

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELÉTRICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

RICK WILLIAN KANASHIRO

**OTIMIZAÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM ALGUNS
SETORES DA UTFPR – CAMPUS PATO BRANCO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2018

RICK WILLIAN KANASHIRO

**OTIMIZAÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM ALGUNS
SETORES DA UTFPR – CAMPUS PATO BRANCO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Elétrica – DAELE – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Ms. José Paulo de Barros Neto

PATO BRANCO

2018

TERMO DE APROVAÇÃO

O trabalho de Conclusão de Curso intitulado “**Otimização no consumo de energia elétrica em alguns setores da UTFPR – *campus* Pato Branco**”, do aluno **Rick Willian Kanashiro** foi considerado **APROVADO** de acordo com a ata da banca examinadora N° **210** de 2018.

Fizeram parte da banca os professores:

José Paulo de Barros Neto

Alexandre Batista de Jesus Soares

Filomena Barbosa Rodrigues Mendes

A Ata de Defesa assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica

DEDICATÓRIA

Mãe.

AGRADECIMENTOS

Obrigado mãe pelo contínuo apoio; a todos amigos, tanto os que permaneceram, quanto os que nos afastamos; orientador, que orientou-me não só no trabalho como vida; professores que fizeram parte neste percurso, e ao técnico da sala de apoio pelo auxílio na execução deste trabalho.

EPÍGRAFE

Only the unknown frightens men. But once a man has faced the unknown, that terror becomes known. (SAINT-EXUPÉRY, Antoine de, 1939).

Apenas o desconhecido amedronta o homem. Mas uma vez que o homem enfrente o desconhecido, aquele terror se torna conhecido. (SAINT-EXUPÉRY, Antoine de, 1939).

RESUMO

KANASHIRO, Rick W. Análise de desperdícios de energia diários na UTFPR – campus Pato Branco. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo de conservação de energia dentro da UTFPR – *campus* Pato Branco, abordando alguns casos de desperdícios de energia e possíveis soluções para minimizar estes desperdícios. Estes casos foram escolhidos por serem situações comuns a vários ambientes, que, portanto, podem ser replicados. Foi realizado também uma análise afim de observar os custos referentes ao baixo fator de potência em no bloco J1 da instituição. É realizada ainda uma análise referente a iluminação de salas de aula, fazendo novos projetos visando atendimento da norma vigente, fazendo comparações com estado atual das salas, com finalidade de quantificar consumo, e analisar a viabilidade das lâmpadas LED.

Palavras-chave: Desperdício de energia, luminotécnica, lâmpadas LED, fator de potência e investimento.

ABSTRACT

KANASHIRO, Rick W. Analysis of daily energy waste at UTFPR – *campus* Pato Branco. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

This work aimed to carry out a study of energy conservation within UTFPR – *campus* Pato Branco, approaching some cases of energy waste and possible solutions to minimize these wastes. These cases were chosen because they're common situations to a couple environments, which, therefore, can be replicated. An analysis was also made to observe the costs related to the low power factor in the block J1 of the institution. An analysis is also carried out regarding classroom lighting, making new projects aimed at meeting current standards, making comparisons with the current state of the rooms, in order to quantify consumption, and analyze the viability of LED lamps.

Keywords: Waste energy, luminotechnical, LED lamps, power factor and investment.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABESCO – Associação brasileira das empresas e serviços de conservação de energia

Copel	– Companhia paranaense de energia
NBR	– Norma brasileira
FP	– Fator de potência
S	– Potência aparente
P	– Potência ativa
Q	– Potência reativa
DPF	– Fator de potência de deslocamento (<i>displacement power factor</i>)
ψ	– Fluxo luminoso
Fu	– Fator de utilização
Fdl	– Fator de depreciação
E	– Luminância média
A	– Área
Hútil	– Altura útil
C	– Comprimento
L	– Largura

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conta Energia da UTFPR Pato Branco.....	22
Figura 2 - Hall Central UTFPR - Campus Pato Branco, às 07:00 – 11 de maio 2018.	24
Figura 3 - Corredor de acesso a H, I, J e J1, às 07:03, 11 de maio 2018.	24
Figura 4 – Travessia e acesso para estacionamento, com medição de luminosidade realizadas no ambiente da foto, às 07:04, 11 de maio de 2018.	25
Figura 5 – Início e fim (respectivamente) do corredor de acesso O, P e Q, às 07:09, 11 de maio de 2018.....	25
Figura 6 - Acesso ao bloco Q, com medição de luminosidade no ambiente da foto às 07:08, 11 de maio de 2018.....	26
Figura 7 - Sala L106, a esquerda, visão de entrada e a direita, visão geral.....	28
Figura 8 - Sala M103, a esquerda, visão interna, a direita visão de entrada.....	29
Figura 9 - Sala de aula N109, a esquerda, visão interna, a direita, visão de entrada.	30
Figura 10 – A esquerda, visão interna, e a direita visão de entrada sala N108.	31
Figura 11 - Sala de achados e perdidos, às 13:35, 13 de junho de 2018.	32
Figura 12 - Sala de redes, J1, as 08:40, 05 de abril de 2018.	33
Figura 13 - Quadro com Fluke 434 instalado, e tela de correntes do circuito. Autoria própria.	36
Figura 14 - Fator de potência Linha 1, bloco J1.	37
Figura 15 - FP e Potencia Ativa na madrugada do dia 03/07/2018, bloco J1.....	38
Figura 16 - FP e Potencia Ativa na linha 2 e 3 do bloco J1.....	39
Figura 17- Potência Aparente, Ativa, e FP no dia 04/07/2018 no bloco J1.	39
Figura 18 - Potência Aparente, Ativa, e FP no dia 05/07/2018, no bloco J1.	40
Figura 19 - Potencia ativa e FP da linha 2, bloco J1.	41
Figura 20 - Exemplo baixo FP noturno linha 2, Bloco J1.....	41
Figura 21 - Potência Ativa e FP linha 3, bloco J1.....	42
Figura 22 - Potência aparente, ativa e FP, na linha 3, bloco J1.	43
Figura 23 - Acionamento de enceradora.	45
Figura 24 - Dados encontrados na placa da enceradora.	46
Figura 25 - Fator de potência e deslocamento de fator de potência	47
Figura 26 - Potência ativa, FP e DFP do consumo de energia de um notebook.	48
Figura 27 - Potência, Fator de potência e fator de potência de deslocamento de duas lâmpadas 32 W.	48
Figura 28 - Simulação entre tempo de retorno de investimento com eventos mensais para corredores	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Desperdício iluminação geral da área central	27
Tabela 2- Consumo referente a sala L106	29
Tabela 3 - Consumo referente a sala M103	29
Tabela 4- Consumo energia referente sala N109.....	30
Tabela 5 - Consumo energia referente a sala N108.....	31
Tabela 6 - Desperdício referente a lâmpadas não separadas.....	34
Tabela 7 - Desperdício referente a utilização de iluminação na sala de professores no período vespertino.....	35
Tabela 8 - Desperdício referente a utilização de iluminação na sala dos professores no período noturno.	35
Tabela 9 - Desperdício referente a utilização de iluminação na sala de professores.	35
Tabela 10 - Custo devido reativo causado pelas madrugada.....	44
Tabela 11- Simulação de prazo de retorno de investimento para acionamento temporizado da passagem.	49
Tabela 12 - Comparação do atual e sugerido das salas L106 e M103.	53
Tabela 13 - Sala N109, comparação atual com sugerido.....	54
Tabela 14 - Comparação N109 atual e sugerida com LED.	55
Tabela 15 - Adequações e lâmpadas LED para sala N109.....	55
Tabela 16 - Diferença de consumo L106/M103 atual para dimensionada com LED.	58
Tabela 17 - Materiais necessários para adequação M103/L106.....	58
Tabela 18 - Análise de prazo de retorno de investimento para adequação de uma sala L106/M103.....	59
Tabela 19 - Materiais necessários para luminárias independentes.....	60
Tabela 20 - Simulação de prazo de retorno de investimento para luminárias independentes.....	60
Tabela 21 - Materiais necessários para separação no acionamento de lâmpadas para bloco J1.....	61
Tabela 22 - Simulação de prazo de retorno de investimento em separação no acionamento de lâmpadas bloco J1.	61
Tabela 23 - Resumo de aplicação financeira.	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	DESENVOLVIMENTO.....	23
2.1	Luminotécnica.....	23
2.1.1	Corredores principais.....	23
2.1.2	Salas de Aula.....	27
2.1.3	Bloco Q e Bloco J1.....	31
2.1.4	Sala de professores J1.....	34
2.2	Análise em relação ao bloco J1.....	35
2.2.1	Análise da linha 1.....	37
2.2.2	Análise da linha 2.....	41
2.2.3	Análise da linha 3.....	42
2.2.4	Análise do custo pela ultrapassagem durante madrugadas.....	43
2.2.5	Enceradoras.....	44
2.2.6	Análise de distúrbios gerais.....	46
2.2.7	Análise de distúrbio devido notebook.....	47
2.2.8	Análise de distúrbios referente a duas lâmpadas fluorescentes.....	48
3	SOLUÇÃO PROPOSTA.....	49
3.1.1	Corredores.....	49
3.1.2	Salas de aula.....	50
3.1.2.1	Dimensionamento luminotécnico.....	50
3.1.2.2	Adequação com lâmpadas fluorescentes da sala L106 e M103.....	52
3.1.2.3	Adequação com lâmpadas fluorescentes da sala N109.....	53
3.1.2.4	Aplicação da lâmpadas LED para salas estudadas.....	54
3.1.2.4.1	Troca Direta de lâmpadas para sala M103.....	56
3.1.2.4.1	Troca Direta de lâmpadas para sala L106.....	57
3.1.2.4.1	Substituição de lâmpadas para sala L106/M103 com a sala sugerida.....	57

	20
3.1.3 Bloco R e Bloco J1	59
3.1.4 Sala de professores J1	60
3.2.1 Harmônicos e Fator de potência J1	61
3.3 Análise de Resultados	62
3.4 Conscientização	63
4 CONCLUSÕES.....	64
REFERÊNCIAS.....	66
ANEXOS	67
ANEXO A – Tabela de fator de utilização	67

1 INTRODUÇÃO

Desde o século XIX, como consequência do desenvolvimento da lâmpada elétrica incandescente, a energia elétrica vem ocupando maior importância no dia-a-dia das pessoas, com variadas utilidades como iluminação, conforto e segurança, o que acarreta em maior consumo per capita. Dessa forma, existe uma necessidade de crescimento nas áreas referentes a geração, as quais podem não serem favoráveis às expectativas populacionais. (KATHUCIA, 2018)

Segundo matéria do Jornal Nacional, em relação ao período de 2001 a 2011, o consumo de energia no Brasil aumentou cerca de 49%, enquanto que a geração teve um aumento de sua capacidade em 55%. Incrementou, entretanto, o número de usinas térmicas ao invés de hidrelétricas, muito devido ao racionamento ocorrido. Essas foram construídas para maior diversidade de fontes de energia, porém apresentam um custo mais elevado para geração que as usinas hidrelétricas tanto pela eficiência do processo, quanto pelo combustível utilizado. (Matéria Jornal Nacional - Aumento de consumo e produção de energia elétrica, 2013)

Usinas termelétricas são ligadas somente quando há necessidade (começando pelas de menor preço de geração), é interessante considerar que diminuir o consumo de energia em cada fonte consumidora (ou a geração própria de energia) reflete diretamente em menor conta a ser paga devido menor utilização. Dessa forma, com intuito de diminuir o consumo de energia elétrica, existem três possibilidades: buscar equipamentos consumidores mais eficientes, melhorar os hábitos ao utilizar a energia, evitando desperdícios, ou utilizar outras fontes de energia para atingir o propósito desejado.

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 010.642.922 - SÉRIE B						
Emitida em 07/03/2018						
Produto		Grandezas	Valor		Base de	Aliq.
Descrição	Un.	Faturadas	Unitário	Valor Total	Cálculo	ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	5888,00	1,652760	9.731,45	9.731,45	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	57143,00	0,392028	22.401,64	22.401,64	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	430,00	0,351116	150,98	150,98	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	3475,00	0,351151	1.220,25	1.220,25	29,00
DEMANDA	kW	293,76	19,957687	5.862,77	5.862,77	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	156,24	14,170059	2.213,93	0,00	0,00
IRPJ				-498,97		
PIS				-270,27		
COFINS				-1.247,43		
CSLL				-415,81		

Figura 1 - Conta Energia da UTFPR Pato Branco.
Fonte: Autoria própria.

