

Eixo Temático ET-06-008 - Energia

## **ANÁLISE DO POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: UM ESTUDO DE CASO NO PRÉDIO DA ÁREA II DA UFPE**

Joana Amorim Callado<sup>1</sup>, Luiz Filipe Alves Cordeiro<sup>2</sup>, Vilma Alves de Souza<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduada em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). E-mail: joanacallado@gmail.com.

<sup>2</sup>Pesquisador Doutor. Departamento de Engenharia Elétrica (DEE). Laboratório de Eficiência Energética e Qualidade de Energia (LEEQE). Membro do Grupo de Sustentabilidade da Presidência do Tribunal de Justiça de Pernambuco. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). E-mail: filipecordeiro@gmail.com. Autor para correspondência.

<sup>3</sup>Pós-Graduada em Construções Sustentável e Engenharia Civil/UFPE. Membro do Grupo de Sustentabilidade da Presidência do Tribunal de Justiça de Pernambuco.

### **RESUMO**

Ainda que o Brasil possua uma matriz energética diversificada e predominantemente renovável, o consumo interno de energia tem crescido de forma bastante progressiva baseando-se no uso de fontes não renováveis. Este aumento provoca crescentes custos na geração de energia e uma maior preocupação com os aspectos ambientais. Os setores industrial, residencial e comercial são os maiores responsáveis pelo consumo de energia. A esfera pública representa cerca de 8% do consumo total do país e os sistemas de iluminação e refrigeração são os que mais se destacam entre os consumidores. Diante deste cenário, é importante o uso em conjunto de normas, de novas tecnologias e de medidas de conservação que proporcionem uma maior economia de energia. Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo de eficiência energética no prédio da Área II/ CCEN da Universidade Federal de Pernambuco. Serão abordadas as áreas de iluminação e de refrigeração, mediante projetos embasados na eficiência energética e com o uso de tecnologias mais eficientes e econômicas. De posse dos resultados, serão avaliados os impactos positivos da economia na conta de energia da universidade e na redução das emissões de CO<sub>2</sub>. Conservação de Energia, Eficiência Energética, Emissão CO<sub>2</sub>, Iluminação, Sistemas de Climatização.

**Palavras-chave:** Conservação de energia; Eficiência energética; Emissão de CO<sub>2</sub>; Iluminação; Sistemas de climatização.

### **INTRODUÇÃO**

A alteração do clima é um fenômeno natural e ao longo de anos sempre causou preocupações devido aos impactos causados. O Acordo de Copenhague, realizado em 2009 na Dinamarca, reuniu os maiores líderes mundiais para discutir como reagir às mudanças climáticas atuais (COPENHAGEN ACCORD, 2009). O documento criado reconhece que a mudança climática é um dos maiores desafios dos dias atuais e que ações devem ser tomadas para limitar o aumento das temperaturas globais a 2°C acima dos níveis pré-industriais (IEA, 2013). Muitos estudos já confirmam que o aumento da temperatura média da terra e, consequentemente, o aumento do nível dos oceanos, causado pelo derretimento das geleiras, são frutos da intensificação dos Gases do Efeito Estufa (GEE).

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), as emissões de gases de efeito estufa, provenientes de atividades humanas, cresceram cerca de 70% entre 1970 e 2004 (IPCC, 2007). Do total de emissões antropogênicas, 77% correspondiam ao dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que no mesmo período teve um aumento de 21 para 38 giga toneladas (Gt). Os setores que mais contribuíram para o aumento de emissões foram os setores de energia, transporte, indústria e, em um ritmo menor, os edifícios comerciais e residenciais. Atualmente, estudos relatam que o planeta está próximo aos 50Gt de CO<sub>2</sub>, podendo chegar a 61

Gt em 2020 e até 70 Gt de CO<sub>2</sub> em 2030. Discute-se sobre a capacidade da Terra de absorver tais emissões. Números científicos apontam que as emissões na Terra estão cerca de quatro vezes superiores a essa capacidade de absorção (entre 6 e 9 Gt CO<sub>2</sub>), em um processo que teve início em meados do século XIX, com a Revolução Industrial.

Uma publicação apresentada no grupo de trabalho do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas deixou registradas as seguintes conclusões importantes: as emissões globais de gases de efeito estufa aumentaram desde a época pré-industrial - essa realidade também é vista no Brasil; com as atuais políticas de mitigação da mudança do clima e práticas relacionadas de desenvolvimento sustentável, as emissões globais de gases de efeito estufa continuarão aumentando nas próximas décadas; estudos indicam que há um potencial econômico substancial para a mitigação das emissões globais de gases de efeito estufa ao longo dos próximos anos, o qual poderia compensar o crescimento projetado das emissões globais ou reduzir as emissões para níveis inferiores aos atuais; as emissões aumentam com o crescimento econômico e populacional; a média da temperatura global pode aumentar de 3,7 a 4,8°C no século 21; é urgente as necessidades de mudanças tecnológicas e institucionais, incluindo o aprimoramento de fontes de energia de baixo ou zero carbono (IPCC WGII, 2007).

