

## O CONCEITO *LEAN GREEN* PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA PRODUÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM UMA PEQUENA EMPRESA

Igor F. Bersot<sup>1</sup>; Marcos F. P. Valença<sup>1</sup>; Rafael. C. Peroca<sup>1</sup>; Priscila P. Pacau<sup>2</sup>; Pedro M. Vitali<sup>2</sup>; Mateus. C. Amaral<sup>3</sup>

Universidade Federal Fluminense - UFF; Rio das Ostras, RJ, 28890-00, Brasil

Universidade Federal do Espírito Santo - UFES; São Mateus, ES, 29932-900, Brasil

igorfarahbersot@id.uff.br; valenca\_marcos@id.uff.br; rafaelcp@id.uff.br; pri\_p\_pacau@hotmail.com;

pedro\_vitali@hotmail.com; mateus\_amaral@id.uff.br

1 – Graduando; 2 – Graduado; 3 - Doutor

**Resumo:** Um ambiente de alta competitividade tem forçado a todos a buscarem o aumento da produtividade e redução de custos para se manterem competitivos neste cenário cada vez mais acirrado. Sendo assim, a abordagem *Lean* pode ser uma alternativa eficaz para se atingir estes objetivos através de uma redução de desperdícios. Desta maneira, este artigo utiliza o conceito do *Lean Green* para analisar a relação entre custo e benefício relacionados à implementação de um sistema fotovoltaico em uma pequena empresa de saúde, localizada na cidade de Macaé. Com objetivo de reduzir custos fixos e também aumentar a competitividade da empresa aliado ainda com viés ambiental. O sistema de energia fotovoltaica consiste em placas de silício e um inversor, que opera gerando eletricidade e alimentando a rede. Essa energia é armazenada na forma de um balanço que pode ser usado em até 60 meses. O estudo levou em consideração uma linha de crédito de 72 meses para o valor de aquisição do sistema fotovoltaico de R\$ 148.189,30 e foi realizada uma comparação entre as medidas de pré-instalação e as estimativas de geração do sistema e seus respectivos valores. Além do retorno financeiro, esse estudo estimou a redução de emissões de CO<sub>2</sub> em 3,18 toneladas/ano. Ao final do estudo pode ser concluído que a descoberta e o progresso de novas tecnologias podem trazer oportunidades para a transformação de custos que são considerados inevitáveis em evitáveis aliado a um aumento da sustentabilidade das atividades.

**Palavras-chave:** Energia Fotovoltaica, Sustentabilidade, *Lean Green*.

## THE LEAN GREEN CONCEPT FOR THE ANALYSIS OF THE ECONOMIC FEASIBILITY OF THE IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC ENERGY PRODUCTION IN A SMALL BUSINESS

**Abstract:** A highly competitive environment has forced everyone to look for increased productivity and reduced costs in order to stay competitive in this ever-escalating scenario. Thus, the Lean approach can be an effective alternative to achieve these goals through waste reduction. In this way, this article uses the concept of Lean Green to analyze the relationship between cost and benefit related to the implementation of a photovoltaic system in a small health company, located in the city of Macaé. In order to reduce fixed costs and also increase the competitiveness of the allied company still with environmental bias. The photovoltaic power system consists of silicon plates and an inverter, which operates by generating electricity and powering the grid. This energy is stored in the form of a balance sheet that can be used in up to 60 months. The study took into account a credit line of 72 months for the acquisition value of the photovoltaic system of R\$ 148,189.30 and a comparison was made between the pre-installation measures and the estimates of generation of the system and their respective values. In addition to the financial return, this study estimated the reduction of CO<sub>2</sub> emissions by 3,18 tons / year. At the end of the study it can be concluded that the discovery and progress of new technologies can bring opportunities for cost transformation that are considered inevitable in avoidable together with an increase in the sustainability of activities.

**Keywords:** Photovoltaic Power, Sustainability, Lean Green.

### 1. INTRODUÇÃO

A crise econômica e política no Brasil afetou os diversos setores da indústria. A cidade de Macaé foi uma das cidades que sofreu muito com esses problemas. Tornando ainda mais acirrado o ambiente para as diversas atividades forçando as empresas a buscarem soluções para produzir mais com menos recursos.

Desta forma, a abordagem *Lean* pode ser uma alternativa para alcançar esse objetivo. Essa abordagem foi criada no Japão no pós-Segunda Guerra Mundial para resolver um problema semelhante e, mais uma vez, pode ser uma a solução para o mesmo problema. Pode ser dito que o objetivo do *Lean* é a redução de desperdícios. E o *Lean Green* alia esse objetivo com o viés ambiental (Bashkite e Karaulova (2012).

