

Estudo de viabilidade econômica da substituição de lâmpadas fluorescentes por LED em planta fabril

Luciene de Souza Kichel, José Donizetti de Lima, Géremi Gilson Dranka, Alessandro Habigzang

Resumo: O presente trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade econômica da substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED no parque fabril de uma empresa especializada em terceirização de equipamentos eletrônicos por meio de um estudo de caso. Para atingir esse objetivo, foi utilizada a Metodologia Multi-índice Ampliada (MMIA) com as abordagens determinística e probabilística (Simulação de Monte Carlo) como ferramenta de análise via aplicativo web \$AV€II e planilhas eletrônicas de cálculos (MS-Excel®). Ao verificar a elevada quantidade de lâmpadas dispostas na planta fabril, observou-se que determinados pontos da planta apresentavam baixa qualidade de iluminação, como por exemplo, o almoxarifado, em corredores de circulação e vestiários. Além de manter um alto custo de manutenção, como a troca de reatores e das próprias lâmpadas fluorescentes, optou-se pela troca das mesmas por lâmpadas de LED, tendo como benefícios básicos esperados: menor consumo de energia elétrica, menores custos com manutenção, redução da geração de resíduos, além do impacto financeiro. Os principais resultados encontrados foram altos índices de retorno, como por exemplo, índice benefício/custo de 5,18, indicando que a cada unidade monetária investida retornam 5,18 unidades e probabilidade de prejuízo praticamente nula, classificando o investimento como riscos inferiores a 20% e ainda *Payback* de 15%, mostrando-se lucrativo a partir do nono mês, ao longo de 60 meses. Todos os dados indicados, pelas análises determinística e estocástica, estão explícitos em tabelas e gráficos gerados a partir do \$AV€II. Como parecer conclusivo, o projeto de investimento é economicamente viável e recomendável a sua implantação.

Palavras chave: Lâmpadas de LED, Análise de Viabilidade Econômica, Metodologia Multi-índice Ampliada, Simulação de Monte Carlo, \$AV€II.

Economic Viability of LED Fluorescent Lamp Replacement in Manufacturing Plant

Abstract: This paper aims to analyze the economic viability of replacing fluorescent lamps with LED lamps in the manufacturing plant of a company specialized in outsourcing electronic equipment through a case study. To achieve this goal, the Extended Methodology Multi-Index (MMIA) with determinative and simulative approaches (Monte Carlo Simulation) was used as a tool for analysis via the \$AV€II web application and spreadsheets (MS-Excel®). When checking the maximum quantity of lamps disposed in the factory plant, the limits of the plant present poor illumination quality, such as, for example, warehouse, circulation corridors and changing rooms. In addition to maintaining a high maintenance cost, such as replacing reactors and fluorescent lamps, it has opted to replace LED lamps, with the expected basic benefits: lower electricity consumption, lower maintenance costs, reduced waste generation, and financial impact. The main results found were high rates of return, such as the benefit / cost ratio of 5.18, which record each returned invested unit of money 5.18 units and that the chances of suffering a zero loss rank or invest as less than 20% risk and 15% Payback, showing profitable profit from month not over 60 months. All data indicated by deterministic and stochastic determinations are explained in tables and graphs generated from \$AV€II. As a conclusive opinion, the investment project is economically viable and its implementation is recommended.

Key-words: LED Lamps, Economic Feasibility Analysis, Extended Multi-Index Methodology, Monte Carlo Simulation, \$AV€II.

1. Introdução

Na constante busca da eficiência pelas indústrias, um fator importante que deve ser considerado é a quantidade de energia elétrica necessária ao seu funcionamento, pois a efficientização energética pode trazer significativa redução de custos (COPEL, 2005). Considerando que a iluminação é prioritária no consumo de energia elétrica, deve-se buscar alternativas de iluminação que contribuam com a efficientização energética, como por exemplo, o LED (Light Emitting Diode, ou Diodo Emissor de Luz) (BLEY, 2012).

As lâmpadas de LED possuem maior eficiência luminosa, gastam menos energia e são mais econômicas que a maioria das lâmpadas (INMETRO, 2016). Entretanto, o LED é uma tecnologia cara quando comparada às lâmpadas fluorescentes. Uma lâmpada fluorescente compacta de 20 W pode custar em torno de R\$ 6,85, e uma lâmpada de LED, também de 20 W, pode custar em torno de R\$ 19,90. A economia é observada quando o consumo é acrescentado ao cálculo, sendo que a lâmpada de LED consome 72 Wh e a lâmpada fluorescente tubular 220 Wh, ambas com 20 W. Além disso, é preciso considerar o custo de manutenção das lâmpadas LED, pois como sua vida útil é elevada, gera-se menores gastos com reposição, mão de obra e paradas não programadas.

Assim, a presente pesquisa analisa a substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED em toda a extensão de um parque fabril de uma empresa especializada em terceirização de montagem de placas e produtos eletrônicos, a qual dispõe de 320 eletrocalhas com duas lâmpadas cada. O objetivo da pesquisa é saber se o Projeto de Investimento (PI) de substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED, avaliado por meio da Metodologia Multi-Índice Ampliada (LIMA et al., 2015), é economicamente viável.

