

APLICANDO A METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA PARA REDUÇÃO DOS CUSTOS COM ENERGIA ELÉTRICA DO LADO LESTE DA UFRSA CAMPUS MOSSORÓ.

Everton Pereira de Souza e Silva¹, Carlos Eduardo Aguiar Lima Rodrigues²

1 – Autor, 2 – Orientador

Resumo: Nesse trabalho foi aplicada a metodologia Lean Seis Sigma para obter uma redução dos gastos com energia elétrica na Universidade Federal Rural do Semiárido, foi analisando os gastos atuais em decorrente do uso de lâmpadas fluorescentes e calculado a quantidade que existiam de lâmpadas para realizar uma substituição por lâmpadas do tipo LED, e também os resultados obtidos caso fosse realizado a substituição. Utilizando-se do método DMAIC, o projeto é dividido em cinco partes e cada uma correspondente a uma fase de desenvolvimento, na primeira fase desenvolveu um escopo do projeto, na segunda fase obteve-se dados e informações que corroborem com o projeto, na terceira fase analisou e estudou a causa raiz do problema utilizando dos dados obtidos, na quarta realizou um estudo sobre as trocas das lâmpadas e na fase cinco definiu a continuidade do projeto. Obteve resultado positivo e satisfatório, apresentando uma redução nos custos e retornos econômicos para a universidade.

Palavras-chave: Lean Seis Sigma; Energia Elétrica; UFRSA; DMAIC.

1. INTRODUÇÃO

Com a constante evolução da sociedade em busca de um ambiente mais eficiente, prático e sempre procurando novas formas de fazer determinadas atividades da maneira mais simples, rápida e com alto nível de segurança, é notável que diariamente novas tecnologias são inventadas para alcançar esses requisitos que são cada vez mais exigentes. As lâmpadas estão acompanhando uma evolução tecnológica, pode-se perceber isso pois cada novo tipo de lâmpada apresentam uma eficiência maior com relação as lâmpadas utilizadas anteriormente.

Dessa forma, decidiu-se usar uma ferramenta de análise e gestão de processos amplamente usada mundialmente por empresas dos mais diversos ramos de atuação. Lean Seis Sigma é uma ferramenta de gestão muito utilizado por quem é da área de engenharia de produção visando melhorar a eficiência de um processo, é uma metodologia que pode ser aplicada em tudo aquilo que passa por determinado processo de criação, desenvolvimento, para entregar algum produto ou serviço final e que possa ser melhorado para se tornar mais eficiente, muitas vezes gerando redução de custos.

Seis Sigma é uma metodologia estruturada que incrementa a qualidade por meio da melhoria contínua dos processos envolvidos na produção de um bem ou serviço, levando em conta todos os aspectos importantes de um negócio. O objetivo do Seis Sigma é conseguir a excelência na competitividade pela melhoria contínua dos processos [1].

Essa metodologia atua na diminuição da variabilidade dos processos, permitindo que determinados procedimentos tenham uma taxa de falhas de até 3,4 erros por milhão, ou seja, aproximadamente 99,99966% de um processo ter sucesso ou 0,00034% de falha.

Em um mundo onde pequenos detalhes são cada vez mais significantes, onde uma determinada atividade que tenha 99% de aproveitamento não está sendo mais aceitável devido as inúmeras consequências que poderá causar. A única alternativa é criar processos que gerem resultados com uma taxa de erro menor possível. Para ilustrar a significância que 1% possui: O Aeroporto de Viracopos de Campinas realiza cerca de 9748 pousos e decolagens por mês, isso significaria que cerca de 97 dos pousos acabariam em acidentes. [2]

A UFRSA é uma instituição pública federal de ensino superior com campus sede localizado em Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte, contando com campus em Angicos, Caraúbas e Pau dos Ferros. Foi criada em 1967 como Escola Superior de Agricultura de Mossoró [3]. Atualmente considerada como uma das melhores universidades públicas do RN com cerca de 42 cursos de graduação e licenciatura, e conta com cerca de 9215 alunos, estando em 95º lugar no Brasil, de acordo com a RUF (Ranking Universitário da Folha) de 2018[4].

Decidiu-se fazer um estudo com o intuito de analisar os gastos da UFRSA em relação aos custos com energia elétrica, sabendo de sua grande dimensão, acredita-se que existam diversos pontos que podem ser estudados a fim de promover uma melhor eficiência e redução nos gastos.

1.1. Objetivos

A UFERSA com sua grande dimensão possui grandes fatores a combater, por exemplo, seus gastos com energia elétrica e necessidades de iluminação geraram o seguinte questionamento: Qual o gasto mensal de energia da universidade em decorrência do uso de lâmpadas fluorescentes?

O objetivo final desse trabalho é propor um projeto para reduzir os gastos mensais com energia elétrica da universidade.

