

Eficiência Energética em Instalações Hospitalares: Um Estudo de Caso

Wanderson de Sousa Borges
Dep. De Engenharia e Tecnologia
Universidade Federal Rural do Semi-
Árido
Mossoró, Brasil
E-mail: wanderson_wxr@hotmail.com

Herick Talles Queiroz Lemos
Dep. De Engenharia e Tecnologia
Universidade Federal Rural do Semi-
Árido
Mossoró, Brasil
E-mail: herick.lemos@ufersa.edu.br

Resumo — O conceito de eficiência energética tem como base a utilização da energia elétrica objetivando seu aproveitamento máximo e consequente aumento da confiabilidade dos sistemas elétricos como um todo. Os Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) ou ambientes hospitalares requerem uma demanda e confiabilidade muito grandes quanto ao fornecimento de energia elétrica, pois muitas atividades fundamentais necessitam do fornecimento de energia elétrica. Neste contexto, a realização do estudo baseia-se na identificação dos principais fatores que afetam diretamente no uso ineficiente do consumo de energia elétrica, e aplicação de metodologias e técnicas de intervenção. O estudo foi realizado no Hospital Maternidade Almeida Castro (HMAC) administrado pela Associação de Proteção a Maternidade e Infância de Mossoró (APAMIM), localizado na cidade de Mossoró no estado do Rio Grande do Norte. Grandes potenciais de conservação de energia foram notados através dos resultados da metodologia aplicada nos sistemas, de condicionamento de ar e iluminação, e também com análise tarifária e do uso do gerador.

Palavras-chave — eficiência energética, ambientes hospitalares, fornecimento de energia elétrica.

I. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda energética é caracterizado pelo crescimento econômico e tecnológico, em razão da melhoria de vida dos indivíduos [1]. Assim, a energia elétrica, bem como o uso eficiente da mesma tem se tornado uma preocupação mundial, pois atinge diretamente no desenvolvimento socioeconômico da população. Diante do cenário energético o custo de produção, transmissão e distribuição são elevados, tornando-se inviável o desperdício destes recursos, e sendo necessário o aproveitamento máximo dos mesmos [2]. A eficiência energética consiste em alternativas e técnicas que visam a otimização dos processos a partir do uso eficiente da energia elétrica, sem comprometer o desempenho produtivo e a qualidade de vida. Além do melhor aproveitamento e menor custo da energia elétrica, as técnicas de eficiência energética buscam otimizar a utilização das fontes de energia. O consumo eficiente, provoca a redução da demanda pelo sistema interligado permitindo a diminuição do despacho de usinas mais onerosas e de maior impacto ambiental e minimizando as perdas técnicas por transformação e transmissão [3].

Os ambientes hospitalares são edificações que exigem uma demanda de energia elétrica muito grande, no qual boa parte dos setores são destinados ao atendimento direto de pacientes, e que são assegurados por equipamentos que dependem da energia elétrica [3]. Dessa forma, o sistema elétrico é responsável por garantir a atividade de diversos outros sistemas e equipamentos, os quais dão suporte aos

processos administrativos, procedimentos clínicos e assistenciais do hospital [4]. No setor hospitalar cerca de 23,7% dos custos são destinados a operação e manutenção com energia elétrica, possibilitando a viabilidade de desenvolvimento de projetos de eficiência energética (PEE).

O PEE consiste em metodologias e procedimentos que necessitam de iniciativas provenientes da parte administrativa da instituição, e que a partir de um plano de melhorias devem apontar as principais ações a serem aplicadas mediante os resultados obtidos através das avaliações realizadas [5]. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo apresentar os resultados do PEE aplicado através das análises efetuadas no Hospital Maternidade Almeida Castro, que conta com cerca de quase 200 leitos sendo classificado como hospital de médio porte e anualmente realizam cerca de 7 mil partos, sendo 49% de Mossoró e 51% das demais cidades da região do Oeste do Rio Grande do Norte. Vale destacar, que 25% dos partos efetuados são de alto risco, isto é, com bebês prematuros ou de baixo peso [6].

Com o objetivo de reduzir os desperdícios e gastos com energia no setor hospitalar, este trabalho apresenta a aplicação e proposição de metodologias desenvolvidas para uso eficiente da energia elétrica, baseadas na avaliação dos principais sistemas causadores de perdas e avaliação do modelo tarifário.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção são apresentados os estudos de embasamento acerca dos principais tópicos abordados no trabalho.

A. Sistema de Condicionamento de Ar

O sistema de condicionamento de ar consiste em controlar as características do ar, como temperatura, umidade e pureza e fluxo proporcionando uma melhor climatização. O sistema de distribuição de ar pode ser de dois tipos, simples ou múltiplo, a distribuição simples atende apenas um único ambiente, enquanto que o múltiplo atende diversos recintos através de controles individuais. O sistema de distribuição simples é aplicado em grande parte das edificações, os aparelhos predominantes para esse tipo de sistema são os condicionadores de ar tipo janela e *split* [5].