Conforme explicado Marais (2015), em seu estudo sobre a visão geral da energia elétrica no Brasil, devido à alta instabilidade econômica e política no atual cenário brasileiro, as empresas sentem a necessidade de reduzir cada vez mais seus custos para se manterem competitivas no mercado.

Além do cenário negativo na política e economia, há outro problema recorrente: a matriz energética utilizada atualmente. A energia hidrelétrica tem uma dependência

direta da quantidade de chuva, e essa instabilidade se reflete diretamente nos valores das contas de energia elétrica. Por isso, as empresas começaram a procurar alternativas que podem reduzir esses impactos. Aliado ainda a busca da sustentabilidade uma das alternativas é utilizar a energia fotovoltaica.

A produção de energia fotovoltaica depende da incidência solar nos painéis fotovoltaicos. Então, antes de usar esta alternativa, é necessário fazer um estudo sobre a viabilidade desta implementação.

Sendo assim, neste estudo utiliza-se a abordagem do *Lean Green* com intuito de reduzir os gastos relacionados com o consumo de energia elétrica de uma pequena empresa do ramo da saúde na cidade de Macaé-RJ. Através da análise da proposta de implementação de uma unidade de painéis fotovoltaicos e ainda contribuir com a busca da sustentabilidade das atividades da empresa, pelo aumento da competitividade e redução dos impactos ambientais ocasionados pela emissão de CO<sub>2</sub>.

## 1. BREVE HISTÓRICO E CONCEITO DO LEAN

De acordo com o *Lean Enterprise Institute*, os processos de fabricação existem desde cerca de 1450. Mas foi somente em 1913 que o primeiro sistema de produção foi fabricado e seu autor foi Henry Ford. Embora ele fosse capaz de integrar todo o processo, Ford tinha um problema: seu sistema não abria espaço para muita variedade de produtos.

Na década de 1930, e especialmente após a Segunda Guerra Mundial, Kiichiro Toyoda, Taiichi Ohno e outros colaboradores da Toyota perceberam que seriam necessárias apenas algumas mudanças básicas na ideia de Ford para aumentar a variedade de processos de fabricação. Depois de incluir essas mudanças, o novo sistema ficou conhecido como Sistema de Produção Toyota, também conhecido como *Lean Manufacturing* (Wilson, 2010).

Em resumo, o *Lean Enterprise Institute* explica que o *lean* tem um objetivo simples: criar mais valor para os clientes usando menos recursos. Portanto, todas as empresas que utilizam a abordagem *Lean*, visam criar o produto com o "valor perfeito", utilizando um processo perfeito e sem desperdícios no processo.

Com esse raciocínio, o foco da administração é colocado na otimização do processo como um todo, em vez de tentar melhorar cada trabalho. Ou seja, a melhoria é aplicada horizontalmente, não na vertical.

### 1.1 APLICAÇÃO

De acordo com Lonnie Wilson (2010), para implementar o *Lean* em uma organização, o gestor deve saber que deve atuar em três níveis: o filosófico, o fundacional e o de estratégia, tática e habilidades. Na Figura 1 pode ser observada a casa do *Lean*, ela é uma maneira visual de compreender sua filosofia.