Observando Figura 1, pode-se notar quatro custos diretos de consumo de energia elétrica: consumo na ponta, consumo fora da ponta, consumo de energia reativa excessiva na ponta, e consumo de energia reativa excessiva fora da ponta. Segundo Santos (2006), energia elétrica ativa é a energia que pode ser convertida em outra forma de energia, capaz de realizar trabalho, enquanto a energia reativa é a energia que circula em campos elétricos e magnéticos, sem a produção de trabalho. Caracterizada como tarifa horo sazonal verde, tem-se a aplicação de tarifas de acordo com as horas e uma única tarifa de demanda de potência, tem-se a diferenciação de consumo por horário de ponta ou pico, que para a Copel ocorre de segunda a sexta-feira das 18h a 21h. Neste intervalo tem-se uma maior tarifação pelo consumo (R\$1,652760 por kWh na ponta contra R\$0,392028 para fora da ponta para esta conta emitida em março/2018). Nota-se também a tarifação por energia reativa excessiva, essa sem variação por valor tarifário entre ponta e fora de ponta, que decorre pelo consumo de energia com fator de potência inferior a 0,92.

Segundo a ABESCO, estimado em 2005, é possível reduzir cerca de 15% da utilização de energia nos consumidores residenciais, 6,20% em consumidores industriais, 11% em comerciais e 10% em outros. Neste trabalho será realizado um estudo de eficiência energética em algumas áreas comuns do *campus*, visando identificar desperdícios de energia, e uma análise de reativos no Bloco J1 do *campus*. Nesta área foi inserido um analisador de energia afim de verificar a situação atual do ambiente. Os casos abordados no trabalho foram escolhidos por se tratarem de situações corriqueiras, que ocorrem em mais de um ambiente e podem ser replicadas para mais áreas do campus. A principal abordagem destes casos será observada sob perspectiva econômica, observando o retorno financeiro do investimento.

2 DESENVOLVIMENTO

Foram realizadas diversas visitas em horários distintos afim de analisar o ambiente. O trajeto de cada visita continha as principais áreas de circulação de alunos no *campus*. Nessas, foram encontrados diversos pontos passíveis de melhora para reduzir o consumo de energia sem impactar os consumidores. Dessa forma, serão relatados alguns casos em conjunto com uma estimativa de custo de energia diário, mensal e anual, supondo consumo em bandeira verde.

2.1 LUMINOTÉCNICA

Afim de analisar o consumo de energia decorrente da iluminação, foi proposto analisar as condições de ambientes comuns a todos, como também de algumas salas de aula. Foi analisado conforme os dias se existia a necessidade de manter a iluminação ligada ou não com relação ao horário, e como era realizado seu funcionamento. Em relação as salas de aula, observou-se a existência de um padrão na luminosidade conforme a época de construção das mesmas, portanto, optou-se por analisar uma sala de cada tipo.

2.1.1 Corredores principais

Em relação as áreas comuns, foi possível verificar situações quando a iluminação ligada ou desligada não fazia tanta interferência no ambiente. Nas figuras a seguir, observa-se o exemplo de um dos casos, a serem abordados, como também o trajeto realizado nas visitas ao *campus*. Nas Figura 2, Figura 4, Figura 5 e Figura 6 demonstram-se exemplos onde as lâmpadas estavam ligadas, enquanto que na Figura 3 as lâmpadas estavam apagadas.



**Figura 2 - Hall Central UTFPR - Campus Pato Branco, às 07:00 – 11 de maio 2018.
Fonte: Autoria própria.**



**Figura 3 - Corredor de acesso a H, I, J e J1, às 07:03, 11 de maio 2018.
Fonte: Autoria própria.**



Figura 4 – Travessia e acesso para estacionamento, com medição de luminosidade realizadas no ambiente da foto, às 07:04, 11 de maio de 2018.
Fonte: Autoria própria.



Figura 5 – Início e fim (respectivamente) do corredor de acesso O, P e Q, às 07:09, 11 de maio de 2018.
Fonte: Autoria própria.



**Figura 6 - Acesso ao bloco Q, com medição de luminosidade no ambiente da foto às 07:08, 11 de maio de 2018.
Fonte: Autoria própria.**

A iluminância durante o trajeto destas fotos esteve entre 20 a 50 lux aproximadamente, sem variação perceptível pelo luxímetro na presença ou não de lâmpadas. Apesar do aumento de iluminamento com o passar do tempo, já que se tratava do amanhecer, as lâmpadas continuaram acesas após o término na visita, a qual encerrou por volta das 08:00.

Os ambientes do *campus* são divididos entre dois tipos de acionamento: manual e por fotocélula. As manuais, como do trajeto apresentado da Figura 2 a Figura 6, são, normalmente, verificadas pelo guarda do *campus*, enquanto as de fotocélula tem seu acionamento conforme os sensores analisam sua necessidade. Ao final da visita do dia 11 de maio de 2018, foi medido a iluminância dos ambientes da Figura 4 e Figura 5, que apresentou iluminamento de aproximadamente 110 lux.

Ao analisar a norma atual referente a iluminação, a NBR 8995-1/2013, e corredores, observamos duas categorias, de hotéis/restaurantes e locais de

assistência médica. É necessário um iluminamento médio de 100 lux para corredores na categoria de hotéis/restaurantes e 200 lux para categoria de assistência médica durante o dia, porém podendo ser menor no período noturno para o primeiro tipo, e de até 50 lux para o segundo.

A maioria das lâmpadas encontradas no *campus* eram OSRAM FO32W/840, com potência de 32 W, sendo duas por ponto de iluminação, as quais serão consideradas como padrão atual para cálculos. Para a Figura 2, tem-se 60 lâmpadas, Figura 3 são sete lâmpadas, Figura 4 oito lâmpadas, Figura 5 são 20 e do caminho até a Figura 6 e a própria, 14 lâmpadas. Tem-se neste trajeto 156 lâmpadas, considerando somente as que estavam ligadas, cerca de 110, estima-se um consumo de 3,520 kW/h. Foram realizadas somente três visitas neste horário, e tal evento foi observado em duas no mesmo mês. Considerando um dos casos mais positivos, de que este evento ocorra somente duas vezes ao mês e uma hora por dia:

Tabela 1- Desperdício iluminação geral da área central

110 lâmpadas	Dia	Mês (2 vezes)	Ano (24 vezes)
Energia cons. (kW/h)	3,520	7,040	84,480
Custo (R\$0,42 kW/h)	1,48	2,96	35,52

Na Tabela 1, é apresentada a estimativa para o desperdício encontrado referente aos eventos ocorridos as 07h:00min considerando 110 lâmpadas ligadas sem necessidade no intervalo de uma hora.

2.1.2 Salas de Aula

Em relação as salas de aula, devido a maior facilidade do acesso, foram escolhidas três salas para servirem como padrão: L106, M103 e N109. Entretanto, durante o desenvolvimento do trabalho, foram realizadas trocas de luminárias nas salas N107 e N108 para lâmpadas de LED, e optou-se analisar também a sala N108. Tal escolha ocorreu devido a semelhança com a sala N109, a qual possibilita verificar a diferença pela iluminação LED.

O objetivo desta etapa é de analisar a situação atual das salas de aula, estão de acordo a norma ou não, e verificar o custo em relação ao ambiente recomendado. A norma referente a iluminação em ambientes de trabalho atual é a

NBR 8995-1, a qual, em seu item 5, que se refere aos requisitos para o planejamento da iluminação, no item 28 indica a recomendação mínima para construções educacionais, para salas de aula noturna, e educação de adultos, os requisitos são de pelo menos 500 lux. Utilizando um luxímetro, foi analisada três fileiras inteiras de mesas de cada uma das salas, e a partir destas medidas, realiza-se a média do iluminamento da sala.

Na Figura 7 apresenta-se a sala L106, trata-se de uma sala de com medidas de 10 metros de comprimento com 8 metros de largura, iluminada por 24 lâmpadas, sendo 12 pontos de iluminação distribuídos com quatro fileiras com três pontos cada. Esta sala apresenta ainda a característica de uma viga horizontal no teto, atravessando-a no meio que diminui o “espalhamento” da iluminação das lâmpadas do meio. Na Figura 7 podemos notar estes dados apresentados:



**Figura 7 - Sala L106, a esquerda, visão de entrada e a direita, visão geral.
Fonte: Autoria própria.**

O iluminamento médio dessa sala foi de 334 lux, não atendendo ao requisito inicial de iluminação em salas do item 28, que exige no mínimo 500 lux para salas de aula para adultos ou noturnas. Em relação ao consumo da sala, considerando que ocorrem cerca de 10 aulas por dia, cada uma com duração de 50 minutos, e mantenha-se acesa somente neste período, podemos avaliar:

Tabela 2- Consumo referente a sala L106

24 lâmpadas	Dia (6,6horas)	Mês (22 dias)	Ano (200 dias)
Energia cons (kW/h)	6,40	140,80	1280,00
Custo (R\$ 0,42 kW/h)	2,69	59,14	538,00

Em relação a sala M103, trata-se de uma sala semelhante a anterior, L106, com medidas de 10 metros de comprimento e 8 metros de largura, com iluminação de 24 lâmpadas, sendo 12 pontos de iluminação distribuídos com quatro fileiras, sendo três pontos em cada. Esta sala também apresenta a viga ao meio. Na Figura 8 podemos segue para maior compreensão:

**Figura 8 - Sala M103, a esquerda, visão interna, a direita visão de entrada.**

Fonte: Autoria própria.

O iluminamento médio dessa sala apresentou-se inferior ao da sala anterior (L106), com valor de 285,12 lux, não atendendo as normas estabelecidas. A seguir na Tabela 3 faz-se a análise de custo de funcionamento:

24 lâmpadas	Dia (8,33 horas)	Mês (22 dias)	Ano (200 dias)
Energia cons (kW/h)	6,40	140,80	1280,00
Custo (R\$ 0,42 kW/h)	2,69	59,14	538,00

Tabela 3 - Consumo referente a sala M103

As próximas salas a serem abordadas foram salas construídas recentemente, há cerca de cinco anos, de forma que apresentam um padrão diferenciado as já relacionadas.

A sala N109 tem dimensões de 12 metros de comprimento e 8 metros de largura, iluminada por 48 lâmpadas, com quatro fileiras possuindo seis pontos de iluminação cada. Como dito anteriormente, devido a implantação de lâmpadas de LED em algumas salas, estas foram incluídas no estudo N108. Esta última apresenta mesmas dimensões e características da sala N109, o que servirá como boa comparação devido a eficiência dos tipos de lâmpada. Na Figura 9, apresenta-se a sala N109:



**Figura 9 - Sala de aula N109, a esquerda, visão interna, a direita, visão de entrada.
Fonte: Autoria própria.**

Esta sala demonstrou-se dentro das normas exigidas, com um iluminamento médio de 589,25 lux.

Tabela 4- Consumo energia referente sala N109

48 lâmpadas	Dia (6,66horas)	Mês (22 dias)	Ano (200 dias)
Energia cons (kW/h)	10,23	225,06	2048,00
Custo (R\$ 0,42 kW/h)	4,30	94,60	860,00

Com as mesmas dimensões da N109, a sala N108 como dito anteriormente teve o diferencial da troca de lâmpadas para LED, de 18 W, o que resultou em uma grande diferença em sua iluminação. Na Figura 10, observa-se o ambiente da sala:



Figura 10 – A esquerda, visão interna, e a direita visão de entrada sala N108.
Fonte: Autoria própria.

O iluminamento médio na sala foi de 937,45 lux, apresentando um acréscimo de 59,09% em relação as luminárias convencionais.

Tabela 5 - Consumo energia referente a sala N108

48 lâmpadas	Dia (6,6horas)	Mês (22 dias)	Ano (200 dias)
Energia cons (kW/h)	5,75	126,50	1150,00
Custo (R\$ 0,42 kW/h)	2,42	53,24	484,00

2.1.3 Bloco Q e Bloco J1

Durante as visitas, foi encontrado nestes blocos uma possível melhora a ser realizada. No corredor de acesso as salas de aula do bloco Q, existe uma divisória para a sala de achados e perdidos, como mostrado na Figura 11:



**Figura 11 - Sala de achados e perdidos, às 13:35, 13 de junho de 2018.
Fonte: Autoria própria.**

Ao se fazer a ligação das lâmpadas do corredor, não se tem a possibilidade de ligar somente a Sala de achados e perdidos, mantendo essa, portanto, acesa diariamente sem necessidade. Um caso semelhante é encontrado na sala de redes do Bloco J1, como mostrado na Figura 12 a seguir:



**Figura 12 - Sala de redes, J1, as 08:40, 05 de abril de 2018.
Fonte: Autoria propria.**

De maneira semelhante, não se existe uma separação para a ligação desta lâmpada, mantendo um ambiente necessário somente para manutenções aceso diariamente. Para o ambiente da Figura 11, é necessário esclarecer que se trata de

um corredor escuro, que não tem condições de receber iluminação externa. Dessa forma, é comum o ambiente permanecer com todas as lâmpadas ligadas durante diversas horas no dia, caso este que não será verificado neste trabalho. O ambiente relacionado a Figura 12, geralmente é ligado por volta das 06:40 segundo o guarda responsável. Considerando ambos blocos com mesma duração de desperdício, a melhor ocasião, de que cerca de as 08:00 chegue alguma pessoa e desligue estes ambientes, e sejam religados das 18:00 até as 23:00, temos 6 horas por dia estes desperdícios. Relembrando que cada ponto de iluminação possui duas lâmpadas OSRAM de 32W:

Tabela 6 - Desperdício referente a lâmpadas não separadas

4 lâmpadas	Dia	Mês (22 dias)	Ano (200 dias)
Energia cons.(kW/h)	0,77	16,94	154,00
Custo (R\$0,42 kW/h)	0,32	7,04	64,00

2.1.4 Sala de professores J1

Durante as conversas para a realização do trabalho, um dos pontos a serem considerados inicialmente foi das luminárias para as salas de professores. O ambiente de sala de professores é dividido por divisórias com normalmente duas lâmpadas para cada uma, e a presença de duas mesas para professores. Foi notado que a maior parte das vezes tem-se somente um professor por sala porém ambas luminárias ligadas.