Os equipamentos condicionadores de ar do tipo janela são aplicados em contato direto com o espaço a ser climatizado, sendo, portanto, instalados diretamente nas paredes ou em vãos de janelas. Apesar de possuírem uma estrutura compacta, apresentam o condensador e o evaporador que são responsáveis por filtrar, resfriar ou aquecer, e por fim devolver o ar climatizado ao ambiente.

Dessa forma, é necessário possuir também o contato direto com o ambiente externo, diminuindo assim sua flexibilidade [5].

Os condicionadores de ar *split* são aparelhos bem adaptáveis ao ambiente, podendo ser inseridos no teto ou até embutidos no forro, dado que seu compressor e o condensador possuem uma maior flexibilidade quanto a sua aplicação, também produzem um baixo nível de ruído. Apresentam uma maior flexibilidade quanto a capacidade de refrigeração, que varia de 7.500 a 60.000 Btu/h.

B. Sistema de Iluminação

O sistema de iluminação é essencial nos hospitais, pois tem como objetivo trazer conforto visual e melhorar as condições de trabalho, principalmente nas atividades médicas e administrativas em geral. Em geral, a iluminação artificial das edificações hospitalares são formadas por lâmpadas incandescentes, fluorescentes e *Light Emitting Diode* (LED).

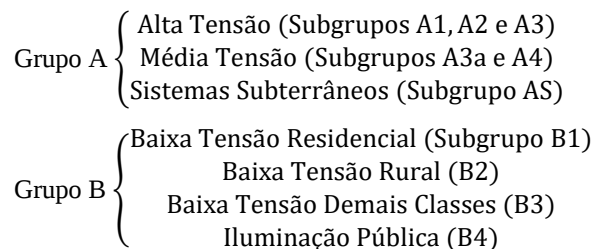
Nas lâmpadas incandescentes a luminosidade é gerada a partir da radiação emitida pelo filamento de tungstênio, na qual é produzida pela elevação da temperatura provocada pela passagem de corrente. Assim, apenas 5% da energia absorvida é convertida em luz, enquanto os outros 95% são convertidos em calor. Atualmente não é mais utilizada devido sua baixa eficiência, sendo assim, substituída a princípio por lâmpadas fluorescentes [7].

A energia luminosa emitida pelas lâmpadas fluorescentes são feitas através de descargas elétricas que provocam a ionização do gás nobre, presente no interior do tubo cilíndrico, e a excitação do fósforo, que cobre a superfície interna do tubo. No entanto, ainda requerem alguns componentes adicionais, como reatores, *starter* e circuitos eletrônicos integrados, para realizar o seu acionamento. Com isso, a energia emitida produz menos calor e mais energia luminosa, e menor consumo de energia (cerca de 80% menos que as incandescentes) tornando-as mais eficientes, além de possuir maior durabilidade [7].

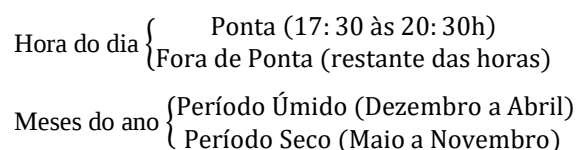
Atualmente as lâmpadas com tecnologia LED (*Light Emitting Diodes* ou Diodo Emissor de Luz) possuem maior eficiência quando comparadas com os demais tipos de lâmpadas, o diodo consiste em um material semicondutor que tem sua condutividade baseada no processo de dopagem e a emissão de luz é realizado a partir do fenômeno denominado eletroluminescência. Possuem um baixo consumo de energia, grande eficiência luminosa e maior vida útil que as outras lâmpadas, também não emitem calor convertendo mais de 80% da energia em luz, proporcionando maior eficiência dos equipamentos condicionadores de ar [8].

C. Análise Tarifária

O sistema tarifário consiste em um conjunto de tarifas aplicáveis utilizando como parâmetros o consumo e a demanda ativa de energia. Estas tarifas são determinadas conforme o grupo tarifário dos consumidores, que possuem sua classificação baseada na faixa de tensão de fornecimento, sendo classificados em dois grupos tarifários principais, Grupo A ($\leq 2,3$ kV) e Grupo B ($< 2,3$ kV), os quais são divididos em subgrupos conforme abaixo [9]:



Os consumidores do Grupo A possuem uma tarifa denominada tarifa binômica composta pela tarifa referente ao consumo e a tarifa referente a demanda. Quanto ao Grupo B, apresenta o modelo de tarifa monômica no qual os consumidores são tarifados apenas pelo consumo, no entanto, conta com o modelo de tarifa convencional, ou tarifa Branca. Ainda no Grupo A, na tarifa binomial são incluídas as tarifas relacionadas as faixas de operação, que consideram a hora do dia e mês do ano [9]:



As faixas de operação são incluídas de acordo com os tipos de modalidades de fornecimento tarifário, sendo categorizados conforme abaixo:



A Fig. 1 descreve a estrutura tarifária em conformidade com os grupos tarifários e suas respectivas modalidades de fornecimento.