2. Metodologias de viabilidade econômica

Ao analisar o ponto de vista das empresas, busca-se a eficiência financeira para fornecer produtos de qualidade e com valores competitivos no mercado de atuação. Para isso, é preciso um PI, analisando todos os custos envolvidos durante o processo de produção, tais como investimento inicial, despesas como impostos, corretagem e publicidade, valor geral de venda, receita líquida, resultados e Fluxo de Caixa (FC) (SOUZA e CLEMENTE, 2008; PINHO et. al., 2008; FARIAS et. al., 2014). A partir do momento que os custos são contabilizados é possível iniciar um estudo de Viabilidade Econômica (VE) do PI.

Para se analisar economicamente um PI, considera-se aspectos econômicos e rentáveis, e imponderáveis ou não econômicos, tais como níveis de emprego ou alianças com novos clientes ou fornecedores (CASAROTTO FILHO e KOPITKE, 2010; BLANCK et. al., 2011). Entre os fatores econômicos e rentáveis, alguns princípios fundamentais devem ser observados, como (i) considerar que o dinheiro possui dependência do tempo; e (ii) levar em consideração apenas as diferenças entre as alternativas de investimentos (SOUZA e CLEMENTE, 2008).

Entre os fatores econômicos do estudo de VE estão os indicadores econômicos. Estes podem ser subdivididos em dois grandes grupos, sendo associados à rentabilidade (por exemplo, Valor Presente Líquido (VPL), índice Benefício/Custo (IBC) e Retorno Adicional sobre Investimento (ROIA)) e ao risco do projeto (Taxa Interna de Retorno (TIR), Período de Recuperação do Investimento (Payback) e Índice Payback/N, onde N é o horizonte de planejamento) (SOUZA e CLEMENTE, 2008).

Quanto menor o valor obtido para os índices de risco, maior é a condição de investimento. O risco, segundo Correia Neto (2013), é a mensuração objetiva da incerteza em relação a

eventos desfavoráveis. Em conjunto com o risco há a atratividade financeira de um PI, sendo que este será atrativo se o retorno financeiro superar o valor do investimento que o originou. Porém, na análise de VE, deve ser considerado o fato de a empresa estar perdendo a oportunidade de aplicar seu capital em outros investimentos, de forma que a empresa fica amarrada ao projeto (SOUZA e CLEMENTE, 2008).

Segundo Johann et al. (2014), para analisar a VE de um PI existe a Metodologia Clássica (MC) e a Metodologia Multi-Índice (MMI). A MC expressa o risco por meio da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) sobre o FC projetado, onde a TMA é a mínima para que o PI tenha o menor grau de risco possível e deve estar atrelada ao horizonte de planejamento (N). Por outro lado, a MMI caracteriza-se pelo aprofundamento da avaliação do risco *versus* a expectativa de retorno, ou seja, a tomada de decisão é feita com base em vários indicadores, resultando em informações mais consistentes (SOUZA e CLEMENTE, 2008; JOHANN et. al., 2014).

A essência da MMI consiste em: (i) não incorporar o prêmio pelo risco como um *spread* sobre a TMA; (ii) expressar a rentabilidade do projeto por meio do ROIA como um retorno adicional além do que seria auferido pela aplicação do capital a títulos de baixo risco; (iii) utilizar uma análise ambiental para aprofundar a avaliação sobre os riscos envolvidos; e (iv) confrontar os ganhos esperados com a percepção dos riscos do PI (SOUZA E CLEMENTE, 2008).

Assim, subentende-se que um determinado grupo de indicadores apresentam resultados com maior confiabilidade do que simplesmente indicadores isolados, propiciando ao gerenciador maior consistência em relação à tomada de decisão entre projetos (SOUZA E CLEMENTE, 2008).

2.2 Metodologia multi-índice ampliada

A MMI proposta por Souza e Clemente (2008), ampliada por Lima et. al. (2015), incorpora Limites de Elasticidade (LEs) para melhorar a percepção dos riscos envolvidos no PI. Dessa forma, além da VE do PI é feita também uma Análise de Sensibilidade (AS), onde consideram-se as incertezas associadas à evolução temporal do PI (LIMA et al., 2015). Portanto, os LEs mostram o quão sensível é o PI, o que vai auxiliar na tomada de decisão quanto a implementação ou não deste.

A MMIA pode ser utilizada sob a abordagem determinística, utilizando a Simulação de Monte Carlo (SMC), (LIMA et al., 2015) ou estocástica (LIMA et al., 2017a). A SMC apresenta algumas vantagens em relação a outras técnicas de avaliação de risco, tais como a geração de centenas ou milhares de cenários através de simulações computadorizadas e também a extensão dos resultados juntamente com a probabilidade vinculada (CORREIA NETO, 2013; LIMA et al., 2017a). Entretanto, uma desvantagem da SMC é a exigência de hardware, pois quanto maior o número de simulações, mais próximo da realidade será o valor gerado, o que pode acarretar em longas esperas conforme o número de simulações (CORREIA NETO, 2013; LIMA et al., 2017a).