As concentrações de gases de efeito estufa têm aumentado de maneira acentuada desde 1750 como consequência da intensificação das atividades humanas. Este fenômeno natural é responsável por regular a temperatura no planeta através do equilíbrio entre a radiação que entra e sai da atmosfera terrestre. Entretanto, nem toda radiação refletida pela superfície e pela atmosfera escapa diretamente para o espaço. Parte dessa radiação é reabsorvida por moléculas presentes na atmosfera e reemitida em todas as direções, provocando um aquecimento adicional da Terra. Um aumento na concentração de gases intensificaria ainda mais esse efeito. Os principais gases relacionados ao efeito estufa são: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) (UNDP, 2007).

Para que possa haver uma comparação entre as emissões de diversos gases do efeito estufa, suas emissões são contabilizadas em uma unidade comum: tCO<sub>2</sub> (toneladas de dióxido de carbono). O CO<sub>2</sub> foi escolhido como gás de referência devido ao fato de ser a substância cuja emissão é afetada pelas emissões antrópicas que mais contribuem para o aquecimento global. O CO<sub>2</sub> é o gás mais abundante na atmosfera sendo produzido, principalmente, pela combustão dos combustíveis fósseis. Na indústria da eletricidade, vale ressaltar, a geração termelétrica baseada na queima desses combustíveis é considerada a principal fonte de emissão de CO<sub>2</sub>.

De todas as atividades geradoras de gases, o setor energético é o que mais contribui para o aquecimento global, tendo emitido, em 2005, 64% das emissões de gases de efeito estufa no mundo. Como a energia e a indústria são os setores que mais contribuem para o aumento das emissões, tornam-se os principais condutores da política energética nas próximas décadas (IEA, 2008).

Historicamente, o Brasil não tem dado a real importância econômica e ambiental para a questão da eficiência energética. O mais preocupante é que, mesmo com a crise desencadeada pelo risco de escassez de energia no país e a elevação dos preços das tarifas, não se tem investido em programas com resultados expressivos na área de conservação de energia. Em 2001, por exemplo, o país enfrentou um déficit entre geração e consumo de energia elétrica, tendo resultado no maior racionamento de energia elétrica da história. Os efeitos do racionamento não ficaram restritos somente ao consumo, mas acabaram influenciando na economia, na política e no país, de maneira geral, direta ou indiretamente. O impacto do racionamento no consumo de energia ocorreu de forma distinta entre as regiões do país e as atividades desenvolvidas em cada setor.

Segundo dados do último Balanço Energético Nacional (BEN) de 2016, a geração de energia elétrica no Brasil em centrais de serviço público e autoprodutores atingiu 581,5TWh em 2015, resultado 1,5% inferior ao ano de 2014. As centrais elétricas de serviço público, com 83,4% da geração total, permanecem como principais contribuintes. A principal fonte de

geração de energia elétrica é a fonte hidráulica, embora tenha apresentado uma redução de 3,7% na comparação com o ano anterior (BEN, 2015).

Do lado do consumo, houve uma queda total de 1,8%, com destaque para o setor residencial que interrompeu uma tendência de crescimento, recuando 0,7%. O setor industrial registrou uma queda de 5,0% no consumo de eletricidade em relação ao ano anterior, apenas os setores de papel e celulose, mineração e química apresentaram uma variação positiva de 4,7%, 3,7% e 0,9% respectivamente. Os demais setores – público, agropecuário, comercial e transportes – quando analisados em bloco apresentaram variação positiva de 0,6% em relação ao ano anterior. O setor energético cresceu 2,4% (BEN, 2015).

A eficiência energética é tida como a forma mais rápida e barata de aprimorar o uso das fontes de energia. Visa obter uma máxima otimização do consumo através de um gasto racional e eficiente, sem prejudicar o produto final. Através de medidas estratégicas, é possível mitigar o desperdício de energia gerado na produção, distribuição e utilização. Como por exemplo, é possível citar o uso de equipamentos mais modernos e implantação de um sistema inteligente e mais eficaz (SAVOLAINEN, 2004).

De acordo com o Relatório de Brundtland, o desenvolvimento sustentável é concebido como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.

A conservação de energia mostra a necessidade de pôr em prática medidas que combatam o desperdício de energia, através da mudança de hábitos dos consumidores e do uso eficiente da energia elétrica.

Usar de forma inteligente a energia é um modo de equilibrar as demandas e melhorar a produtividade, causando benefícios não somente econômicos, mas também ambientais. Sob uma outra ótica, os investimentos destinados à construção de novas unidades geradoras, a fim de suprir uma alta demanda de energia, poderão ser direcionados para outras áreas, como saúde e educação, uma vez que a implementação de políticas de conservação de energia estimulariam os fabricantes e os consumidores a buscarem alternativas energeticamente mais sustentáveis.

## **OBJETIVO**

O presente artigo propõe um estudo de eficiência energética aplicando a conservação de energia no prédio da Área II/ CCEN da Universidade Federal de Pernambuco. Serão abordadas duas áreas: a área de iluminação e a área de refrigeração. Em ambas serão propostos projetos embasados na eficiência energética com o intuito de aplicar tecnologias mais eficientes e econômicas em busca da redução do consumo de energia elétrica. De posse dos resultados, uma análise da tarifação será realizada visando verificar se a relação contratual entre o cliente e a empresa concessionária está adequada. Além disso, haverá uma análise da redução de emissão de CO<sub>2</sub> devida à redução do consumo de energia.

