

Análise da Inserção de Lâmpadas LED em Prédios da UFERSA

Francisco Edson Gomes de Moraes Júnior
Departamento de Engenharia e Tecnologia
Universidade Federal Rural do Semi-árido
Mossoró, Brasil
Edson1809@live.com

Fabiana Karla de Oliveira Martins Varella
Guerra
Dep. de Engenharia e Tecnologia
Univers. Federal Rural do Semi-árido
Mossoró, Brasil
fkv@ufersa.edu.br

Resumo — Em tempos de crise financeira em um país, os orçamentos de alguns setores são contingenciados, por vezes reduzidos. Nestes parâmetros são buscadas alternativas para reduzir os gastos, para minimizar os impactos causados às atividades desempenhadas. Um dos principais gastos de um país é com o consumo de energia elétrica, portanto reduzir de forma eficiente a energia elétrica é uma das alternativas almejadas. A iluminação requer uma alta demanda de energia elétrica, utilizar de uma iluminação eficiente é uma forma de reduzir os custos de um prédio. A Universidade Rural do Semi-Árido, como um prédio do domínio do poder público, precisa se adequar a realidade orçamentária imposta pelo Estado. Em busca por alternativas para que adequação fosse realizada, foi executada a troca da iluminação de dois prédios da Universidade. A troca da iluminação de lâmpadas fluorescentes por LED, tinha como objetivo uma redução no consumo de energia elétrica, sem que esta comprometesse a qualidade da iluminação e as atividades desempenhadas nestes ambientes, contemplados com a nova iluminação, não sofram prejuízos. Em busca de visualizar se houve prejuízos na iluminação foram realizadas medições e feitas pesquisas com os profissionais destes lugares que de maneira geral se deu de forma satisfatória.

Palavras-Chave — Lâmpadas LED, eficiência, energia, iluminação eficiente.

I. INTRODUÇÃO

A matriz energética brasileira é majoritariamente formada pela energia hidráulica, de acordo com [1] cerca de 66,6% de toda a produção de energia elétrica vem da mesma. Esta proporção para a matriz energética é alta e qualquer distúrbio na produção de energia hidráulica tem grande impacto nas vidas dos consumidores. O clima brasileiro é composto basicamente de duas estações do ano, inverno e verão, onde notoriamente no período de inverno a geração hidráulica é maior e que consequentemente no verão a geração é menor, isto é diretamente conectado as bandeiras tarifárias já que nos 6 meses de inverno o consumidor paga tarifa verde, sendo esta sem nenhum custo adicional na conta de energia, já nos outros 6 meses, de verão, o consumidor paga tarifa amarela ou vermelha, o que proporciona uma tarifa adicional, gerando portanto, um custo maior em seu orçamento.

O consumo de energia elétrica, tanto a nível regional quanto o nível mundial vem apresentando um crescimento exponencial, devido a inserção de novos consumidores ano após ano. Para suportar esse aumento crescente, as empresas que regem a distribuição, transmissão e geração de energia, estão constantemente a procura de maneiras que deixem os seus sistemas mais confiáveis, e este trabalho de alta

confiabilidade gera um custo maior para todos que estão conectados ao sistema.

Atualmente existem vários fatores que proporcionam um aumento nos custos do sistema elétrico, atrelado a estes fatores a atual conjuntura do país, que enfrenta uma séria crise econômica que vem retraindo o crescimento econômico o que favorece o encarecimento do sistema.

Os órgãos públicos como um todo vêm tendo sucessivos cortes em seus orçamentos. Devido as dificuldades orçamentárias do país, as universidades públicas de todo o país, tiveram um corte de 30% em seus orçamentos de custeio, este orçamento serve para custear despesas básicas das mesmas como manutenção, segurança, bolsas e até mesmos as contas de água e energia.

A partir de todo este cenário caótico que o Brasil está inserido, deve-se procurar urgentemente maneiras de se reduzir as contas, mas reduzir de maneira consciente afim de preservar as atividades já desenvolvidas. Foi observado que existe um grande potencial de redução de energia elétrica a partir do uso consciente e efetivo na iluminação, segundo [2] no ano de 2018 o Brasil gastou 906 milhões de reais com energia elétrica, este valor e [3], as lâmpadas representam o terceiro maior equipamento consumidor de energia elétrica no Brasil. Visando uma potencial redução destes valores este trabalho estudará a viabilidade da inserção de lâmpadas de diodo emissor, popularmente conhecidas por LED's, em uma universidade pública. A análise partirá do pressuposto que além do retorno financeiro, uma boa iluminação é primordial para o bom desenvolvimento de qualquer trabalho. A atual iluminação da universidade é primordialmente composta por lâmpadas fluorescentes tubulares, e estas lâmpadas já são tecnologicamente ultrapassadas. As lâmpadas de LED, são tecnologicamente as lâmpadas mais avançadas do mercado atualmente, elas apresentam uma maior emissão de lúmens por watts consumido, ou seja, produzindo mais iluminação por um consumo menor de energia, quando comparadas com outros modelos.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A. Iluminação

De acordo com o dicionário, o ato ou efeito de iluminar é denominado de iluminação. Este efeito é imprescindível na vida humana, de acordo com [4] a iluminação poderá ser de 3 tipos natural, artificial ou mista (combinação de natural e artificial). Ambos os tipos de iluminação, devem proporcionar uma visualização adequada do ambiente, permitindo que as pessoas vejam, se movam com segurança e desempenhe suas tarefas visuais de maneira precisa e segura, sem causar fadiga visual e desconforto.

Um projeto de iluminação desenvolvido de maneira correta é de fundamental importância para que o ambiente fique bem iluminado, afim de evitar pontos escuros por falta de iluminação e nem ofuscamento por parte de uma iluminação maior que a permitida. A qualidade da iluminação deverá ser sempre uma prioridade nos ambientes projetados já que de acordo com [5], o ser humano passa 90% do seu tempo em prédios utilizando iluminação artificial e que 80% de toda a informação recebida é obtida através dos olhos.