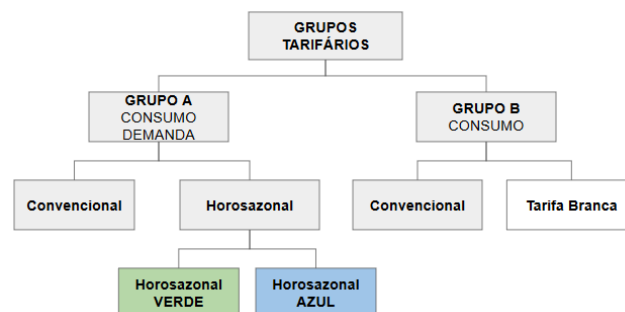


Fig. 1. Resumo da estrutura tarifária. Fonte: Autoria própria, 2020.

III. METODOLOGIA

Foram definidas metodologias de avaliação energética nos sistemas que influenciam significativamente na eficiência da utilização da energia. No setor hospitalar, a maior parte da energia elétrica consumida corresponde aos sistemas de iluminação e condicionamento de ar.

Baseado nesta característica de consumo energético, esses sistemas foram definidos como principais modelos para o diagnóstico energético dentre os demais sistemas consumidores de energia elétrica. Além disso, foi elaborado uma avaliação eficiente da qualidade de energia e do modelo tarifário contratado vigente.

A. Sistema de Condicionamento de Ar

Os principais aparelhos de ar condicionado consistem no principal sistema de condicionamento de ar em grande parte dos hospitais. Com isso, a norma brasileira Tratamento de Ar

em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) (NBR-7256/2005) estabelece as condições de climatização dos ambientes hospitalares separados por setores, sendo de maneira geral, a temperatura nos diversos setores varia de 18 a 30 °C, sendo o mínimo e o máximo respectivamente.

Nesse contexto, foi adotado como metodologia o cálculo simplificado de carga térmica conforme descrito no formulário do anexo A, da NBR-5858 que estabelece os padrões mínimos de qualidade e capacidade dos condicionadores de ar domésticos, e compará-lo com a carga térmica instalada [10].

A realização do cálculo partiu do levantamento geral de carga do hospital consistindo em inspeções a todos os setores, e coletando informações de projetos arquitetônicos e elétricos disponíveis, visando analisar a quantidade, os tipos e a potência dos aparelhos condicionadores de ar existentes no hospital, assim como as características dos ambientes e da instalação que influenciam diretamente nas condições térmicas.

Com base no levantamento de carga, preferiu-se destacar alguns setores de interesse: UTI Adulto, UTI Neo, Centro Cirúrgico, Ucinco e o Centro Obstétrico. Adiante, no cálculo da carga térmica foram avaliados as seguintes características dos setores:

- Janelas = Quantidade, dimensões e suas orientações geográficas.
- Piso = Tipo de piso, alocado ou não alocado sobre o solo, e dimensões.
- Teto = Tipo de teto, laje ou telhado isolado ou não isolado, e dimensões.
- Quantidade de Pessoas = Em atividade intensa ou não.
- Iluminação e Aparelhos = Potência dos equipamentos.
- Portas e vãos = Dimensões.

Com a coleta destes dados foi obtido o valor da carga térmica em kcal/h e a potência de refrigeração em BTU/h para cada setor analisado, e por fim comparou-se com a potência de refrigeração dos aparelhos condicionadores ar instalados em cada setor.

B. Sistema de Iluminação

O consumo energético desse sistema é bem significativo, quando se refere ao consumo total da instalação, de maneira que a análise desse sistema é fundamental para a aplicação de propostas de eficiência energética. Diante disso, o diagnóstico energético desenvolvido para o sistema de iluminação foi fundamentado também no levantamento de carga, feito por meio de inspeções e análise de projetos existentes de modo a coletar os dados de potência, quantidade, o ciclo de operação e os tipos de lâmpadas presentes no hospital.

Concluída a fase de aquisição dos dados descritos, efetuou-se a análise de viabilidade energética e econômica considerando dois cenários distintos. O cenário atual, que conta com os tipos de lâmpadas existentes, e o outro considerando a situação de *retrofit* completo do sistema de iluminação.

A análise de viabilidade econômica teve como parâmetros a demanda e o consumo do sistema de iluminação em cada quadro analisado.

C. Análise Tarifária

A análise tarifária teve como princípio avaliar a viabilidade econômica da modalidade tarifária atual e comparar com outros modelos disponíveis. Para esse estudo foi observado os valores de demanda e consumo, nos horários de ponta e fora da ponta, ao longo de 12 meses. E assim, determinar a melhor modalidade tarifária e demanda a serem contratadas.