Como objetivos específicos, pontuam-se:

- Realizar uma revisão bibliográfica com o objetivo de agregar o máximo de informações técnicas acerca de projetos de iluminação eficientes, sistemas de refrigeração e conhecimentos específicos sobre tarifação de energia elétrica;
- Realizar levantamento da carga instalada (iluminação e refrigeração) do prédio da Área II/ CCEN - UFPE;
- Realizar um estudo de caso apresentando propostas de um projeto de iluminação e de um sistema de refrigeração mais eficientes, aplicando as diretrizes de um sistema de eficiência energética;
- Analisar a implementação dos projetos de iluminação e refrigeração eficientes. Além disso, observar os resultados em busca de uma comprovação da redução das emissões de CO<sub>2</sub>, assim como o impacto positivo na tarifa final do consumidor.

## METODOLOGIA

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica com o intuito de formar a base teórica necessária para promover uma posterior discussão e análise dos conceitos envolvidos no tema. As principais literaturas que abordam a eficiência energética foram consultadas, bem como monografias, dissertações, manuais, planos nacionais e normas técnicas. Para a obtenção dos dados referentes às cargas de iluminação e de refrigeração instaladas no prédio da Área II, foram consultados documentos e relatórios recentes elaborados pelos próprios administradores do prédio. Diante da falta de algum dado, ou de um valor impreciso, o levantamento de carga era realizado e/ou conferido pessoalmente no ambiente específico. Também foi realizada uma medição elétrica com o objetivo de monitorar o consumo de energia do prédio durante o período de três dias. Dessa maneira, seria possível analisar os horários em que a demanda de carga era maior. Para essa medição, foi utilizado um analisador de energia para o monitoramento dos parâmetros elétricos do sistema em estudo, o Marh 21 (modelo 993). A medição foi fundamentada em normas vigentes e na Norma Regulamentadora NR-10 relativa à segurança do trabalho.

### Apresentação e Análise do Prédio do Estudo

A Área II é um órgão de apoio do Centro de Ciências Exatas e da Natureza - CCEN. O centro fornece base científica necessária para o desenvolvimento da carreira escolhida e para a formação educativa e profissional com qualidade ao conjunto de estudantes que cursam as disciplinas básicas dos cursos de graduação do CCEN, do Centro de Informática (CIn) e do Centro de Tecnologia e Geociências (CTG). A Área II foi criada em 1971 com o objetivo de congregar os ciclos geral e básico dos cursos de tecnologia e de ciências exatas, atendendo cerca de 8.991 alunos distribuídos em 162 turmas. Atualmente, são ministradas disciplinas básicas para os cursos de graduação em engenharias, ciências da computação, estatística, física, matemática, geologia, química e química industrial.

### Levantamento da Carga Instalada

Durante os meses de Abril e Maio de 2017, foi realizado um levantamento da carga instalada (iluminação e refrigeração) do prédio Área II.

As instalações do prédio Área II aparentam já terem passadas por um processo de revitalização e faz uso de antigas luminárias eficientes e com aspecto de baixa eficiência energética, compostas, em sua maioria, com uma ou duas lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 32 W; porém, nota-se ainda a existência de luminárias compostas com lâmpadas fluorescentes tubulares T12 de 40 W. Já o sistema de refrigeração é composto majoritariamente por condicionadores de ar do tipo *Split* e poucas unidades do tipo janela. Os dados coletados são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Levantamento do sistema de iluminação e do sistema de refrigeração da Área II/UFPE.

Quantidade de Luminárias	Quantidade de Lâmpadas	Potência Total Iluminação (W)	Quantidade de Condicionadores de Ar	Carga Instalada (BTUs)	Potência Total Refrigeração (W)
409	790	25783	59	1.643.000	193570

Para o estudo de caso, estipulou-se que cada lâmpada trabalha durante 22 dias/mês e 10h/dia, das quais 3h são referentes ao horário de ponta e as 7h restantes referentes ao horário fora da ponta. Para efeito de cálculo, o consumo dos reatores não está sendo contabilizado. Assim, o consumo mensal referente ao sistema de iluminação será:

$$E_{iluminação\_mensal} = 25,783kW \times 10h \times 22 \text{ dias} = 5.672,26kWh$$

Uma medida de conservação de energia que pode ser aplicada é a substituição lâmpadas que atendam a mesma quantidade de lúmens por ambiente, porém que apresentem uma melhor eficiência e tenham um menor consumo de energia. Neste caso, haverá a substituição das lâmpadas fluorescentes de 32W e 40W por lâmpadas LED de 18W (já que são equivalentes em relação à quantidade de lúmens) e a substituição de lâmpadas fluorescentes de 15W por lâmpadas LED de 9W.

Nessa nova configuração, a potência total de iluminação corresponde a um valor de 14.139W. Admitindo as mesmas condições iniciais para efeito de cálculo, o consumo mensal com as lâmpadas de LED será:

$$E_{iluminação\_mensal\_LED} = 14,139kW \times 10h \times 22 \text{ dias} = \mathbf{3.110,58kWh}$$

É possível observar uma diferença no consumo energético de 2.561,68 kWh. Esta redução equivale aproximadamente 45,16%.

