empresa se encontra dentro do horário de ponta, tendo como consequência um aumento na fatura de energia.

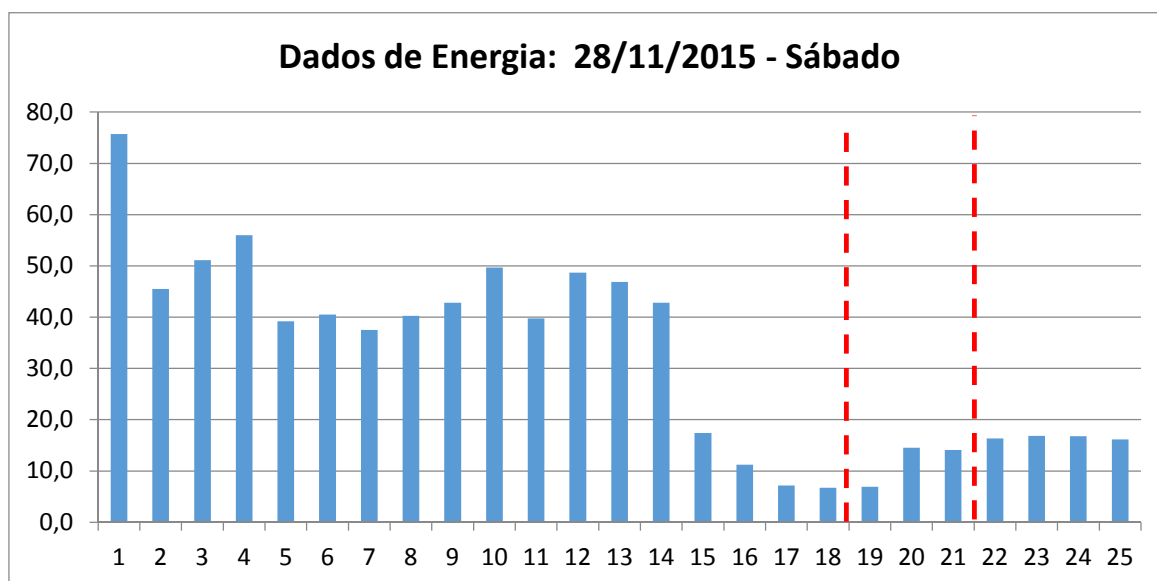
A partir disso, se propôs aos dirigentes da empresa que em um dia da semana, durante o horário de ponta, a linha de produção não funcionasse, deslocando o seu turno para o horário fora de ponta. Ou seja, se torna uma possibilidade a mudança gradativa da produção do principal horário, que é o noturno, para o horário diurno, antes e depois do horário de pico. Assim, a produção começaria após as 21h30, devido ao horário de verão, estendendo-se pela madrugada e ainda entregando os pneus já recapados no dia seguinte.

Feito isso, durante esse dia, foi obtido o seguinte comportamento de consumo de energia, mostrado no gráfico representado na Figura 15.

Figura 15 – Dados de Energia: (a) 27/11/2015; (b) 28/11/2015



(a)



(b)

Fonte: Próprio Autor

Observando-se o comportamento ao longo destes dois dias em que houve o deslocamento da produção, é possível notar que durante o horário de ponta o consumo não atinge 30 kWh, sendo possível então estabelecer um limite para o consumo nesse período. Desse modo, se torna possível recalcular o valor da fatura de energia elétrica e comparar com os valores cobrados pela concessionária, como será visto no próximo item do capítulo.

3.5 ANÁLISE DAS FATURAS DE ENERGIA

Para um melhor entendimento de como são faturados os valores de energia elétrica, é realizado um estudo em cima das faturas de energia elétrica da empresa.

Aplicando as tarifas, de energia – TE e de uso e distribuição - TUSD torna-se possível calcular o valor total da fatura de energia elétrica para qualquer modalidade tarifária vigente.

Além das tarifas, para se chegar ao valor final da fatura de energia elétrica, são cobrados tributos, que já foram definidos anteriormente, sendo eles federais, estaduais e municipais.

Dessa maneira, no decorrer do capítulo são discutidos os itens presentes na conta de energia e é realizada uma análise da mesma.

3.5.1 Fatura de energia elétrica

Com a vigência da nova legislação, a partir da fatura do mês de novembro, referente a outubro, a modalidade convencional foi alterada para horo-sazonal verde, e alguns parâmetros são inseridos para o cálculo do faturamento, como mostrado na Figura 16 abaixo.