Foi realizado inicialmente um teste de luminosidade na grande maioria das mesas de professores do bloco todo, o qual possui cerca de 58 salas, e obteve-se uma média de luminosidade de 437,32 lux, acima dos 300 lux recomendados pela norma. Posteriormente foi analisado durante uma semana a presença de professores nos blocos, e observou-se a presença, no período vespertino, normalmente de cinco salas por cada coordenação ligadas, totalizando 20 salas por hora. Ressalto que a iluminação natural para o DALET era adequada, e os usuários nem sempre utilizavam as lâmpadas, podendo portanto, descartar cinco salas dessa medida. De todas as salas, cerca de cinco contavam com a presença dos dois professores. Para o período

noturno, eram encontradas cerca de três salas por bloco ligadas, porém devido a movimentação de professores não foi possível obter dados referentes a utilização real das mesmas.

Com tais dados obtidos, considerando somente o período vespertino, 15 salas ligadas, com cerca de 4 utilizando as duas luminárias, notamos a presença de 11 salas ocorrendo o evento citado. Dessa forma:

Tabela 7 - Desperdício referente a utilização de iluminação na sala de professores no período vespertino.

22 lâmpadas desn.	Dia (9 horas)	Mês (22 dias)	Ano (11 meses)
Energia (kW/h)	6,34	139,48	1534,28
Custo (R\$ 0,42)	2,66	58,52	643,72

Considerando ainda a hipótese de se ter 12 salas no período noturno, dessas 3 terem dois professores, podemos obter:

Tabela 8 - Desperdício referente a utilização de iluminação na sala dos professores no período noturno.

18 lâmpadas desn.	Dia (5 horas)	Mês (22 dias)	Ano (11 meses)
Energia (kW/h)	2,88	63,36	696,96
Custo	1,21	26,62	292,82

Somando portanto para se obter a estimativa diária:

Tabela 9 - Desperdício referente a utilização de iluminação na sala de professores.

	Dia	Mês (22 dias)	Ano (11 meses)
Energia	9,22	202,84	2231,24
Custo	3,87	85,14	936,54

2.2 ANÁLISE EM RELAÇÃO AO BLOCO J1

Para se ter maior conhecimento em relação as potenciais melhorias que podem ser encontradas, optou-se pela escolha de um bloco mais evidente para

estudo. O bloco J1 possui em seu interior a coordenação e sala de professores de quatro departamentos: DAELE, DAMEC, DAMAT e DALET.

A escolha do bloco ocorreu devido este possuir fluxo de pessoas durante todo o dia, diversidade de equipamentos, e localização do quadro de energia. O fluxo de pessoas inicia cerca das 05h:45min com a abertura do bloco pelo guarda e com a chegada dos funcionários terceirizados responsáveis pela faxina. Existe ainda a presença de professores que trabalharam nos três turnos de funcionamento da instituição, e o fechamento deste ocorre cerca de 23h:30min quando o guarda verifica o ambiente, desliga o que achar necessário e o tranca. Em relação aos equipamentos temos a presença de computadores, elevador, fornecimento de água (um quente e outro fria), ar condicionados, geladeiras, secadores de mão, entre outros. O quadro de energia é situado a direita da entrada, num ambiente sem grande circulação de pessoas, e que alimenta dois quadros de distribuição, o elevador e bombas cisterna.

Foi instalado um analisador de energia, Fluke 434 II, as 14h:40min do dia 02 de julho de 2018 que permaneceu no quadro de entrada até cerca das 08h:00min do dia 08 de julho de 2018. Este foi configurado para obter uma amostra de corrente e tensão de cada fase (inclusive neutro) a cada 5 minutos. O analisador foi configurado para fornecer informações de potência ativa (P), potência aparente (S), fator de potência (FP), harmônicos até a 11ª ordem e frequência. Na Figura 13, apresenta-se o quadro no qual foi instalado com o equipamento com uma de suas telas:

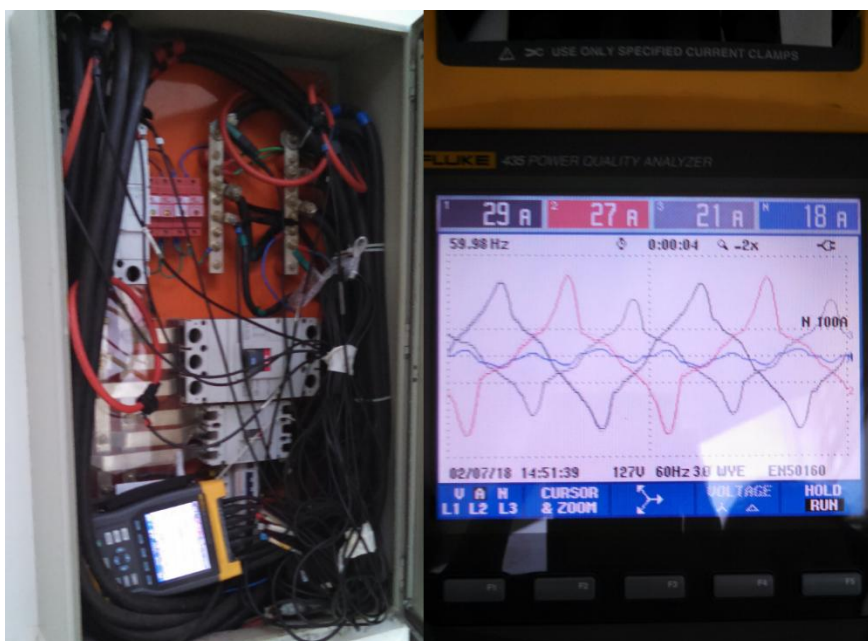


Figura 13 - Quadro com Fluke 434 instalado, e tela de correntes do circuito. Autoria própria.

Pela análise as contas de energia elétrica do *campus*, pode-se verificar a existência de ultrapassagem em relação ao FP estipulado pela companhia de fornecimento de energia, de no caso 0,92. Sabendo-se disso, pretende-se analisar as ocorrências destes casos em relação ao bloco J1, já que foi realizada a medição neste. Tratando-se de um sistema trifásico, será realizada uma análise para cada fase afim de avaliar a situação.

2.2.1 Análise da linha 1

Para a fase 1, a qual se apresenta na Figura 14, notamos a ocorrência de todo início de dia (após as 00h:00min) um grande decaimento em relação ao fator de potência, e ocorrências pontuais como no dia 04/07/2018 por volta das 13h:20min, no dia 05/07/2018 as 14h:20min, dia 06/07/2018 as 13h:20min, além do dia 07/07/2018 que manteve-se fora durante todo o tempo.

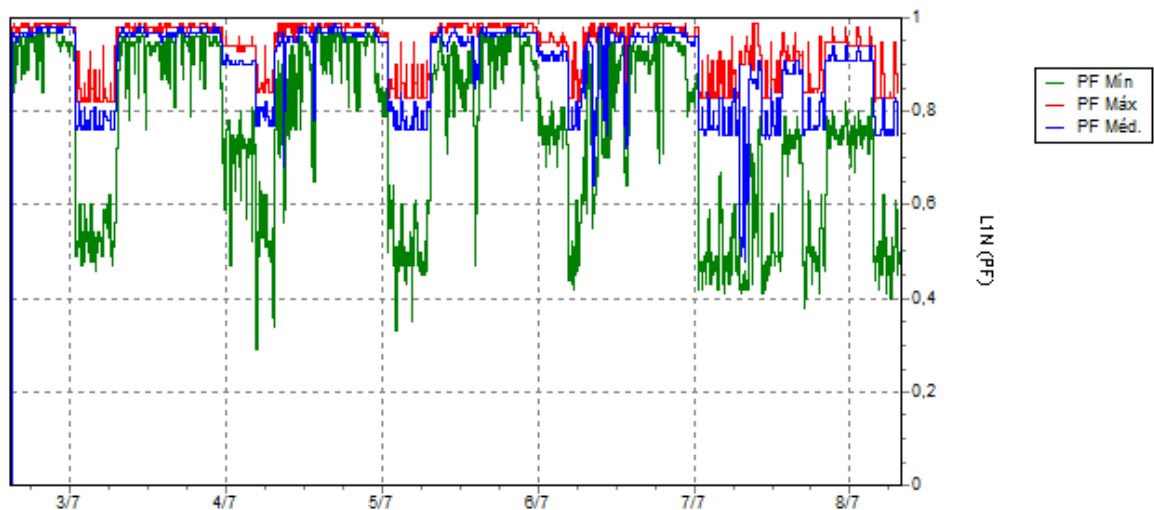


Figura 14 - Fator de potência Linha 1, bloco J1.
Fonte: Power Log Classic.

Analisando o FP de madrugada, considerando o dia 03/07/2018, é possível verificar que tem-se uma carga baixa de cerca de 240 W sendo consumida, e que o decaimento do FP coincide com o momento no qual se desliga cerca de 1 kW de cargas. Conforme o amanhecer do dia se aproxima, e são ligadas novas cargas

novamente, o FP deste sistema volta a subir mantendo-se por volta de 0,97. Tais informações podem ser verificadas conforme a Figura 15:

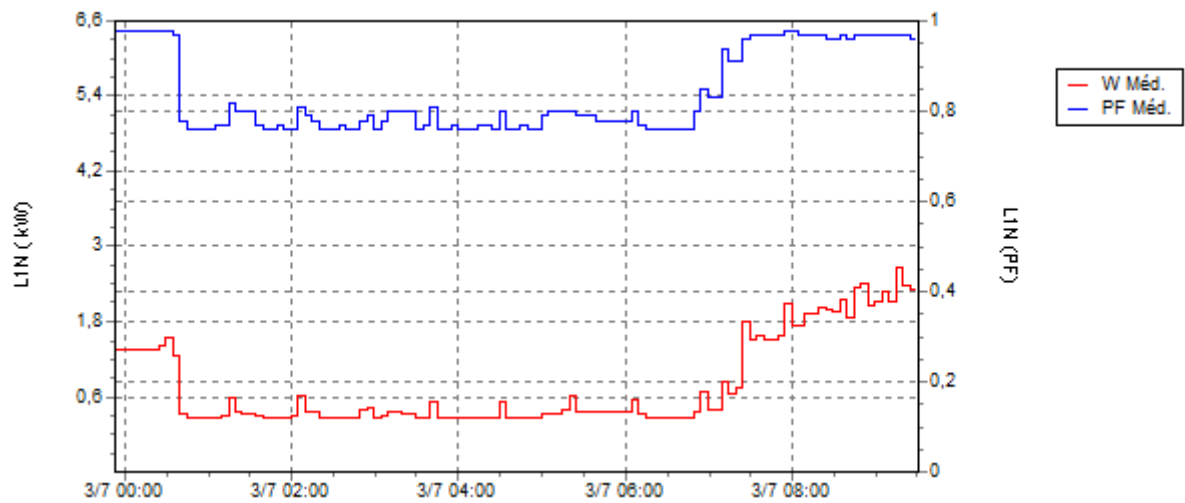


Figura 15 - FP e Potencia Ativa na madrugada do dia 03/07/2018, bloco J1.
Fonte: Power Log Classic.