Por sua vez, o sistema de refrigeração apresenta uma capacidade total de 193,57kW. Admitindo, para efeitos de cálculo, que os aparelhos funcionem durante 22 dias por mês e 10h/dia, das quais 3h são referentes ao horário de ponta e as 7h restantes ao horário fora da ponta, o consumo mensal com o sistema de refrigeração será:

$$E_{refrigeração\_mensal} = 193,57kW \times 10h \times 22 \text{ dias} = \mathbf{42.585,40kWh}$$

A medida de conservação de energia que será aplicada é a substituição dos diversos aparelhos condicionadores de ar por um sistema central, através do uso de um *chiller*. A capacidade total dos aparelhos é de 1.643.000 BTUs, esse valor corresponde a cerca de 137 toneladas de refrigeração (TR). Diante dos valores comerciais existentes no mercado e segundo um especialista na área de refrigeração, o equipamento adotado para a implementação do projeto é o *chiller* de 120TR. Este equipamento possui uma potência de 132kW.

O *chiller* é um equipamento que não trabalha durante o horário de ponta, uma vez que seu consumo de energia é muito alto. Este aparelho é capaz de suportar com folga todas as cargas de refrigeração instaladas, uma vez que o seu sistema trabalha buscando manter o equilíbrio de refrigeração em todos os ambientes. Para os condicionadores de ar foram admitidas 10h de funcionamento por dia, das quais 3h correspondem ao horário de ponta e as outras 7h correspondem ao horário fora de ponta. O *chiller* funcionará 7h por dia (apenas em horário fora de ponta), durante 22 dias por mês. Assim, o novo consumo mensal com o uso desse equipamento será:

$$E_{refrigeração\_chiller} = 132kW \times 7h \times 22 \text{ dias} = \mathbf{20.328 kWh}$$

Com a implementação desse tipo de sistema de refrigeração, é possível observar uma diferença no consumo energético total de 22.257,40 kWh. Esta redução equivale a aproximadamente 52,26%.

Na Tabela 2 é possível visualizar o impacto no consumo de energia com a implementação dos sistemas de iluminação e refrigeração mais eficientes.

**Tabela 2.** Relação de consumo de energia elétrica e redução após a implementação dos sistemas de iluminação e refrigeração mais eficientes.

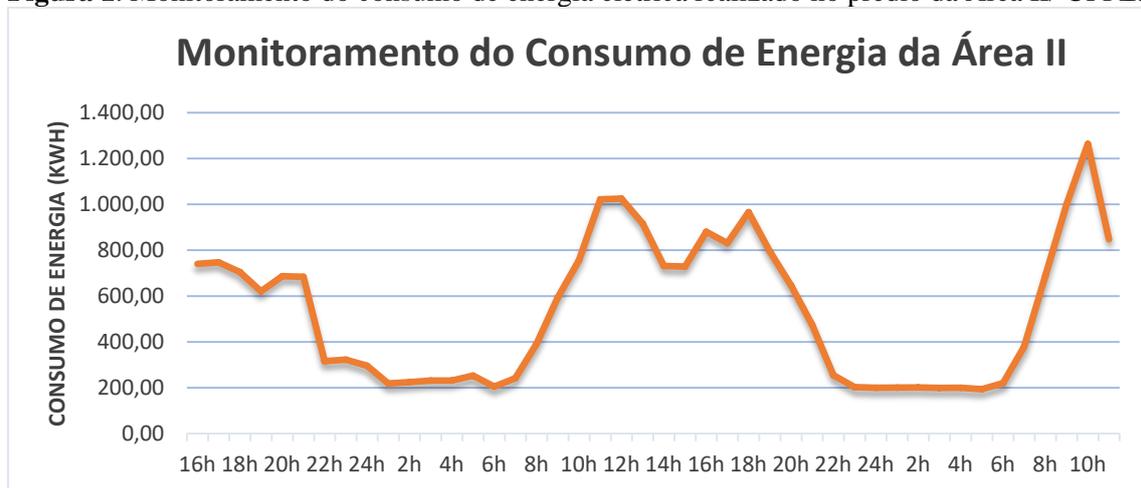
	Consumo no Sistema Antigo (W)	Consumo no Sistema Novo (W)	Redução no Consumo (%)
<b>Iluminação</b>	5.672,26	3.110,58	45,16
<b>Refrigeração</b>	42.585,40	20.328	52,26



### Medição de Energia Elétrica

Durante os dias 5, 6 e 7 de abril foi realizada uma medição elétrica no prédio da Área II com o objetivo de monitorar o consumo de energia elétrica. Para realizar o monitoramento dos parâmetros elétricos foi utilizado o analisador de energia Marh 21. O monitoramento começou na quarta-feira (5 de abril) a partir das 16h e durou até às 10h da manhã da sexta-feira (7 de abril). Na Figura 1 é mostrado o consumo de energia elétrica durante as medições realizadas.