Um fator preponderante, na qualidade da luz do ambiente, é a temperatura da lâmpada, de acordo com esta temperatura poderá determinar a cor da iluminação do ambiente. Em ambientes que desempenham atividades diferentes, deverá ser utilizado uma cor para cada função desempenhada. Segundo [6], cores com temperaturas altas, quentes, como amarelo, laranja e vermelho: são indicadas para ambientes que necessitem de utilização de força física, exatidão já as cores com temperaturas baixas, frias, como azul, verde, violeta: são indicadas para ambientes que necessitem raciocínio e de concentração. Segundo [5], a iluminação tem o poder de motivação como um fator de sucesso, pois uma boa iluminação contribui para que os indivíduos desempenhem melhor suas funções no trabalho, mais concentrados, demora mais a ficarem cansados, erram menos e detectam erros mais precisos. Isto favorece a vida a ficar mais agradável individualmente e mais lucrativa para as empresas.

De acordo com [4], uma boa iluminação nos locais de trabalho é essencial para que as atividades sejam realizadas facilmente e com conforto. A iluminação interfere diretamente no desempenho e na produtividade dos trabalhadores em seus ambientes de trabalho, e [5] relata que quanto mais complexa a tarefa, maior será a influência da iluminação na produtividade, isto é mostrado de acordo com a Fig. 1, onde é mostrado a influência da performance do trabalhador com a quantidade de iluminação no ambiente.

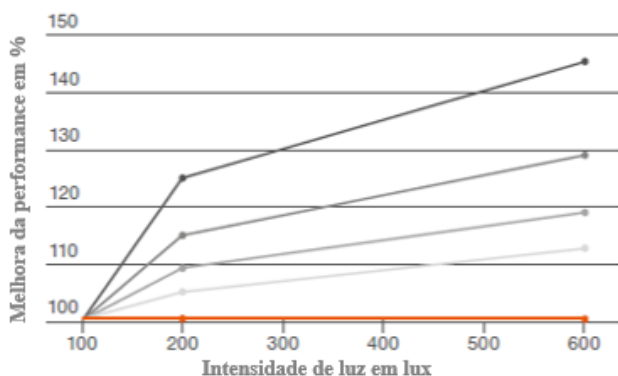


Figura 1 – Influência da intensidade de iluminação e a performance [5].

B. Iluminação em Prédios Públicos no Brasil

Iluminação é um assunto atual que vem sendo discutido em várias regiões ao redor do mundo. No Brasil, debate-se iluminação em prédios públicos há uns anos, pois este é um assunto comum a todos os cidadãos do país, já que estes prédios funcionam através de impostos pagos pela população. Segundo o [1], no ano de 2018 aproximadamente

7% de toda a energia produzida no Brasil foi consumida pelo poder público, o que dá cerca de 44,58 TWh, sendo maior parte para manutenção de prédios públicos.

A iluminação representa cerca de 1/3 de todo o gasto com energia elétrica em um prédio. Como as lâmpadas utilizadas em prédios do poder público possuem tecnologia obsoleta, tendo assim uma baixa eficiência, as mesmas acabam por não gerar iluminação adequada para o ambiente e consomem bastante energia elétrica.

Devido à crise econômica que o país atravessa nos últimos anos, os recursos para a atualização e alteração dos serviços são escassos. A modernização de algum serviço só é feita quando a mesma possui uma alta necessidade e ainda assim, precisará de estudos que comprove o seu retorno, que necessita ser econômico ou de bens sociais para a população.

Com o encarecimento dos serviços e escassez de recursos, qualquer maneira de economizar é vista com bons olhos para gestores e administradores, principalmente do poder público, já que se torna viável manter as atividades antes desempenhadas, porém de maneira mais eficiente e satisfatória. Segundo [7], uma gestão eficiente da iluminação pública e dos prédios públicos pode reduzir em 30% o valor da conta de energia elétrica de um município, o que seria necessário colocar em prática, visto que a energia elétrica é a segunda maior despesa dos municípios brasileiros. Nos pequenos municípios, de acordo com o [7], além da falta de recursos financeiros também faltam recursos humanos, portanto, a redução dos gastos torna-se indispensável.

Os gestores, não só dos órgãos municipais, estão interessados em maneiras para deixarem as iluminações dos prédios públicos mais eficientes através do retorno financeiro acarretados pela mudança das lâmpadas. Em 2015, o então deputado Rômulo Gouveia (PSD-PB), levou para a câmara o projeto de lei que tornaria obrigatório a utilização de lâmpadas de LED na iluminação de prédios públicos. A proposta apresentada determinou um prazo de até 5 anos para todos os prédios do poder público possuir apenas iluminação com lâmpadas LED's. O projeto levava em conta não só a economia gerada pela diminuição da potência instalada, como também os gastos ocasionados com a manutenção ou troca, já que sua vida útil é de 25 a 50 mil horas de uso.

Atrelando os dados apresentados ao retorno financeiro, a modernização da iluminação de prédios públicos resulta numa melhora significativa da iluminação e assim, os profissionais que trabalham nestes locais, podem desempenhar com mais eficiência e rapidez suas funções. Sendo essa uma mudança necessária, pelo impacto que resultará para a população. Haverá uma melhora nos serviços disponibilizados aos cidadãos, pois os servidores cometerão menos erros e os processos serão agilizados, já que quando existe uma melhora na iluminação, existe também um aumento na eficiência das tarefas executadas. A economia dos recursos, viabilizará o Estado a investir o dinheiro economizado, em uma melhoria dos ambientes que estão em seu poder e na contratação de mão de obra. Desse modo, haverá um avanço significativo nos serviços prestados à população, como educação, saúde e segurança.

C. Lâmpadas de LED

De acordo com [8], LED's são componentes semicondutores que têm a propriedade de transformar energia elétrica em luz. A luz gerada pelos Leds é originada através do aquecimento destes semicondutores por uma pequena corrente elétrica, gerando uma luz bastante intensa. Os LEDs podem ser de baixa (0,1W), média (0,2W à 0,5W) e de alta potência (acima de 0,5W). Em geral, os de baixa e média potência são utilizados para sinalização e efeitos decorativos. Os de alta potência já podem ser aplicados em iluminação geral.