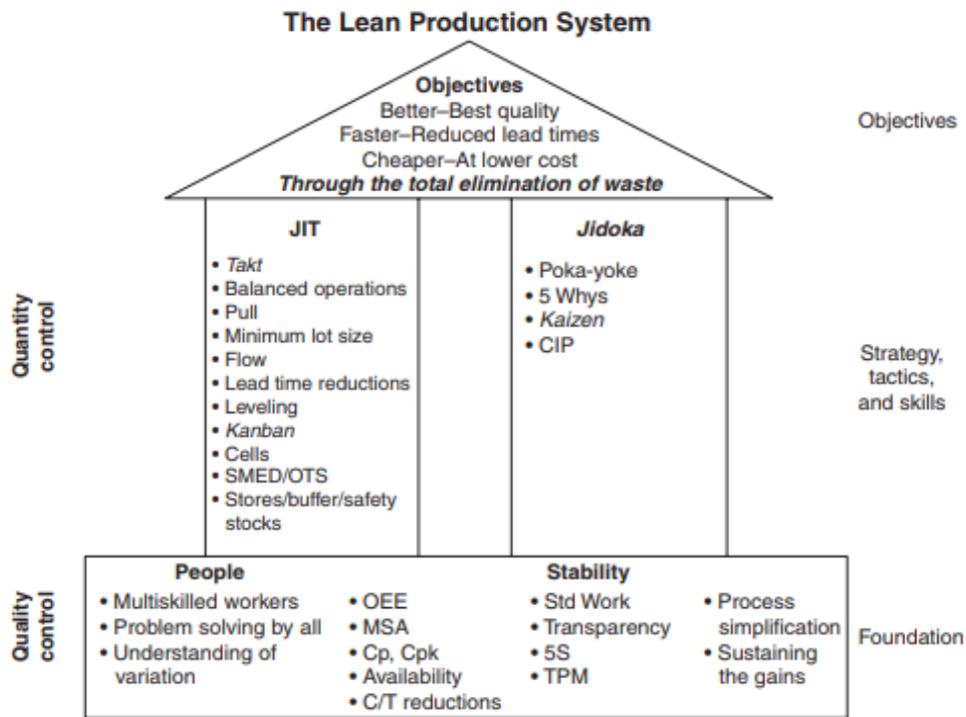


Figura 1: Casa do *Lean*

Fonte: Wilson, 2010

Qualquer transformação feita nos moldes do *Lean* deve estar em função da seguinte filosofia: gerar valor para o cliente, a sociedade e a economia e reduzir custos, reduzir tempos de entrega e melhorar a qualidade através da eliminação do desperdício ao máximo (Wilson, 2010).

## 1.2 BENEFÍCIOS

De acordo com o *Lean Enterprise Institute*, o *lean* tem um benefício principal: a redução de desperdícios ao longo de todo o fluxo de valor. Algumas outras vantagens são os processos que exigem menos esforço humano, menos espaço, menos capital, menos tempo para lançar produtos ou serviços e um gerenciamento de informações simples e mais preciso.

Como consequência de todos esses benefícios, as empresas podem atender a outras demandas do consumidor. Entre eles estão uma maior variedade e maior qualidade. Tudo isso contribui para um custo menor e um tempo de processamento mais rápido.

### 1.2.1 LEAN GREEN

A crescente preocupação ambiental tem forçado as organizações a buscar métodos e técnicas que preservem os recursos naturais e/ou diminuam os impactos sociais e ambientais gerados por elas, melhorando sua imagem e sua competitividade (Amaral, 2011).

Segundo Bashkite e Karaulova (2012), o *Lean Green* é o aspecto *Lean* que se preocupa, além de suas ideias básicas, com o meio ambiente e os impactos que atingem a indústria.

O *Lean Green* tem por finalidade obter a eficácia dos métodos de produção utilizando de forma sustentável os recursos energéticos e naturais, buscando minimizar ou eliminar as falhas, tanto no processo de produção, quanto no consumo de recursos e descarte de resíduos (JÚNIOR e FILHO, 2004).

Uma característica marcante dessa filosofia é que a empresa começa a seguir mais de perto os padrões ISO 14001. Mas a aplicação dessa ideia vai muito além de um conjunto de regras.

## 1.3 ENERGIA FOTOVOLTAICA

Parida *et al* (2011), afirmam que a conversão fotovoltaica é o ato de transformar a luz solar diretamente em eletricidade, sem que nenhum motor térmico que interfira

no processo. Além disso, é um sistema que tem fácil operação e de fácil manutenção. Os resultados de produção são de microwatts a megawatts.

### 1.3.1 REGIÃO ADEQUADA

Antes que a análise dimensional do sistema fotovoltaico seja feita, a média constante da radiação solar que chega à cidade de Macaé durante o ano deve ser pesquisada.

Para analisar a quantidade de radiação solar, foi consultada a informação do Atlas Brasileiro de Energia Solar de 2006. O mapa da página 34 mostra o valor aproximado do que é necessário para realizar o estudo.