2. DESENVOLVIMENTO

O Lean Seis Sigma é uma metodologia de bastante ampla, ou seja, pode-se aplicar ela em diversos segmentos de uma empresa, ela não é somente efetiva e aplicada na melhoria da eficiência organizacional, podendo também pode ser utilizada na redução de custos operacionais. Aliada a metodologia DMAIC, métodos para definir o problema, medir para obter dados do problema, analisar as informações e dados, melhorar o processo com base no problema proposto, e controlar o processo para que o mesmo possua um aspecto de melhoria contínua. [1]

Em uma universidade existem diversas oportunidades para serem exploradas com o intuito de buscar a melhor eficiência, contudo não se pode realizar alterações sem os devidos cuidados e estudos.

Todas empresas, por menor que seja, possuirão gastos com algum tipo de energia, seja para iluminar os diversos setores, deslocamentos automotivos para obtenção de recursos. Custos esses que quando não são bem administrados, acabam encarecendo um produto e gerando menos retorno e menos lucratividade.

A Figura 1 mostra os passos do DMAIC e o que cada um representam, começando com a definição do problema e entendimento do processo, em seguida são feitas medições do atual desempenho do processo, o objetivo final é definido e mapeado pelas ferramentas analíticas apropriadas e em seguida o processo é melhorado e por final o processo é submetido a um controle para garantir a continuidade.

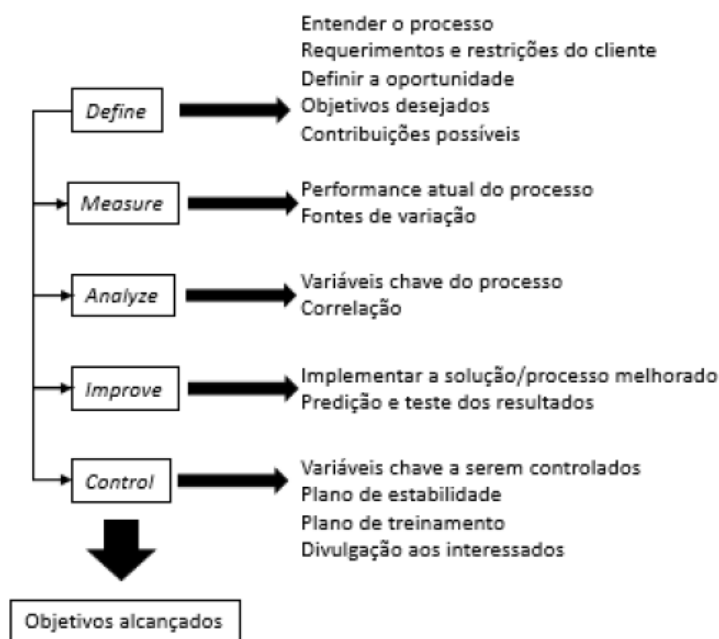


Figura 1: Passos do DMAIC e Saídas do Processo [5].

Apesar do Lean Seis Sigma aliado a metodologia DMAIC apresentar resultados de sucesso comprovados a sua implementação não é simples, no início onde ao decorrer da aplicação muitos problemas impedem uma aplicação total que garantam a tão sonhada excelência operacional. Muitos fatores acabam por prejudicar o desenvolvimento e o resultado final esperado, sejam eles a presença de erros aleatórios ou até mesmo a grande variabilidade do processo, indisponibilidade de alguns dados, dificuldade para realizar um estudo completo e geral, etc.

2.1. Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida e conduzida com o propósito de estudar o consumo de energia elétrica da UFERSA devido ao uso de lâmpadas fluorescentes, pois a mesma possui muitos prédios, sejam eles de salas de aulas ou administrativos, notou-se que existem muitas lâmpadas do tipo, e que atualmente esses tipos de lâmpadas possuem alto consumo de energia quando comparadas com as do tipo LED. Uma LED de 18 W pode substituir uma

Fluorescente de 40 W sem prejuízos de iluminação.

Além disso, o uso da ferramenta Lean Seis Sigma e da metodologia DMAIC foi escolhida por inicialmente abordar um contexto geral dos gastos e que mais adiante, seria escolhido a melhor maneira e o melhor ponto a atacar de forma a alcançar a meta de redução dos gastos com energia elétrica., que seria a substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas do tipo LED

Como a análise para determinar o exato custo que essas lâmpadas contribuem no custo final de energia elétrica da UFERSA depende de inúmeras variáveis e que algumas delas são praticamente impossíveis de se preverem, como por exemplo, a probabilidade de um professor faltar, foram adotadas algumas considerações, essas que no final darão uma visão aproximada dos resultados que se buscou.

Para o estudo foi proposto a metodologia DMAIC aplicada para o problema relacionado a redução do consumo de energia elétrica da UFERSA, apesar da metodologia ser utilizada para problemas não triviais, utilizar da mesma em processos triviais retornam uma base para futuros problemas que necessitem de um melhor embasamento, apontando novos possíveis pontos de melhorias, coletas de dados, etc.