**Figura 1.** Monitoramento do consumo de energia elétrica realizado no prédio da Área II/ UFPE.



É possível observar que os maiores picos de consumo de energia ocorrem entre as 10h e 12h, quando há o maior fluxo de alunos no prédio da Área II. Como era esperado, durante a madrugada o consumo de energia se mantém baixo e praticamente constante. O aumento começa a partir das 8h da manhã, quando as aulas são iniciadas e cresce até atingir o máximo, em torno do meio-dia. Devido às condições climáticas, é esperado que esse valor máximo ocorra quando o sol está no ponto mais elevado do dia, exigindo uma maior potência dos aparelhos condicionadores de ar. À tarde ocorre uma pequena queda de consumo devido à redução da quantidade de alunos, comparada à quantidade da manhã. À noite o consumo de energia novamente cresce um pouco devido às aulas noturnas ministradas para os cursos de licenciatura.

### Análise de custos

Para a implementação do sistema LED foram adotadas as *Lâmpadas LED Tubular T8 09W 60cm bivolt* no valor de R\$ 16,90 cada lâmpada e as *Lâmpadas LED Tubular T8 18W 60cm bivolt* no valor de R\$ 28,90 cada unidade. As luminárias existentes foram mantidas e os modelos de lâmpadas foram escolhidos baseados no seu custo/benefício. Os valores dos produtos estão compatíveis com o mercado.

Na Tabela 3 é mostrado o valor do projeto para a implementação do sistema de iluminação baseado em lâmpadas LED na Área II.

**Tabela 3.** Custo da instalação de lâmpadas e luminárias do tipo LED.

Lâmpada	Quantidade	Preço (R\$)	Total (R\$)
LED 9W	9	16,90	152,10
LED 18W	792	28,90	22.888,80
		Total (R\$)	23.040,90

O total de investimento do projeto de lâmpadas do tipo LED é de **R\$ 23.040,90**.

Para a implementação do sistema de refrigeração, foi escolhido o equipamento *chiller* com uma capacidade de 120TR, cotado no valor de R\$180.000,00. Para o cálculo de custo deste projeto, foram desconsiderados valores relativos aos sistemas de apoio, custos provenientes de tubulações, mão-de-obra, fios/cabos condutores, eletrodutos, etc.

O total de investimento do projeto de refrigeração é de R\$ 180.000,00.

#### **Cálculo da Tarifa Energética**

Para realizar uma análise tarifária do consumidor, é preciso ter o histórico de no mínimo doze faturas. Assim, é possível traçar um perfil de consumo do cliente e adequar as correções de demanda contratada quando necessária. Na Tabela 4 é mostrado o histórico de distribuição anual de consumo da UFPE durante os anos de 2015 e 2016.

**Tabela 4.** Histórico de distribuição anual de consumo referente aos anos de 2015 e 2016 da UFPE.

<b>MÊS</b>	<b>CFP</b>	<b>CP</b>	<b>DC</b>	<b>DRP</b>	<b>DRFP</b>
<b>set/2016</b>	878.472,00	92.756,16	2.800,00	2.042,88	2.748,48
<b>ago/2016</b>	786.744,00	79.790,76	2.800,00	1.737,12	2.392,32
<b>jul/2016</b>	744.660,00	81.973,08	2.800,00	1.733,76	2.399,04
<b>jun/2016</b>	853.608,00	90.766,20	2.800,00	2.197,44	2.882,88
<b>maio/2016</b>	1.037.316,00	109.761,12	2.800,00	2.274,72	3.087,84
<b>abr/2016</b>	945.420,00	97.070,40	2.800,00	2.278,08	3.121,44
<b>mar/2016</b>	892.920,00	94.297,56	2.800,00	2.076,48	3.017,28
<b>fev/2016</b>	936.012,00	94.982,16	2.800,00	2.069,76	2.862,72
<b>jan/2016</b>	775.488,00	74.361,84	2.800,00	1.948,80	2.738,40
<b>dez/2015</b>	880.656,00	96.154,80	2.800,00	2.029,44	2.802,24
<b>nov/2015</b>	938.700,00	98.458,92	2.800,00	2.163,84	2.966,88
<b>out/2015</b>	997.009,44	99.973,44	2.800,00	1.965,60	2.768,64

Onde: CFP refere-se ao consumo fora de ponta (kWh); CP é o consumo na ponta (kWh); DC é a demanda contratada (kW); DRP - Demanda registrada na ponta (kW); DRFP é a demanda registrada fora de ponta (kW).

É importante salientar que os cálculos da tarifa foram realizados de acordo com a tabela de tarifação de energia elétrica da CELPE referente ao mês de Junho/2017.

A tarifa contratada pela universidade é a horossazonal verde. Essa conclusão ocorre devido ao tipo da demanda contratada. Não há distinção entre demanda contratada na ponta e demanda contratada fora de ponta, o que caracteriza a tarifa horossazonal azul.

Com a demanda contratada de 2.800,00 kW, a universidade apresenta um gasto anual com energia no valor de **R\$ 4.799.867,28**. Analisando os dados da tabela anterior, observa-se que nos meses de nov/15, dez/15, fev/16, mar/16, abr/16, mai/16, jun/16 há uma ultrapassagem de demanda registrada fora de ponta. Quando há ultrapassagem de demanda, o valor do kWh na tarifa horossazonal verde custa R\$27,20. Para corrigir este problema é necessário ajustar o valor da demanda contratada, escolhendo um valor que mais se adequa ao perfil do consumidor.