De acordo com o conhecimento a campo do bloco, os equipamentos que ficam ligados o tempo todo são dois *nobreak* para manter energizados *switchs* no painel, geladeiras, um resfriador de água, um aquecedor de água e duas bombas cisternas de 1cv monofásicas. Quando analisadas as outras duas fases do sistema, observa-se que a linha 2 não apresenta um decaimento de FP tão considerável, mantendo-se abaixo do 0,92 por pouco tempo, enquanto a linha 3 apresenta mesma deformidade com FP mais baixo ainda (cerca de 0,45). A deformidade ocorrida para a linha 2 ocorre exatamente quando alguma carga do sistema foi desligada, e desaparece ao religar outras cargas, mantendo um consumo de cerca de 350 W durante sua queda, voltando posteriormente ao 1 kW. Para a linha 3 mantém-se consumo próximo de 215 W, com FP baixo. Tais dados, podem ser vistos conforme a Figura 16:

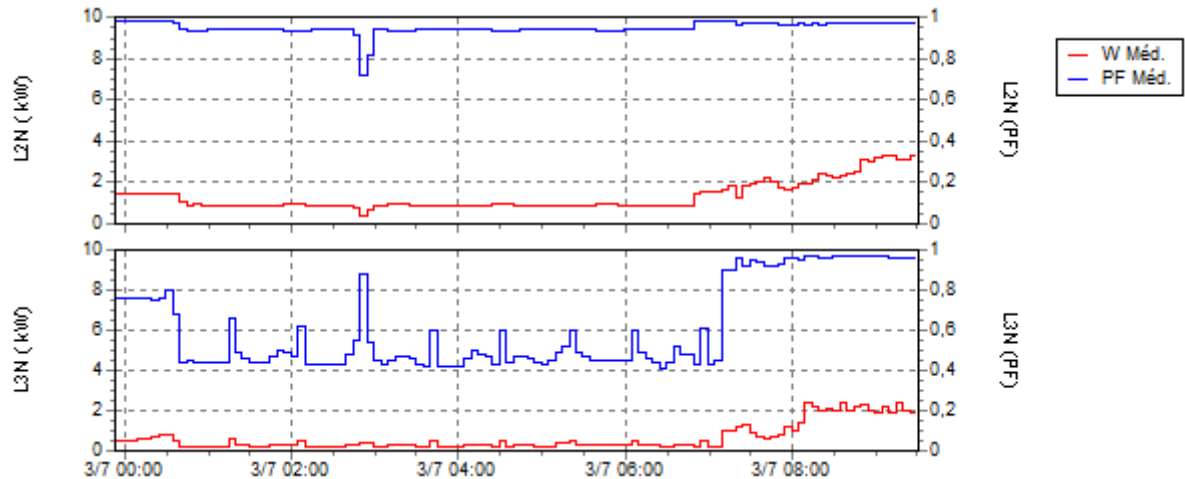


Figura 16 - FP e Potencia Ativa na linha 2 e 3 do bloco J1.
Fonte: Power Log Classic.

Dessa forma, é viável dizer que o problema decorre das bombas cisternas ou *nobreaks* ligadas ao quadro de energia que possuem baixo FP e não aparecem todo o tempo devido a mistura de outras cargas no quadro.

Retomando a análise somente a linha 1, observando as outras anomalias ocorridas, tem-se a dificuldade de se avaliar exatamente a carga que entra neste sistema, e qual sua real interferência, pois ocorrem em horários de maior movimentação e variações de carga. Para o dia 04/07/2018, as 13h:29min, é notável no sistema a ligação de uma carga que consome 1 kVA, com cerca de 500 W de consumo ativo, que altera o FP de 0,97 para 0,78 durante um intervalo de amostra. Em seguida, a potência ativa se mantém, e o FP volta ao seu valor de 0,97. Estas informações podem ser vistas em Figura 17:

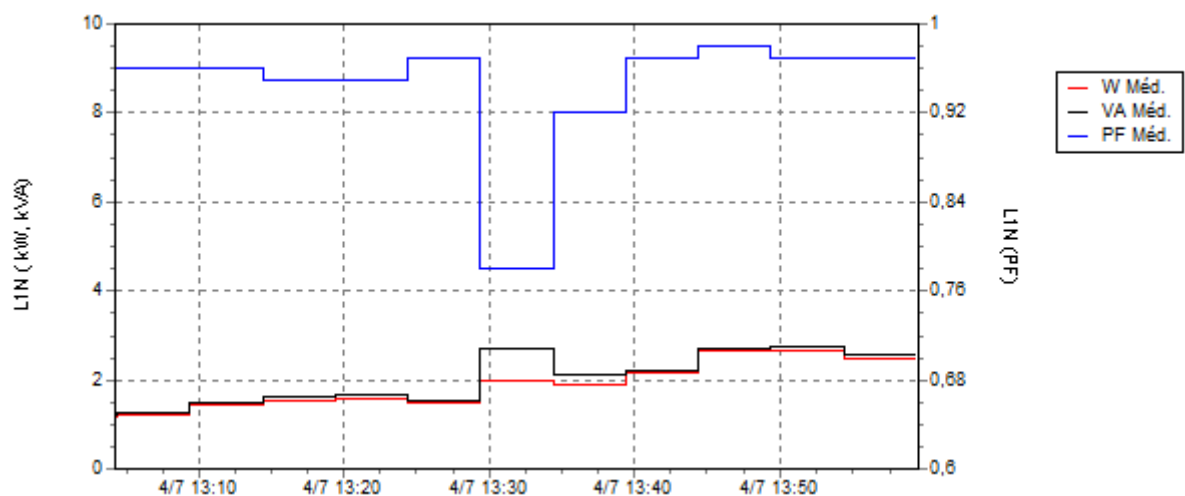


Figura 17- Potência Aparente, Ativa, e FP no dia 04/07/2018 no bloco J1.
Fonte: Power Log Classic.

Para o dia 05/07/2018, o evento ocorreu durante tempo de visita ao bloco, no qual foi possível anotar quais equipamentos estavam sendo utilizados no momento. Novamente, é possível notar a entrada de uma ou mais cargas no sistema, com consumo próximo de 1 kW, que abaixam o FP, e este se mantém abaixo do esperado (0,92) durante cerca de quarenta minutos. Além da rotina usual do bloco, este dia foram ligados todos os ar condicionados do bloco para possíveis análises de interferência, que entretanto, não foram realizadas como esperado, e também ocorria limpeza com uma enceradora de chão.

A análise em relação as interferências causadas por ar condicionados não obteve-se grande êxito, já que era ligado um ar condicionado por um intervalo de 10 minutos, desligava-se e ligava o próximo. Entretanto, devido a temperatura do dia, alguns aparelhos foram religados, de forma que não foi possível analisar o momento exato de cada uma dessas ocorrências. Em relação as enceradoras de chão, foi possível analisar a não existência de um padrão, já que estas eram desligadas e religadas durante breves momentos em sua utilização, e como o tempo de amostragem da análise estava configurado para cinco minutos, obteve-se somente os picos e médias dos valores. Tais informações foram analisadas conforme a Figura 18:

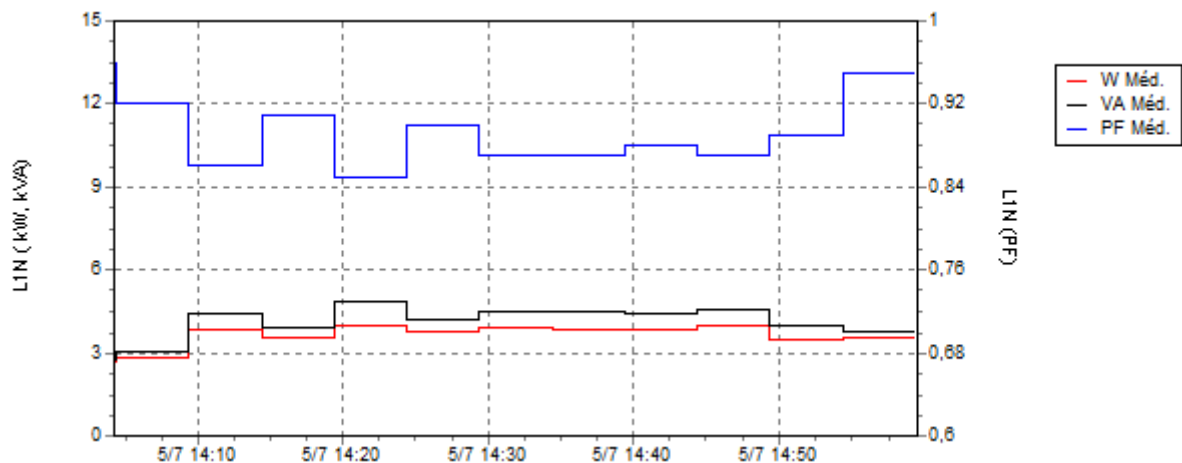


Figura 18 - Potência Aparente, Ativa, e FP no dia 05/07/2018, no bloco J1.
Fonte: Power Log Classic.

Para o dia 06/07/2018, a visita ao ambiente ocorreu antes das anomalias apresentadas, e devido à falta de informação não serão abordados.

2.2.2 Análise da linha 2

Ao analisar a segunda linha, observamos um melhor resultado perante ao fator de potência da linha 1, porém ocorrendo quedas no início de todos os dias, sendo que somente nos dias 06/07/2018 e 07/07/2018 se mantiveram abaixo do desejado. Existiu ainda dois eventos com picos baixos de FP, porém sem maiores durações. Tais dados podem ser observados na Figura 19:

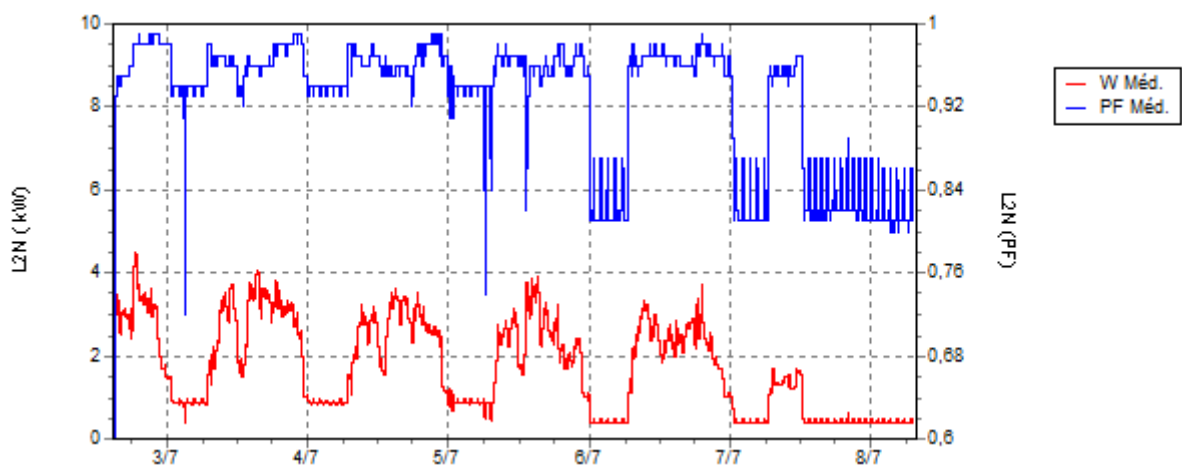


Figura 19 - Potencia ativa e FP da linha 2, bloco J1.
Fonte: Power Log Classic.