As lâmpadas de LED, se destacam por sua eficiência na iluminação e sua durabilidade. Segundo [9], as lâmpadas LED são até 80% mais econômicas que lâmpadas incandescentes tradicionais, por uma mesma potência, além da sua durabilidade ser equivalente a 15 lâmpadas incandescentes, faz com que o consumidor economize tanto com a troca das lâmpadas quanto com a manutenção.

[10] relata que o LED é produzido com materiais atóxicos ao meio ambiente, o que faz com que possa ser descartado sem a necessidade de uma destinação e disposição final especiais. As lâmpadas são ecologicamente corretas por não utilizarem materiais tóxicos e utilizarem pouca matéria prima comparada com outras lâmpadas.

Segundo [11], substituir as lâmpadas fluorescentes pelos modelos de LED é uma forma eficiente de reduzir o valor da conta de energia elétrica, especialmente no verão, quando ela tende a ser mais cara pela aplicação da "bandeira vermelha" nas contas de energia. O [11] traz umas dicas para o consumidor economizar dinheiro e energia elétrica, as dicas são as seguintes:

- Verifique se a lâmpada possui informações presentes na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, que indicam a potência, o fluxo luminoso, a eficiência luminosa e a segurança elétrica.
- Lâmpadas que possuem maior eficiência luminosa são as que menos consomem eletricidade.
- Entre lâmpadas que possuem a mesma potência, aquela que tem maior fluxo luminoso é mais eficiente.
- Entre duas lâmpadas com fluxo luminoso semelhante, a que tem menor potência é mais econômica.
- O tempo estimado na embalagem não significa o tempo que a lâmpada vai levar para queimar e sim o período que ela passará a funcionar com mais ou menos 70% da capacidade luminosa original.

O [11], relata também que mesmo o preço lâmpadas de LED seja mais alto do que o das fluorescentes, o gasto maior na compra é compensado com a redução na conta de luz e com o baixo custo de manutenção, devido a sua maior durabilidade.

As lâmpadas LED, se apresentam em várias formas e tamanhos e seu uso pode ser empregado em iluminação residencial, industrial e utilizadas até nas decorações de ambientes.

III. METODOLOGIA

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) é constituída de quatro campus em quatro cidades, e tais polos estão localizados nas cidades de Mossoró, Angicos, Pau dos Ferros e Caraúbas, todas no Rio Grande do Norte. O maior campus, o central, está localizado na cidade de Mossoró, sendo este dividido em dois lados, Oeste e o Leste. A pesquisa foi concentrada na análise da troca de iluminação de dois prédios da UFERSA Lado Leste, a saber, Biblioteca e prédio Engenharias 1, onde foi verificado que a iluminação destes prédios é majoritariamente composta por lâmpadas fluorescentes.

As Lâmpadas fluorescentes são tecnologicamente obsoletas e pouco eficientes quando comparadas com as lâmpadas do tipo LED. A troca das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED de cada prédio. Além da parte econômica, a troca das lâmpadas, pode gerar uma melhora significativa na iluminação de cada ambiente, aumentando o conforto visual de cada usuário, de acordo com [5] quando aumenta o nível de iluminação de um ambiente, aumenta eficiência das pessoas em desempenhar suas atividades.

A pesquisa contou com a contagem de lâmpadas por tipo e potência; contando também com a medição de iluminação por ambiente através de um luxímetro¹.

A pesquisa foi restrita à estes prédios, pois apesar de outros prédios da UFERSA ainda estarem em processo da troca de lâmpadas fluorescentes por LED, até a finalização deste trabalho, apenas os prédios mencionados, encontravam-se com a troca finalizada.

A Tab. 1 mostra a quantidade de lux por ambiente em cada região analisada no prédio de Engenharias 1, como também a quantidade de lâmpadas por ambiente, sua potência e seu tipo, antes da troca das lâmpadas.

Tabela 1: Dados luminotécnicos do prédio de Engenharias 1 (Antes da substituição das lâmpadas).

Engenharias 1				
Local	Lux médio (lx)	Nº lâmpadas	Potência (w)	Tipo
Lab. De Instalações e Máquinas	1223	36	40	fluorescente tubular
Lab. De Medição Elétricas e Eletricidade Básica	1028	36	40	fluorescente tubular
Lab. De Térmicas e Metrologia	710	24	40	fluorescente tubular
Lab. De Projetos	938	24	40	fluorescente tubular
Lab. De Ensaios Mecânicos	423	36	40	fluorescente tubular
BWC Feminino	236	4	40	fluorescente tubular
BWC Masculino	307	4	40	fluorescente tubular
BWC Acessível Feminino(D	80	1	28	fluorescente compacta

¹ Equipamento utilizado para medir a quantidade de lux de um ambiente, sendo o lux a unidade utilizada para medir luz.

Engenharias 1				
Local	Lux médio (lx)	Nº lâmpadas	Potência (w)	Tipo
epósito)				
BWC Acessível Masculino	90	1	28	fluorescente compacta
Coordenação	482	8	40	fluorescente tubular
Lab. de Energias Renováveis	734	24	40	fluorescente tubular
Lab. De Soldagem	403	48	40	fluorescente tubular
Lab. De Eletrônica	1057	36	40	fluorescente tubular
Lab. Produção Mecânica	982	48	40	fluorescente tubular
Lab. De Automação e Controle	1035	36	40	fluorescente tubular
Corredores	134	24	40	fluorescente tubular
Área Externa	-	5	-	refletores - vapor de mercúrio
Corredores de BWC	142	3	28	fluorescente compacta

Como mostrado na Tab.1, foram analisadas 398 lâmpadas em 18 ambientes, sendo 393 lâmpadas fluorescentes e 5 vapores de mercúrio. Do total analisado 57 lâmpadas encontravam-se com defeito, no caso, queimadas, onde este número impactou diretamente na perda da qualidade de iluminação de alguns ambientes, pois as lâmpadas queimadas fazem com que o nível de iluminação do ambiente reduzia relativamente, visto que na maioria destes ambientes a iluminação natural não é suficiente. A Tab.2, mostra a quantidade de lux por ambiente em cada região analisada no prédio da Biblioteca, como também a quantidade de lâmpadas por ambiente, sua potência e seu tipo, antes da troca das lâmpadas.