Figura 16 – Dados de faturamento da energia elétrica da empresa de novembro/2015

Detalhes de Faturamento				
Descrição	Quantidade Faturada	X (Preço Unitário-TUSD	+ Preço Unitário-TE)	Total (R\$)
Consumo Ativo Ponta	4.715,1804 KWH	0,54030452	0,37555548	4.318,44
Cons Ativo FPonta Ind.	19.709,4954 KWH	0,06381065	0,23296355	6.243,46
Cons Ativo FPonta Cap.	6.057,6516 KWH	0,06381065	0,23296355	1.918,91
Adicional Bandeira Vermelha				1.371,70
Demanda	105,0000 KW	6,76387097	0,00000000	710,21
ERE-Energia Reativa Excedente	385,1376 KWH	0,00000000	0,24468710	94,24

Fonte: Fatura de energia elétrica da empresa

A partir da análise dos dados de leitura exibidos na Figura 17, é possível verificar como são calculados tais parâmetros apresentados anteriormente na Figura 16.

Figura 17 – Dados de leitura de energia elétrica da empresa de novembro/2015

Dados de Leitura					
Descrição	Medidor	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante Multiplicação	Quantidade Apurada
Energia Ativa Ponta	12297974	6.709.710	6.901.384	0,02400	4.600,1760 KWH
Energia Ativa Fora Ponta Cap.	12297974	9.274.392	9.520.638	0,02400	5.909,9040 KWH
Energia Ativa Fora Ponta Ind.	12297974	29.434.957	30.236.156	0,02400	19.228,7760 KWH
Demanda Máxima Ponta	12297974	0	1.039	0,09600	99,7440 KW
Demanda Máxima FPonta Cap.	12297974	0	840	0,09600	80,6400 KW
Demanda Máxima FPonta Ind.	12297974	0	989	0,09600	94,9440 KW
Energia Reativa Ponta	12297974	768.179	802.774	0,02400	830,2800 KWH
Energia Reativa FPonta Ind.	12297974	2.977.148	3.101.594	0,02400	2.986,7040 KWH
Energia Reativa FPonta Cap.	12297974	1.814.135	1.887.117	0,02400	1.271,5680 KWH
DMCR Ponta	12297974	0	3.492	0,02400	83,8080 KW
DMCR Fora Ponta Capacitiva	12297974	0	2.692	0,02400	64,6080 KW
DMCR Fora Ponta Indutiva	12297974	0	3.434	0,02400	82,4160 KW
ERE Ponta	12297974	5.936	6.353	0,02400	9,9600 KWH
ERE Fora Ponta Capacitiva	12297974	237.612	249.022	0,02400	273,8400 KWH
ERE Fora Ponta Indutiva	12297974	97.379	101.210	0,02400	91,9440 KWH
Demanda Contratada	12297974	0	0	0,00000	105,0000 KW
Perdas Consumo Ponta	0	0	0	0,00000	115,0044 KWH
Perdas Consumo FPonta Ind.	0	0	0	0,00000	480,7194 KWH
Perdas Consumo FPonta Cap.	0	0	0	0,00000	147,7476 KWH
Perdas Demanda Ponta	0	0	0	0,00000	2,4936 KW
Perdas Demanda FPonta Ind.	0	0	0	0,00000	2,3736 KW
Perdas Demanda FPonta Cap.	0	0	0	0,00000	2,0160 KW
Perdas DMCR Ponta	0	0	0	0,00000	2,0952 KW
Perdas DMCR FPonta Ind.	0	0	0	0,00000	2,0604 KW
Perdas DMCR FPonta Cap.	0	0	0	0,00000	1,6152 KW
Perdas ERE Ponta	0	0	0	0,00000	0,2490 KWH
Perdas ERE FPonta Ind.	0	0	0	0,00000	2,2986 KWH
Perdas ERE FPonta Cap.	0	0	0	0,00000	6,8460 KWH

Fonte: Fatura de energia elétrica da empresa

Nessa modalidade, o consumo ativo de ponta é calculado somando a energia ativa de ponta com as perdas de consumo nesse mesmo período. Como exemplo, nos dados de leitura da empresa tem-se que: a quantidade apurada de energia ativa de ponta é 4.600,1760 kWh e a

quantidade apurada das perdas de consumo de ponta é 115,0044 kWh, resultando na quantidade faturada do consumo ativo de ponta de 4.715,1804 kWh, como já apresentado na Figura 16.