Na Tabela 5 são mostrados os possíveis valores para o ajuste de demanda e os respectivos gastos anuais com a fatura de energia.

**Tabela 5.** Possíveis valores de demanda contratada para o ajuste da fatura de energia.

<b>Demanda Contratada (kW)</b>	<b>Fatura Anual (R\$)</b>
2.800,00	4.799.867,28
2.850,00	4.795.695,89
<b>2.900,00</b>	<b>4.793.835,41</b>
3.000,00	4.795.186,70
3.100,00	4.803.137,81

Apenas com o reajuste da demanda contratada para o valor de 2.900,00kW proporcionaria uma economia anual de R\$ 6.031,87. O que equivale a uma redução na conta anual de 0,125%.

Toda análise apresentada até aqui foi baseada apenas na correção de demanda contratada e no estudo da melhor tarifa. A partir de agora, serão analisadas as tarifas após a implementação dos sistemas de iluminação e refrigeração mais eficientes.

Com a substituição do sistema de iluminação houve uma economia total de 2.561,68kWh e com o sistema refrigeração uma economia total de 22.257,40kWh. Em relação à demanda, a substituição por sistemas mais eficientes proporcionou uma redução de 73,21kW, dos quais 11,64kW são referentes à substituição do sistema de iluminação e 61,57kW referentes à substituição do sistema de refrigeração.

Após a implementação dos sistemas mais eficientes de iluminação e refrigeração, foi possível observar uma redução considerável em relação ao consumo e à demanda de energia. Dentre as possibilidades para a redução no preço da fatura da universidade, a melhor opção seria continuar com a tarifa horossazonal verde, com uma demanda contratada de 2.850,00kW. Essa configuração resulta numa conta no valor de **R\$ 4.520.365,88**. Assim será possível uma economia de **R\$ 279.501,40** por ano, ou seja, aproximadamente 5,82%.

#### **Análise dos custos ambientais**

O fator de emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) associado ao consumo de eletricidade definido é igual a 0,47 kgCO<sub>2</sub>/kWh (CORDEIRO, 2015). Com a implementação do sistema de iluminação tipo LED obteve uma diferença no consumo de energia elétrica de 2.561,68 kWh. Já com a implementação do *chiller* no sistema de refrigeração, a diferença no consumo atingida foi de 22.257,40 kWh. Com bases nesses dados, na Tabela 6 é mostrada uma síntese dos consumos de energia de cada sistema antes e depois da implementação do projeto de eficiência.

**Tabela 6.** Síntese dos consumos de energia elétrica equivalente a um mês.

	<b>Sistema de Iluminação</b>	<b>Sistema de Refrigeração</b>
<b>Antes</b>	5.672,26	42.585,40
<b>Depois</b>	3.110,58	20.328,00
<b>Economia</b>	<b>2.561,68kWh</b>	<b>22.257,40kWh</b>

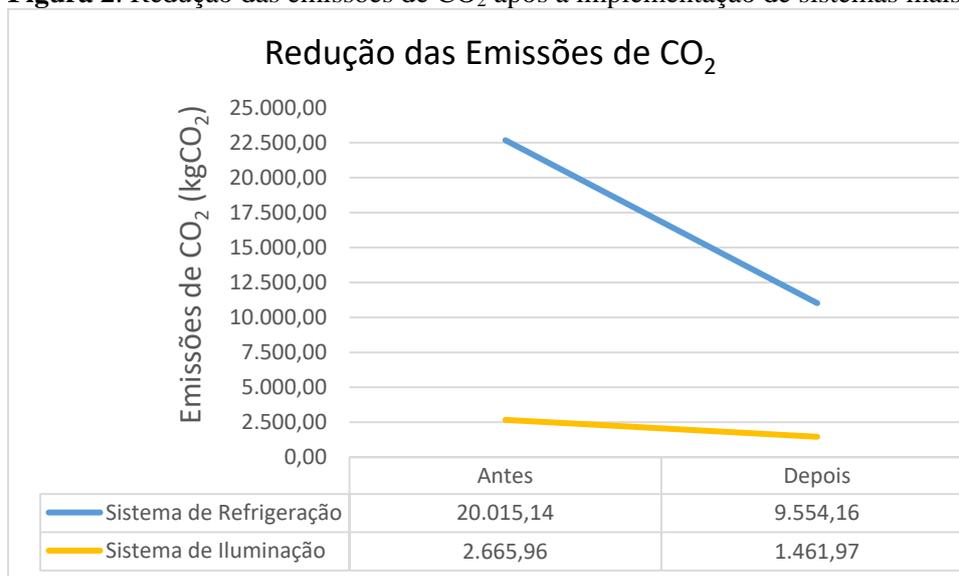
De posse dos dados do consumo de energia, é possível estimar a quantidade de kgCO<sub>2</sub> liberada por cada sistema de acordo com o consumo de energia. Na Tabela 7 são apresentados os valores de emissão de CO<sub>2</sub> de cada sistema antes e depois da implementação do projeto de eficiência.