Também foi realizado a análise de viabilidade de acionamento do gerador em rampa com a rede da concessionária no horário de ponta. A partir disso, o estudo foi feito por meio da observação da memória de massa de modo a verificar o comportamento de consumo ao longo do dia, principalmente no horário de ponta.

IV. RESULTADOS

Nesta seção estão apresentadas as respostas encontradas a partir da aplicação da metodologia proposta para cada tópico trabalhado.

A. Sistema de Condicionamento de Ar

O cálculo simplificado de carga térmica teve como propósito analisar potência de refrigeração necessária para se obter o conforto térmico, logo esta análise observou os fatores que induzem alterações térmicas no ambiente. Inicialmente foram observados os tipos de ar condicionados presentes nos setores estudados, a partir disso verificou-se que todos os setores possuíam ar condicionados do tipo *split* convencional.

Para o estudo foi considerado o fator térmico geográfico, no qual para a região de Mossoró/RN equivale a 0,95 conforme verificado no mapa geográfico no Anexo B, da NBR-5858. Foi aplicado um fator térmico correspondente igual 2 para potência de lâmpadas fluorescentes, e outro fator térmico de 0,86 para a potência de lâmpadas LED e aparelhos elétricos, para condizer com a realidade atual de emissão térmica dos equipamentos. A Fig. 2 mostra o mapa geográfico indicando os fatores ao longo de cada região.



Fig. 2. Mapa geográfico para cálculo térmico. Fonte: Adaptado de ULTRASERVICE.

No setor UTI Adulto foi considerado um ambiente de 77,93 m² segundo o projeto arquitetônico, sem a presença de janelas e com um número de 15 pessoas sem atividades excessivas. Os vãos ou portas constantemente abertas possuem uma área total de 17,01 m², e a potência de iluminação é de 2985 W. Na Fig. 3, é apresentado o percentual de carga térmica para cada fator considerado. Os fatores de piso e teto foram semelhantes para ambas UTI's, Adulto e Neo, considerando o piso diretamente alocado sobre o solo, e o teto entre andares.

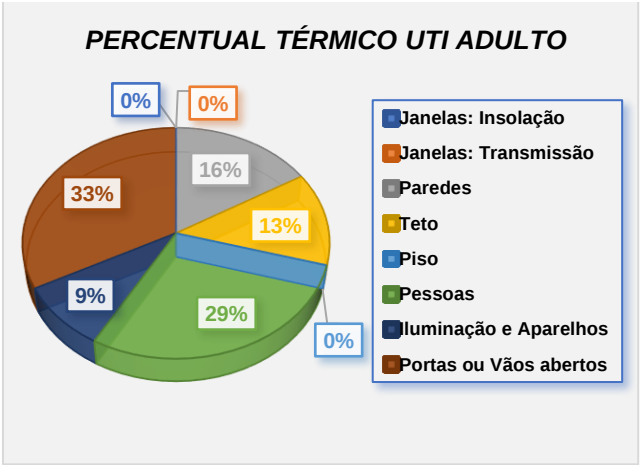


Fig. 3. Fatores térmicos do setor UTI Adulto. Fonte: Autoria, 2020.

Na Tabela I, são observados os resultados de carga térmica em kcal/h e a potência de refrigeração em BTU/h para o setor da UTI Adulto, além de mostrar a eficiência do sistema comparando a potência de refrigeração dos condicionadores instalados no setor.

TABELA I. CARGA TÉRMICA DO SETOR UTI ADULTO.

Carga Térmica (Kcal/h)	31.158
Potência de Refrigeração (BTU/h)	123.637
Quantidade de BTU/h instalados	118.000
Eficiência	95,44%

Fonte: Autoria própria, 2020.

Para o setor UTI Neo considerou-se um ambiente de 119,07 m² contendo apenas uma janela orientada o nordeste, uma quantidade de 25 pessoas sem atividade intensa e uma potência de 1038 W, referente a iluminação. Na Fig. 4 é possível observar o percentual de cada fator. Adiante, na Tabela II são apresentados os resultados dos cálculos feitos para o setor.

TABELA II. CARGA TÉRMICA DO SETOR UTI NEO.

Carga Térmica (Kcal/h)	32.090
Potência de Refrigeração (BTU/h)	127.333
Quantidade de BTU instalados	120.000
Eficiência (%)	94,24%

Fonte: Autoria própria, 2020.

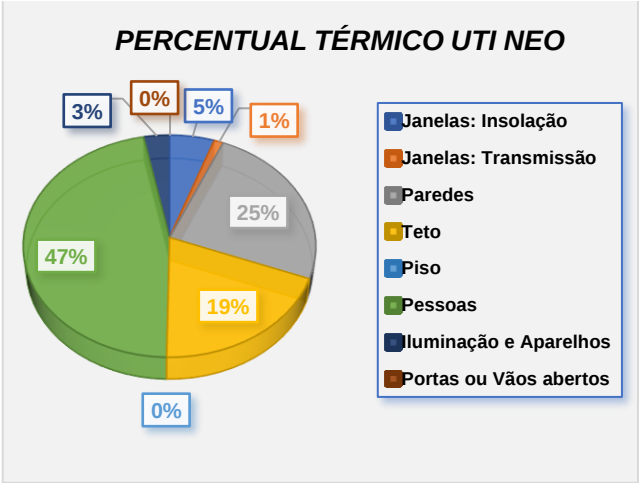


Fig. 4. Fatores térmicos do setor UTI Neo. Fonte: Autoria, 2020.