2.2. Fase Define (Definir)

A UFERSA é uma grande instituição de ensino público, por ser governamental todo ou maior parte dos recursos que a universidade recebe é do governo, ou seja, a sociedade que paga as despesas. Devido seu tamanho é esperado que a mesma possua em grande gasto em se tratando de consumo de energia elétrica.

O engajamento para o início do projeto foi baseado na grande quantidade de luminárias do tipo fluorescentes presente nas maiorias dos prédios da universidade e o questionamento sobre os custos-benefícios ao se trocar as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED, que apresentam uma eficiência energética maior.

Devido sua grande extensão acredita-se que existam diversos pontos que podem ser melhorados com o intuito de reduzir os custos, com isso em mente mapeou-se os possíveis ambientes onde seria possível aplicar mudanças para alcançar o objetivo proposto.

De acordo com a Figura 2, o diagrama aponta 6 possíveis aspectos que podem influenciar diretamente no consumo de energia, buscando informações sobre cada características podemos determinar qual ponto que será de mais fácil implementação de mudanças que poderá trazer melhores resultados para o projeto.



Figura 2: Diagrama. (Autoria Própria)

No aspecto Medida, de acordo com o contrato de concessão de energia elétrica já estabelecido com a COSERN essas características atendem nas necessidades certas da universidade, onde já foram feitas medições, testes e correções pelas próprias empresas para se adequarem sem prejuízos para a contratante.

No Método existe uma grande dificuldade de se realizar modificações, pois são características da universidade que já estão vinculadas a muito tempo, sendo quase impossível mudar essas rotinas pois as mesmas já estão atreladas a toda a estrutura da UFERSA, tornando a aplicação de mudanças praticamente inviáveis pois necessitariam de grandes adaptações em praticamente toda a estrutura gerencial.

Em Pessoas, já existem na própria universidade meios de conscientização de usos, controles nos usos dos mais diversos aparelhos e controle até mesmo pelo setor de manutenção dos horários de aberturas das salas, sendo melhor focar em outro ponto que possa trazer melhores retornos para a universidade. Com relação a Máquinas, os usos delas são imprescindíveis pois são objetos de estudos na maioria dos casos.

Ao olhar para o ambiente externo da universidade, os locais onde se gastam energia com iluminação são predominantemente durante a noite, com iluminação pública, por esse motivo, acredita-se que aplicar o projeto nessa área não traria um retorno considerável, com relação aos superdimensionamentos, a troca da infraestrutura de iluminação da universidade acarretaria em um enorme custo devido sua grande dimensão.

Em se tratando de Materiais, esse foi o ponto onde se achou mais pertinente aplicar o projeto, primeiro devido

aos tipos de lâmpadas fluorescentes utilizadas não serem das mais eficientes, segundo por sua grande quantidade em toda a universidade consequentemente gerariam um custo notável. Nas salas de aulas e laboratórios também existem ar condicionados, notou-se que os mesmos também contribuem para o alto consumo de energia elétrica.

Em vista do análise do Diagrama de Ishikawa, Figura 1, o ponto onde se achou mais interessante de se aplicar o projeto foi relacionado aos materiais e com enfoque nas lâmpadas fluorescentes.

DATA DE VENCIMENTO 05/04/2019 TOTAL A PAGAR (R\$) 201.769,24	DATA DA EMISSÃO DA NOTA FISCAL 28/02/2019 DATA DA APRESENTAÇÃO 05/03/2019 NÚMERO DA NOTA FISCAL 020491756 Série: U	CONTA CONTRATO Nº DO CLIENTE Nº DA INSTALAÇÃO
TENSÃO NOMINAL (V) 13800	CLASSIFICAÇÃO A4 Horo-sazonal Verde PODER PUBLICO - FEDERAL	VALORES CONTRATADOS Demanda: 1076.00

Figura 3: Cabeçalho fatura da UFERSA (adaptado). (Autoria própria)

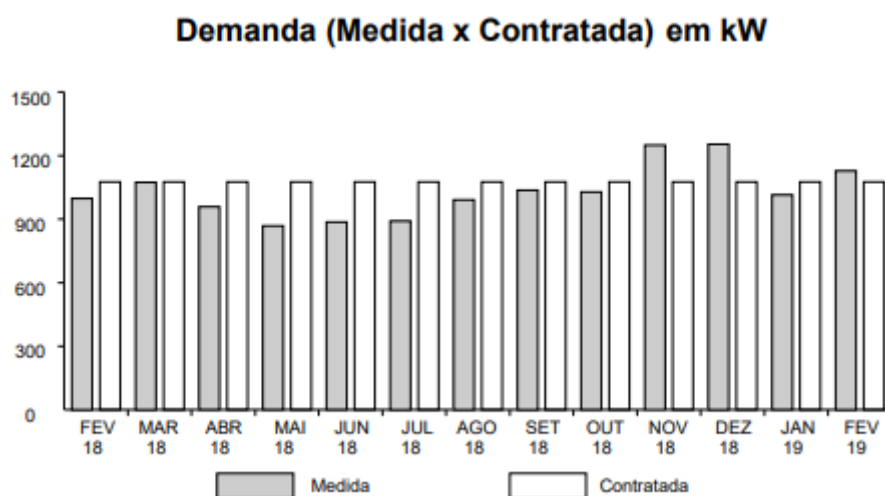


Figura 4: Gráfico Demanda (Medida x Contratada) (autoria Própria).