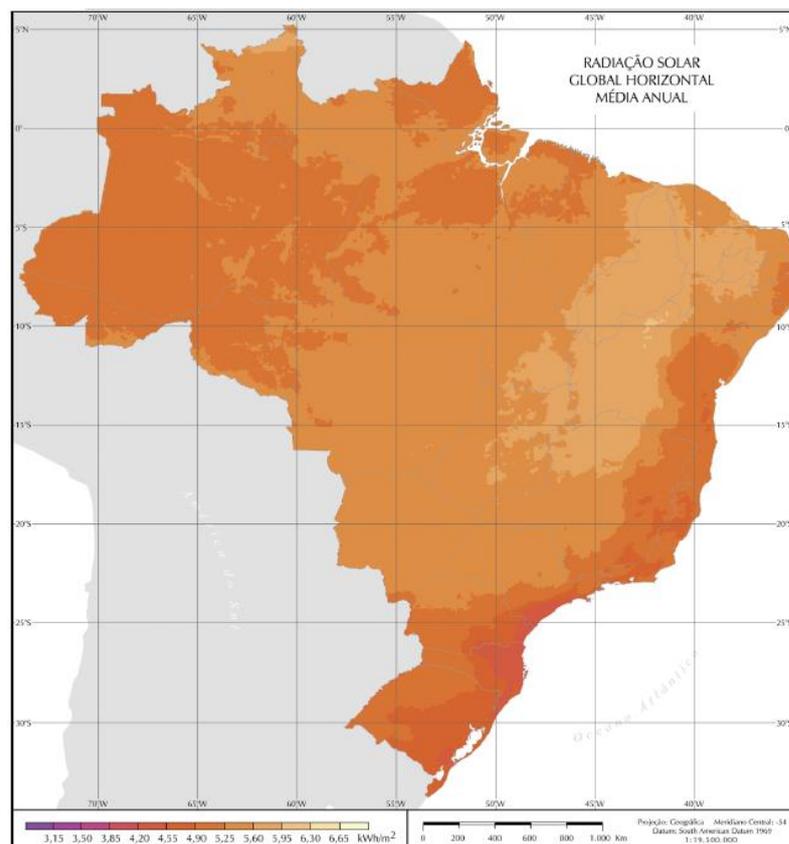


Figura 2: Média anual da radiação solar global horizontal

Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2006

Após analisar o mapa, o valor de 5 kWh/m<sup>2</sup> foi adotado como média constante da radiação solar para a cidade de Macaé.

### 1.3.2 BENEFÍCIOS

Como afirma Furkan Dince (2010), um dos benefícios da energia fotovoltaica é o fato dela não emitir dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ter flexibilidade de escala, não fazer barulho, sua operação ser simples, além de fácil manutenção.

## 2. MÉTODO

Para a realização deste trabalho, os seguintes passos foram executados:

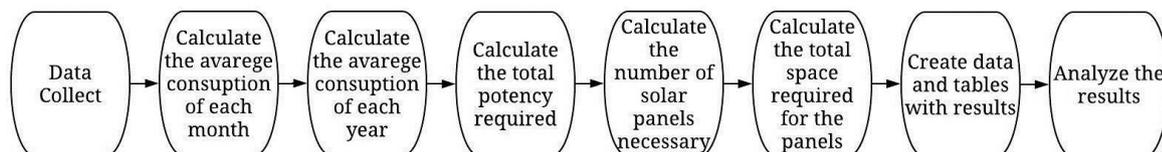


Figura 3: Aquisição e interpretação de dados

Fonte: Os autores.

### 2.1 COLETA DE DADOS

Primeiramente foi necessário realizar a análise do consumo de energia dos últimos doze meses da empresa, a fim de dimensionar o sistema. Na Tabela 1 são apresentados os valores de consumo dos meses da empresa considerados para o cálculo.

Tabela 1: Histórico de consumo de cada mês (kWh)

Fonte: Os autores.

Month	Consumption History
January	3.579,00
February	3.082,00
March	3.799,00
April	3.559,00
May	3.517,00
June	3.282,00
July	2.826,00
August	3.137,00
September	3.117,00
October	2.989,00
November	2.956,00
December	2.850,00
Total	38.693,00

## 2.2 Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Primeiro, o consumo médio diário de cada mês (ADCM) foi calculado da seguinte maneira:

$$ADCM(kWh) = \frac{(MonthlyConsumption - MinimalRate)}{Amountofdaysofthemonth} \quad (1)$$

Posteriormente foi obtido o consumo médio diário do ano (ADCY):

$$ADCY(kWh) = \frac{\sum_1^{12} ADCM}{365} \quad (2)$$

A Potência Total Necessária foi calculada:

$$Potency (kWp) = \frac{\left(\frac{ADCY}{SolarRadiation}\right)}{Yield} \quad (3)$$