Tabela 2: Dados luminotécnico do prédio da Biblioteca (antes da substituição das lâmpadas).

Biblioteca				
Local	Lux médio (lx)	Nº lâmpadas	Potência (w)	Tipo
Guarda Volume	776	12	40	fluorescente tubular
Hall de Entrada	121	8	40	fluorescente tubular
Devolução e Renovação	554	12	40	fluorescente tubular
Direção	250	4	40	fluorescente tubular
Coordenação	150	4	40	fluorescente tubular
Espaço Digital	345	36	40	fluorescente tubular
Área de Estudo Em Grupo	243	30	40	fluorescente tubular
Acervo de Livros	190	48	40	fluorescente tubular
Área de Estudo Individual	85	48	40	fluorescente tubular
Setor de Informação e	289	4	36	fluorescente tubular

Biblioteca				
Local	Lux médio (lx)	Nº lâmpadas	Potência (w)	Tipo
Referência				
Banheiro do Setor de Informação	215	2	36	fluorescente tubular
Sala de Arquivo	200	2	40	fluorescente tubular
Auditório	180	16	40	fluorescente tubular
Fotocópia	150	2	40	fluorescente tubular
Escada do Pátio	330	8	6x40W e 2x20W	fluorescente tubular
Anexo de Coleções	321	12	40	fluorescente tubular
Corredor de Processo Técnico	-	4	40	fluorescente tubular
Processo Técnico	273	12	40	fluorescente tubular
SipaQ	163	4	40	fluorescente tubular
Restauração	247	4	40	fluorescente tubular
Copa	309	4	40	fluorescente tubular
Corredor do Banheiro	601	2	40	fluorescente tubular
Banheiro	354	4	40	fluorescente tubular
Escada	38	3	16	compacta fluorescente
Saída Para Escada	138	4	40	fluorescente tubular
Área de Estudo Coletivo	300	104	40	fluorescente tubular
Sala em Grupo 1	430	2	40	fluorescente tubular
Sala em Grupo 2	400	2	40	fluorescente tubular
Sala em Grupo 3	380	2	40	fluorescente tubular
Sala em Grupo 4	325	2	40	fluorescente tubular
Sala em Grupo 5	450	2	40	fluorescente tubular
Sala em Grupo 6	320	2	40	fluorescente tubular
Sala em Grupo 7	441	2	40	fluorescente tubular
Sala em Grupo 8	380	2	40	fluorescente tubular
Sala em Grupo 9	398	2	40	fluorescente tubular
Banheiro Masculino	159	8	20	fluorescente tubular
Banheiro Feminino	54	12	40	fluorescente tubular
Corredor do Banheiro	230	4	40	fluorescente tubular
Sala de Estudo Individual (Em Desuso)	-	18	40	fluorescente tubular
Sala de Estudo Individual	116	20	40	fluorescente tubular
Área de Estudo Coletivo 2	441	22	40	fluorescente tubular
Varanda da Área De Estudo Coletivo 2	30	3	-	refletores - vapor de mercúrio

Biblioteca				
Local	Lux médio (lx)	Nº lâmpadas	Potência (w)	Tipo
Escada da Parte do Pátio	350	13	10x 40W e 3x20W	fluorescente tubular

Através da Tab. 2 observa-se que a biblioteca dos 43 ambientes, possui 511 lâmpadas, sendo 507 lâmpadas fluorescentes e 3 refletores de vapor de mercúrio. Do total, 72 lâmpadas apresentaram defeitos (queimadas). Assim, como mencionado anteriormente, este fator reduz a qualidade de iluminação do ambiente e que de acordo com [5] diminui a eficiência das atividades desenvolvidas.

Após toda a medição, contagem e verificação das lâmpadas dos dois prédios, foi constatado que o tipo mais comum de lâmpada apresentado foi a lâmpada Fluorescente tubular de 40W. Sendo no prédio de Engenharias 1, das 398 do ambiente, 388 são fluorescentes de 40W e no prédio da Biblioteca das 511 lâmpadas 492 são fluorescentes de 40W, por esta razão as lâmpadas de LED adquiridas pela Universidade foram lâmpadas equivalentes as fluorescentes de 40 w. A Tab.3 apresenta a comparação das características das lâmpadas fluorescentes de 40W com a lâmpada LED de 18W, que será implementada.

Tabela 3: Dados técnicos das lâmpadas que vão ser inseridas nos prédios da Biblioteca e Engenharias 1.

Lâmpadas		
Tipo	Potência (w)	Fluxo Luminoso (lm)
Fluorescente Tubular	40	2500
LED Tubular	18	2100

A Tab. 3, mostra que as lâmpadas possuem potências diferentes, sendo a Fluorescente 2x mais potente que a LED, mesmo assim as duas apresentam um fluxo luminoso similar. A lâmpada LED, é então mais eficiente que a lâmpada Fluorescente, pois consegue iluminar de forma equivalente gastando 55% a menos de energia, o que é vantajoso economicamente para a Universidade.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A. Engenharias 1

Após a troca das lâmpadas, do tipo fluorescente pôr do tipo LED, foram realizadas novas medições com o luxímetro, para coletar os dados da nova iluminação de cada prédio. Onde conforme a Tab. 1 tinham-se 18 ambientes e só foram analisados 14, pois os ambientes: área externa, corredores bwc, banheiro acessível masculino e feminino não foram contemplados com a troca da iluminação, por incompatibilidade das luminárias com as lâmpadas adquiridas. A Tab. 4, mostra a variação dos níveis de iluminação, antes e depois da troca por LED do prédio de Engenharias 1.

Tabela 4: Comparação entre os níveis de iluminação do prédio de Engenharias 1 (antes e após a troca das lâmpadas).