A fornecedora de energia elétrica para a universidade é a COSERN (Companhia Energética do Rio Grande do Norte), de acordo com o contrato feito com a universidade e a empresa fornecedora de energia e observado na Figura 3, a tensão que é recebida é de 13,8 kV fazendo com que ela se classifique na categoria A4 e de acordo com as modalidades tarifárias da empresa, ela está enquadrada na categoria Horo-sazonal Verde, que de acordo com a Figura 4, essas características que não precisam ser mudadas por atenderem a demanda da universidade, além disso ela tem uma demanda contratada de 1076 kW, quantidade fixa fornecida para consumo mensal.

Outra informação imprescindível para o estudo, são os semestres letivos, de acordo com o calendário letivo da universidade, um semestre letivo possui 100 dias letivos divididos em seis meses e cerca de 80 dias sendo de feriados, fins de semana, dias sem ministrar aulas.

2.3. Fase Measure (Medir)

Na fase definir foi decidido que o melhor ponto a ser estudado e aplicado o projeto estava relacionado aos usos de lâmpadas fluorescente devido a existência de uma quantidade muito grande das mesmas nas salas de aulas, nessa fase busca estudar a atual performance do processo e determinar as fontes de variações.

Durante o estudo existe muitas fontes de variações que dificultam o cálculo da atual performance do processo, para conseguir um resultado mais próximo do real, será necessário adotar algumas condições para retirar as variabilidades e facilitar o cálculo.

Foram feitas as seguintes admissões: considerou que um mês letivo da universidade possui 30 dias e que 21 desses dias teriam aulas ministradas, adotou-se também que durante o período de uma aula o uso correspondente das lâmpadas fluorescentes seria de uma hora.

Como existe uma grande quantidade de professores, a probabilidade de falta dos docentes é uma variabilidade onde é quase impossível de se prever para fins de cálculos, adotou-se que durante a semana letiva, todos os professores ministrariam sem faltas suas respectivas aulas e que usariam todas as lâmpadas durante as aulas.

Desconsiderou-se também os horários extracurriculares que necessitam do uso de salas de aulas, assim como também não foi considerada os horários onde existem aulas de monitorias.

Outra medida necessária para reduzir a variabilidade foi a adoção de um único tipo de lâmpada para cada centro de aula, como a quantidade é muito grande, a presença de algum tipo diferente não causaria diferenças significativas nos cálculos.

O período de tempo utilizado para as medições corresponde aos semestres letivos 2017.2 e 2018.1, que começou em novembro de 2017 e foi até outubro de 2018, esse período será utilizado para obtenção das médias dos valores dos gastos da universidade e análises das faturas dos respectivos meses.

Tabela 1: Valores obtidos das faturas mensais (autoria própria).

MÊS	Cons. AP(kWh)	Cons. AFP(kWh)	Preço AP(R\$/kWh)	Preço AFP(R\$/kWh)	Custo AP(R\$)	Custo AFP(R\$)
NOV/17	25.858,80	186.116,76	1,718926	0,374196	44.449,36	69.644,15
DEZ/17	34.590,60	212.509,08	1,688520	0,348630	58.406,92	74.087,04
JAN/18	21.408,84	161.875,08	1,666025	0,328035	35.280,93	50.338,42
FEV/18	29.823,12	192.271,68	1,638780	0,307280	48.873,53	59.081,24
MAR/18	37.231,56	243.899,64	1,641509	0,307792	61.115,94	75.070,36
ABR/18	31.345,20	204.148,08	1,738428	0,317688	54.491,37	64.855,40
MAI/18	21.391,20	173.249,28	2,143888	0,364705	45.981,20	64.123,30
JUN/18	33.069,96	196.513,56	2,120990	0,387709	70.823,90	80.292,48
JUL/18	36.798,12	213.063,48	2,192690	0,422457	80.686,87	90.010,16
AGO/18	40.182,84	235.146,60	2,215277	0,426809	89.016,12	100.362,69
SET/18	33.830,28	213.871,68	2,198221	0,423520	74.366,43	90.578,93
OUT/18	27.494,64	205.848,00	2,158675	0,415904	59.351,99	85.613,01
MÉDIAS	31.085,43	203.209,41	1,926827	0,368727	60.237,05	75.338,10

Tabela 2: Valores obtidos das faturas mensais (autoria própria).