O Ucinco possui uma área de 126,42 m², com 8 janelas, uma na direção Nordeste e 7 na direção Noroeste, e conta com cerca de 20 pessoas em atividade leve, e uma potência de 1564 W. O piso foi considerado não alocado sobre o solo, e o teto sob telhado isolado. Os percentuais dos parâmetros são mostrados na Fig. 5, e logo em seguida, na Tabela III são apresentados os resultados finais do cálculo térmico.

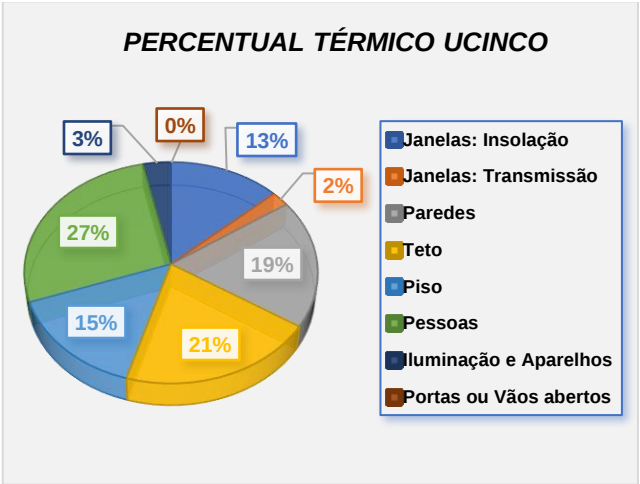


Fig. 5. Fatores térmicos do setor UCINCO. Fonte: Autoria, 2020.

TABELA III. CARGA TÉRMICA DO SETOR UCINCO.

Carga Térmica (Kcal/h)	44.146
Potência de Refrigeração (BTU/h)	175.171
Quantidade de BTU/h instalados	88.000
Eficiência	50,24%

Fonte: Autoria própria, 2020.

Os setores do Centro Cirúrgico e Obstétrico são constituídos várias salas de cirurgia e de recuperação, assim cada área foi analisada de forma independente. Nas Tabela IV e V são apresentados as características e considerações feitas para cada ambiente.

TABELA IV. CARGA TÉRMICA DO SETOR CENTRO CIRÚRGICO.

	Sala de Recuperação	Sala de Cirurgia 1	Sala de Cirurgia 2	Sala de Cirurgia 3
Área (m²)	61,55	38,42	24,1	24,1
Janelas	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui
Qtd. de Pessoas	10	7	7	7
Teto	Entre andares	Entre andares	Entre andares	Entre andares
Piso	Direto no solo	Direto no solo	Direto no solo	Direto no solo
Potência de Iluminação (W)	244	172	79	79
Portas e Vãos (m²)	3,36	Não possui	Não possui	Não possui

Fonte: Autoria própria, 2020.

TABELA V. CARGA TÉRMICA DO SETOR CENTRO OBSTÉTRICO.

	Sala de Recuperação	Sala de Cirurgia 1	Sala de Cirurgia 2	Sala de Cirurgia 3	Sala de Cirurgia 4
Área (m²)	42,82	14,15	14,15	20,5	24,5
Janelas	3	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui
Qtd. de Pessoas	10	5	5	5	5
Teto	Sob telhado isolado	Sob telhado isolado	Sob telhado isolado	Sob telhado isolado	Sob telhado isolado
Piso	Não alocado no solo	Não alocado no solo	Não alocado no solo	Não alocado no solo	Não alocado no solo
Potência de Iluminação (W)	103	75	75	75	75
Portas e Vãos (m²)	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui

Fonte: Autoria própria, 2020.

A sala de recuperação, pertencente ao Centro Obstétrico possui todas suas janelas orientadas para o nordeste. Os resultados calculados, de carga térmica para os dois setores podem ser observadas nas Tabelas VI e VII.

TABELA VI. CARGA TÉRMICA DO SETOR CENTRO CIRÚRGICO.

	Sala de Recuperação	Sala de Cirurgia 1	Sala de Cirurgia 2	Sala de Cirurgia 3
Carga Térmica (Kcal/h)	15.153	8.749	7.302	6.920
Potência de Refrigeração (BTU/h)	60.128	34.716	28.973	27.459
Qtd. de BTU instalados	44.000	44.000	22.000	22.000
Eficiência	73,18 %	126,74 %	75,93 %	80,12 %

Fonte: Autoria própria, 2020.