Assim, Southier et. al. (2016) e Lima et al. (2017b) desenvolveram um sistema para auxiliar no processo de análise da VE de PI, denominado $\$ \Delta V \epsilon \Pi$ (Sistema de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento), o qual foi utilizado para o desenvolvimento do presente trabalho.

3. Metodologia da pesquisa

Neste estudo foi avaliada a aquisição de 640 lâmpadas de LED tubulares em substituição de

lâmpadas fluorescentes tubulares em toda a extensão da planta fabril de uma empresa especializada em terceirização de montagem de placas e produtos eletrônicos. A abordagem metodológica aplicada constitui-se de um estudo de caso, no qual a referida empresa foi visitada e por meio de entrevistas individuais semiestruturadas com a gerência, obtendo-se assim os dados necessários à condução da pesquisa.

Segundo Cesar (2006), “o método do estudo de caso enquadra-se como uma abordagem qualitativa e é frequentemente utilizado para coleta de dados na área de estudos organizacionais”. Seguindo o método de pesquisa de Gil (2002), o estudo de caso é uma modalidade de pesquisa amplamente utilizada, consiste no estudo profundo de poucos objetos de maneira que permita o seu amplo conhecimento e sua utilização maior é em estudos exploratórios e descritivos. Para isso, é possível fragmentar a pesquisa em etapas, a saber: (i) formulação do problema: constitui a etapa inicial da pesquisa e necessita de um longo tempo de reflexão e fontes bibliográficas adequadas; (ii) determinação do número de casos: podem ser constituídos tanto de um único caso como de múltiplos casos. O procedimento mais adequado consiste em adicionar casos até que a necessidade de dados seja satisfatória; (iii) coleta de dados: o estudo de caso utiliza sempre mais de mais de uma técnica de coleta de dados a fim de garantir a qualidade dos resultados; (iv) análise dos dados: como os procedimentos para coleta de dados são vários, a análise destes pode envolver diferentes modelos de análise; (v) redação do relatório: elaborados sob a forma de narrativa.

A partir das definições de Cesar (2006) e Gil (2002), as etapas a serem seguidas na presente pesquisa foram: (i) identificação do PI e determinação de caso único; (ii) levantamento de dados econômicos e técnicos; (iii) tratamento e análise dos dados via aplicativo web $\$ \Delta V \epsilon \Pi$ (LIMA et. al., 2017b); e (iv) apresentação e discussão dos resultados obtidos.

4. Resultados

Seguidas as etapas expostas no item 3, esta seção apresenta os resultados da aplicação da MMIA via aplicativo web $\$ \Delta V \epsilon \Pi$ (LIMA et. al., 2017b) e também a discussão sobre as hipóteses de cálculo adotadas.

4.1 Estimativa de fluxo de caixa

A estimativa do FC foi feita com base nos valores fornecidos pela gerência de produção da empresa, que determinou um investimento inicial (período zero) de R\$ 139.778,00. Em seguida, definiu-se o período de análise desse investimento (horizonte de planejamento), o qual ficou estabelecido em 60 meses.

Nesta pesquisa, o FC não leva em consideração alterações tarifárias de energia elétrica ou correções como, inflação, imposto de renda e depreciação. Essa metodologia está de acordo com a NBR 14653-4: Avaliação de Bens – Parte 4 – Empreendimentos, que sugere que os valores projetados devem ser em moeda constante (ASSOCIAÇÃO..., 2002).

O próximo passo foi definir a TMA, sendo preferencialmente uma taxa quase livre de riscos para se descontar a projeção realizada (SOUZA e CLEMENTE, 2009; RASOTO et. al., 2012). Como a TMA da empresa em questão era um dado sigiloso, a taxa utilizada nesta pesquisa foi baseada no histórico da taxa básica de juros fornecida pelo Banco Central do Brasil (BACEN, 2016). A taxa do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC) é o principal instrumento de política monetária utilizado pelo Banco Central e influencia todas as taxas de juros do país (BACEN, 2019). Entretanto, a taxa SELIC é um dado anual, e como o horizonte de planejamento nesta pesquisa é medido em meses, foi necessário calcular o seu equivalente ao mês, sendo

esta 1,0794% ao mês. Assim, tendo em mãos as informações fornecidas pela gerencia de produção e a TMA, foi possível estimar o FC, como mostra a Figura 1.

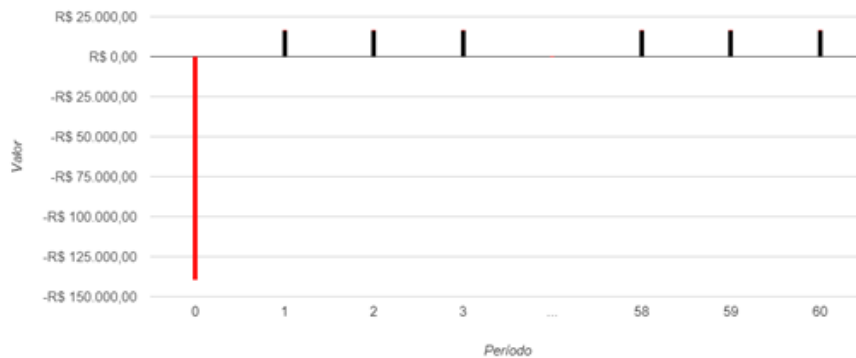


Figura 1 – Fluxo de caixa do PI

4.2 Abordagem determinística

Após a etapa de coleta de dados, foi possível aplicar a MMIA via aplicativo web $\$ \Delta V \epsilon \Pi$ utilizando o “Módulo de Abordagem Determinística – 1 Projeto – Recursos Próprios”. A Figura 2 mostra a tela do aplicativo $\$ \Delta V \epsilon \Pi$ com a inserção dos dados levantados.