MÊS	Preço DA (kW/R\$)	Custo DA(R\$)	TRIB. FEDERAL(R\$)	TOTAL(R\$)
NOV/17	17,868662	19.226,68	7.882,16	125.438,03
DEZ/17	17,804340	21.100,28	9.290,20	144.304,04
JAN/18	17,779200	19.130,42	6.237,31	98.512,46
FEV/18	17,692890	19.037,55	7.493,12	119.499,20
MAR/18	17,722328	19.069,22	9.140,39	146.115,13
ABR/18	19,078828	20.528,82	8.242,58	131.633,01
MAI/18	24,673941	26.549,16	8.100,97	128.552,69
JUN/18	24,037330	25.864,17	10.437,04	166.543,51
JUL/18	24,549780	26.415,56	11.625,81	185.486,78
AGO/18	24,802670	26.687,67	12.706,45	203.360,03
SET/18	24,611708	26.482,20	11.278,01	180.149,55
OUT/18	24,168940	26.005,78	10.130,12	160.840,66
MÉDIAS	21,232551	23.008,13	9.380,35	149.202,93

As tabelas 1 e 2 possui todos os valores importantes para a análise do consumo de cada respectivo mês do período analisado, para o bom entendimento da tabela faz necessário entender algumas siglas. São elas:

Cons. AP = Consumo Ativo na Ponta. É o valor consumido em kWh durante o período das 17:30min às 20:30min do dia, chamado de horário de pico.

Cons. AFP = Consumo Ativo Fora da Ponta. É o valor consumido em kWh durante o período fora do horário de pico.

Preço AP = Preço do kWh em reais, dentro do horário de pico.

Preço AFP = Preço do kWh em reais, fora do horário de pico.

Preço DA = Preço do kW em reais, da Demanda Contratada.

Tributo Federal = É um tributo que a universidade paga para o governo proporcional a valor da fatura.

Os custos referentes para cada tipo de gasto (Ativo na Ponta, Ativo Fora da Ponta e Demanda Ativa) se dá apenas multiplicando o consumo pelo respectivo preço. O valor da Demanda Ativa em kW é fixado em 1076kW para todos os meses quando não há excedentes, bastando multiplicar pelo preço fixado pela Cosern para cada mês.

Utilizará o valor da média para determinar a atual performance dos custos da universidade com energia elétrica pois esse valor representa durante um ano letivo, o quanto em média a universidade gastou em um mês, servindo como base de cálculos para comparações futuras.

A universidade possui no total sete centrais de aulas, sendo 5 localizadas no lado Leste e 2 no lado Oeste, para

determinarmos os gastos com energia elétrica em decorrente do uso de lâmpadas fluorescentes do lado leste, foram analisadas as centrais de aulas III, IV, V, VI, VII.

Foi feita a análise presencial em cada central de aulas para determinar o número de salas de aula, a quantidade de lâmpadas em cada sala de aula, quais os horários que aquelas salas de aulas estavam ocupadas com aula, e qual o tipo de lâmpada predominante em toda a central.

Utilizou-se da equação (1) para determinar a potência consumida (kWh) que foi gasto pelas salas, a equação abaixo relaciona potência com o tempo de uso.

$$PC = N^{\circ}_{lamp} \times P_{lamp} \times t \times 4,2 \quad (1)$$

Onde:

PC = Potência Consumida em kilowatt hora.

N°_{lamp} = Número de lampas contidas em cada local.

P_{lamp} = Potência da lâmpada em kilowatt.

t = Tempo de uso do equipamento em horas/semana.

4,2 = Constante que converte o tempo em horas/semana para horas/mês.

Para obtenção das potências consumidas em cada sala de aula foi calculado separadamente o tempo de uso de cada sala por meio de tabelas fornecidas pela Superintendência de Tecnologia de Informação e Comunicação que estão fixadas nas entradas de cada respectiva sala, uma semana possui 5 dias letivos.

Na central de aulas III existem 8 salas de aulas e 2 Laboratórios de informática, contando com o hall de entrada e o corredor existe um total de 274 lâmpadas, a central de aulas III possui lâmpadas com potência de 40W e gasta na ponta um total de 355,48 kWh na ponta por mês e 1323,50 kWh fora da ponta por mês.

Na central de aulas IV existem 12 salas de aulas e 1 não está em funcionamento, contando com o hall e o corredor existe um total de 164 lâmpadas em uso, totalizando um gasto na ponta no valor de 227,13 kWh por mês e fora da ponta de 1129,63 kWh por mês, possuindo em sua maioria lâmpadas com potência 40W.

Na central de aulas V existem 10 salas de aula, contando com o corredor e hall o total de lâmpadas é de 274, totalizando em um mês letivo 395,80 kWh na ponta por mês e 1537,2 kWh fora da ponta por mês, utilizando lâmpadas com potência de 40W.

Na central de aulas VI existem 13 salas de aula, contando com o corredor e hall soma um total de 342 lâmpadas em uso, resultando em um consumo de 353,20 kWh na ponta por mês e 1824,88 kWh fora da ponta por mês, em sua estrutura usa-se lâmpadas com potencia de 32W.