Engenharias 1		
Região	Iluminação antiga (lx)	Iluminação nova (lx)
Lab. de Metrologia	710	914

Lab. de Ensaios Mecânicos	423	908
BWC Feminino	236	310
BWC Masculino	307	320
Lab. de Motores e Máquinas	1223	926
Coordenação	482	700
Lab. de Soldagem	403	903
Lab. de Produção Mecânica	782	1002
Lab. de Energias Renováveis	734	1056
Lab. de Eletrônica	1057	1116
Lab. Controle e Automação	1035	1000
Corredor	134	220
Lab. de Eletricidade Básica	1028	1120

De acordo com a Tab. 4, os ambientes onde tiveram a maior variação na iluminância, foram os Laboratórios de Ensaios Mecânicos e Soldagens, que tinham respectivamente, 11 e 14 lâmpadas queimadas, um número bastante elevado, que prejudicava bastante as atividades desenvolvidas pelos profissionais que utilizam estes espaços.

A partir das novas medições foi consultada a NBR 8995 - Iluminação de Ambientes de Trabalho Parte 1: Interior, para verificar se os níveis da nova iluminação estão de acordo com os recomendados pela Norma. A Tab.5, compara os níveis de iluminação medido com o mínimo descrito em Norma, no prédio de Engenharias 1.

Tabela 5: Comparação entre níveis de iluminação medido e o recomendado pela NBR 8995 no prédio de Engenharias 1.

Engenharias 1			
Região	Iluminação antiga (lx)	Iluminação nova (lx)	Lux Mínimo de acordo com a NBR 8995 (lx)
Lab. de Metrologia	710	914	500
Lab. de Ensaios Mecânicos	423	908	500
Lab. de Motores e Máquinas	1223	926	500
Coordenação	482	700	500
BWC Feminino	236	310	200
BWC Masculino	307	320	200
Lab. de Soldagem	403	903	500
Lab. de Produção Mecânica	782	1002	500
Lab. de Energias Renováveis	734	1056	500
Lab. de Eletrônica	1057	1116	500
Lab. Controle e Automação	1035	1000	500
Corredor	134	220	100
Lab. de Eletricidade Básica	1028	1120	500

De acordo com a Tab. 5, é possível comprovar que os níveis de iluminação aumentaram de maneira significativa, em todos os ambientes, atendendo ainda aos requisitos mínimos exigidos pela norma, assim as atividades desenvolvidas neste prédio se darão de forma mais eficiente.

Visando complementar a análise e verificar o grau de satisfação dos usuários após a substituição das lâmpadas, foi realizada uma pesquisa de satisfação (através de questionário), obtendo retorno de 30 estudantes e servidores, sendo 28 estudantes e 2 servidores, que utilizam de alguma forma os ambientes contemplados pelo prédio de Engenharias 1, para desempenharem suas funções, sejam elas profissionais ou de estudo. A pesquisa iniciada no dia 05 de julho de 2019, ficou disponível até o dia 26 de julho de 2019, teve o principal intuito, de analisar por meio das pessoas que lá frequentam, a qualidade da mudança da iluminação e a satisfação destas com a nova iluminação.

A Fig. 2, representa a frequência das pessoas que utilizam o prédio de Engenharias 1. O gráfico foi dividido em três níveis de frequência, sendo eles frequente, moderado ou raramente frequenta o prédio.

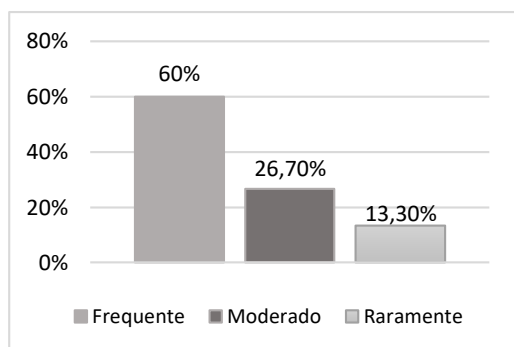


Figura 2: Frequência de utilização do prédio de Engenharias 1.

A maior parte das pessoas que realizaram a pesquisa, ou seja 60%, utilizam o prédio frequentemente. Dentre os entrevistados, as pessoas que mais frequentam o prédio de Engenharias 1, são as que sofrem o maior impacto com a mudança da iluminação, por tanto a opinião destas é a mais importante. A Fig. 3, representa a porcentagem de pessoas que perceberam a mudança da iluminação do prédio de Engenharias 1.

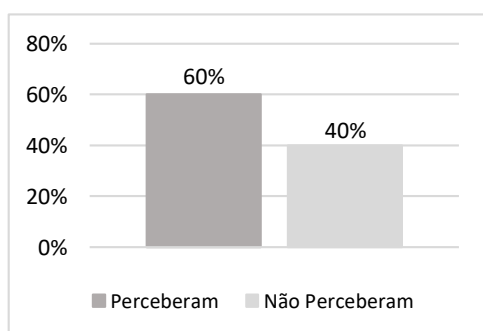


Figura 3: Porcentagem de pessoas que notaram a mudança da iluminação do prédio de engenharias 1.

A Fig. 3 está diretamente conectada a Fig. 2, pois a porcentagem de pessoas que perceberam a mudança da iluminação, 60%, foi igual a das pessoas que fazem uso frequente do prédio, isto indica que as pessoas que tem um contato maior com este local estão propensas a perceberem mais os impactos de quaisquer alterações no prédio, neste caso foi a mudança da iluminação.

Para visualizar o nível de satisfação dos usuários com a mudança da iluminação do tipo fluorescente pôr do tipo LED, a Fig. 4, representa o nível de satisfação com a mudança da iluminação. Tal gráfico levou em consideração apenas as pessoas que perceberam a mudança da iluminação.