O consumo ativo fora de ponta indutivo e capacitivo são calculados somando as energias ativas fora de ponta com suas respectivas perdas de consumo, do mesmo modo feito para o consumo ativo de ponta.

Verifica-se também o valor da demanda. Caso a quantidade de demanda medida não esteja acima da demanda contratada, esse será o valor faturado de demanda na conta de energia. Em caso de ultrapassagem, verifica-se se o valor ultrapassado está dentro da porcentagem de 5% permitida, faturando então o valor máximo de demanda medido, caso contrário cobra-se o valor de ultrapassagem.

A energia reativa excedente soma a quantidade apurada da energia reativa de ponta com a energia reativa excedente fora de ponta, tanto capacitiva quanto indutiva, além das perdas de energia reativa excedente de ponta e das perdas de energia reativa excedente fora de ponta, capacitiva e indutiva.

Além disso, foi faturado um adicional de bandeira vermelha nesse período, que devido ao cenário hidrológico é a bandeira vigente, sendo adicionados R\$ 0,045 para cada kWh consumidos. Então, sendo consumidos 30.482,3274 kWh, incluindo tanto o consumo ativo de ponta quanto o consumo ativo fora de ponta (indutivo e capacitivo), o valor do adicional será de R\$ 1.371,70, como apresentado na fatura de energia elétrica da empresa.

Assim, o valores médios das tarifas cobrados pela concessionária EDP Bandeirante, são mostrados na Tabela 10 a seguir.

Tabela 10 – Valores TUSD e TE para modalidade horo-sazonal verde

Consumo (R\$/kWh)			
TE		TUSD	
Fora de ponta	Ponta	Fora de ponta	Ponta
0,23296355	0,37555548	0,08381065	0,54030452

Fonte: Fatura de energia elétrica da empresa

Observar-se que os valores cobrados dentro do horário de ponta são maiores que os valores para o horário fora de ponta. Para a tarifa de energia – TE, o valor no horário de ponta é aproximadamente 38% maior que no horário fora de ponta e para a tarifa de uso e distribuição – TUSD, dentro do horário de ponta o valor é 85% maior que no horário fora de ponta.

Tendo como base a redução dos custos quando há o deslocamento da produção para o horário fora de ponta, é proposto um estudo mais detalhado do consumo de energia ao longo de todos os dias do mês de novembro, estipulando um consumo máximo para o horário de ponta.

Portanto, após observar os gráficos de consumo dos dois dias em que a produção foi deslocada, é possível observar que o consumo dentro do horário de ponta fica próximo dos 30 kWh. Desse modo, fixou-se o consumo de energia para o horário de ponta como sendo 35 kWh, para haver uma margem de segurança caso algum dia o consumo seja maior.

Ou seja, fixa-se o valor de 35 kW para o horário de ponta. Como o horário de ponta compreende 3 horas, o consumo neste período deve ser no máximo de 105 kWh ($35\text{kW} \times 3\text{h}$). Portanto, no horário de ponta o consumo é fixado em 105 kWh, o restante da energia consumida neste horário é repassada para o horário fora de ponta.

Lembrando que aos finais de semana o consumo no horário de ponta não atinge 105 kWh, portanto não é necessário fazer esta subtração. Além disso, nota-se na Tabela 11 que no dia 27 de novembro o consumo no horário de ponta também não atinge o limite de 105 kWh, pois é o dia onde já havia ocorrido o deslocamento da produção para fora do horário de ponta.

Por exemplo, no dia três de novembro tem-se que o consumo de ponta é 363,6 kWh; assim, fixa-se 105 kWh para o horário de ponta, e a diferença de 258,6 kWh ($363,6 - 105$ kWh) é somada ao consumo fora de ponta (1113,1 kWh). Portanto, tem-se um valor consumido no horário fora de ponta de 1.371,7 kWh ($1113,1 + 258,6$). Esse cálculo foi feito para todos os dias do mês de novembro, refazendo os custos de energia para o mês de novembro.