Na central de aulas VII existem 18 salas de aula, sendo que seis delas não estão havendo aula, o corredor e o hall não possuem lâmpadas tubulares do tamanho de 120cm, logo não entrará na conta, no total o bloco possui 168 lâmpadas tubulares, com o consumo de 116,12 kWh na ponta por mês e 384,65 kWh fora da ponta por mês, esse valor baixo em relação as outras centrais é resultado da substituição que já aconteceu das lâmpadas fluorescentes por LED, comprovadas com uso da Equação (1).

Tabela 3: Resumo dos análises das salas (autoria própria).

	Central III	Central IV	Central V	Central VI	TOTAL
Lâmpadas	274	164	274	342	1054
Cons. AP (kWh)	355,48	227,13	395,80	353,20	1331,61
Cons. AFP (kWh)	1323,50	1129,63	1537,20	1824,88	5815,21

Excluiu a central de aula sete da tabela 3 pois a mesma já passou pelo processo de substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED, não impactando no projeto pois não será necessário realizar trocas.

2.4. Fase Analyse (Analisar)

Nesta fase, os dados coletados são analisados por meio de ferramentas estatísticas, para identificar as variáveis que impactam no processo, divididas em causas óbvias e não óbvias [1]. Como o presente estudo não se trata da solução de problemas não triviais, não se faz necessário o uso de ferramentas estatísticas com a finalidade de se obter uma ótima precisão.

Como citado, o processo é classificado como óbvio, pois não é necessário análises estatísticas para determinar que ao mudarmos a potência usada para calcular os custos dos usos das lâmpadas fluorescentes reduzirá também os gastos.

Pela Equação (1) podemos observar as variáveis que são fundamentais e de grande importância para o projeto, são elas quantidade de lâmpadas, a potência, e o tempo de uso.

Quando se tratando do tempo de uso estamos colocando em pauta o número de aulas e o tempo das mesmas, como sabemos a universidade é uma instituição de ensino logo, essas características não podem ser mudadas nem fragmentadas. A complexidade dessa alteração é grande pois estará mudando toda a estrutura de funcionamento de uma faculdade.

Das luzes, as alterações nas quantidades não serão alvo foco do estudo pois essas mudanças mexerão com a estrutura física das salas de aulas, atividade essa que demandaria muito tempo de mão de obra e grandes investimentos pois seria necessário a troca das luminárias e até mesmo das afiações.

Novamente o mais sensato para modificar está relacionado ao tipo de lâmpada usada pela universidade, as lâmpadas fluorescentes possuem uma ótima capacidade de iluminar, porém não são a do tipo mais eficiente, o tipo mais eficiente são as do tipo LED que conseguem iluminar muito mais gastando muito menos.

Tabela 4: Custo das Centrais de aulas (autoria própria)

	Central III	Central IV	Central V	Central VI	TOTAL
Lâmpadas	274	164	274	342	1054
Potência da lâmpada (W)	40	40	40	32	-
Custo AP(R\$)	684,95	437,64	762,64	680,56	2.565,78
Custo AFP(R\$)	488,01	416,53	566,81	672,88	2.144,23

Para encontrar o quanto cada central gasta mensalmente basta multiplicar o consumo ativo na ponta ou ativo fora da ponta pelo respectivo preço, como adotado na fase Definir, utilizará os valores das médias presente na Tabela 1 e 2 para base de cálculo,

A Tabela 4 mostra quanto cada central gasta com energia para iluminação das salas durante e fora do horário de pico, como pode-se observar quando se compara a central de aulas V com a Central de aulas VI, o número de lâmpadas nem sempre é proporcional ao quanto ela irá gastar, isso se dá justamente devido a diferença de potências entre as lâmpadas utilizadas, a central V possui lâmpadas com 40 Watts de potência enquanto que a central VI possui 32 Watts.

Tabela 5: Relação em porcentagem dos custos das Centrais. (autoria própria)

	Custo AP (R\$)	Custo AFP (R\$)	Custo AP (%)	Custo AFP (%)
Central III	684,95	488,01	1,137	0,658
Central IV	437,64	416,53	0,727	0,553
Central V	762,64	566,81	1,266	0,752
Central VI	680,56	672,88	1,130	0,893
TOTAL	2.565,78	2.144,23	4,259	2,856

Os dados da tabela 5 foram obtidos utilizando a razão entre o valor dos respectivos custos com a média do valor geral encontrado na tabela 1, também dos respectivos custos relacionados, assim pode-se ter uma ideia relativa a porcentagem da representatividade de cada central.

De acordo com a Tabela 5, temos a relação de quanto cada central impacta na conta final de luz da universidade, ao todo, somando as porcentagens dos custos na ponta e fora da ponta, tem-se que apenas as 4 centrais de aulas contribuem com 7.11% na conta de energia da UFERSA.

Esse valor será de extrema importância pois posteriormente servirá como comparação de resultados após aplicação das mudanças.

Outro valor de suma importância para o estudo será a quantidade de lâmpadas presentes nas centrais de aulas, de acordo com a tabela 4 existem 1054 lâmpadas fluorescentes distribuídas nas centrais de aulas III, IV, V, VI. Esse valor será importante quando for necessário determinar quantas luzes serão compradas para efetuar a substituição das fluorescentes por LED.