TABELA VII. CARGA TÉRMICA DO SETOR CENTRO OBSTÉTRICO.

	Sala de Recuperação	Sala de Cirurgia 1	Sala de Cirurgia 2	Sala de Cirurgia 3	Sala de Cirurgia 4
Carga Térmica (Kcal/h)	17.590	6.648	7.244	6.752	6.955
Potência de Refrigeração (BTU/h)	69.798	26.380	28.744	26.793	27.596
Qtd. de BTU instalados	48.000	18.000	18.000	18.000	18.000
Eficiência	68,77 %	68,23 %	62,62 %	67,18 %	65,23 %

Fonte: Autoria própria, 2020.

B. Sistema de Iluminação

O ciclo de operação das lâmpadas foi obtido através de entrevistas com alguns funcionários, com isso considerou-se um ciclo de 24 horas, pois consiste no ciclo predominante em grande parte do hospital. Foram identificados um total de 616 pontos de iluminação, dos quais 294 são lâmpadas fluorescentes de 40 W e 322 lâmpadas de LED, com diferentes potências, porém a maior parte são de 18 W.

Obteve-se então, uma potência total instalada de 17,65 kW que multiplicando pela quantidade de horas mensais e anual de operação do sistema, obteve-se um consumo mensal de 12.708 kWh e um consumo anual de 152.496 kWh. O mesmo cálculo foi realizado aplicando um cenário de uso total de lâmpadas LED com potência de 18W. Na Tabela VIII é mostrada a análise geral e percentual para cada cenário.

TABELA VIII. COMPARAÇÃO DE CONSUMO MENSAL E ANUAL E DEMANDA.

Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
Potência Total (kW)	17,65	11,17
Consumo mensal (kWh/mês)	12.708,0	8.043,8
Consumo anual (kWh/ano)	152.496,0	96.526,1
Percentual de Iluminação		
Demanda	9,56%	6,05%
Consumo	16,44%	10,40%

Fonte: Autoria própria, 2020.

A verificação de viabilidade econômica foi feita baseada na modalidade tarifária atual do hospital, a modalidade Horosazonal Verde A4. Como a modalidade tem tarifas diferentes para demanda e consumo, o mesmo acontece para horários de ponta e fora de ponta, mas apenas no caso do consumo. A partir disso, foram aplicadas tarifas distintas para o consumo conforme os horários de ponta e fora de ponta. A Tabela IX, apresenta comparativo com os valores de tarifas aplicadas para demanda e consumo, e também a economia gerada pelo *retrofit*.

TABELA IX. VIABILIDADE ECONÔMICA DE ILUMINAÇÃO.

		Tarifa	Valores	Total
Cenário 1	Consumo Fora de Ponta (kWh)	11.119,50	R\$ 0,35	R\$ 3.891,83
	Consumo na Ponta (kWh)	1.588,50	R\$ 2,12	R\$ 3.367,62
	Demanda (kW)	17,65	R\$ 24,46	R\$ 431,72
Cenário 2	Consumo Fora de Ponta (kWh)	7.038,36	R\$ 0,35	R\$ 2.463,43
	Consumo na Ponta (kWh)	1.005,48	R\$ 2,12	R\$ 2.131,62
	Demanda (kW)	11,17	R\$ 24,46	R\$ 273,27
	Economia mensal (R\$/mês)			R\$ 2.822,85
	Economia anual (R\$/ano)			R\$ 33.874,24

Fonte: Autoria própria, 2020.

C. Análise Tarifária

Na análise de modalidade tarifária foram examinadas as faturas de energia, de março de 2018 a abril de 2019, em um período de 12 meses. A partir disso, foram coletados os dados de demanda e consumo, e aplicadas as tarifas vigentes pela concessionária durante o desenvolvimento do estudo. Assim, foram feitas simulações para as modalidades, Horosazonal Azul e Verde, com o objetivo de determinar a viabilidade e a demanda a ser contratada. Os valores das tarifas, de consumo e demanda avaliados encontram-se presentes nas Tabelas X, XI e XII.

TABELA X. TARIFAS APLICADAS.

HOROSAZONAL VERDE	CONSUMO FORA DE PONTA	R\$ 0,35
	CONSUMO NA PONTA	R\$ 2,12
	DEMANDA	R\$ 24,46
	ULTRAPASSAGEM	R\$ 49,92
HOROSAZONAL AZUL	CONSUMO FORA DE PONTA	R\$ 0,28
	CONSUMO NA PONTA	R\$ 0,44
	DEMANDA FORA DE PONTA	R\$ 24,46
	DEMANDA NA PONTA	R\$ 49,92
	ULTRAPASSAGEM FORA DE PONTA	R\$ 51,43
	ULTRAPASSAGEM NA PONTA	R\$ 102,86

Fonte: Autoria própria, 2020.

TABELA XI. DADOS DE CONSUMO.