Tabela 11 – Dados de consumo em kWh da empresa de recapagem de pneus

MEDIDOS			RECALCULADOS	
DATA	PONTA	FORA DE PONTA	PONTA	FORA DE PONTA
01/nov	46,5	319,3	46,5	319,3
02/nov	45,4	346,9	45,4	346,9
03/nov	363,6	1113,1	105,0	1371,7
04/nov	392,3	1278,3	105,0	1565,6
05/nov	256,8	1139,8	105,0	1291,6
06/nov	287,6	970,6	105,0	1153,2
07/nov	45,6	644,9	45,6	644,9
08/nov	44,1	286,6	44,1	286,6
09/nov	265,1	825,7	105,0	985,8
10/nov	233,6	1134,2	105,0	1262,8
11/nov	249,9	1617,9	105,0	1762,8
12/nov	193,9	1139,5	105,0	1228,4
13/nov	260,5	1012,5	105,0	1168,0
14/nov	45,5	699,3	45,5	699,3
15/nov	45,0	289,9	45,0	289,9
16/nov	253,5	921,2	105,0	1069,7
17/nov	221,1	1290,5	105,0	1406,6
18/nov	285,1	1217,5	105,0	1397,6
19/nov	269,5	1252,2	105,0	1416,7
20/nov	271,5	1179,6	105,0	1346,1
21/nov	45,3	654,4	45,3	654,4
22/nov	47,9	307,5	47,9	307,5
23/nov	245,0	789,7	105,0	929,7
24/nov	236,7	1116,2	105,0	1247,9
25/nov	214,8	927,1	105,0	1036,9
26/nov	181,9	927,7	105,0	1004,6
27/nov	66,4	1137	66,4	1137
28/nov	45,1	739,4	45,1	739,4
29/nov	36,5	333,4	36,5	333,4
30/nov	187,2	772,6	105,0	854,8
TOTAL	5382,9	26384,5	2508,3	29259,1

Fonte: Próprio Autor

Com os valores obtidos, através do medidor de energia e com o consumo já deslocado do horário de ponta, é possível recalcular o valor da fatura de energia, utilizando tanto a modalidade horo-sazonal azul, quanto a horo-sazonal verde. Assim, além de observar o ganho desse reajuste de consumo, é possível também determinar em qual modalidade tarifária o custo é menor, azul ou verde.

Para a modalidade horo-sazonal verde o cálculo do valor da fatura energética é dado por:

$$Total = CAP \times (TUSD + TE) + CFP \times (TUSD + TE) + Demanda \times TUSD + ERE \times TE \quad (3)$$

Onde, *CAP* é referente ao consumo ativo de ponta, *CFP* se refere a soma do consumo ativo fora de ponta indutivo e capacitivo, *Demanda* é a demanda faturável e *ERE* é a energia reativa excedente.

Devido a uma falha na comunicação do medidor de energia em algumas determinadas horas de alguns dias, utilizou-se para essas horas a média do consumo da hora anterior e posterior à falha. Portanto, as quantidades de consumo medidos mostrados na Tabela 10 divergem dos valores exibidos na fatura de energia elétrica da empresa de dezembro de 2015, onde o consumo ativo fora de ponta, somando capacitivo e indutivo, é 27.230,2812 kWh e o consumo ativo de ponta é 5.313,6738 kWh.

Além disso, para uma melhor comparação, foi recalculado o total gasto com energia elétrica para os valores medidos, exibidos na Tabela 9, assim como o total gasto após limitar o consumo dentro do horário de ponta em 105 kWh.

Para ambos os casos, se torna possível recalcular o valor da fatura energética, utilizando esses valores e aplicando-se as tarifas TUSD e TE especificadas na fatura de dezembro de 2015, mostradas na Figura 18 abaixo.

Figura 18 – Detalhes de Faturamento Dezembro 2015.

Detalhes de Faturamento				
Descrição	Quantidade Faturada	X (Preço Unitário-TUSD	+ Preço Unitário-TE)	Total (R\$)
Consumo Ativo Ponta	5.313,6738 KWH	0,55782000	0,40717000	5.127,64
Cons Ativo FPonta Ind.	20.909,5572 KWH	0,09627000	0,25814000	7.410,55
Cons Ativo FPonta Cap.	6.320,7240 KWH	0,09627000	0,25814000	2.240,13
Adicional Bandeira Vermelha				1.464,48
Demanda	105,0000 KW	6,89000000	0,00000000	723,45
ERE-Energia Reativa Excedente	303,3426 KWH	0,00000000	0,27056000	82,07

Fonte: Fatura de energia elétrica da empresa

Portanto, na Tabela 12 apresenta-se o total de consumo de ponta e fora de ponta, utilizando os valores medidos pelo aparelho instalado. O cálculo da demanda e de energia reativa excedente já foi apresentado anteriormente, assim como o adicional da bandeira vermelha.