O número de painéis foi calculado usando a seguinte equação:

$$Numberof\ solar\ panels = \frac{Potency}{Potency\ of\ each\ panel} \quad (4)$$

O espaço total requerido foi calculado da seguinte forma:

$$System's\ Total\ Size(m^2) = (Number\ of\ Panels) \times (Panels's\ size) \quad (5)$$

As seguintes constantes foram usadas para os cálculos:

- Taxa mínima (kWh) = 50
- Radiação Solar (kWh/m<sup>2</sup>) = 5
- Rendimento = 80%
- Potência dos Painéis Solares (kW) = 0,265
- Tamanho do Pannel (m<sup>2</sup>) = (1x1,80)
- Consumo médio diário de cada ano (kWh) = 106
- Potência (kWp) = 26
- Número de Painéis Solares = 99
- Tamanho Total do Sistema (m<sup>2</sup>) = 178,20

O Figura 9 mostra a história do consumo versus a estimativa da geração, ambos em meses. Como no Brasil os excedentes de energia produzidos podem ser consumidos nos dois meses subsequentes, os créditos extras complementarão a lacuna deixada pelos meses em que a produção de energia não é suficiente para atender toda a demanda.

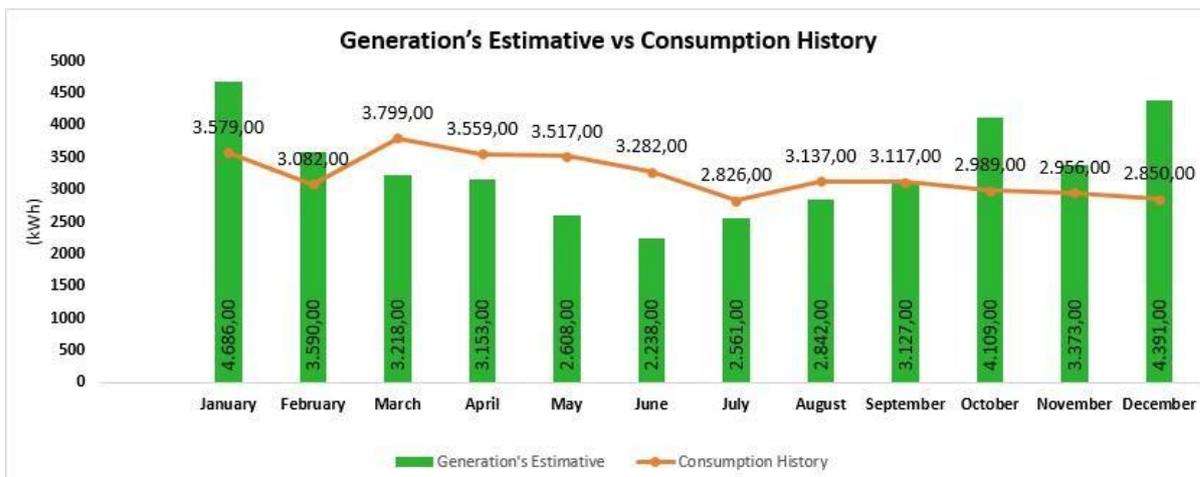


Figura 9: Estimativa da Geração vs Histórico de Consumo

Fonte: Os autores.

A fim de fazer um comparativo entre o histórico de consumo e a quantidade de energia gerada foi elaborada a Tabela 2. Pode ser observado que a quantidade total consumida no ano é inferior a quantidade gerada pelo sistema. O que indica que o sistema em termos de produção de energia é viável.

TABELA 2: Comparação de medidas de consumo e estimativas de geração

Fonte: Os autores.

Month	Consumption History	Generation's Estimative	Electricity supplied by the grid	Credits generated
January	3.579,00	4.686,00	0,00	1.107,00
February	3.082,00	3.590,00	0,00	508,00
March	3.799,00	3.218,00	581,00	0,00
April	3.559,00	3.153,00	406,00	0,00
May	3.517,00	2.608,00	909,00	0,00
June	3.282,00	2.238,00	1.044,00	0,00
July	2.826,00	2.561,00	265,00	0,00
August	3.137,00	2.842,00	295,00	0,00
September	3.117,00	3.127,00	0,00	10,00
October	2.989,00	4.109,00	0,00	1.120,00
November	2.956,00	3.373,00	0,00	417,00
December	2.850,00	4.391,00	0,00	1.541,00
<b>Total</b>	<b>38.693,00</b>	<b>39.896,00</b>	<b>3.500,00</b>	<b>4.703,00</b>

Na Figura 10 pode ser observado o gráfico da relação entre consumo em kWh e os respectivos valores para empresa sem o sistema e com o sistema fotovoltaico. Esse gráfico foi elaborado utilizando os dados da Tabela 2. Verifica-se que mesmo em meses onde a produção de energia do sistema é maior que o consumo a taxa mínima tem que ser paga a concessionária.