Mês/Ano	Consumo FP (kWh/mês)	Consumo NP (kWh/mês)	Consumo Total (kWh/mês)
mai/18	68.643,84	6.978,73	75.622,57
jun/18	60.156,84	6.638,92	66.795,76
jul/18	68.700,42	7.451,15	76.151,57
ago/18	69.610,62	7.778,01	77.388,63
set/18	66.786,54	6.989,45	73.775,99
out/18	76.732,32	7.562,29	84.294,61
nov/18	73.509,72	7.485,80	80.995,52
dez/18	71.418,72	7.587,01	79.005,73
jan/19	75.010,32	7.487,80	82.498,12
fev/19	68.702,88	7.343,94	76.046,82
mar/19	65.379,42	6.705,32	72.084,74
abr/19	75.583,50	7.500,79	83.084,29
MÉDIA	70.019,60	7.292,43	77.312,03

Fonte: Autoria própria, 2020.

TABELA XII. DADOS DE DEMANDA.

Mês	Demanda Contratada	Demanda FP	Demanda NP	Demanda ultrapassagem
mai/18	140,00	175,75	159,02	35,75
jun/18	140,00	165,31	157,05	25,31
jul/18	140,00	177,51	154,19	37,51
ago/18	140,00	187,55	156,75	47,55
set/18	140,00	180,17	163,45	40,17
out/18	140,00	188,73	172,01	48,73
nov/18	140,00	192,07	157,14	52,07
dez/18	140,00	200,24	178,60	60,24
jan/19	140,00	198,47	156,75	58,47
fev/19	140,00	180,86	158,13	40,86
mar/19	140,00	183,91	157,93	43,91

abr/19	140,00	185,09	157,44	45,09
MÉDIA	184,64	160,71	44,64	

Fonte: Autoria própria, 2020.

Após o tratamento dos dados para cada modalidade, obteve-se as demandas mais adequadas a serem contratadas, as quais tivessem a maior viabilidade econômica. Para a modalidade Horosazonal Verde a demanda mais adequada foi de 183 kW. Para a modalidade Horosazonal Azul, obteve-se uma de demanda de 183 kW no horário fora de ponta e 164 kW na ponta, e valor gasto com a demanda 140 kW foi de R\$ 603.646,64.

Na Tabela XIII, podem ser observados os comparativos dos gastos e a economia com energia gerados a partir das demandas previstas.

TABELA XIII. VIABILIDADE ECONÔMICA DOS MODELOS TARIFÁRIOS.

	Horosazonal Verde	Horosazonal Azul
Montante previsto	R\$ 586.384,36	R\$ 531.671,65
Economia	R\$ 17.262,28	R\$ 71.968,99

Fonte: Autoria própria, 2020.

D. Utilização do Gerador no Horário de Ponta

O estudo de viabilidade de utilização do gerador no horário de ponta, foi realizado com base no modelo tarifário vigente. Utilizou-se a memória de massa para verificar o comportamento diário de consumo do hospital. A princípio foram coletados os seguintes dados do *Datasheet* do gerador, STEMAC modelo 6.12TCA (Fig. 6), de 260 kVA instalado no hospital:

- Potência a plena carga: 208 kW.
- Consumo de combustível em plena carga: 52 l/h.



Fig. 6. Gerador instalado no hospital. Fonte: Autoria própria, 2020.

Com base na memória de massa verificou-se uma demanda média de 105,02 kW no horário de ponta. A partir disso, foi calculado de forma proporcional o consumo de combustível para esta demanda média, obtendo-se um valor de 26,26 l/h para a demanda de 105,02 kW.

Posteriormente, foi calculado o preço que seria gasto com o combustível por mês. Considerando R\$ 3,72 o preço médio do diesel, e que o gerador irá operar todos os dias do mês por 3 horas, referente ao horário de ponta, obtendo um gasto

de R\$ 8.787,12 por mês de combustível. A Tabela XIV mostra o comparativo entre o gasto com o consumo na ponta, aplicada a respectiva tarifa, e o gasto com diesel.

TABELA XIV. VIABILIDADE DO GERADOR.

Gasto com o consumo NP (R\$/mês)	R\$ 15.460,00
Diesel (R\$/mês)	R\$ 8.787,12
Economia (R\$/mês)	R\$ 6.673,00

Fonte: Autoria própria, 2020.

V. CONCLUSÃO

Os setores hospitalares em geral possuem um elevado consumo para assegurar suas atividades, paralelo a isso manifesta-se a necessidade de reduzir e melhorar a eficiência do sistema elétrico, visando segurança e continuidade desse sistema. Para que isso ocorra é indispensável a atribuição de técnicas de eficiência energética.