Tabela 12 – Detalhes de Faturamento modalidade verde com os valores medidos

Descrição	Quantidade	TUSD	TE	Total (R\$)
CAP	5.382,9 kWh	0,55782	0,40717	5.194,44
CFP (ind+cap)	26.384,5 kWh	0,09627	0,25814	9.350,93
ERE	303,3 kWh	-	0,27056	82,07
Demanda	105,0 kW	6,89	-	723,45
Adicional	-	-	-	1.429,53
TOTAL				16.780,42

Fonte: Próprio Autor

Além dos custos já mostrados, para se calcular o valor total a pagar deve-se considerar os tributos (Federal, estadual e municipal), cobrados na conta de energia elétrica, que são o PIS/COFINS, o ICMS e a contribuição para iluminação pública. Para se determinar a base de cálculo para esses tributos, é necessário primeiramente definir o preço médio a ser cobrado por kWh, que é calculado da seguinte maneira:

$$\text{Preço Médio} = \frac{\text{Tarifa básica de energia}}{1 - [(PIS + COFINS + ICMS)]} \quad (4)$$

Onde a tarifa básica de energia é dada dividindo o valor total em R\$ pela quantidade total de energia elétrica fornecida em kWh. Tem-se para o caso estudado, o valor total de R\$16.780,42 e o total de energia elétrica faturada (CAP + CFP = 5.382,9 + 26.384,5) é de 31.767,4 kWh. Portanto, a tarifa básica de energia é 0,52822768 R\$/kWh.

O valor da alíquota de cada tributo é: PIS igual a 0,68%; CONFINS igual a 3,12%; e ICMS igual a 18%.

Com o valor da tarifa básica de energia é possível calcular o preço médio da energia, que é 0,675482967 R\$/kWh.

Assim, a base de cálculo para esses tributos é calculada multiplicando-se o preço médio da energia pela quantidade de energia faturada.

$$\text{Base de cálculo} = \text{Preço médio} \times \text{Qtd. Energia Faturada} \quad (5)$$

$$\text{Base de cálculo} = 0,675482967 \times 31.767,4 = 21.458,3376$$

Portanto, a base de cálculo é de R\$ 21.458,3376, podendo-se então aplicar os tributos a esse valor.

Tabela 13 – Tributos para os valores medidos na modalidade tarifária verde

Tributo	Base de Cálculo	Alíquota	Total
PIS	21.458.3376	0,68%	145,92
CONFINS	21.458.3376	3,12%	669,50
ICMS	21.458.3376	18,00%	3.865,50

Fonte: Próprio Autor

Além disso, deve-se acrescentar o CIP – Contribuição Municipal, que de acordo com a Lei Ordinária N° 3.323, tem como base de cálculo o valor mensal do consumo total de energia elétrica constante na fatura emitida pela empresa concessionária distribuidora, resultando em um adicional na fatura de energia elétrica. No caso do nosso estudo, aplica-se 5% ao total de consumo (CAP + CFP), que, da Tabela 12, tem-se: 5.194,44 + 9.350,93 = R\$ 14.545,37. Portanto, o adicional de 5% relativo a CIP é de R\$ 727,27.

Portanto, para o mês de novembro de 2015, utilizando a modalidade horo-sazonal verde com os valores medidos, o total gasto com energia elétrica é dado pela soma do total faturado apresentado na Tabela 12, com os tributos (PIS + COFINS + ICMS) apresentados na Tabela 13 e mais a CIP. Assim, tem-se: $16.780,42 + 145,92 + 669,50 + 3.865,50 + 727,27 = \text{R\$ } 22.188,61$, sendo esse o gasto com energia elétrica referente ao mês de novembro.

Agora, são refeitos os cálculos para os valores onde é colocado um limite para o consumo no horário de ponta, como mostrado na Tabela 13 abaixo.

Tabela 14 – Detalhes de Faturamento modalidade verde com os valores recalculados

Descrição	Quantidade	TUSD	TE	Total (R\$)
CAP	2.508,3 kWh	0,55782	0,40717	2.420,48
CFP (ind+cap)	29.259,1 kWh	0,09627	0,25814	10.369,72
ERE	303,3 kWh	-	0,27056	82,07
Demanda	105,0 kW	6,89	-	723,45
Adicional	-	-	-	1.429,53
TOTAL				15.025,25