Figura 2 – Tela do input do $\$ \Delta V \epsilon \Pi$ para o PI em estudo

Ao pressionar o botão calcular, o aplicativo $\$ \Delta V \epsilon \Pi$ gera o FC e o demonstrativo de cálculo do payback descontado (Figura 3), o quadro de indicadores da MMIA (Figura 4) e um quadro confrontando o retorno esperado *versus* os riscos estimados (Figura 5).

De acordo com a análise da dimensão do retorno do PI, espera-se que esse projeto gere R\$ 723.548,29 (VP – Valor Presente), o que implica em um VPL de R\$ 583.770,29 em 60 meses, ou equivalente a R\$ 13.268,47 por mês (VPL anualizado). O IBC foi de 5,1764, ou seja, a cada R\$ 1,00 investido há a expectativa de retorno de R\$ 5,1764. O valor obtido para o índice ROIA foi de 2,78%. Já o índice ROIA/TMA de 257,37%, permite classificar o investimento como de retorno alto (> 66%), segundo a escala proposta por Lima (2017), como pode ser visto na Figura 5.

Período (j)	Receita Total (R _{Tj})	Custo Total (C _{Tj})	Fluxo de Caixa (FC _j)	Depreciação Linear (DL _j)	Base do IR	Imposto de Renda (IR _j)	Fluxo de Caixa após IR (FC2 _j)	FC Descapitalizado para a data zero (FCD _j)	Acumulado (FCDA _j)	Payback (min j)
0	-	-139.778,00	-139.778,00	-	-	-	-139.778,00	-139.778,00	-139.778,00	-
1			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	16.269,85	-123.508,15	Ainda não pago
2			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	16.096,11	-107.412,04	Ainda não pago
3			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	15.924,23	-91.487,81	Ainda não pago
4			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	15.754,18	-75.733,63	Ainda não pago
5			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	15.585,94	-60.147,69	Ainda não pago
6			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	15.419,50	-44.728,19	Ainda não pago
7			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	15.254,84	-29.473,35	Ainda não pago
8			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	15.091,94	-14.381,41	Ainda não pago
9			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	14.930,78	549,37	9
10			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	14.771,33	15.320,70	10
50			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	9.614,21	493.097,84	50
51			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	9.511,54	502.609,38	51
52			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	9.409,97	512.019,35	52
53			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	9.309,48	521.328,83	53
54			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	9.210,07	530.538,90	54
55			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	9.111,72	539.650,62	55
56			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	9.014,42	548.665,03	56
57			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	8.918,15	557.583,18	57
58			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	8.822,92	566.406,10	58
59			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	8.728,70	575.134,80	59
60			16.445,47	0,00	16.445,47	0,00	16.445,47	8.635,49	583.770,29	60

Figura 3 – Fluxo de Caixa e Demonstrativo de Cálculo do Payback (Adaptado)

MMIA ¹	Dimensão		Indicador	Resultado Esperado (se viável)	Valor esperado	Análise Preliminar	
	Retorno ²			VP	$VP \geq FC_0 $	723.548,29	Continue analisando o projeto
		VPL ³	$VPL \geq 0$	583.770,29	Continue analisando o projeto		
		VPLA	$VPLA \geq 0$	13.268,47	Continue analisando o projeto		
		IBC ₁ ou IL	$IBC_1 \geq 1$	5,1764	Continue analisando o projeto		
		ROIA (%)	$ROIA \geq 0$	2,78	Continue analisando o projeto		
		Índice ROIA/TMA (%)	$\text{Índice ROIA/TMA} \geq 0$	257,37	Continue analisando o projeto		
		ROI ou TIRM (%)	$ROI \geq TMA$	3,89	Continue analisando o projeto		
Riscos ²				Payback ³	$\text{Payback} \leq N$	9	Continue analisando o projeto
				TIR (%) ³	$TIR \geq TMA$	11,75	Continue analisando o projeto
				Índice Payback/N (%)	$\text{Índice Payback/N} \leq 100\%$	15,00	Continue analisando o projeto
			Índice TMA/TIR(%)	$\text{Índice TMA/TIR} \leq 100\%$	9,19	Continue analisando o projeto	
Sensibilidades	Limites de Elasticidade (LEs)	Δ% TMA		Quanto > a tolerância Melhor	988,60	Continue analisando o projeto	
		Δ% FC ₀		Quanto > a tolerância Melhor	417,64	Continue analisando o projeto	
		Δ% FC ₁		Quanto > a tolerância Melhor	80,68	Continue analisando o projeto	
		Δ% FC ₀ e FC ₁		Quanto > a tolerância Melhor	67,62	Continue analisando o projeto	
		Δ% TMA e FC ₀		Quanto > a tolerância Melhor	293,61	Continue analisando o projeto	
		Δ% TMA e FC ₁		Quanto > a tolerância Melhor	74,59	Continue analisando o projeto	
		Δ% FC ₀ e FC ₁ e TMA		Quanto > a tolerância Melhor	63,29	Continue analisando o projeto	

¹ Metodologia Multi-Índice Ampliada (MMIA) proposta por Lima *et al.* (2015).