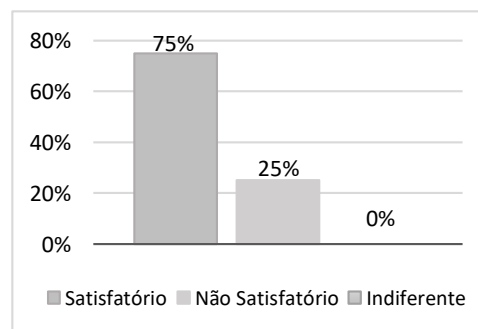


Figura 4: Satisfação com a mudança da iluminação do prédio de Engenharias 1.

A Fig. 4, mostra que o nível de satisfação das pessoas com a mudança da iluminação se deu de forma satisfatória, onde 75% das pessoas que perceberam a mudança ficaram satisfeitas, comprovando também que nova iluminação está adequada com os níveis requeridos pela NBR 8995.

Das 398 lâmpadas analisadas, 388 foram substituídas por LED, ou seja, a mudança contemplou 97,4% das lâmpadas. E a potência de iluminação instalada, inicialmente era de 15,66 kW, e após efetuação da mudança reduziu para 7,04 kW, tendo uma redução de 8,62 kW, que equivale a aproximadamente 55% da potência de iluminação instalada. Foi feita uma previsão em relação a potência de iluminação economizada, os 8,62 kW e de acordo com [12] poderá gerar uma economia mensal de R\$ 430.

B. Biblioteca

O prédio da Biblioteca, passou por análise similar ao prédio de Engenharias 1, onde foram realizadas as medições e comparadas aos valores de iluminação antes e depois da mudança do tipo de iluminação.

A mudança, dos 43 ambientes, só não abrangeu 4 ambientes sendo estes: as escadas, varanda da área de estudo coletivo e a sala de estudo individual que está em desuso, estes ambientes apresentaram luminárias incompatíveis com o modelo adquirido e por este motivo não foram contemplados com a mudança.

Foi realizada uma homogeneização dos ambientes, onde 6 ambientes que tinham sido analisados inicialmente em ambientes separados, foram analisados juntos por apresentarem as mesmas funções e estarem colados. A Tab. 6, mostra a variação dos níveis de iluminação dos 33 ambientes analisados, antes e depois da mudança das lâmpadas do tipo fluorescente por lâmpadas LED no prédio da Biblioteca.

Tabela 6: Comparação entre os níveis de iluminação da Biblioteca.

Biblioteca		
<i>Local</i>	<i>Iluminação antiga (lx)</i>	<i>Iluminação nova (lx)</i>
Guarda Volume	776	560
Entrada	121	430
Devolução e Renovação	554	540
Direção	250	315
Coordenação	150	312
Espaço Digital	345	360
Área de Estudo Em Grupo	243	356
Acervo de Livros	190	360
Área de Estudo Individual	85	320
Setor de Informação e Referência	289	310
Auditório	180	306
Fotocópia	150	460
Anexo de Coleções	321	330
Processo Técnico	273	315
Sipaq	163	296
Restauração	247	308
Copa	309	316
Banheiro	354	380
Área de Estudo Coletivo	300	430
Sala em Grupo 1	430	560
Sala em Grupo 2	400	590
Sala em Grupo 3	380	520
Sala em Grupo 4	325	460
Sala em Grupo 5	450	550
Sala em Grupo 6	320	530
Sala em Grupo 7	441	520
Sala em Grupo 8	380	500
Sala em Grupo 9	398	460
Banheiro Masculino	159	330
Banheiro Feminino	54	320
Corredor do Banheiro	230	280
Sala de Estudo Individual	116	500
Área de Estudo Coletivo 2	441	560

A partir das novas medições, mostradas na Tab. 5, consultou-se a NBR 8995 - Iluminação de Ambientes de Trabalho Parte 1: Interior, para verificar se os níveis da nova iluminação estão atendendo às exigências referidas pela Norma. A Tab. 7, compara os níveis de iluminação medido

antes e após a substituição das lâmpadas com o mínimo descrito em Norma, no prédio de Engenharias 1.

Tabela 7: Comparação entre níveis de iluminação medido e o recomendado pela NBR na Biblioteca.

Biblioteca			
<i>Local</i>	<i>Iluminação antiga (lx)</i>	<i>Iluminação nova (lx)</i>	<i>Lux Mínimo de acordo com a NBR 8995 (lx)</i>
Guarda Volume	776	560	200
Entrada	121	430	300
Devolução e Renovação	554	540	500
Direção	250	315	500
Coordenação	150	315	500
Espaço Digital	345	360	500
Área de Estudo Em Grupo	243	356	500
Acervo de Livros	190	360	200
Área de Estudo Individual	85	320	500
Setor de Informação e Referência	289	310	500
Auditório	180	306	200
Fotocópia	150	460	200
Anexo de Coleções	321	330	200
Processo Técnico	273	315	500
Sipaq	163	296	500
Restauração	247	308	200
Copa	309	316	200
Banheiro	354	380	200
Área de Estudo Coletivo	300	510	500
Sala em Grupo 1	430	518	500
Sala em Grupo 2	400	512	500
Sala em Grupo 3	380	523	500
Sala em Grupo 4	325	556	500
Sala em Grupo 5	450	552	500
Sala em Grupo 6	320	528	500
Sala em Grupo 7	441	524	500
Sala em Grupo 8	380	512	500
Sala em Grupo 9	398	515	500
Banheiro Masculino	159	330	200
Banheiro Feminino	54	320	200
Corredor do Banheiro	230	280	100
Sala de Estudo Individual	116	500	500
Área de Estudo Coletivo 2	441	560	500

Conforme mostra a Tab.7, a troca das lâmpadas melhorou consideravelmente a iluminação, porém em alguns ambientes a substituição ainda não foi suficiente para atingir os valores recomendados pela NBR 8995. Segundo a NBR 8995, os ambientes direção, coordenação, espaço digital, área de estudos em grupo e área de estudo individual não atingiram os valores mínimos recomendados.

Assim como no prédio Engenharias 1, após a verificação da troca de iluminação foi realizada uma pesquisa, análoga a que foi realizada no prédio de Engenharias 1, com servidores e estudantes que frequentam a Biblioteca para verificar a partir da percepção deles a qualidade da nova iluminação. A pesquisa contou com 103 respostas, destas respostas 96 foram de estudantes e 7 foram de servidores, a pesquisa foi iniciada no dia 05 de julho de 2019 e ficou disponível até o dia 30 de julho de 2019.