**Tabela 7.** Valores de emissão de CO<sub>2</sub> referentes aos sistemas de iluminação e refrigeração.

	Sistema de Iluminação	Sistema de Refrigeração
<b>Antes</b>	2.665,96	20.015,14
<b>Depois</b>	1.461,97	9.554,16
<b>Redução</b>	<b>1.203,99 kgCO<sub>2</sub></b>	<b>10.460,98 kgCO<sub>2</sub></b>

Após um ano de funcionamento dos sistemas de iluminação e refrigeração implementados, 139.979,64 kg CO<sub>2</sub> de gases do efeito estufa não foram emitidos para a atmosfera. Na Figura 2 é apresentada uma melhor visualização da redução das emissões de CO<sub>2</sub> devido à substituição pelos sistemas mais eficientes.

**Figura 2.** Redução das emissões de CO<sub>2</sub> após a implementação de sistemas mais eficientes.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico será abordada a viabilidade da implementação dos projetos de iluminação e refrigeração. Será focada a análise em relação ao tempo de retorno do investimento proposto.

O *payback*, ou retorno do investimento, é uma técnica utilizada para calcular o prazo de recuperação do capital investido. Trata-se também de um critério para avaliar o risco do investimento. Os projetos que apresentam uma recuperação do valor investido em menor tempo se mostram mais atraentes. Assim, torna-se importante analisar o horizonte de tempo que em o investimento terá o seu retorno. Há dois tipos de *payback*: o simples e o descontado. Nesta análise, será utilizado o *payback* simples devido a sua fácil compreensão e a sua configuração mais simples. É importante destacar que não será levada em consideração a taxa de juros do investimento e a inflação do período. O *payback* simples é calculado da seguinte forma:

$$Payback = \frac{Investimento\ Inicial}{Ganho\ no\ Período} \quad (1)$$

Como foi visto anteriormente, o valor necessário para a implementação do sistema de iluminação mais eficiente é R\$ 23.040,90 e para o sistema de refrigeração R\$ 180.000,00. De posse desses valores, diferentes situações de investimentos são analisadas a seguir.

### **Implementação do Sistema de Iluminação**

Apenas com a substituição do sistema de iluminação, haverá uma economia total de energia de 2.561,68 kWh por mês e uma redução de demanda registrada de 11,64kW. Assim, o gasto anual da universidade, considerando o uso da tarifa horossazonal verde e com demanda contratada 2.800,00kW, será R\$ 4.778.522,06. Reajustando para uma demanda contratada de 2.900,00kW, o novo gasto anual será R\$ 4.773.531,41.

Comparando-se à configuração inicial, sem a substituição do sistema de iluminação, a conta anual da universidade é de R\$ R\$ 4.799.867,28. Desta forma, é possível ver uma economia no valor de R\$ 26.335,87 por ano. O cálculo do *payback* para configuração é mostrado a seguir.

$$Payback_1 = \frac{23.040,90}{26.335,87} = 0,87 \text{ anos} \cong 11 \text{ meses}$$

O investimento inicial de R\$ 23.040,90 referente apenas ao sistema de iluminação tem um retorno em 11 meses após a sua implementação.

### **Implementação do Sistema de Refrigeração**

Com a substituição apenas do sistema de refrigeração, haverá uma redução total de energia de 22.257,40kWh por mês, uma redução na demanda registrada fora de ponta de 61,57kW e uma redução da demanda registrada na ponta de 193,57kW. Assim, o gasto anual da universidade, considerando o uso da tarifa horossazonal verde e com demanda contratada 2.800,00kW, será R\$ 4.541.586,32. Reajustando para uma demanda contratada de 2.900,00kW, o novo gasto anual será R\$ 4.540.669,95.

Comparando-se à configuração inicial, sem a substituição do sistema de refrigeração, a conta anual da universidade é de R\$ R\$ 4.799.867,28. Após a implementação somente do sistema de refrigeração, é possível ver uma economia no valor de R\$ 259.197,33 por ano. O cálculo do *payback* para esta configuração é mostrado a seguir.

$$Payback_2 = \frac{180.000,00}{259.197,33} = 0,69 \text{ anos} \cong 9 \text{ meses}$$

Desta forma, o investimento inicial de R\$ 180.000,00 referente apenas ao sistema de refrigeração tem um retorno em 9 meses após a sua implementação.

### **Implementação do Sistema de Iluminação e Refrigeração**

Com a implementação dos sistemas de iluminação e de refrigeração houve uma economia total de energia de 24.819,08 kWh. Em relação à demanda, a substituição proporcionou uma redução de 73,21kW. Na demanda registrada fora de ponta, será reduzido o valor de 73,21kW. Por sua vez, na demanda registrada na ponta, será reduzido o valor 205,21kW, equivalente ao sistema de refrigeração antes da implementação do *chiller* juntamente com o valor referente à economia com o sistema de iluminação.

Dessa forma e mantendo o contrato na tarifa horossazonal verde, o gasto anual da universidade com a conta de energia será R\$ 4.520.760,42. É possível obter uma maior economia caso a demanda contratada seja de 2.850,00kW. Assim, o gasto anual será R\$ 4.520.365,95.