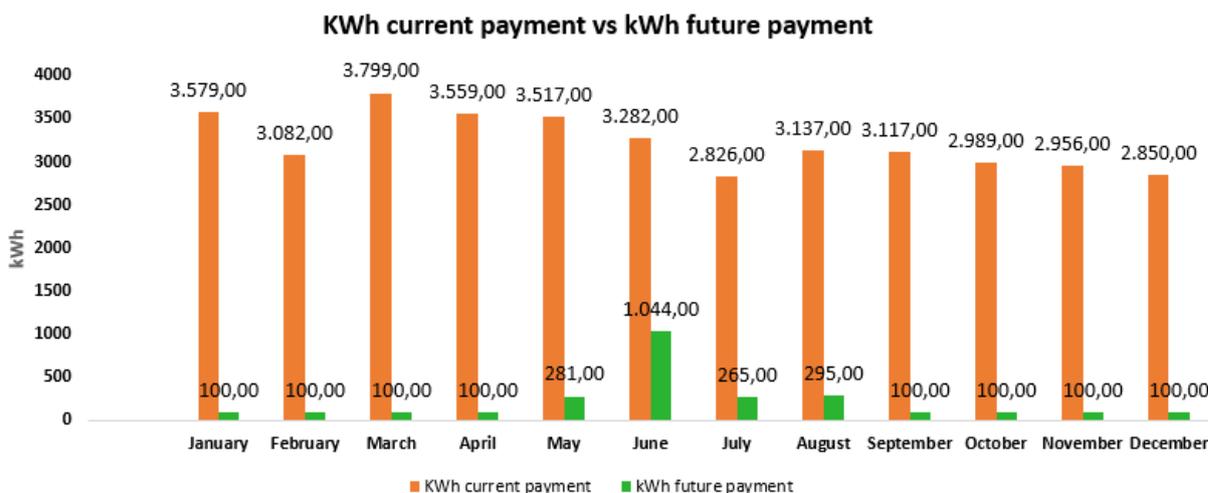


Figura 10: Pagamento atual por kWh vs Pagamento futuro por kWh

Fonte: Os autores

### 2.3 COMPARAÇÃO ENTRE CONTA DE ENERGIA VERSUS INVESTIMENTO

Para a aquisição do sistema, foi considerada uma linha de crédito com taxa de juros de 12% ao ano sobre o investimento total, dividido em setenta e dois meses (este é o valor de referência utilizado) a partir do sistema de simulação de crédito de um grande banco estatal. A partir desses dados, foram traçadas as curvas dos valores das parcelas do financiamento e os valores estimados das faturas para o mesmo período, conforme pode ser observado na Figura 11.

Pode ser notado que os valores da parcela do financiamento são inferiores aos valores pagos a concessionária de energia. O que resulta em mais uma vantagem econômica para empresa, já que fica um valor disponível para investimentos e custeios.