A frequência das pessoas que utilizam o prédio da Biblioteca pode ser verificada na Fig. 5. Este gráfico foi dividido em três níveis de frequência semanal, sendo eles frequente (7 a 5 vezes por semana), moderado (3 a 4 vezes por semana) ou raramente (2 ou 1 vez por semana ou menos isso) que vai à Biblioteca. Nesta etapa foi estabelecida uma escala semanal de uso, por ser um ambiente que possui muita rotatividade e um fluxo maior de pessoas, porém o seu uso é mais acentuado em período próximo às avaliações semestrais.

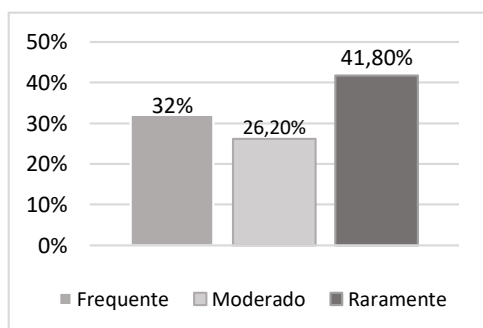


Fig. 5: Frequência de utilização do prédio da Biblioteca.

É importante mencionar, que as pessoas que se encaixaram no grupo “raramente frequentam”, aproximadamente 42%, ainda assim tem uma frequência elevada, pois são geralmente os estudantes que estudam apenas nos finais de semana por terem aulas e obrigações durante a semana.

Dando continuidade à aplicação do questionário, a Fig. 6, representa a porcentagem de pessoas que perceberam a mudança da iluminação da Biblioteca, após a substituição das lâmpadas.

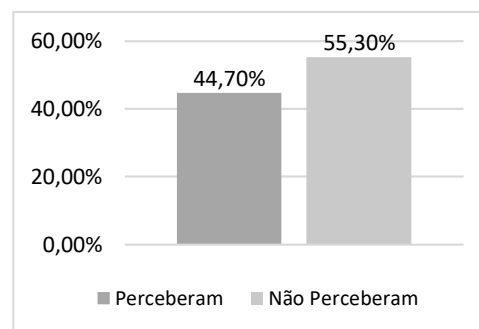


Figura 6: Porcentagem de pessoas que notaram a mudança da iluminação do prédio da Biblioteca.

Neste caso, o número de pessoas que não perceberam a mudança, aproximadamente 55%, foi um pouco maior do que as pessoas que perceberam a mudança que foi cerca de 45%. Este fato se dá pelo grande número de pessoas que utilizam a biblioteca apenas nos finais de semana, que de acordo com a Fig 5, representaram aproximadamente 42%. O prédio da biblioteca tem suas atividades reduzidas nos finais de semana, onde só funciona o pavimento superior de 7:00 às 20:00, diferentemente do restante da semana (segunda a sexta) que funciona os dois pavimentos, onde o superior é 24 hrs por dia e o inferior é de 7:00 às 22:00. Nos finais de semana, é utilizado na maior parte do tempo a iluminação natural, e a iluminação mista (natural + artificial) o que dificulta a percepção da mudança da iluminação nestes casos.

A Fig. 6 e Fig. 5 estão diretamente atreladas, pois quem percebeu a mudança é quem frequenta mais o ambiente, neste caso 32%, como de acordo com os dados analisados, a maior parte das pessoas vão raramente à biblioteca, ou seja cerca de 42%, o número de pessoas que perceberam a mudança foi menor.

Para visualizar o nível de satisfação com a mudança da iluminação, a Fig. 7 apresenta estes dados. Este gráfico levou em consideração apenas as pessoas que perceberam a mudança da iluminação onde foi repartido nos seguintes níveis de satisfação: satisfatório, não satisfatório e indiferente, porém algumas pessoas deram outras respostas que não condiziam com a pergunta e foi adicionado a pesquisa o nível outros.

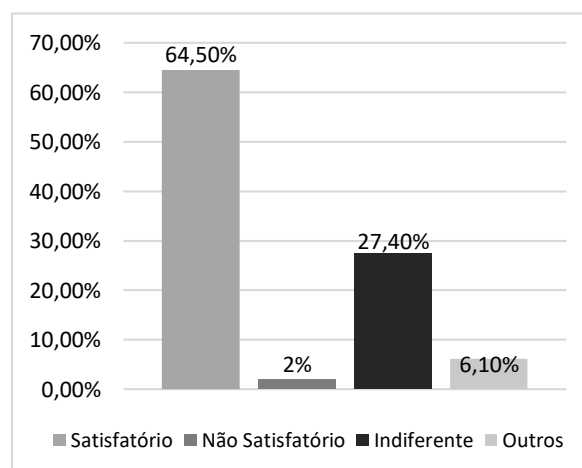


Figura 7: Satisfação com a mudança da iluminação do prédio da Biblioteca.

Através da Fig.7 foi possível verificar o nível de satisfação das pessoas com a mudança da iluminação, onde a maioria das pessoas (em torno de 45%, vide Fig. 5), que perceberam a mudança, analisaram de forma satisfatória, aproximadamente 65%, a mudança da iluminação mesmo a iluminação em alguns locais ainda estando fora dos níveis adequados pela NBR 8995.

Das 511 lâmpadas analisadas na biblioteca, 474 foram substituídas por LED, ou seja, a mudança contemplou 92,7% das lâmpadas do prédio. Diminuindo a potência de iluminação instalada que era de 19,268 kW para 8,84 kW, tendo uma redução de carga de 10,428 kW, equivalente a 54,12%. Foi estimado o quanto esta carga, 10,428 kW, geraria de economia mensal para o prédio da biblioteca, de acordo com [12] o valor encontrado foi de R\$ 2100.