Fonte: Próprio Autor

Como feito anteriormente, calcula-se o preço médio da energia elétrica, através da tarifa básica de energia e das alíquotas dos tributos. Tem-se então que a tarifa básica é dada pela divisão do total em R\$ da energia consumida (R\$ 15.025,25) pelo total em kWh (CAP + CFP = 2.508,30 + 29.259,10) e as alíquotas são apresentadas na Tabela 15 abaixo. Portanto, nesse caso o preço médio da energia é R\$ 0,604829941, e com isso encontra-se a base de cálculo para que seja possível calcular os tributos.

$$\text{Base de cálculo} = 0,604829941 \times 31.767,4 = 19.213,8747 \quad (6)$$

Tabela 15 – Tributos para os valores recalculados na modalidade tarifária verde

Tributo	Base de Cálculo	Alíquota	Total
PIS	19.213,87	0,68%	130,65
CONFINS	19.213,87	3,12%	599,47
ICMS	19.213,87	18,00%	3.458,50

Fonte: Próprio Autor

Para o cálculo do CIP, a partir da Tabela 14 encontra-se o total de consumo ($CAP + CFP = 2.420,48 + 10.369,72 = R\$ 12.790,02$), e aplica-se a taxa de 5% em cima desse valor. Portanto, o adicional devido ao CIP é R\$ 639,51.

Assim, o total da fatura de energia elétrica, com o deslocamento do consumo dentro do horário de ponta é dado pelo total apresentado na Tabela 13, somado com os tributos apresentados na Tabela 15. Tem-se então: $15.025,25 + 130,65 + 599,47 + 3.458,50 + 639,51 = R\$ 19.853,38$, sendo esse o valor da fatura de energia elétrica para esse caso, apresentando uma redução de aproximadamente 10,5% em relação ao total da conta de energia com os valores medidos.

Agora, com base no que foi feito para a modalidade horo-sazonal verde, são refeitos os cálculos para a modalidade horo-sazonal azul, utilizando tanto os valores medidos quanto os valores recalculados.

O total para tal modalidade é calculado da seguinte maneira:

$$Total = CAP \times (TUSD + TE) + CFP \times (TUSD + TE) + DPontaxTUSD + DFPontaxTUSD + ERExTE \quad (6)$$

O que diferencia do cálculo da tarifa horo-sazonal azul, é que no cálculo da demanda o valor do horário de ponta é diferente do horário fora de ponta. Com base na leitura dos dados, é estipulado um valor para a demanda nos diferentes horários, sendo para o horário de ponta fixada uma demanda contratada de 35 kW e para o horário fora de ponta de 105 kW, que já é a demanda contratada atualmente na modalidade tarifária verde. Assim, torna-se possível calcular esse total, aplicando TUSD e TE especificados pela Resolução Homologatória nº 1.973 de 20/10/2015 referente a Bandeirante Energia. Portanto, tem-se para os valores medidos, mostrados na Tabela 16.

Tabela 16 – Detalhes de Faturamento modalidade azul com os valores medidos

Descrição	Quantidade	TUSD	TE	Total (R\$)
CAP	5.382,9 kWh	0,55782	0,40717	5.194,44
CFP (ind+cap)	26.384,5 kWh	0,09627	0,25814	9.350,93
ERE	303,3 kWh	-	0,27056	82,07
Demanda Ponta	35,0 kW	19,00	-	665,00
Demanda FPonta	105,0 kW	6,89	-	723,45
Adicional	-	-	-	1.429,53
TOTAL (R\$)				17.445,42

Fonte: Próprio Autor

Para essa modalidade tarifária, o preço médio de energia é de 0,702252033 R\$/kWh. Portanto, o valor total da energia consumida será, levando em consideração o consumo de 31.767,4 kWh. Assim, a base de cálculo para os tributos aplicados é R\$ 22.308,7212 e as alíquotas são apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17- Tributos para os valores medidos na modalidade tarifária azul

Tributo	Base de Cálculo	Alíquota	Total (R\$)
PIS	22.308,7212	0,68%	151,70
CONFINS	22.308,7212	3,12%	696,03
ICMS	22.308,7212	18,00%	4.015,57

Fonte: Próprio Autor

Calculando o CIP, R\$ 727,27, para a modalidade horo-sazonal azul (utilizando-se os valores medidos), tem-se que o total do gasto com energia elétrica durante esse mês é R\$ 23.035,99.

Os valores de faturamento e os cálculos, utilizando os valores recalculados, ou seja, limitando o consumo no horário de ponta em 105 kWh, são mostrados na Tabela 18.