² Dimensões da Metodologia Multi-Índice (MMI) proposta por Souza e Clemente (2008).

³ Indicadores tradicionais da Metodologia Clássica (MC).

* $IBC_1 = (|FC_0| + VPL) / |FC_0|$ Considera apenas o custo da implantação;

Figura 4 – Quadro de Indicadores do MMIA

Ao analisar a dimensão dos riscos, observa-se que o PI apresenta um retorno em aproximadamente 9 meses. O índice de Payback/N, em que N equivale a 60 meses, é de 15%, o que significa que o projeto precisa ser promissor por pelo menos 15% do horizonte estimado. Por outro lado, o índice TMA/TIR foi de 9,19%, classificando o investimento como risco de nível baixo (< 33%), conforme Lima (2017), como destaca a Figura 5.

Dimensão (Dimension)	Índice (Index)	Baixo (Low) < 33%	Médio (Medium) de 33% a 66%	Alto (High) > 66%
Retorno (Return)	ROIA/TMA (ROIA/MRA)			257
Riscos (Risks)	Payback/N (Payback/N)	15		
	TMA/TIR (MRA/IRR)	9		
Dimensão (Dimension)	Índice (Index)	Alta (High) < 33%	Média (Medium) de 33% a 66%	Baixa (Low) > 66%
Sensibilidades (Sensitivities)	$\Delta\%TMA$ ($\Delta\%MRA$)			988
	$\Delta\%FC_0$ ($\Delta\%CF_0$)			417
	$\Delta\%FC_j$ ($\Delta\%CF_j$)			81

Figura 5 – Escala utilizada para avaliar as dimensões: retorno, riscos e sensibilidades

Com relação aos LEs e Valores-Limite (VLs), a TMA admite uma variação de 988,61% antes de este ser economicamente viável, sendo o valor-limite de 11,75%. Já o Investimento Inicial (FC_0) pode sofrer um acréscimo de até 417,64%, com um valor-limite de R\$ 723.548,29 (VP). Por outro lado, o FC permite uma redução máxima de 80,68% com valor limite de R\$ 112.772,89.

Ao analisar o FC descapitalizado e acumulado, observa-se por meio do Payback que o PI passa a render lucros à organização proponente a partir do nono mês de implantação, tempo menor que os 12 meses impostos pela empresa como pré-requisito para aprovação de um PI. Observa-se também, conforme os dados apresentados no Quadro de Indicadores da MMIA e do Quadro de Confronto Esperado x Risco Associado ao Retorno, que a substituição proposta é recomendável, pois o retorno é excelente, os riscos são baixos, os quais são minimizados pelos LEs e VLs. Por fim, a Figura 6 mostra o espectro de validade da decisão (SOUZA e CLEMENTE, 2009)

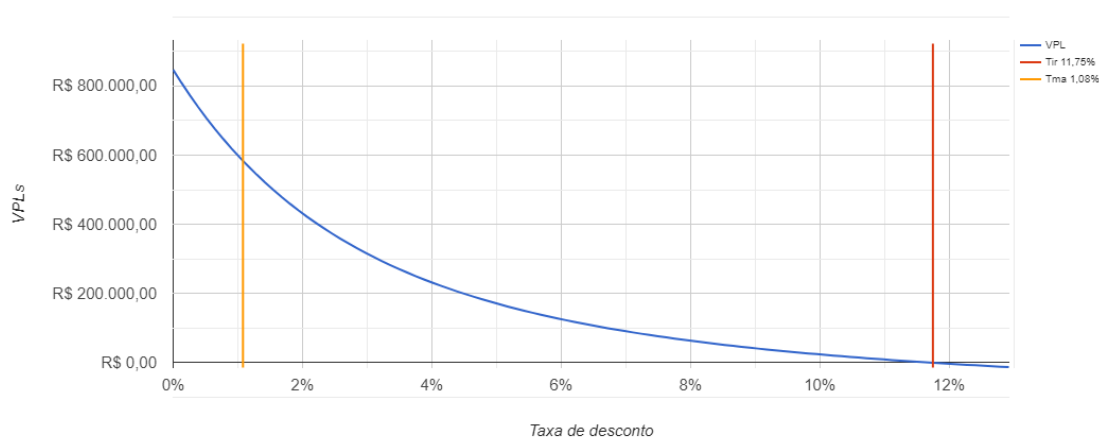


Figura 6 – Espectro de validade da decisão

4.3 Abordagem estocástica via Simulação de Monte Carlo (SMC)

Após realizar a análise determinística via MMIA, seguindo a metodologia exposta na seção 3,

foi aplicado a SMC, também por meio do aplicativo web $\$AV\epsilon\pi$, mas utilizando o “Módulo de Abordagem Estocástica – Fluxo de Caixa”.