Com a nova iluminação as pessoas que utilizam estes ambientes, podem trabalhar ou desenvolver, suas atividades da forma mais adequada possível, no que se refere à iluminação, e isto gera eficiência nas atividades onde serão desempenhadas de forma mais rápida e precisa, com menos erros e ainda gerar uma redução na fatura da conta de energia de cada prédio.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas inspeções feitas, foram analisados 61 ambientes, com 909 lâmpadas, deste total 862 lâmpadas com tecnologia obsoletas foram substituídas por LED. As novas lâmpadas, de LED possuem uma maior eficiência de iluminação do que as fluorescentes lá estavam. Afim de comprovar empiricamente a sua eficácia foram realizadas medições, para avaliar a mudança os níveis de iluminação, com a alteração da iluminação, os dados gerados e analisados comprovaram que esta mudança acarretou na melhoria significativa da qualidade de iluminação da Universidade, nos prédios analisados.

Mesmo com a mudança de valores de iluminação, foi preciso realizar a pesquisa de satisfação para relatar se a mudança teve o seu objetivo concretizado, que seria a melhoria da qualidade. A mesma pôde comprovar que a nova iluminação foi majoritariamente aceita pelas pessoas que frequentam os prédios analisados. Sendo o parâmetro mais relevante, as pessoas que passam mais tempo nestes ambientes, ou seja, os funcionários destes locais, relataram que houve uma melhoria visual significativa, onde os que trabalhavam com a parte administrativa foram os que mais ficaram satisfeitos por terem a necessidade de uma boa iluminação para poder efetuar suas tarefas.

Os níveis de iluminação foram melhorados de maneira expressiva, comprovando assim, o aumento na iluminação dos prédios. Com o auxílio da NBR 8895, foi verificado que mesmo com o aumento dos níveis de iluminação, em alguns ambientes os níveis mínimos descritos em norma não foram atingidos. Nestes casos, é necessário um aumento dos níveis de iluminação com a inserção de mais lâmpadas. Sugere-se a realização de um diagnóstico energético mais aprofundado para indicar onde deverão ocorrer ajustes.

Além da qualidade da iluminação, a mudança trouxe também uma redução de custos significativa, em cada prédio analisado. Sendo este um ponto muito importante, para a Universidade, vide o contexto onde ela está inserida, de contingenciamentos e cortes. A mesma, passa por

dificuldades no pagamento das despesas de manutenção. A iluminação é uma despesa essencial para o funcionamento de qualquer instituição, e a partir desta conjuntura, foi analisado que a economia mensal dos dois prédios pode chegar a R\$ 2500, tendo ainda a possibilidade deste valor crescer. A redução viabiliza a aplicação desta mudança em outros prédios da Universidade, visto que esta economia é permanente e gradativa, ou seja, quanto mais tempo passar maior será o valor poupado, ajudando-a na redução de despesas necessárias. A UFERSA assim poderá atravessar este período de redução do orçamento com o menor impacto possível em suas atividades.

Como sugestão para futuros trabalhos, recomenda-se realizá-los em parceria com o setor de obras da Universidade para que antes de ser efetuada a licitação das compras das lâmpadas, seja realizado também o trabalho de luminotécnica, já que o mesmo quando foi realizado, as aquisições das lâmpadas já tinham sido feitas, então não teria como mudar ou adicionar o material solicitado.

REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia (Org.). **Balanco Energético Nacional 2019**. 2019. Disponível em: <<http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019>>. Acesso em: 27 jul. 2019.
- [2] BRASIL. Portal da transparência. Disponível em: <<http://www.portaltransparencia.gov.br/funcoes/25-energia?ano=2018>>. Acesso em: 27 jul. 2019.
- [3] BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia (Org.). **Consumo de energia no Brasil entre 2010 e 2014**. EPE. Disponível em: <www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2010-14%20Consumo%20de%20Energia%20no%20Brasil.pdf>. Acesso em: 16 maio 2019.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995: Iluminação de ambientes de trabalho**. 1 ed. Rio de Janeiro, 2013. 46 p.
- [5] OSRAM. **Light is the key to success Lighting solutions for industry**. Disponível em: <https://media.osram.info/media/img/osram-dam-4764621/180426_OS_0006_17_Launchkampagne_Industry-Line_Broschuere_EN_3_RZ_Screen.pdf>. Acesso em: 27 jul 2019.
- [6] UNICAMP, Universidade de Campinas. **Influência das cores**. Disponível em: <https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Linguagem%20Visual/influencia_das_cores.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2019.
- [7] PROCEL, **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?ViewID=%7B8D1AC2E8-F790-4B7E-8DDD-CAF4CDD2BC34%7D¶ms=itemID=%7BBF0A4E12-6527-48DA-8321-2F24AA15DB1F%7D;&UIPartUID=%7BD90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898%7D>>. Acesso em: 02 ago. 2019.
- [8] COPEL, Companhia Paranaense de Energia. **Manual de Iluminação Pública**. 2018. Disponível em: <[https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual_iluminacao_publica/\\$FILE/manual%20iluminacao%20publica.pdf](https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual_iluminacao_publica/$FILE/manual%20iluminacao%20publica.pdf)>. Acesso em: 02 ago. 2019.

- [9] PHILIPS, **Lâmpadas e tubos LED**. Disponível em: <http://www.lighting.philips.com.br/prof/lampadas-e-tubos-led#pfpath=0-LED_GR>. Acesso em: 27 jul. 2019.
- [10] SANTOS, Talia Simões et. al. **Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais**. Artigo técnico, 8 p. 2015.
- [11] INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia. Normalização e Qualidade Industrial. **Lâmpadas LED: Confira as dicas para escolher os modelos mais econômicos**. Disponível em: <<http://www4.inmetro.gov.br/node/4532>>. Acesso em: 27 jul. 2019.
- [12] COSERN. Companhia Energética do Rio Grande do Norte. **Tabela de Tarifas de Energia Elétrica Grupo A**. Disponível em: <<http://servicos.cosern.com.br/comercial-industrial/Pages/Alta%20Tens%C3%A3o/tarifas-grupo-a.aspx>>. Acesso em: 07 ago 2019.