Comparando-se à configuração inicial do sistema, sem a substituição dos sistemas de iluminação e refrigeração, a conta anual da universidade é de R\$ R\$ 4.799.867,28. Desta nova maneira, é possível ver uma economia no valor de R\$ 279.501,33 por ano. O cálculo do *payback* para esta configuração é mostrado a seguir.

$$Payback_3 = \frac{23.040,90 + 180.000,00}{259.197,33} = \frac{203.040,90}{279.501,33} = 0,72 \text{ anos} \cong 9 \text{ meses}$$

Assim, o investimento inicial de R\$ 203.040,90 referente aos sistemas mais eficientes de iluminação e refrigeração tem um retorno em 9 meses após a sua implementação.

Na Tabela 8 é apresentado um resumo acerca das possibilidades de implementação dos sistemas e a forma na qual é encontrada a melhor economia na conta de energia elétrica.

**Tabela 8.**Resumo da análise de implementação de cada sistema.

Sistema	Investimento (R\$)	Economia/Anual (r\$)	Tarifa	DCP (kW)	DCFP (kW)	Payback
Iluminação	23.040,90	26.335,87	Verde	-	2.900,00	11 meses
Refrigeração	180.000,00	259.197,33	Verde	-	2.900,00	9 meses
Iluminação E Refrigeração	203.040,90	279.501,33	Verde	-	2.850,00	9 meses

Diante desta análise, é possível observar que o investimento na implementação de qualquer dos sistemas propostos trará um retorno em um curto espaço de tempo, tornando-o viável e de baixo risco. É importante ressaltar que este estudo realizado é referente somente ao prédio da Área II. Os resultados obtidos são uma consequência do perfil de consumo de energia deste prédio.

## CONCLUSÕES

Controlar o crescimento do consumo de energia elétrica associado ao crescimento econômico do país requer uma série de técnicas que racionalizem o uso de energia. O uso em conjunto de regulamentos, de novas tecnologias e de medidas de conservação proporcionam uma maior oportunidade de alcançar a eficiência energética em diversos setores da economia, porém não se pode minimizar o papel fundamental dos consumidores, que devem ser cada vez mais conscientes da sua função para o desenvolvimento sustentável.

O objetivo principal deste artigo foi propor um estudo de eficiência energética aplicando a conservação de energia no prédio da Área II/ UFPE. Em relação ao sistema de iluminação, foi observado que a troca das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas tipo LED trouxe uma economia de aproximadamente 45%. Tratando-se do sistema de refrigeração, os aparelhos de janela e tipo *split* foram substituídos por um sistema central, o *chiller*. A redução de energia proporcionada pela substituição do sistema atingiu o valor de aproximadamente 52%.

Foi provado que ambos os sistemas implementados contribuíram para a redução no consumo de energia. O sistema de refrigeração teve um maior destaque, uma vez que a utilização do *chiller* causou uma diminuição na demanda contratada na hora de ponta, já que este equipamento não opera durante esse período. Este resultado impactou positivamente no preço da fatura de energia e permitiu evidenciar que o investimento em equipamentos mais eficientes proporciona uma melhora substancial nas questões ambientais e financeiras.

O estudo das faturas de energia elétrica mostrou a sua importância para promover uma melhor análise acerca da estrutura tarifária e da relação contratual entre o cliente e a empresa fornecedora de energia. A partir do resultado desse estudo, foi possível a escolha da tarifa que melhor se encaixasse nas características de demanda do consumidor e que possibilitasse uma melhor economia de energia. Foi verificado que é de extrema importância a análise da demanda contratada. Uma simples correção nesse fator pode proporcionar uma considerável redução na fatura de energia. Por isso é recomendável o estudo periódico e o acompanhamento do comportamento energético do consumidor.

É possível observar que os ganhos reais de conservação de energia ainda são muito sutis e discordam com o crescimento de carga e das emissões de CO<sub>2</sub>, principalmente no Brasil.

Constata-se que a cada ano as emissões provenientes da geração e do consumo devem aumentar consideravelmente.

As propostas realizadas neste artigo de eficiência energética oferecem excelentes oportunidades de redução do desperdício do uso dos insumos energéticos. É importante salientar que medidas, como as apresentadas neste artigo, sejam implementadas em diferentes setores da universidade. O governo tem um papel fundamental em promover ações mais eficientes e rígidas de conservação, atuando incisivamente e incentivando a criação de novos programas que proporcionem uma melhor e mais eficiente segurança energética, econômica e ambiental.

## REFERÊNCIAS

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. **Relatório Final do Balanço Energético Nacional 2016**. Brasília, 2015. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2016.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2017.

COPENHAGEN ACCORD. **The United Nation Climate Change Conference**. Copenhagen, 2009.

CORDEIRO, L. F. A. **Planejamento do Setor Elétrico Brasileiro com Foco nas Emissões de CO<sub>2</sub>**. 2015. 183 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook 2008**. Paris: OECD/IEA, 2008.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook 2013**. Paris: OECD/IEA, 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL CLIMATE CHANGE. **Cambio climático: informe de síntesis**. Genebra, Suíça, 2007.

IPCC-WGIII. Contribuição do Grupo de trabalho III ao 4º. Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. 2007.

SAVOLAINEN, A. Hacia um Futuro Mejor. **Revista ABB**, p.34-38, 2004.

UNDP. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008 - Combater as Alterações Climáticas: Solidariedade Humana num Mundo Dividido**. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, Ed. Almeida, Coimbra, 2007. Disponível em: <<http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2007-8-portuguese.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2017.