Para realizar a SMC, as premissas consideradas foram de acordo com as peculiaridades do PI. Assim, no módulo de Fluxo de Caixa, determinaram-se as seguintes situações:

a) Para a TMA foi considerada uma Distribuição Triangular, e os seus valores de máximos e mínimos foram obtidos novamente no site do Banco Central, no Histórico de Taxas de Juros e convertidas para taxas mensais, considerando como mínimo a taxa de 2014 em período equivalente (mensal) e como máximo de 2016 em período equivalente (BACEN, 2016). O valor médio considerado foi 1,0794%;

b) Já para o Investimento Inicial (FC_0) utilizou-se uma Distribuição Uniforme, com seus valores máximos e mínimos variando em entre R\$ 130.000,00 e R\$ 150.000,00;

c) Para o Fluxo de Caixa mensal (FC_j) utilizou-se a distribuição triangular, considerado como variável aleatória o preço do kWh. Os valores adicionados à simulação foram obtidos a partir das bandeiras tarifárias, considerando como valor mínimo a bandeira verde, ou seja, sem acréscimo ao valor do kWh. Nesse caso, o FC de R\$ 16.445,47 foi considerado como valor mínimo. Já o valor mais provável foi de R\$ 16.978,27, considerando o FC anteriormente com o acréscimo da bandeira amarela, ou seja, a cada kWh consumido a tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,030. Por fim, o valor máximo considerado foi de R\$ 18.043,87, obtido a partir do acréscimo da bandeira vermelha ao cálculo, isto é, a cada kWh consumido a tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,045.

A Figura 7 mostra a tela do aplicativo web $\$AV\epsilon\pi$ com a inserção dos dados necessários para executar a SMC. Observa-se que o primeiro passo é a alocação do tipo de distribuição de probabilidade para cada variável estocástica. Por outro lado, a Figura 8 mostra o Quadro de Estatísticas Descritivas, que apresenta os resultados para o VPL e a TIR após 100.000 simulações, destacando os valores mínimos e máximos, a amplitude, a média, a mediana, o desvio-padrão e o coeficiente de variação. A Figura 9 apresenta o Quadro de Probabilidades, no qual é possível observar que não há probabilidade de o empreendimento ser financeiramente deficitário dentre os cenários avaliados.

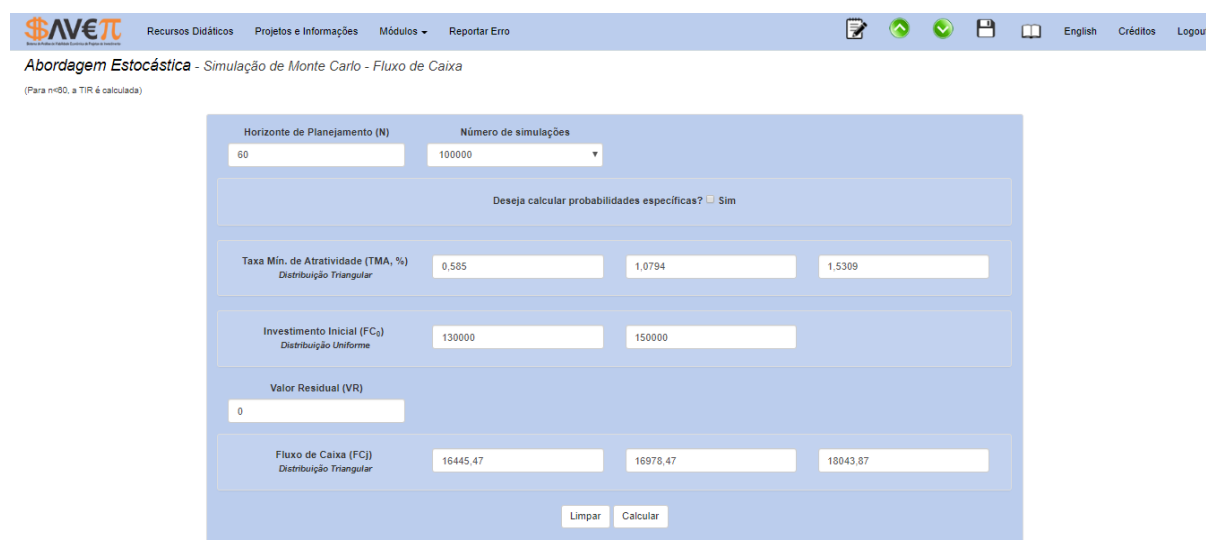


Figura 7 – Tela Inicial do $\$AV\epsilon\pi$ para a SMC - Fluxo de Caixa

Estadísticas Descritivas	VPL
Quantidade	100.000
Mínimo	520.164,63
Máximo	738.958,07
Amplitude (Máx - Mín)	218.793,44
Média	619.070,77
Desvio-padrão	40.371,49
Coefficiente de variação	6,52%
Mediana	616.917,75