2.5. Fase *Improve* (Melhorar)

Essa é a fase em que a equipe deve fazer as melhorias no processo existente. Modificando tecnicamente os elementos do processo atuando sobre as causas raízes, é nessa fase que as melhorias são aplicadas no processo, sendo considerada uma fase crítica[1].

Como já definido nas fases anteriores, a causa raiz a ser atacada será a utilização de lâmpadas fluorescentes, como visto na tabela 4, as centrais de aula utilizam luzes com potência de 32W e 40W, onde a de menor potência está presente somente na central de aulas VI.



Figura 5: Especificações da lâmpada utilizada na Central de aulas VI (autoria própria).



Figura 6: Especificações da lâmpada utilizada na Central de aula IV (autoria própria).

As figuras 5 e 6 são fotos tiradas das lâmpadas presentes na central de aula VI e IV respectivamente, a diferença dos tipos que foram instaladas nas centrais de aula III e V é que são somente de marcas diferentes, porém que apresentam a mesma potência de 40W.

A lâmpada que seria utilizada no lugar das fluorescentes é do tipo LED, esse tipo de lâmpada é considerado a mais econômica por apresentar uma eficiência energética melhor, ou seja, iluminam mais utilizando de menos potência e consequentemente gastando menos.

FONTE LUMINOSA	IRC (%)	EFICIÊNCIA LUMINOSA (LM/W)	VIDA MÉDIA (HORAS)
Incandescente	100	10-15	750 - 1.000
Halógena	100	15-35	1.500 - 2.000
Fluorescente tubular	80-85	40-100	6.000 - 24.000
Fluorescente compacta	80	40-80	6.000 - 24.000
Vapor de mercúrio	40-55	45-58	9.000 - 15.000
Vapor de sódio	22	80 - 150	18.000 - 32.000
Vapor metálico	65 - 85	65 - 90	8.000 - 12.000
Indução	80 - 90	80 - 110	60.000
LED	70-95	35-130	25.000 - 100.000
LED tubular	85	33-97	50.000

Figura 7: Tabela de vida média vários tipos de lâmpadas [6]

Como mostra na figura 7, outro fator importante é que as lâmpadas do tipo LED possuem uma vida útil maior que as lâmpadas do tipo fluorescentes, significando que com o passar do tempo terá menos problemas e necessitará de menos trocas, bem como gastará menos.

A lâmpada escolhida para esse projeto será da marca OL Iluminação, do tipo de 18W e 2070lm, de acordo com as especificações da fabricante, ela é do tipo TL18P4AO, com 18W de potência, encaixe G13, 2070lm, com 120cm de comprimento, fator de potência de 0,94.[7]



Figura 8: Tuboled T8 OL Iluminação [7]

Como citado na fase Definir, a central de aulas VII possui lâmpadas do tipo LED da marca OL, como a instituição já possui histórico de utilização com essa marca, o uso com a mesma já é conhecido pela administração da universidade, sendo a que melhor se encaixa no projeto pelas facilidades e conhecimentos sobre a marca.

Como mostra na tabela 4, as centrais necessitariam de 1054 novas lâmpadas para serem substituídas, foi consultado o gerente de vendas da OL iluminação e foi informado que o preço da unidade dessa lâmpada sairia por R\$16,50, porém, como se trata de uma grande quantidade, e que o processo para compra da UFERSA é feita através de licitação, foi avisado que poderia ser feito um preço abaixo do informado pelo gerente de vendas.

Para tanto, consideraremos o valor da unidade da lâmpada OL de R\$15,00, valor em relação ao anterior menor em 9%. Considerará um total de 1060 lâmpadas para cobrir possíveis acidentes ou problemas iniciais. Com essas informações, o valor necessário que a universidade teria que fazer de investimentos iniciais seria de R\$15.900.

Realizando as devidas atualizações nas tabelas obteve-se os seguintes resultados.

Tabela 6: Atualização da tabela 3 (autoria própria)

	Central III	Central IV	Central V	Central VI	TOTAL
Lâmpadas	274	164	274	342	1054
Cons. AP (kWh)	159,96	102,21	178,11	198,67	638,97
Cons. AFP (kWh)	595,57	508,33	691,74	1026,49	2822,14

Tabela 7: Atualização da tabela 4 (autoria própria)

	Central III	Central IV	Central V	Central VI	TOTAL
Lâmpadas	274	164	274	342	1054
Pot. da lâmpada (W)	18	18	18	18	-
Custo AP(R\$)	308,23	196,94	343,19	382,81	1.231,19
Custo AFP(R\$)	219,60	187,43	255,06	378,49	1.040,60

Tabela 8: Atualização da tabela 5 (autoria própria)

	Custo AP (R\$)	Custo AFP (R\$)	Custo AP (%)	Custo AFP (%)
Central III	308,23	219,60	0,512%	0,291%
Central IV	196,94	187,43	0,327%	0,249%
Central V	343,19	255,06	0,570%	0,339%
Central VI	382,81	378,49	0,636%	0,502%
TOTAL	1.231,19	1.040,60	2,044%	1,381%

Com a atualização das tabelas 6, 7 e 8, pode-se observar que a participação das centrais de aulas III, IV, V e VI nos gastos com luz reduziu de 7,11 para 3,42, redução esta de 3,69, consideravelmente grande, pois representa um decréscimo de 48,10% do valor inicial. Isto, comparado à participação das centrais de aulas na conta de luz antes da aplicação do projeto (tabela 4) é perceptível uma mudança de R\$4.710 para R\$2.271,80, resultando na economia de R\$2.438,20 no primeiro mês.