Os efeitos de madrugada se repetem com baixo FP, dando destaque para o dia 06 e 07 em que alguma carga noturna não esteve presente nessa linha como nos outros dias, e ocorreu fato semelhante as outras duas linhas. Neste, trata-se de um consumo de 400 W, com FP de 0,81, consumo pouco maior que da linha 1, assim como FP. Segue a Figura 20 mostrando tais dados:

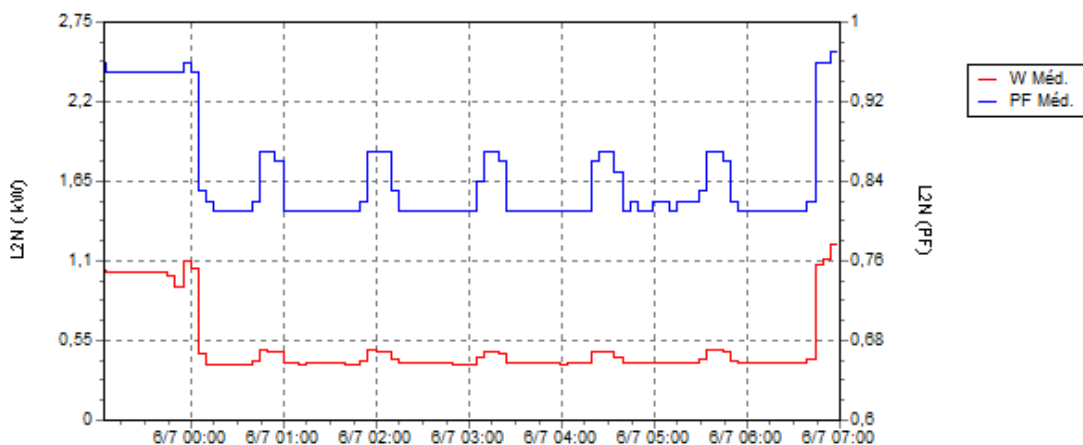


Figura 20 - Exemplo baixo FP noturno linha 2, Bloco J1.
Fonte: Power Log Classic

2.2.3 Análise da linha 3

Ao analisar a linha 3, verifica-se o pior FP das três linhas, ocorrendo mesmos eventos das madrugadas, mas com FP inferior aos anteriores, e diversos instantes durante o dia em que se manteve abaixo do desejado. Segue na Figura 21 o resultado obtido:

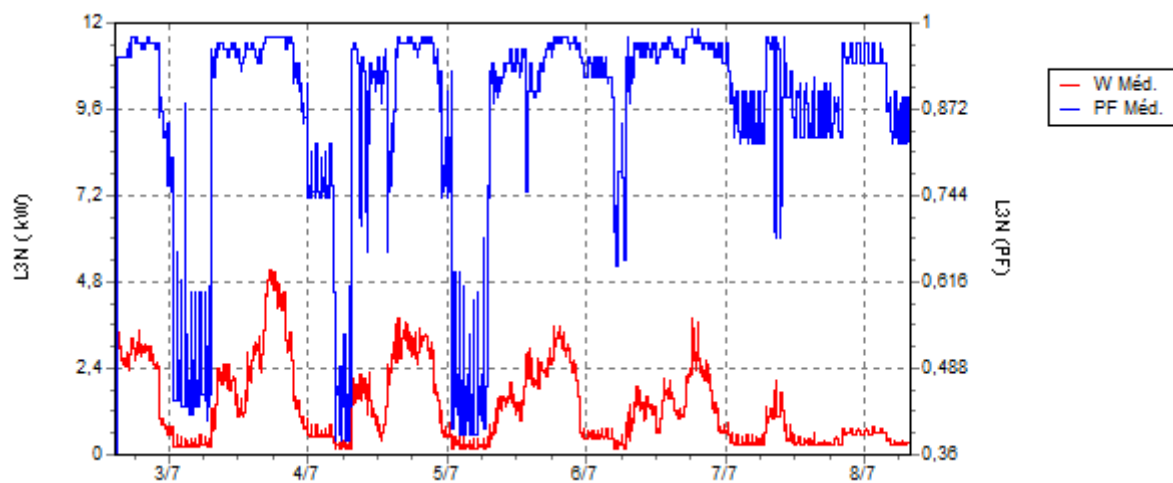


Figura 21 - Potência Ativa e FP linha 3, bloco J1

Para o dia 06/07, foi observado um momento com FP de 0,66, com ocorrência as 06h:54min, no qual existia consumo de 150 W, demonstrando novamente que alguma carga (*nobreak* ou bombas cisternas) possui baixo fator de potência com consumo baixo, e não aparece posteriormente no sistema devido maior presença de equipamentos.

Entretanto, outros eventos foram encontrados, como no dia 04/07/2018 às 10h:00min, no qual o ponto mais crítico houve um consumo de 1,83 kW, existia uma potência aparente de 2,82 kVA, resultando no FP de 0,66. Este intervalo de tempo teve duração de 20 minutos e mostra a ligação de carga com grande potência reativa, assim como o intervalo do mesmo dia as 09h:00min, com duração de dez minutos. Com os dados obtidos, não é possível afirmar que o equipamento causou tais distúrbios a rede. Tal fato pode ser visto conforme abaixo, na Figura 22:

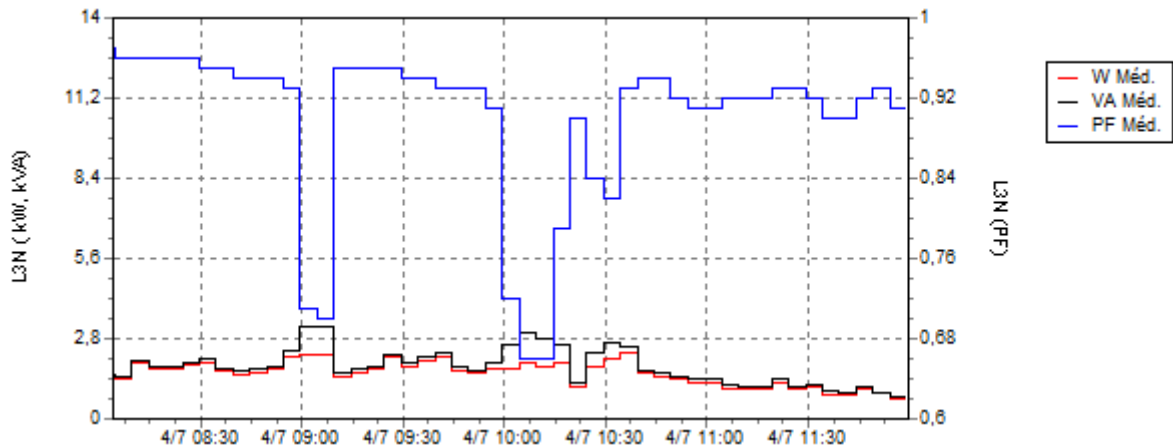


Figura 22 - Potência aparente, ativa e FP, na linha 3, bloco J1.
Fonte: Obtido por Power Log Classic.

2.2.4 Análise do custo pela ultrapassagem durante madrugadas

Afim de avaliar o custo dos eventos relacionados as madrugadas, pela ultrapassagem de FP:

$$P = S \cdot FP \quad (1)$$

No intervalo de tempo de ultrapassagem, tem-se aproximadamente uma utilização de uma potência de 1,9kVA, e sabe-se que o excedente no fator de potência até 0,92 é faturado. Dessa forma:

$$P = 1,9kVA \cdot 0,92 = 1,748 kW$$

E por Pitagoras:

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (2)$$

Onde Q é potência reativa. Portanto, é admitido um consumo de reativo máximo de:

$$Q = 0,784 VAr$$

A média observada de consumo de reativo durante o período noturno foi de 1,05 VAr, portanto, tem-se uma ultrapassagem a ser tarifada de 0,266 VAr por hora. Dessa forma, apresenta-se na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** o custo referente ao excedente de energia ocorrido nas madrugadas:

Tabela 10 - Custo devido reativo causado pelas madrugadas.

	Dia (6 horas)	Mês (30 dias)	Ano (365 dias)
Energia (VAr)	1,60	48,00	584,00
Custo (R\$0,42)	0,672	20,16	245,28

2.2.5 Enceradoras

Durante a semana com o Fluke instalado, foram feitas visitas afim de obter dados referente aos equipamentos ligados durante o decorrer da semana. No dia 05 de julho de 2018, ao início de uma das visitas da tarde, observou-se o acionamento de uma enceradora de chão por volta das 13h:13min. As enceradoras utilizadas são monofásicas e por se tratarem de motores, é também esperado um grande distúrbio na rede devido sua utilização. Tal acontecimento pode ser observado na Figura 23:

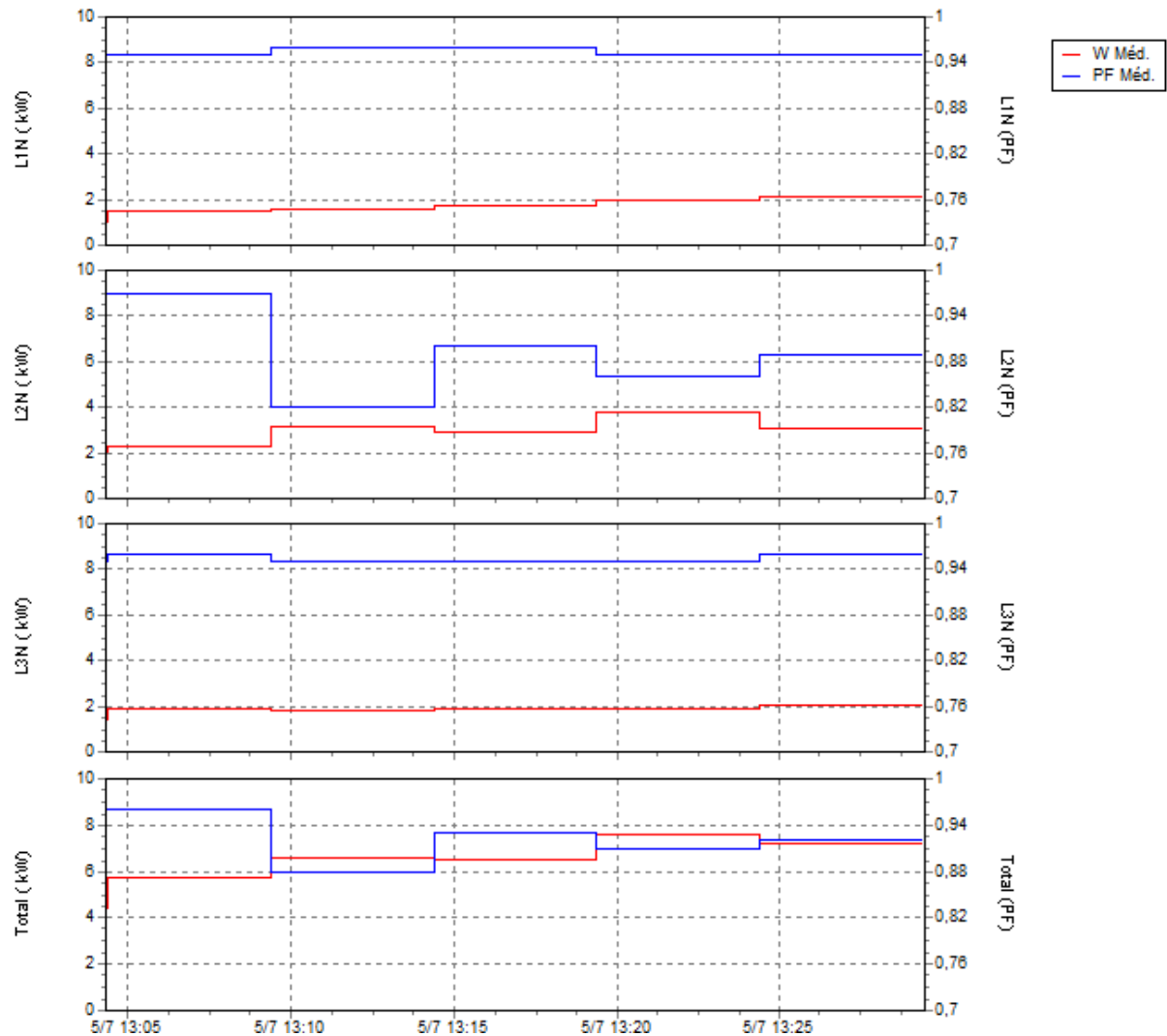


Figura 23 - Acionamento de enceradora.
Fonte: Power Log Classic.

Observa-se que o equipamento foi ligado na Linha 2 do circuito, por volta das 13h:08min, fazendo o fator de potência da linha cair de 0,97 para 0,82 com acréscimo de cerca de 1 kW no consumo. Como o momento de retorno do almoço foi próximo deste momento, tal anomalia foi sendo amenizada com o passar do tempo.

Durante as visitas, foram identificados diversos momentos que foram acionadas as enceradoras, porém ocorreram em horários de grande diversidade de cargas, dificultando uma análise mais precisa. Ainda mais, durante o intervalo de uma amostra (lembrando ser cinco minutos), ocorrem diversos acionamentos sendo necessário uma análise com maior amostragem para verificar os distúrbios causados. Sabe-se que a enceradora trata-se de um modelo DC 410 Plus da empresa Thames/Deep Clean, com potência de 980 W segundo etiqueta na Figura 24:



Figura 24 - Dados encontrados na placa da enceradora.
Fonte: Autoria própria.

2.2.6 Análise de distúrbios gerais

Outros equipamentos foram ligados em horários determinados para avaliação, porém não foi possível se ter mais dados devido o tempo de amostragem do equipamento junto com a diversidade de cargas no momento. Podemos citar entre estes equipamentos ar condicionados do bloco, aquecedor de água, resfriador de água, secador de mão e elevador.

É possível afirmar a existência de harmônicos na rede devido a obtenção das curvas de deslocamento de fator de potência. Segundo Manual para Correção do fator de potência da Weg, fator de potência de deslocamento (em inglês, *displacement power fator*, DPF) trata-se do cosseno do ângulo entre a corrente e tensão fundamentais, sem apresentar distorções de harmônicos. Sendo assim, é observado através da Figura 25 que o FP real do sistema apresentou-se com diferença quase constante de 0,1 em relação ao DPF.