Apesar de ser uma análise térmica simplificada, é possível ter uma ideia inicial do comportamento térmico do ambiente, de forma, para uma avaliação com maior precisão é necessário a utilização de *softwares* que avaliem um maior número de fatores térmicos. Ainda assim, a avaliação de térmica dos setores mostrou resultados onde apenas as UTI's e a Sala de Cirurgia 1, pertencente ao Centro Cirúrgico obtiveram eficiências significativas com relação a carga instalada, no entanto, outros ambientes tiveram eficiências baixas devido possuírem condicionadores de ar com níveis de refrigeração suficientes para atender o ambiente. Também se observa que a procedência térmica predominante na maioria dos setores é quantidade do fluxo de pessoas presentes nos ambientes. A utilização de condicionadores de ar *splits* com a tecnologia *inverter* possuem uma eficiência muito maior que os convencionais, apesar de ser uma tecnologia nova e ter um custo elevado, podendo ter então alcançar a potência de refrigeração necessária para o conforto térmico do ambiente sem elevar significativamente o consumo de energia.

Através da análise proposta para o sistema de iluminação, notou-se que os investimentos na substituição das lâmpadas fluorescentes para lâmpadas com tecnologia LED possui eficiência muito relevante, tanto na diminuição da utilização da energia elétrica, onde foi constatada uma redução anual de 152.496 kWh/ano para 96.526,08 kWh/ano no consumo, quanto na redução de custos com esse sistema, na qual foi notada uma economia anual de R\$ 33.874,24. Ainda, com a utilização das lâmpadas de LED, é possível melhorar o sistema de condicionamento de ar, já que estas não emitem energia na forma de calor, diminuindo assim, a energia térmica emitida para o sistema.

A partir da análise tarifária foi identificado um potencial de economia bastante relevante, com a mudança de modalidade tarifária, de Verde para Azul, e a alteração da demanda contratada de 140 kW, para 183 kW fora da ponta

e 164 kW na ponta fornecendo uma redução de R\$ 71.968,99 por mês nas contas de energia.

O estudo de utilização do gerador no horário de ponta teve uma economia de R\$ 6.673,0 por mês, porém este valor não inclui o valor de manutenção, sendo necessária revisões periódicas de forma intensificada devido seu uso mais frequente.

Contudo, as metodologias aplicadas através de cada um dos tópicos, demonstraram que existem diversas técnicas de eficiência energética e que trazem inúmeras vantagens.

VI. REFERÊNCIAS

- [1] FARIA, Ênylo Vinicius. **Gestão de Energia Elétrica como Fator de Sustentabilidade em Unidade Hospitalar**. Pós-Graduação em Mudanças Climáticas, Projetos Sustentáveis e Mercado de Carbono da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.
- [2] SILVEIRA, A. H. Da. **Avaliação do potencial de conservação de energia no setor hospitalar da região sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- [3] SANCHES, Romualdo Orlandeli; BARBOSA, Andréa Teresa Riccio; PASSARINHO, Raissa Cardozo. **Aspectos ambientais e de eficiência energética em hospital**. Campo Grande/ms: VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2017. 10 p.
- [4] SCHNEIDER, Vania Elisabete et al. **PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA INSTITUIÇÃO DE SAÚDE: ESTUDO DE CASO DO HOSPITAL GERAL DA FUCS**. In: VII SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIAS LIMPAS, 7., 2017, Caxias do Sul. *Anais...*. Caxias do Sul: Abes-rs, 2017. p. 1 - 7.
- [5] DUARTE, Odilon Francisco Pavón et al. **Proposição e Aplicação de Metodologia para o Uso Eficiente da Energia em Sistemas Hospitalares**. In: 7º ENCONTRO DE ENERGIA, POTÊNCIA, INSTRUMENTAÇÃO E MEDIDAS, 7., 2008, Montevideu. *Anais...*. Montevideu: Ieee, 2008. p. 1 - 8.
- [6] HOSPITAL Maternidade Almeida Castro: História. História. 2019. Disponível em: <<http://www.maternidadealmeidacastro.com.br/historia.php>>. Acesso em: 30 dez. 2019.
- [7] TORRES, Igor SM et al. **Lâmpadas Fluorescentes e Distorções Harmônicas: Eficiência Energética e Qualidade de Energia Elétrica**. In: *Anais do VIII CBQEE-Conferência Brasileira sobre Qualidade de Energia Elétrica*, Blumenau. 2009.
- [8] FERREIRA, Juliana Zandona. **Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes tubulares T8 e tubulares de LED**. 2014.
- [9] ANEEL. **Modalidades tarifárias**. 2015. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/-/asset_publisher/zNaRBJCLDgBE/content/modalidade/654800>. Acesso em: 14 fev. 2020.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5858: **Condicionador de ar doméstico**. Rio de Janeiro, 1983.
- [11] NOCERA, Allison Diniz; GOMES, Giancarlo; PEREIRA, Vinicio Carrara. **Análise da viabilidade técnica e financeira da implantação do gerador a diesel no horário de ponta em um hospital de Curitiba**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- [12] ULTRASERVICE. **NBR 5858 Calculo Simplificado de Carga Térmica**. Disponível em: <<https://ultraservice.com.br/nbr-5858-calculo-simplificado-de-carga-termica/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.