Figura 8 – Estatísticas descritivas obtidas com a SMC

Quantidade: VPL < 0	0
P(VPL < 0): calculada pelo método da frequência (LGN ¹)	0,00%
P(VPL < 0): calculada pelo método da área sob a curva (TCL ²)	0,00%

Figura 9 – Quadro de Probabilidades do PI em Estudo

A SMC apresenta as probabilidades relacionadas ao risco do investimento. Observa-se um VPL mínimo de R\$ 520.164,63 e máximo de R\$ 738.958,07. Já média dos valores esperado foi de cerca de R\$ 619.070,77, valor muito próximo da mediana, que foi de R\$ 616.917,75. O desvio-padrão para o VPL foi de 40.371,49 e o coeficiente de variação de apenas 6,52%.

De acordo com os dados apresentados na Figura 10, há 5% de probabilidade do VPL ser menor que R\$ 552.665,58; 5% de chance de ser superior a R\$ 685.475,97 e 90% de possibilidade de gerar um valor dentro desse intervalo. Por fim, seguem os gráficos de distribuição de probabilidade do VPL e ajuste da curva normal (Figura 11) e a distribuição de probabilidade do VPL acumulado (Figura 12).

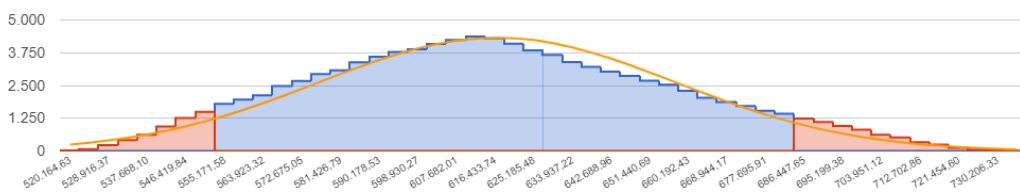


Figura 10 – Distribuição de Probabilidade do VPL - 90% (em azul) está entre 552.665,58 e 685.475,97

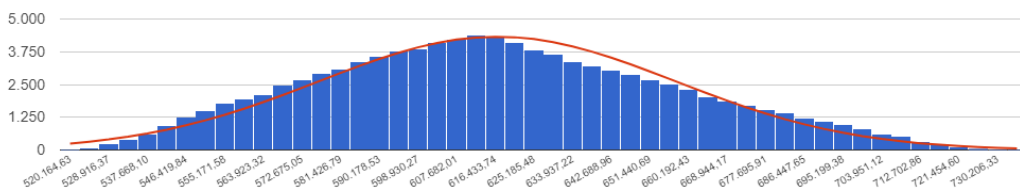


Figura 11 – Distribuição de Probabilidade do VPL e ajuste da normal

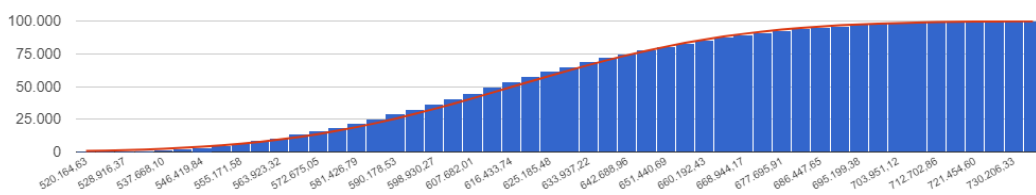


Figura 12 – Distribuição de Probabilidade do VPL Acumulado

A probabilidade do VPL ser nulo, de acordo com o Teorema Central do Limite (TCL), é de 0%. Assim, o projeto apresenta riscos extremamente baixos e boas perspectivas de retorno. Nesse contexto, recomenda-se a substituição do sistema atual de iluminação pelo LED.

5. Considerações finais

Ao analisar a viabilidade econômica do PI iluminação com LED com uso da MMIA via $\$ \Delta V \epsilon \Pi$, foi possível emitir um parecer conclusivo a respeito desse empreendimento. Com base nos dados fornecidos pela empresa e nas estimativas realizadas, nos resultados apresentados e na análise da expectativa do retorno, de riscos envolvidos, dos limites de elasticidade (e valores-limite) das principais variáveis intervenientes no desempenho econômico do PI, do confronto entre retorno, riscos e do espectro de validade da decisão, recomenda-se a implementação desse PI.

Ao comparar os valores obtidos com as duas abordagens, determinística (MMIA) e estocástica (Simulação de Monte Carlo), fica evidente que o projeto apresenta elevado índice de retorno e riscos baixos. A MMIA apresentou indicadores como TMA e ΔFCO altos. Já o índice Payback/N foi de 15%, indicando que em 9 meses o projeto já estaria pago. A probabilidade de o projeto causar algum prejuízo é nula, dentro dos cenários avaliados (Figura 10)

Referências

$\$ \Delta V \epsilon \Pi$. **Sistema de Análise da Viabilidade Econômica de Projetos de Investimentos**. Disponível em: <<http://pb.utfpr.edu.br/savepi/modulo.php/>>. Acesso em jun. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.653-2**: Avaliação de Bens - Parte 4: Empreendimentos. Rio de Janeiro, 2002.