Tabela 18 – Detalhes de Faturamento modalidade azul com os valores recalculados

Descrição	Quantidade	TUSD	TE	Total (R\$)
CAP	2.508,3 kWh	0,55782	0,40717	2.420,48
CFP (ind+cap)	29.259,1 kWh	0,09627	0,25814	10.369,72
ERE	303,3 kWh	-	0,27056	82,07
Demanda Ponta	35,0 kW	19,00	-	665,00
Demanda FPonta	105,0 kW	6,89	-	723,45
Adicional	-	-	-	1.429,53
TOTAL (R\$)				15.690,25

Fonte: Próprio Autor

Assim, tem-se que o preço médio da energia elétrica para esse caso é de R\$ 0,631599008 e a base de cálculo para os tributos é R\$ 20.064,2583 e seus valores são mostrados na Tabela 19.

Tabela 19 – Tributos para os valores recalculados na modalidade tarifária azul

Tributo	Base de Cálculo	Alíquota	Total (R\$)
PIS	20.064,2583	0,68%	136,44
CONFINS	20.064,2583	3,12%	626,00
ICMS	20.064,2583	18,00%	3611,57

Fonte: Próprio Autor

Portanto, adicionando o valor do CIP (R\$ 639,51), tem-se que o valor total da fatura de energia elétrica com os valores recalculados, para a modalidade tarifária azul, é de R\$ 20.703,77. Comparando com o valor total, utilizando-se os valores medidos, obtém-se uma redução de aproximadamente 10%.

A Tabela 19 mostra a comparação entre os valores medidos e recalculados para ambas as modalidades, onde o valor total Verde medido representa a situação atual da empresa, ou seja, com a modalidade Verde e demanda contratada de 105 kW. Já o valor representado por Azul Medido seria se a empresa optasse pela modalidade Azul e mantivesse 105 kW de. Os

valores referente a coluna Recalculado quando a produção da empresa fosse deslocada para o horário fora de ponta, onde a demanda na ponta foi limitada a 35 kW.

Tabela 20 – Comparação entre as modalidades tarifárias verde e azul

	Verde		Azul	
	Medido	Recalculado	Medido	Recalculado
TOTAL (R\$)	22.168,61	19.853,38	23.035,99	20.703,77

Fonte: Próprio Autor

Observando os dados apresentados na Tabela 20 acima, percebe-se que o gasto com energia elétrica quando se aplica a modalidade Azul, utilizando os valores medidos, é maior do que quando se aplica a modalidade Verde. Além disso, é possível perceber uma redução significativa para ambas as modalidades, comparando os valores medidos e recalculados após o deslocamento da produção para o horário fora de ponta. No entanto, o valor final da modalidade tarifária verde, recalculando a fatura de energia elétrica, é menor se comparado a modalidade Azul, se tornando mais adequada para a empresa em estudo.

4. CONCLUSÃO

Com a análise apresentada, é possível observar a extrema importância de se aplicar um estudo de eficiência energética no setor industrial. No caso da empresa em questão, notou-se alguns pontos relevantes durante o estudo para obter resultados significativos, tanto na redução de gastos com energia elétrica quanto no próprio alinhamento da produção.

Através de todas as etapas realizadas ao longo do trabalho, notou-se, além da presença de cargas de elevado consumo, como os compressores, que grande parte desse consumo de energia elétrica se encontrava dentro do horário de ponta, devido ao funcionamento e diferencial da empresa, sendo este o período onde o preço da energia é maior.

Durante o desenvolvimento do trabalho, é possível observar a extrema importância do conceito de eficiência energética nos dias atuais, devido à grande crise que o setor energético vem sofrendo.

Realizou-se uma análise da fatura de energia elétrica do mês de dezembro, referente ao consumo do mês de novembro. Assim, através dos dados obtidos do analisador de energia, fixou-se um valor de consumo máximo para o horário de ponta como sendo de 35 kWh. Portanto, durante o horário de ponta, composto por três horas, o consumo seria fixado em 105 kWh, exceto aos finais de semana onde esse valor não é atingido. Dessa maneira, se tornou possível recalcular o valor da fatura de energia elétrica quando há o deslocamento da produção, tanto para a modalidade tarifária horo-sazonal azul, quanto para a modalidade horo-sazonal verde, já considerando os tributos estipulados para o consumo de energia elétrica.