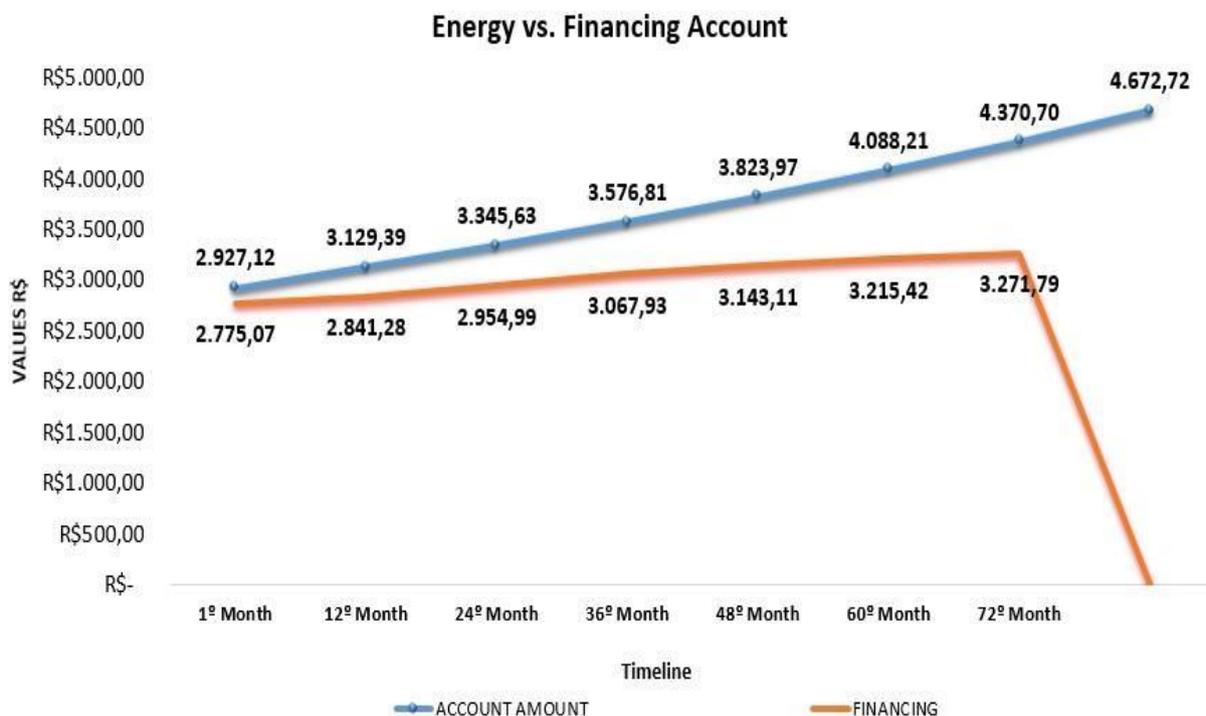


Figura 11: Energia vs. Conta de Financiamento

Fonte: Os autores.

Na Tabela 3 pode ser verificado que é necessário um valor total de investimento de R\$ 148.189,30. Com o financiamento em setenta e dois meses, ele se transforma em R\$ 220.243,44. Porém ao final do financiamento, observa-se que a diferença entre o valor estimado das faturas e o total das finanças será economizado R \$ 43.212,32. E após 25 anos, que é a vida útil do sistema fotovoltaico, o valor economizado seria de mais de dois milhões de reais.

Tabela 3: Resumo do Valor

Fonte: Os autores.

<b>FINANCED VALUE:</b>	R\$ 148.189,30
<b>TOTAL FINANCING (72M):</b>	R\$ 220.243,44
<b>EXPENSES WITH MAINTENANCE (72M):</b>	R\$ 0,00
<b>TOTAL INVESTMENT (72M):</b>	R\$ 220.243,44
<b>COST OF THE ENERGY ACCOUNT ACCUMULATED (72M):</b>	R\$ 263.455,76
<b>ACCUMULATED ECONOMY (72M):</b>	R\$ 43.212,32
<b>ACCUMULATED 25 YEARS:</b>	R\$ 2.206.817,45

Mais um fator que contribui para a viabilidade do projeto é que em 2012, o "Selo Solar" foi criado no Brasil. Ele é concedido gratuitamente pelo Instituto Ideal, e com isso é comprovado que a empresa utiliza 50% de sua energia a partir da energia solar. Ao receber este selo, as instituições são divulgadas pelo Instituto. O que é mais uma maneira da empresa aumentar a competitividade.

Além do ganho monetário, a implementação do sistema fotovoltaico ajuda a minimizar a emissão de CO<sub>2</sub>. Estima-se que o uso do sistema reduza essa emissão em 3,18 toneladas/ano. Embora a empresa não emita diretamente CO<sub>2</sub>, a concessionária emite certa quantidade desse gás para atender a demanda.

### 3. **CONCLUSÃO**

Pode ser concluído que a implantação do sistema de produção de energia fotovoltaica é viável do ponto de vista econômico e ambiental. Já que existe uma economia na adoção dessa tecnologia em 72 meses de mais de R\$ 42 mil e a redução de emissão de CO<sub>2</sub>.

Além disso, um estudo de Fabiana Varella et. al. (2008), em "energia solar fotovoltaica no Brasil: incentivos regulatórios" evidenciou que o Brasil oferece diversos incentivos fiscais para empresas que utilizam energia solar como uma de suas matrizes energéticas.

Acima de tudo, as empresas colaboram para reduzir a poluição do ar, um problema que também provou ser comum e de grande preocupação em todo o mundo.