BACEN. Banco Central do Brasil. **Histórico de Taxas de Juros**. Disponível em <<http://www.bcb.gov.br/?COPOMJUROS>>. Acesso em jun. 2016.

BACEN. Banco Central do Brasil. **Taxa SELIC**. Disponível em <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>>. Acesso em jun. 2019.

BLANCK, Leland. TARQUIN, Anthony. **Engenharia Econômica**. 6ª Edição, Porto Alegre: AMGH, 2011.

BLEY, F. B. **LEDs versus Lâmpadas Convencionais**. IPOG Revista Especialize On Line, Goiânia, Edição nº 3/2012. Disponível em: <<http://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/edicao-n3-2012/?setarParametros=true&pagingPage=3&>>. Acesso em jun.2016.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITKE, B.H. **Análise de Investimentos: Matemática Financeira, Engenharia Econômica, Tomada de Decisão, Estratégia Empresarial**. 11 ed. São Paulo: Atlas, 2010. 411p.

CESAR, A.M.R.V.C. **Método do Estudo de Caso (Case Studies) ou Método do Caso (Teaching Cases)?** Uma análise dos dois métodos no Ensino e Pesquisa em Administração. Notas de Aula

– Administração de Empresas. Universidade Presbiteriana Mackenzie. Julho 2005/Dezembro 2006. Disponível em <http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCSA/remac/jul_dez_05/06.pdf> Acesso em jun. 2016.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA, COPEL. **Manual de Eficiência Energética na Indústria.** Edição Novembro de 2005. Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual/\\$FILE/manual_eficiencia_energ.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual/$FILE/manual_eficiencia_energ.pdf)>. Acesso em jun. 2016.

CORREIA NETO, J. F. **Elaboração e Avaliação de Projetos de Investimento.** 1 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2013. Cap. 13.

FARIAS, M. M. DEON, M. C. COMUNELLO, A. L. **Contabilidade Gerencial Aplicada à Gestão de Investimentos: Um Estudo de Caso na Empresa Tecnofrio.** In: 5º Congresso UFSC de Controladoria e Finanças & Iniciação Científica em Contabilidade, 2014. Disponível em <http://dvl.ccn.ufsc.br/congresso/arquivos_artigos/artigos/971/20140425053712.pdf> Acesso em: mar. 2017.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4ª Edição, São Paulo: Atlas, 2002.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Lâmpadas LED.** Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampada-led/lampadaled.pdf>> Acesso em jun. 2016.

JOHANN, E. R. SOUZA, A. BISPO, C. M. CITADIN, M. W. SILVA, W. V. Metodologia Clássica e Metodologia Multi-Índice na Avaliação Financeira de Projetos de Investimento: Um Estudo de Caso na Empresa Alfa. GESTÃO E DESENVOLVIMENTO, Novo Hamburgo, Ano XI, v. 11, n. 1, p. 91-112, jan. 2014.

LIMA, J. D., OLIVEIRA, G. A., SANTOS, G. D., GRIGOLO, V. E., FILHO, J. R. K. **Um estudo de Viabilidade Econômica para Fabricação de um Protótipo Destinado às Pessoas com Paraplegia.** IV Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, 2014.

LIMA, J.D. de; TRENTIN, M.G.; OLIVEIRA, G.A.; BATISTUS, D.R.; SETTI, D. **A systematic approach for the analysis of the economic viability of investment projects.** Int. J. Engineering Management and Economics. v.5, n. 1/2, p. 19-34, 2015.

LIMA, J.D. de; TRENTIN, M.G.; OLIVEIRA, G.A.; BATISTUS, D.R.; SETTI, D. **Systematic Analysis of Economic Viability with Stochastic Approach: A Proposal for Investment.** In: **Engineering Systems and Networks: The Way Ahead for Industrial Engineering and Operations Management.** Amorim, M.; Ferreira, C.; Vieira Junior, M.; Prado, C. (Org.). Volume 10, Série 11786: Lecture Notes in Management and Industrial Engineering. 1ed.Switzerland: Springer International Publishing, v. 10, p. 317-325, 2017.

PINHO, F. O., PENNA, F. **Viabilidade Econômica.** Série Manual de Construção em Aço. Rio de Janeiro, 2008.

RASOTO, A.; GNOATTO, A.A.; OLIVEIRA, A.G. de; ROSA, C.F. da; ISHIKAWA, G.; CARVALHO, H.A. de; LIMA, I.A. de; LIMA, J.D. de; TRENTIN; M.G.; RASOTO, V.I. **Gestão Financeira: enfoque em inovação**. 1. ed. Curitiba: Aymará, 2012. v. 6. 140p. (série UTFinova).

SOUTHIER, L. F. P. LIMA, J. D. BATISTUS, D. R. OLIVEIRA, G. A. TRENTIN, M. G. **Proposta de um Sistema para Auxiliar o Processo de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento - \$AVEPI**. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa, 2016.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões Financeiras e Análises de Investimentos: Fundamentos, técnicas e aplicações**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.