Para a modalidade horo-sazonal verde, onde não há distinção para o valor da demanda ao longo do dia, considera-se a demanda contratada de 105 kW. Considerando uma limitação de 35 kW no horário de ponta, e portanto uma limitação de 105 kWh ($35\text{kW} \times 3\text{h}$) no consumo deste horário, sendo que o restante do consumo verificado no horário de ponta é computado para o horário fora de ponta, observa-se uma redução de 10,5%, se comparado com o valor da conta de energia utilizando os valores medidos e sem que haja limitação de consumo no horário de ponta. Tal redução se deve ao fato de que houve um menor consumo de energia no horário de ponta, que possui uma tarifa mais elevada.

Na estrutura tarifária azul, existem valores diferentes de demanda contratada para o horário de ponta e o horário fora de ponta, e neste caso foram fixadas em 35 kW e 105 kW, respectivamente. Com isso, realizando os cálculos necessários, observa-se que houve uma redução na fatura de energia elétrica, comparado com o valor calculado utilizando os dados fornecidos pelo medidor de energia.

Portanto, notou-se que para ambos os casos houve uma redução significativa no custo final mensal com energia elétrica, se comparando os valores medidos e recalculados da fatura de energia. No entanto, apesar da diferença entre os valores da modalidade verde ser menor que a diferença da modalidade azul, analisando ao longo do período de 12 meses, o gasto anual seria menor para a modalidade tarifária verde, tornando essa modalidade mais adequada para a empresa em estudo.

Com isso, conclui-se que uma boa alternativa para a redução dos gastos com energia elétrica nessa empresa é realizar o deslocamento da produção para o horário fora de ponta, já que o valor da energia é mais barato durante esse período, além de adotar a modalidade tarifária verde vigente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **NOTA TÉCNICA 360/2010**: Estrutura Tarifária para o Serviço de Distribuição de Energia Elétrica. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Perdas de energia**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=801>>. Acesso em: 12 fev. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO NORMATIVA 414/2010**: Condições gerais de fornecimento de energia elétrica. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA (ABRADEE). **Sistema Interligado**. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/sistema-interligado>>. Acesso em: 18 jan. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. **Visão geral do setor**. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor>>. Acesso em: 18 jan. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tarifas de energia**. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/tarifas-de-energia/tarifas-de-energia>>. Acesso em: 18 jan. 2015.

BANDEIRANTE ENERGIA. **Resolução Homologatória Nº 1.973**. 2015. Disponível em: <http://www.edp.com.br/distribuicao/edp-bandeirante/informacoes/grandes-clientes/tarifas_de_fornecimento/Documents/TABELA_DE_TARIFAS_MT_PREÇOS_ABERTOS_23_10_2015.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2016.

BORBA, Rafael. **Smart Grid e Carros Elétricos – Influência da carga de carros elétricos sobre o sistema elétrico**. 2011. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2011.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA ELÉTRICA. **Manual da eficiência energética na indústria**. [s.l]: Companhia Paranaense de Energia Elétrica, 2005. 155 p.

LEITE, Nelson Fonseca. **Bandeiras Tarifárias: o uso inteligente da energia elétrica**. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/escolha-abradee-para-voce/artigos-e-publicacoes/1056-bandeiras-tarifarias-o-uso-inteligente-da-energia-eletrica-artigo-nelson-f-leite-correio-braziliense>>. Acesso em: 25 jan. 2015.

MAMEDE FILHO, JOÃO. **Instalações Elétricas Industriais**. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MANUAL DE TARIFICAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. [s.l]: Eletrobras Procel, ago. 2011.

Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro**. 2015. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

MOSKO, Juliano Marcos; PILATTI, Luiz Alberto; PEDROSO, Bruno. Eficiência Energética na Indústria: elaboração e planejamento de programas de conservação de energia. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, [s.l], v. 2, n. 1, p.1-7, abr. 2010.

NAGAYOSHI, Henrique Kido. **Estudo e Análise do Risco e da Viabilidade econômica do mercado cativo e do mercado livre de energia elétrica no terceiro ciclo tarifário**. 2012. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2012.

SANTOS, Emerson Osório dos. **Medidores Inteligentes – Desafios e benefícios com sua implantação**. 2013. 60 f. Monografia (Especialização) – Gestão da Qualidade de Energia em Sistemas Elétricos de Potência, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2013.

SOUZA, Rodrigo Tiago Gonçalves de. **Análise do consumo de energia elétrica e da eficiência energética em uma indústria de processamento de madeira**. 2010. 100 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Madeireira, Universidade Estadual Paulista, Itapeva, 2010.