## REFERÊNCIAS

- 1- AMARAL, M. C.. **Avaliação da incorporação de resíduo de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar em tijolo solo-cimento.** Disponível em: <<http://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/disserta%C3%A7%C3%A3o-completa.pdf>> Acesso em: 08 de outubro de 2018.
- 2- **Banco do Brasil.** 2017. Disponível em: <<https://www8.bb.com.br/simulador/formGeral.sml?opcao=detalharLinhaCreditoFinanciamentoCarenacia&codigoLinhaCredito=61>>. Acesso em: 1º de março 2017.
- 3- BASHKITE, Viktoria; KARAULOVA, Tatyana. **Integration of green thinking into lean fundamentals by theory of inventive problems-solving tools.** Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/6358/29ac1c8e576ad0fe6cfc4d7d2491732734fe.pdf>> Acesso em: 7 de maio de 2018.
- 4- **Brazil's Association of Electric Energy Distributors.** Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/tarifas-de-energia/tarifas-de-energia>>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2017.
- 5- DINÇER, Furkan. **The analysis on photovoltaic electricity generation status, potential and policies of leading countries in solar energy.** Disponível em: <[http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/biodiversity/sahyadri\\_enews/newsletter/issue45/bibliography/The%20analysis%20on%20photovoltaic%20electricity%20generation%20status%20potential%20and%20policies%20of%20the%20leading%20countries%20on%20solar%20energy.pdf](http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/biodiversity/sahyadri_enews/newsletter/issue45/bibliography/The%20analysis%20on%20photovoltaic%20electricity%20generation%20status%20potential%20and%20policies%20of%20the%20leading%20countries%20on%20solar%20energy.pdf)>. Acesso em: 12 de maio de 2018.
- 6- **Health and Technology Ministry.** 2016. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0241/241068.htm](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0241/241068.htm)>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2017.
- 7- **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.** Disponível em: <[http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/brazil\\_solar\\_atlas\\_R1.pdf](http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/brazil_solar_atlas_R1.pdf)>. Acesso em 10: de fevereiro 2017.

- 8- JUNIOR, A. L.; FILHO, J. R. de F. **O conceito Lean Green de construção: proposta de integração dos modelos Lean Construction e Green Building, aplicado à indústria da construção civil, subsector edificações.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 24 ed. Florianópolis, 2004.
- 9- **Lean Enterprise Institute. "A brief history of lean".** Disponível em: <<https://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>>. Acesso em: 12 de maio de 2018.
- 10- **Lean Enterprise Institute. "What is lean?".** Disponível em: <<https://www.lean.org/WhatsLean/>>. Acesso em: 12 de maio de 2018.
- 11- MORAIS, Luciano C. de. **Estudo sobre o panorama da energia elétrica no Brasil e tendências futuras.** Dissertação submetida à Faculdade de Engenharia de Bauru/Unesp. 2015. Disponível em: <<https://alsafi.ead.unesp.br/bitstream/handle/11449/132645/000852309.pdf>>. Acesso em: 12 de maio de 2018
- 12- **O Eco Association.** 2009. Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/colunas/colunistas-convidados/23034-afinal-quanto-carbono-uma-arvore-sequestra/>>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2017.
- 13- PARIDA, Bhubaneswari, INIYAN, S.; GOIC, Ranko. **A review of solar photovoltaic technologies.** Disponível em: <[http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/biodiversity/sahyadri\\_eneews/newsletter/issue45/bibliography/A%20review%20of%20solar%20photovoltaic%20technologies.pdf](http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/biodiversity/sahyadri_eneews/newsletter/issue45/bibliography/A%20review%20of%20solar%20photovoltaic%20technologies.pdf)>. Acessado em 5 de maio de 2018.
- 14- VARELLA, Fabiana K. O. M.; CAVALIERO, Carla K. N.; SILVA, Ennio P. **Energia solar fotovoltaica no Brasil: Incentivos regulatórios.** Disponível em: <[https://new.sbpe.org.br/wp-content/themes/sbpe/img/artigos\\_pdf/v14n01/v14n01a1.pdf](https://new.sbpe.org.br/wp-content/themes/sbpe/img/artigos_pdf/v14n01/v14n01a1.pdf)>. Acesso em: 13 de maio de 2018.
- 15- WILSON, Lonnie. **How to implement Lean Manufacturing,** 2010. Disponível em: <<https://freemindconsulting.files.wordpress.com/2009/12/lean-implementation-tools.pdf>>. Acesso em: 12 de maio 2018.