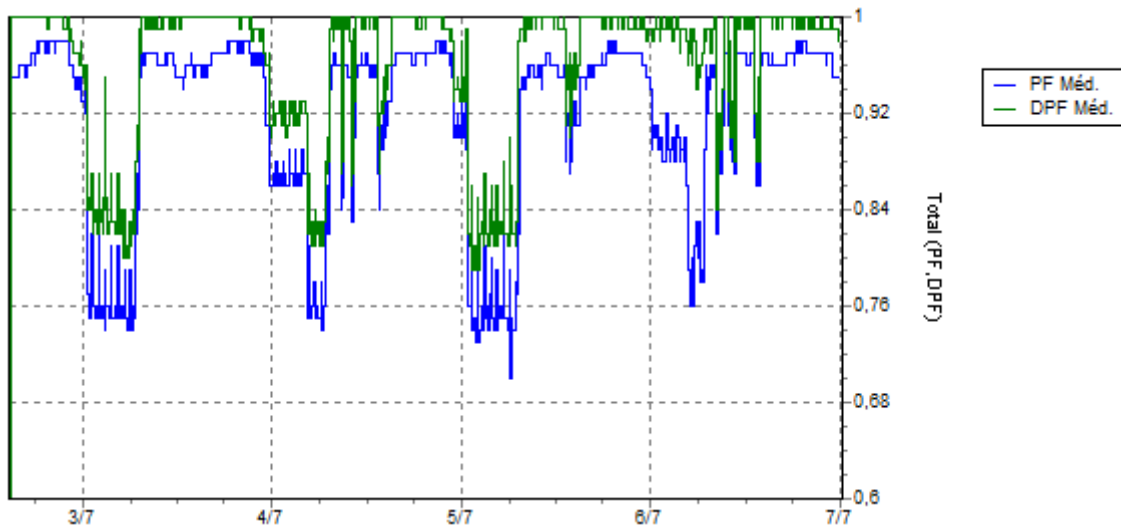


Figura 25 - Fator de potência e deslocamento de fator de potência
Fonte: Power Log Classic.

Vale notar que embora existam casos isolados onde o FP se mostra abaixo 0,92 por instantes, em sua maioria ocorrem principalmente nas madrugadas aonde até mesmo o DPF se mostra abaixo do faturado.

De forma geral, era esperada a diferença entre o FP com DPF devido as cargas utilizadas no sistema, principalmente de computadores e lâmpadas fluorescentes. Assim, foi realizado uma análise nos distúrbios provenientes de um notebook como também de duas lâmpadas fluorescentes, para confirmar esta afirmação nos capítulos seguintes.

2.2.7 Análise de distúrbio devido notebook

Analisando primeiramente o distúrbio referente ao notebook, em utilização leve, observamos uma variação constante de 5 W, decorrente do acionamento da fonte, ocasionando picos ao acionamento das chaves. Obtém-se ainda um DPF próximo de 0,9, entretanto com FP próximo de 0,4, demonstrando ocasionar distúrbios na rede. Tais informações podem ser analisadas na Figura 26:

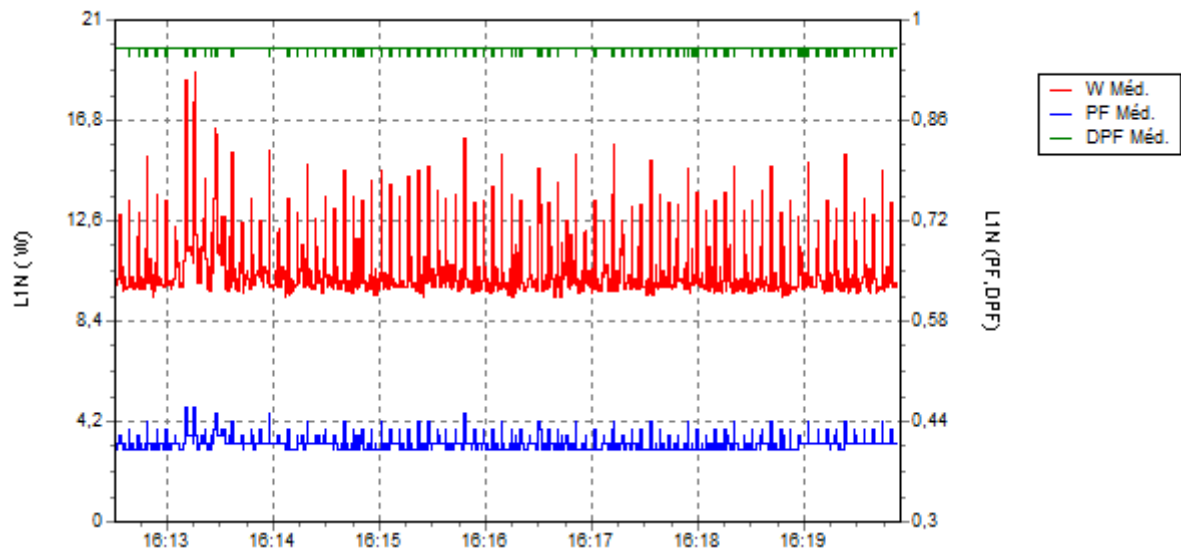


Figura 26 - Potência ativa, FP e DFP do consumo de energia de um notebook.
Fonte: Power Log Classic.

2.2.8 Análise de distúrbios referente a duas lâmpadas fluorescentes

Em relação as lâmpadas fluorescentes, foi analisado um ponto de iluminação o qual possuía duas lâmpadas OSRAM anteriormente mencionadas. Foi observado um DPF de 0,98 constante, com um FP demonstrando variações acima de 0,94. Tais informações podem ser analisadas na Figura 27:

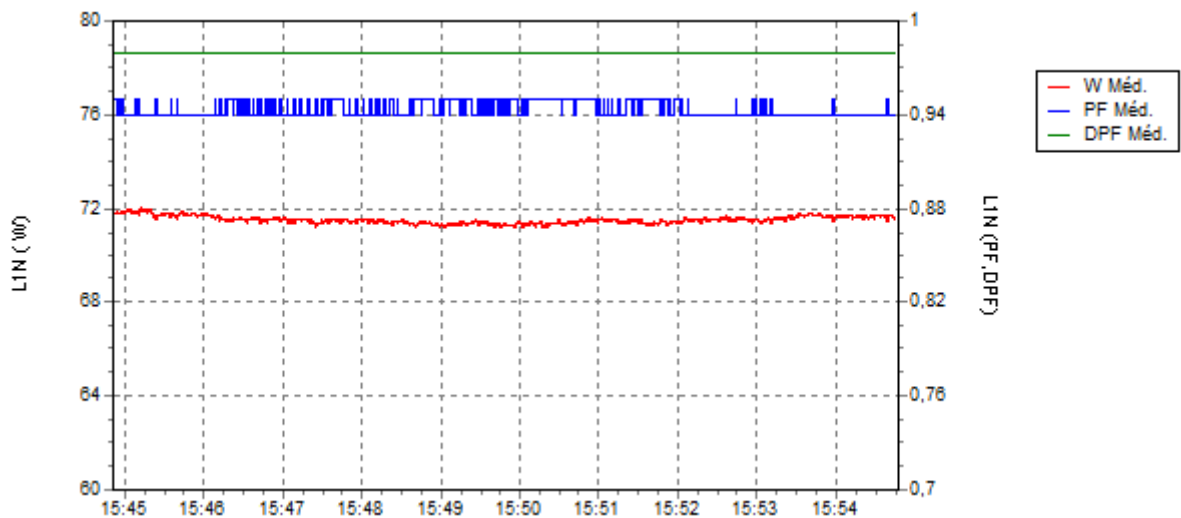


Figura 27 - Potência, Fator de potência e fator de potência de deslocamento de duas lâmpadas 32 W.
Fonte: Power Log Classic.

Sendo assim, é possível analisar que as lâmpadas não apresentam problemas em relação ao fator de potência, e harmônicos. Entretanto o mesmo não

pode ser dito em relação aos computadores, que embora tenham menor consumo de energia, quando somados todos podem apresentar variações não desejadas.

3 SOLUÇÃO PROPOSTA

Antes de iniciar as soluções, vamos definir como serão avaliados os investimentos. Foi analisado que todo investimento feito deverá considerar a desvalorização referente à inflação, essa que foi baseada numa aproximação da média de inflação de 2010 com a 2018, de no caso 6,0% ao ano. Afim de maior aproximação a realidade, foi considerada mensalmente, que equivale à um juro de 0,4867% ao mês.

3.1.1 Corredores

Afim de evitar a iluminação no horário de transição de noite para dia, é proposto a utilização de um timer programável conectado a um contator para realizar a tarefa. Como tratamos de quadros distintos, serão necessários três conjuntos para tratar tal evento. Utilizando a técnica de *Payback* Descontado, temos que o tempo de retorno é de 8 anos para tal investimento valer a pena.

Tabela 11- Simulação de prazo de retorno de investimento para acionamento temporizado da passagem.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
Montante	- 280,00	-244,48	-176,17	-141,71	-107,04
Economia	35,52	35,52	35,52	35,52	35,52
	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	
Montante	-72,16	-37,07	-1,77	-33,74	
Economia	35,52	35,52	35,52	35,52	

Por se tratar de um evento sem um conhecimento mais preciso, foi realizado uma simulação obtendo o tempo de retorno de investimento com a quantidade de eventos que ocorram no mês, conforme Figura 28:

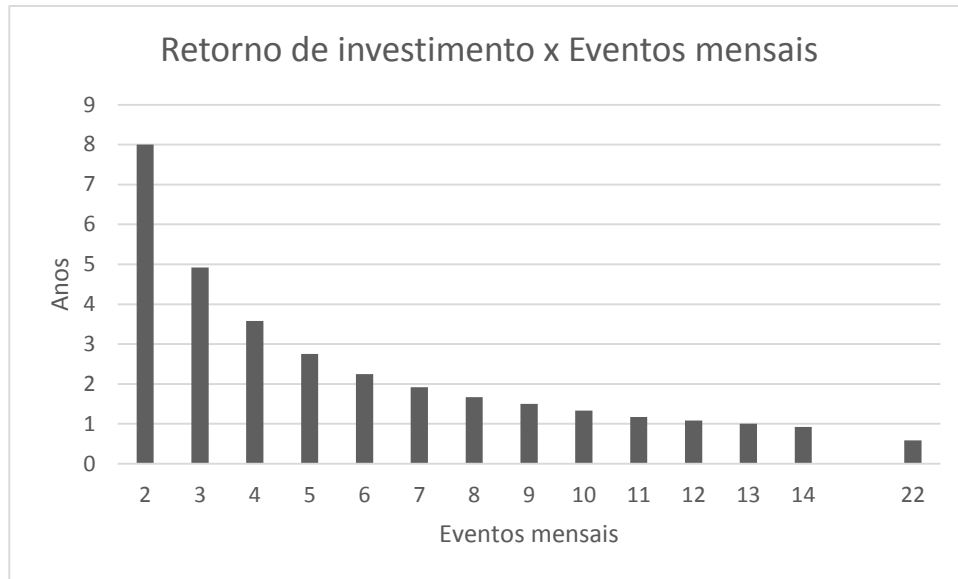


Figura 28 - Simulação entre tempo de retorno de investimento com eventos mensais para corredores
Fonte: Autoria própria

Dessa forma, podemos verificar que se este evento ocorrer mais vezes durante o mês, torna-se altamente viável.

3.1.2 Salas de aula

Em relação as salas de aula, observamos dois casos, salas em que não se atinge o mínimo desejado pela norma, e outras em que se ultrapassa o valor recomendado. Como foi possível a comparação devido a diferença de lâmpadas, foram realizadas duas abordagens, a primeira tratando as lâmpadas atuais, e as melhorias no caso da troca.

3.1.2.1 Dimensionamento luminotécnico

Para o dimensionamento luminotécnico tanto para lâmpadas fluorescentes quanto para LED, será utilizado o método dos lumens, conforme apresentado em Instalações elétricas Industriais, por Mamede Filho (2010). Tal método consiste na

obtenção do fluxo total a ser emitido pelas lâmpadas, e assim determinar a quantidade de lâmpadas necessárias. Para a obtenção do fluxo total, tem-se a seguinte equação:

$$\psi_{total} = \frac{E.A}{Fu.Fdl} \quad (3)$$

O fluxo total é a multiplicação da luminância necessária pelo ambiente (a qual será considerada pela norma) pelo espaço, dividido pelo fator de utilização e fator de depreciação. O fator de depreciação será considerado conforme a tabela apresentada no livro, como luminária comercial, tendo valor de 0,75. Já o fator de utilização, é um fator tabelado no qual tem sua alteração conforme as dimensões do ambiente, a cor do teto, paredes e piso, como também do conjunto luminária e lâmpada. Para a utilização da tabela, encontra-se inicialmente o valor de K que é determinado por:

$$K = \frac{C.L}{H_{\acute{u}til} \cdot (C + L)} \quad (4)$$

Onde C é comprimento da sala, L, largura, H é a altura útil. Como o valor deste não deverá ser encontrado diretamente na tabela, deve-se realizar uma interpolação de valor afim de obter o valor mais aproximado ao real. Tal interpolação é realizada através de uma comparação dos valores mais próximos ao obtido ao K, de forma que buscamos encontrar Fu, conforme fórmula abaixo:

$$\frac{K1 - K0}{Fu1 - Fu2} = \frac{K1 - K}{Fu1 - Fu} \quad (5)$$

Finalmente, para obter o número de luminárias necessárias para tal ambiente é através da Equação 6:

$$N_{lumin} = \frac{\psi_{total}}{N_{lamp} \cdot \psi_{lamp}} \quad (6)$$

Onde obtém-se o fluxo total necessário é dividido pelo fluxo luminoso de cada lâmpada escolhida a ser utilizada, como também pela quantidade de lâmpadas na luminária escolhida.