A economia gerada foi calculada usando médias de um ano de consumo de energia elétrica da universidade, o mês base utilizado nos cálculos possui 21 dias letivos, nos calendários acadêmicos disponibilizados pela SUTIC o semestre letivo possui 100 dias de aulas, resultando em aproximadamente 4 meses completos de aula.

Podemos calcular a economia aproximada gerada em um semestre multiplicado a economia de um mês letivo base por quatro. Logo, obtém-se R\$9.752,80, multiplicando a economia mensal por oito meses, que é o equivalente a 2 semestres letivos ou 1 ano na faculdade, obteve-se R\$19.505,60.

O valor economizado em um ano é suficiente para pagar o investimento inicial que foi de R\$15.900 e ainda restaria aproximadamente R\$3.600, em um ano após aplicada as substituições das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED.

2.6. Fase Control (Controlar)

A fase controlar é a etapa final do projeto, devemos fixar medidas para manter a sustentabilidade do projeto, definindo as variáveis que podem prejudicar o processo que venham reduzir a nova eficiência do projeto. As variáveis que podem prejudicar o desempenho do processo estão ligadas a pessoas.

Para manter o projeto contínuo, é necessário que o uso das lâmpadas de tipo LED seja assegurado, a vida útil das lâmpadas LED é mais longa quando comparado com as fluorescentes, porém ainda necessitam dos devidos cuidados. [6]

Pode-se assegurar que com o decorrer do tempo, a economia provada na fase Melhorar será cada vez maior, as pessoas possuem papel fundamental nessa etapa, elas que garantirão a crescente economia, para isso, é necessário informar que melhorias desse cunho precisam de investimentos iniciais, mas que com o tempo a economia gerada cobrirá os investimentos e trará retornos.

3. CONCLUSÃO

Esse trabalho teve como intuito principal propor um projeto, com o auxílio da metodologia lean seis sigma, que pudesse realizar um estudo sobre os custos de energia elétrica da universidade e escolher qual seria a melhor abordagem para o problema.

Todos os passos do DMAIC foram sistematicamente projetados de forma que cada etapa possuíse uma grande relação com todos os outros, observou-se que a metodologia DMAIC é uma ferramenta muito útil, quando bem estruturada e seguida de maneira rigorosa tem a capacidade de resolver problemas não triviais. Nesse estudo em caso, o projeto possui uma grande abrangência, servido como base para a estruturação e criação de outros projetos que fossem semelhantes.

Em relação aos objetivos do projeto, obteve-se uma redução de 3,69% nos gastos com energia elétrica para iluminação das salas de aula, representando uma economia de R\$2.438,20 no primeiro mês. Resultado este que é considerado satisfatório, pois em apenas um ano, a universidade economizará um valor maior que o investimento.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **ROTONDARO, R. G.** *Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços*. São Paulo: Atlas, 2002.
- [2] **AEROPORTO INTERNACIONAL DE VIRACOPOS. Viracopos inicia 2019 com crescimento de 9,61% de passageiros e mantém tendência alta.** Disponível em <www.viracopos.com/institucional/imprensa/15-02-2019-viracopos-inicia-2019-com-crescimento-de-9-61-de-passageiros-e-mantem-tendencia-de-alta.html> Acesso em 04 mar. 2019.
- [3] **UFERSA, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA um sonho realizado.** Disponível em:
- [4] **RUF – Ranking Universitário Folha. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).** Disponível em: <<https://ruf.folha.uol.com.br/2018/perfil/universidade-federal-rural-do-semi-arido-ufersa-589.shtml>> Acesso em: Acesso em 04 mar. 2019.
- [5] **KNOWLES, G.; ANTONY, J. A.** *Six Sigma and organizational learning: An opportunity missed?* Em Quality, Innovation and Knowledge Conference, p. 18-20, 2002, Kuala Lumpur, Malásia. Disponível em: www.monash.edu.au/oce/qikconference. Acesso em 04 mar. 2019.
- [6] **SALES, R. P. LED, O Novo Paradigma da Iluminação Pública.** Dissertação (Mestrado) Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba, 2011.
- [7] **Sylvania by OL iluminação. Tuboled T8,** Disponível em: <<https://www.oliluminacao.com.br/tuboled>> Acesso em 04 mar. 2019.