3.1.2.2 Adequação com lâmpadas fluorescentes da sala L106 e M103

Abordando inicialmente a L106, é sugerido o rebaixamento das luminárias por cerca de 50 centímetros com finalidade de evitar a viga central. Dessa forma, pelo método dos lumens, calculando o valor de K com Equação 4:

$$K = \frac{10m * 8m}{1,8 * (10m + 8m)} = 2,46$$

Fazendo a interpolação para obter o fator de utilização (ANEXO A), de uma luminária TMS 500, com duas lâmpadas tubulares de 32 W, faz-se:

$$\frac{2,5 - 2}{0,8 - 0,7} = \frac{2,5 - 2,46}{0,8 - Fu}; Fu = 0,792$$

Observando o ANEXO A, considerando teto 70, parede 50 e chão 30, obtemos um fator de utilização de 0,73. Sendo assim, com o fator de depreciação de 0,75, calculamos:

$$\psi_{total} = \frac{E.A}{Fu.Fdl} = \frac{500.80}{0,792.0,75} = 67340,08$$

Para lâmpadas fluorescentes, o fluxo luminoso é de 2700, e que o tipo de luminária inclui duas lâmpadas, dessa forma, calculamos a quantidade de luminárias suficientes:

$$N_{lumin} = \frac{\psi_{total}}{N_{lamp} \cdot \psi_{lamp}} = \frac{67340,08}{2 \cdot 2700} = 12,47 \text{ luminárias}$$

Para a sala M103, recomenda-se mesmos ajustes de rebaixamento, porém em 70 centímetros das lâmpadas para ter mesma altura útil que sala anterior. Dessa forma, tem-se o mesmo dimensionamento da sala anterior, necessitando ao menos 14 luminárias para o atendimento a norma.

Vale destacar, que ambos ajustes recomendados não terão retorno financeiro, apenas tem como intuito o atendimento mínimo a norma. Caso fosse implementado tal sugestão, deveriam ser postas 15 luminárias, no formato de três colunas com cinco luminárias cada. Assim, tem-se a tabela de comparação:

Tabela 12 - Comparação do atual e sugerido das salas L106 e M103.

30 lâmpadas	Dia (6,6 horas)	Mês (22 dias)	Ano (200 dias)
Cons. Atual	5,07	111,54	1014
Cons. Suger.	6,34	139,48	1268
Diferença Cons.	-1,27	-27,94	-254
Economia	-0,53	-11,73	-106,68

Não será realizado uma avaliação de viabilidade por dispor de solução para atendimento de norma.

3.1.2.3 Adequação com lâmpadas fluorescentes da sala N109

Para a sala N109, sabemos que a sala tem comprimento de 12 metros com 8 metros de largura, e altura útil de 2 metros. Dessa forma, faz-se o dimensionamento:

$$K = \frac{12.8}{2. (12 + 8)} = 2,4$$

Fazendo a interpolação para a determinação do fator de utilização:

$$\frac{2,5 - 2}{0,8 - 0,7} = \frac{2,4 - 2}{Fu - 0,7}; Fu = 0,78$$

Fazendo o dimensionamento:

$$\psi_{total} = \frac{E.A}{Fu.Fdl} = \frac{500.96}{0,78.0,75} = 82051,28$$

$$N_{lumin} = \frac{\psi_{total}}{N_{lamp}.\psi_{lamp}} = \frac{82051,28}{2.2700} = 15,19 \text{ luminárias}$$

Para manter maior uniformização na distribuição, optou-se por 18 luminárias, sendo três colunas com seis cada. Dessa forma, tem-se seis luminárias a menos consumindo, e observamos a diferença da sala atual para o modelo conforme a tabela:

Tabela 13 - Sala N109, comparação atual com sugerido.

36 lâmpadas	Dia (6,6 horas)	Mês (22 dias)	Ano (200 dias)
Cons. Atual	10,14	223,08	2028
Cons. Suger.	7,60	167,20	1520
Dif. Cons	2,54	55,88	508
Economia	1,07	23,47	213,36

A avaliação de viabilidade desta alteração não será realizada por se tratar de uma adequação dos materiais já existentes na sala.

3.1.2.4 Aplicação da lâmpadas LED para salas estudadas

Não foram encontradas tabelas referentes as lâmpadas da Golden com a nova lâmpada padrão do *campus*. Sendo assim, inicia-se o estudo buscando dados sobre a troca para lâmpadas LED, analisando as salas N108 e N109. Considerando que a única diferença entre as salas são as lâmpadas, analisa-se o processo de dimensionamento para identificar a diferença dos dados. O fluxo luminoso (ψ_{lamp}) dessa lâmpada é inferior ao da fluorescente, e o fator de depreciação é o mesmo para ambas, o que nos sugere, portanto, a variação nos resultados encontradas ser devido ao fator de utilização (Fu). Realizando o processo inverso a fim de obter o fator de utilização, para $K = 2,4$, temos que:

$$N_{lumin} = \frac{E.A}{Fu.Fdl.N_{lamp}.\psi_{lamp}} \quad (7)$$

$$Fu = \frac{937,45.96}{0,75.2.2000.24} = 1,25$$

Sendo assim, dimensionando novamente a sala, porém para lâmpadas LED, faz-se:

$$\psi_{total} = \frac{E.S}{Fu.Fdl} = \frac{500.96}{1,25.0,75} = 51200$$

$$N_{lumin} = \frac{\psi_{total}}{(N_{lamp}.\psi_{lamp})} = 13 \text{ luminárias}$$

Para uma distribuição mais adequada, optou-se por 15 luminárias, três colunas com cinco luminárias cada. Dessa forma, faz-se a comparação da sala atual com a sugerida para avaliação de custos:

Tabela 14 - Comparação N109 atual e sugerida com LED.

	Dia (6,6 horas)	Mês (22 dias)	Ano (200 dias)
Cons. Atual	5,70	125,40	1140
Cons. Suger.	3,09	67,98	618
Dif. Cons	2,61	57,42	522
Custo	1,10	24,12	219,24

Para realizar estas melhorias, deve-se readequar a posição das eletrocalhas, e realizar a compra de 30 lâmpadas LED para a sala. Sendo assim, tem-se o retorno de investimento:

Tabela 15 - Adequações e lâmpadas LED para sala N109.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3
Montante	- 657,00	-437,76	-0,59	218,65
Economia	219,24	219,24	219,24	

É importante ressaltar que os valores de iluminação obtidos para a sala N109 foram de cerca de 548,45 lux, enquanto que para N108 937,46 lux. Dessa forma, é possível observar uma melhora de cerca de 70% na iluminação do ambiente, embora o superdimensione.

Para realizar a comparação em relação as lâmpadas LED, foram planejados três modelos, a troca direta das lâmpadas, a troca para sala sugerida anteriormente, e dimensionamento completo por lâmpadas LED para as salas já abordadas neste.

3.1.2.4.1 Troca Direta de lâmpadas para sala M103

Inicialmente, apenas a troca direta de lâmpadas, mantendo a sala com padrão inicial. Para a sala M103, obteve-se um $K = 1,77$, portanto:

$$\frac{1,25}{2,4} = \frac{F_{uled}}{1,77}; F_{uled} = 0,9219$$

Seguindo a equação (7), observaremos então o iluminamento médio resultante:

$$N_{lumin} = \frac{E \cdot S}{Fu1 \cdot Fdl \cdot (N_{lamp} \cdot \psi_{lamp})}$$

$$E = \frac{N_{lumin} \cdot F_{uled} \cdot Fdl \cdot N_{lamp} \cdot \psi_{lamp}}{S} = \frac{12 \cdot 0,9219 \cdot 0,75 \cdot 2 \cdot 2000}{96} = 345,71 \text{ lux}$$

É notado que apesar da melhora de 21% em relação ao ambiente naturalmente, a sala não atinge o iluminamento mínimo pela norma.

3.1.2.4.1 Troca Direta de lâmpadas para sala L106

Realizando mesmo processo para sala L106, tem-se, com $K = 1,93$:

$$\frac{1,25}{2,4} = \frac{F_{uled}}{1,93}; F_{uled} = 1,0052$$

$$E = \frac{N_{lumin} \cdot F_{uled} \cdot F_{dl} \cdot N_{lamp} \cdot \psi_{lamp}}{S} = \frac{12 \cdot 1,0052 \cdot 0,75 \cdot 2 \cdot 2000}{96} = 376,95 \text{ lux}$$

Apresenta-se um aumento de quase 12% na luminosidade, porém ainda se mantendo bem abaixo do recomendado pela norma. Sendo assim, podemos concluir que somente a substituição direta das lâmpadas não impactam no atendimento à norma.

3.1.2.4.1 Substituição de lâmpadas para sala L106/M103 com a sala sugerida

Fazendo então a substituição de lâmpadas para o modelo sugerido, como para M103 quanto para L106 o $K = 2,46$:

$$\frac{1,25}{2,4} = \frac{F_{uled}}{2,46}; F_{uled} = 1,2813$$

$$E = \frac{N_{lumin} \cdot F_{uled} \cdot F_{dl} \cdot N_{lamp} \cdot \psi_{lamp}}{S} = \frac{15 \cdot 1,2813 \cdot 0,75 \cdot 2 \cdot 2000}{96} = 600,61 \text{ lux}$$

Observa-se neste caso uma ultrapassagem ao recomendado pela norma.

Dimensionando as salas para lâmpadas LED, mantendo o K de ambas iguais, tem-se então $K = 2,46$:

$$\frac{1,25}{2,4} = \frac{F_{uled}}{2,46}; F_{uled} = 1,2813$$

$$\psi_{total} = \frac{E.S}{Fu.Fdl} = \frac{500.96}{1,2813.0,75} = 49949,27$$

$$N_{lumin} = \frac{\psi_{total}}{(N_{lamp} \cdot \psi_{lamp})} = 12,49 \text{ luminárias}$$

Seriam arredondadas para 15 luminárias, seguindo três colunas com cinco luminárias cada.

Conclui-se que para as salas mais antigas L106 e M103 é necessário alterar o esquema atual de iluminação, tanto para lâmpadas fluorescentes quanto para LED. Afim de obter a diferença de consumo entre as salas indicadas, segue tabela abaixo:

	Dia (6,6 horas)	Mês (22 dias)	Ano (200 dias)
Cons. Atual	5,07	111,54	1014,00
Cons. Suger.	3,56	78,32	712,00
Diferença Cons.	1,51	33,22	302
Economia	0,63	13,95	126,84

Tabela 16 - Diferença de consumo L106/M103 atual para dimensionada com LED

Para realizar essas modificações, é necessário a inserção de eletrocalhas para facilitar a disposição. Dessa forma, é desejado cinco fileiras com oito metros cada de eletrocalha, com três suportes para cada luminária ser inserida na eletrocalha.

Materiais necessários:

Tabela 17 - Materiais necessários para adequação M103/L106.

	Quantidade	Custo unitário
Eletrocalha perfilada Perfil Líder 3m	13	R\$ 22,90
Suporte fixar luminária em perfilado 100 mm	45	R\$ 4,90
Lâmpada Tubular LED Golden	30	R\$ 21,90
Total		R\$ 1175,20

Tabela 18 - Análise de prazo de retorno de investimento para adequação de uma sala L106/M103.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
Montante	- 1175,20	-1048,39	-921,58	-800,30	-578,29
Economia	126,81	126,81	126,81	126,81	126,81
	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9
Montante	-555,55	-432,07	-307,86	-182,89	-57,18
Economia	126,81	126,81	126,81	126,81	126,81
	Ano 10				
Montante	69,29				
Economia					

Dessa forma, é possível verificar que a adequação de uma sala no formato da L106/M103 tem tempo de retorno de 10 anos.

3.1.3 Bloco R e Bloco J1

A solução para ambos casos é semelhante, é sugerido separar a luminária que acende em conjunto, fazendo novo acesso para a mesma. Dessa forma, é necessário fazer a alteração do fio de retorno da luminária, assim como a compra de um novo interruptor.

Ao relacionar os custos do processo, para a implementação em ambos os pontos, tratamos de um custo de investimento de R\$ 43,70. Como ambas permanecem ligadas em conjunto com o ambiente, consideramos que permanecem acesas durante 11 horas por dia, podemos conferir o investimento de modo mensal:

Materiais necessários:

Tabela 19 - Materiais necessários para luminárias independentes.

	Quantidade	Custo unitário
Interruptor simples (10A)	2	R\$ 4,50
Pares de fios 1,5mm ² , 10 metros	1	R\$ 15,00
Eletroduto ¾, 3 metros	2	R\$ 17,90
Curva PVC 90° para eletroduto	2	R\$ 0,90
Total		R\$ 61,60

Tabela 20 - Simulação de prazo de retorno de investimento para luminárias independentes.

	Mês 0	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4
Montante	- 61,60	-56,00	-50,67	-45,32	-39,94
Economia	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9
Montante	-34,53	-29,10	-23,64	-18,16	-12,65
Economia	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
	Mês 10	Mês 11	Mês 12		
Montante	-7,11	-1,54	+4,05		
Economia	5,60	5,60			

3.1.4 Sala de professores J1

Para se concretizar a solução proposta, foi realizado um teste mantendo uma luminária tampada de forma que não emitisse luz, medindo a iluminação restante na mesa iluminada, que resultou em 300,25 lux. Tal medição teve uma diminuição de 18% em relação as duas luminárias acesas, mas se manteve no recomendável pela norma. Dessa forma, observou-se que é possível, portanto, separar as luminárias. O padrão das salas é se ter duas luminárias com duas lâmpadas cada, porém existe ainda salas em que existem 4 luminárias, e ainda salas onde a luminária fica logo acima da divisória, de forma que foi contabilizada, portanto, como oito e seis lâmpadas respectivamente.

Foi orçado para a realização da separação de salas a um conjunto de materiais que custaram um montante de R\$ 1097,70. Dessa forma:

Tabela 21 - Materiais necessários para separação no acionamento de lâmpadas para bloco J1.

	Quantidade	Custo unitário
Interruptor duplo 10 ^a	58	R\$ 9,00
Pares de fios 1,5mm ² , 10 metros	17	R\$ 15,00
Eletroduto ¾, 3 metros	15	R\$ 17,90
Curva PVC 90° para eletroduto	58	R\$ 0,90
Total		R\$ 1097,70

Tabela 22 - Simulação de prazo de retorno de investimento em separação no acionamento de lâmpadas bloco J1.

	Mês 0	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4
Montante	- 1097,70	-1012,56	-932,35	-851,75	-770,75
Economia	85,14	85,14	85,14	85,14	85,14
	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9
Montante	-689,36	-607,58	-525,39	-442,81	-359,83
Economia	85,14	85,14	85,14	85,14	85,14
	Mês10	Mês11	Mês 12	Mês 13	Mês 14
Montante	-276,44	-192,64	-108,44	-23,83	61,20
Economia	85,14	85,14	85,14	85,14	85,14

3.2.1 Harmônicos e Fator de potência J1

Em relação ao baixo fator de potência encontrado nas madrugada, é recomendável a alteração do *nobreak* posto para um com maior FP ou das bombas cisternas. Avaliando inicialmente os *nobreak*, foram encontrados modelos com FP de 0,9 como de FP 0,99. Os preços ultrapassam a casa dos R\$ 2000,00, e calculando de maneira bem simplificada, sem juros, seriam necessários mais de 9 anos para se pagar tal investimento. Caso o problema seja referente as bombas cisternas, deve-se

realizar uma análise afim de corrigir os distúrbios diretamente na carga, com bancos de capacitores. A correção diretamente na carga, necessita de uma análise mais precisa, analisando com menor tempo de amostragem para se projetar mais adequadamente um filtro.

3.3 Análise de Resultados

Devido o prazo de retorno de investimento de alguns casos serem de até 10 anos, foi escolhido para comparação um Tesouro IPCA+ 2035, por se tratar de um investimento de longo prazo e protegido pela inflação. Tal investimento, possui uma rentabilidade bruta ao ano de 9,9%. Foi utilizado ainda a simulação fornecida pelo site de Tesouro Direto do governo para obtenção destes valores, e notou-se um retorno de investimento (em inglês ROI) de 380%. Afim de uma análise comparativa, o mesmo simulador oferece simulação por investimento em poupança com rentabilidade de 5,58%, que oferece um ROI de 147%.

Tabela 23 - Resumo de aplicação financeira.

	Corredores	N109	M103/L106	Bloco J1/R	Sala professores
Invest. Inicial	280,00	219,24	1175,20	61,60	1097,70
Tesouro Direto	1346,72	833,11	2351,87	295,68	5276,28
Proposto	710,14	5480,41	2351,87	1872,59	25130,06
ROI da solução proposta	153%	734%	100%	2940%	2189%

Em relação ao investimento de Tesouro Direto escolhido, é observado que a adequação das salas do padrão N108/N109 como o proposto a sala de professores é viável, oferecendo bom retorno financeiro. Entretanto, as soluções propostas para corredores e para o Bloco J1/R, apesar de lucrativas, representam somente metade

do retorno previsto pelo título de Tesouro Direto. Já as salas do padrão M103/L106, possuem retorno financeiro menor que até a poupança, porém, vale lembrar que a maior importância do proposto a essas salas é a adequação a norma, e não ter retorno financeiro propriamente dito.

Quando analisado o caso dos corredores, nota-se que não se mostra um investimento interessante, entretanto, caso o evento ocorra pelo menos quatro vezes ao mês, tem retorno aproximado de R\$ 1800,00, o que se mostraria mais vantajoso.

3.4 Conscientização

Independente de melhorias técnicas, a conscientização merece ter foco especial, pois até mesmo com as melhorias propostas como da sala dos professores, caso não utilizada conforme o esperado não existirá ganho algum.

Alguns casos como visto dos corredores, é notável um grande fluxo de pessoas todo tempo, que não tomam pra si a atitude de intervir, apagando as luminárias, talvez por não notar, ou até mesmo receio de perturbar outros usuários. Nota-se ainda que sequer seriam necessários investimentos para adequação dos mesmos caso tal conscientização existisse. Entretanto, é necessário também respeitar a preferência de cada pessoa em seu ambiente, de forma que o conforto varia de pessoa para pessoa.

É necessário ainda destacar que por se tratar de uma área pública, custeada através de impostos, seria interessante ter a consciência de todos usuários a estes aspectos, pois de uma forma ou outra, paga pela mesma através de seus impostos. Ainda além, ao se ter consciência em ambientes comuns, traz-se também para ambientes privados, como suas próprias residências, o que postergaria investimentos para ampliação de geração de energia para o país como um todo, evitando custos relacionados.

Se tratando de uma universidade, seria interessante que ao menos uma vez ao ano, fosse apresentada alguma palestra sobre o assunto, envolvendo nosso ambiente, demonstrando soluções aplicadas, se são bem utilizadas ou não. Tais esforços deveriam ser aplicadas especialmente para nosso curso de engenharia elétrica, o qual serviria de incentivo a busca de soluções, métodos de análises, que

viriam a crescer conhecimento aos alunos da área. Para outros usuários, talvez a abordagem deva ser mais simplificada, de maneira a indicar com placas, ou imagens qual o consumo e quanto isso equivale financeiramente em cada conta, e assim, fica para cada um avaliar seu uso.

4 CONCLUSÕES

Analisando o caso dos corredores, o intuito foi de não deixar luminárias ligadas após ter iluminação solar suficiente para que as não houvesse diferença das lâmpadas no ambiente. Para isto, seriam apagadas cerca de 110 lâmpadas, com a economia de R\$ 1,48 por dia que ocorra o notado neste trabalho. Com a estimativa de ocorrência destes eventos realizada, não se mostrou um investimento interessante, visto que necessita de um investimento inicial de R\$ 280,00 que irá ter retorno do sétimo para oitavo ano. Com a simulação de 27 anos, o mesmo saldo investido em Tesouro direto, retornaria mais que o dobro investido. Entretanto, caso este evento ocorra mais de quatro vezes ao mês, o investimento é mais rentável que o investir no tesouro direto escolhido no trabalho.

A adequação das salas de aula do tipo N109 mostraram-se mais vantajosas que investir no tesouro direto escolhido, lembrando que o proposto é manter o ambiente dentro das normas, porém com menor quantidade de lâmpadas, e ainda, trocá-las para LED. O investimento necessário é de cerca de R\$ 220,00, que oferece um retorno ao final da simulação de quase R\$ 5500,00, muito acima dos cerca de R\$850,00 retornáveis pelo tesouro direto.

Para as salas do tipo L106/M103, o proposto, que é a readequação e troca das lâmpadas, não se mostrou vantajoso financeiramente, apresentando rentabilidade inferior até a poupança. Cabe lembrar, que o intuito da sala proposta foi a adequação para as normas, e não a qualidade do investimento.

Abordando o caso da independentização no acendimento das luminárias, tanto para a entrada do bloco J1 e R, quanto para sala dos professores, mostrou-se ser muito rentável, sendo cinco e quase oito vezes, respectivamente, mais rentáveis que o tesouro direto escolhido para comparação, sendo altamente recomendável sua aplicação.

De forma geral, quando analisada a melhora no iluminamento devido lâmpadas LED, foram obtidos resultados de 12% a 70%. A quantidade de lâmpadas existentes em cada ambiente mostrou possuir grande influência na melhora do iluminamento, sendo que o maior melhora foi na sala com maior número de luminárias.

O consumo com baixo fator de potência no bloco estudado foi menor que o esperado durante o dia, porém surpreendente no período noturno. Ainda em relação as análises realizadas no bloco, o tempo de amostragem não planejado anteriormente (devido ser inversamente proporcional a duração total da obtenção de dados) causou dificuldades na identificação de possíveis distúrbios, e em sua quantificação, de forma que seria interessante trabalhos futuros o realizarem. É sugerido ainda para trabalhos futuros, uma análise no bloco H, que por possuir diversos motores antigos, e inserção de diversas cargas sem adequação da fiação elétrica, apresenta problemas constantemente.

Uma conclusão vital deste trabalho é que passamos por casos de desperdício de energia por diversos momentos durante o dia, inclusive em nossas próprias casas, por não estar atento a isso. É necessário sempre olhar e se questionar, analisar constantemente o ambiente, o que não é tarefa fácil por serem ambientes rotineiros. Porém, somente nós usuários podemos fazer a diferença no consumo final, sendo conscientes, de forma que até mesmo as soluções apontadas neste trabalho não possuem ganho algum sem a conscientização. Pouco vale a substituição para lâmpadas LED em ambientes comuns, se estes começam a permanecer ligados durante o dia todo sem necessidade como observado na instituição. Por outro lado, é importante destacar que existe o esforço de pessoas para melhor utilização de energia, com busca por equipamentos com melhor fator de potência, planejamento de ambientes, e atenção de consumidores. É importante levar estes assuntos para mais perto dos usuários, seja por palestras, apresentações em semanas acadêmicas, ou até mesmo trabalhos realizados durante a formação, para apresentar soluções, verificar se são de fato utilizadas, fazer todos usuários se integrem do assunto.

REFERÊNCIAS

KATHUCIA, Leticia. Alta da tarifa vai aumentar reclamações de consumidores. **Circuito Mato Grosso**, Mato Grosso, 12 Março 2018. Disponível em: <<http://circuitomt.com.br/editorias/cidades/126951-alta-da-tarifa-vai-aumentar-reclamacoes-de-consumidores-.html>>.

MANUAL para Correção de Fator de Potência Disponível em: <<ecatalog.weg.net/files/WEG-correcao-do-fator-de-potencia-958-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 10 Setembro 2018.

MATÉRIA Jornal Nacional - Aumento de consumo e produção de energia elétrica Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2013/01/consumo-e-producao-de-energia-crescem-quase-no-mesmo-ritmo-em-10-anos.html>>. Acesso em: 23 Março 2018.

NORMA ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 21/03/2013. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/vilmair/instalacoes-prediais-1/normas-e-tabelas-de-dimensionamento/NBRISO_CIE8995-1.pdf>. Acesso em: 03 Junho 2018.

SANTOS, Afonso H. M. et al. **Conservação de Energia**. Itajubá: [s.n.], 2006.

ANEXOS

ANEXO A – TABELA DE FATOR DE UTILIZAÇÃO

TMS 500 - 2 x TLD 32 W											
Fator de área K	80			70			50		30		0
	50	50	30	50	50	30	30	10	30	10	0
	30	10	10	30	10	30	10	10	10	10	0
0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
0,8	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
1	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2
1,25	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
1,5	0,7	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3
2	0,8	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
2,5	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4
3	0,9	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4
4	0,9	0,8	0,7	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5
5	1	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5