



UNIVERSIDADE VIRTUAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

LUIZ CARLOS DA SILVA
MARIO BENASSI JUNIOR
SIDNEI LOPES RIBEIRO
WESLEI HENRIQUE PIMENTEL

Tema:

O apoio à tomada de decisão em processos de engenharia

Vídeo Final do Projeto Integrador:

[**<https://youtu.be/....>**](https://youtu.be/....>)

Araras - SP

2019



UNIVERSIDADE VIRTUAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) para a escolha de um sistema fotovoltaico

Relatório Técnico-Científico apresentado
na disciplina de Projeto Integrador para
o curso de Engenharia de Computação
da Fundação Universidade Virtual do
Estado de São Paulo (UNIVESP).

Tutor: Alexandre Felipe de Oliveira

2019

BENASSI JR, Mario; PIMENTEL, Weslei Henrique; RIBEIRO, Sidnei Lopes. SILVA, Luiz Carlos. **Um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) para a escolha de um sistema fotovoltaico, 21 f.** Relatório Técnico-Científico Final (Engenharia de Computação) – **Universidade Virtual do Estado de São Paulo**. Tutor: Alexandre Felipe de Oliveira. Polo Araras, 2019.

RESUMO

Este projeto integrador sobre engenharia de computação tem o objetivo de capacitar os integrantes do grupo na criação de Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) direcionados a pessoas físicas e jurídicas em geral, subsidiando a escolha por uma possível integração entre o fornecimento de energia elétrica da concessionária e um *sistema fotovoltaico bidirecional*. Este trabalho ampliou a formação acadêmica e profissional dos integrantes deste grupo.

PALAVRAS-CHAVE: energia alternativa; energia elétrica; SAD; sistema fotovoltaico.

BENASSI JR, Mario; PIMENTEL, Weslei Henrique; RIBEIRO, Sidnei Lopes. **A Decision Support System (DSS) for choosing a photovoltaic system, 21 f.** Relatório Técnico-Científico Final (Engenharia de Computação) – **Universidade Virtual do Estado de São Paulo**. Tutor: Alexandre Felipe de Oliveira. Polo Araras, 2019.

ABSTRACT

This integrative computer engineering project aims to empower group members in the creation of a Decision Support System (DSS) directed to individuals and companies in general, supporting the choice for possible integration between the utility's electricity supply and a two-way photovoltaic system. This work expanded the academic and professional formation of the members of this group.

KEYWORDS: alternative energy; electricity; DSS; photovoltaic system.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. CAPACIDADE INSTALADA E FATOR DE CAPACIDADE, NO MUNDO	9
FIGURA 2. GERAÇÃO DISTRIBUÍDA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL POR CLASSE DE CONSUMO	10
FIGURA 3. PLANILHA para calcular a potência e o investimento necessário	14
FIGURA 4. FLUXOGRAMA GERAL DO SOFTWARE.....	18
FIGURA 5. Produção anual de energia elétrica pelo cliente PJ 1.....	21
FIGURA 6. Produção anual de energia elétrica pelo cliente pessoa física 1:.....	23
FIGURA 7. Impostos Incidentes na conta de eletricidade convencional.....	23
FIGURA 8. Fachada da Escola Estadual Professor Michel Alem - Rio Claro (SP).....	26
FIGURA 9. Vice-Diretora Fátima analisando os gráficos gerados no software cujos códigos estão no anexo II.	26
FIGURA 10. Entrada de dados no “Colaboratory” e resultados em modo texto.....	26
FIGURA 11. Informações na forma de gráfico - 1.....	26
FIGURA 12. Informações na forma de gráfico - 2.....	27
FIGURA 13. Informações na forma de gráfico - 3.....	28

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Carga dos equipamentos elétricos	15
TABELA 2. Tipos de conexão com a rede e suas tarifas.....	16

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. Simulação de investimento necessário para um determinado consumo mensal.....	17
QUADRO 2. Potências utilizadas (Kw/h) por hora pelo cliente Pessoa Jurídica 1.	19
QUADRO 3. Dados da primeira simulação para o cliente pessoa jurídica 1.....	20
QUADRO 4. Especificações técnicas para instalação na escola (PJ 1)	20
QUADRO 5. Especificações técnicas para instalação na residência (PF 1)	22
QUADRO 6. Especificações técnicas para instalação na residência (PF 1).....	22

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.	7
1.1 Problema e objetivos.	8
1.2 Justificativa.	8
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.	9
3. MATERIAL E MÉTODOS EMPREGADOS.	13
4. ANÁLISES E DISCUSSÕES DE RESULTADOS PARCIAIS	17
5. CONSIDERAÇÕES PARCIAIS.	27
REFERÊNCIAS.	29
ANEXOS.	32

1. INTRODUÇÃO

A energia desempenha papel singular nas sociedades do planeta. De um lado, é o sangue da vida econômica, que fornece os serviços e infra-estrutura essenciais para a civilização, tais como transporte, comunicações, alimento, produtos industriais e recreação. De outro, sua abundância ou carência determinam a segurança nacional, a competitividade industrial, o meio-ambiente, a economia e a estrutura social (HAHN, 1994, p. 40).

Em 1989 os EUA consumiram o equivalente a 40 milhões de barris de petróleo/dia ao custo de US\$ 400 bilhões, sem considerar os custos de manutenção da segurança do fornecimento (HAHN, 1994, p. 40). Isso leva a um ponto importantíssimo destacado pelo autor, ou seja, que o *“fornecimento de energia é crucial para manter a segurança nacional”* (HAHN, 1994, p. 40).

O autor destaca que *“o objetivo de uma estratégia energética nacional sólida é fornecer fontes de energia, conversão de energia e tecnologias de utilização que satisfaçam às necessidades nacionais de maneira economicamente eficiente e segura para o meio-ambiente”* (HAHN, 1994, p. 40).

A Ciência e a Engenharia de materiais são importantíssimas para o ciclo de tecnologia energética, para o desenvolvimento de fontes de energia, novos sistemas para transmissão/conservação de energia e de novos produtos e serviços mais eficientes e de melhor desempenho. Além disso, o desenvolvimento de novos materiais e de sistemas de materiais traz novas opções de energia onde a Ciência e a Engenharia de materiais contribuem para satisfazer a demanda por novos materiais nas áreas relacionadas à energia como conversão e conservação, energia nuclear e opções futuras, como a energia solar (HAHN, 1994, p. 40-1).

Mas, como “o futuro chegou”, como diria o ex-ministro da Fazenda, Maílson da Nóbrega (2005), este projeto trata de um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) bem simples direcionado a pessoas físicas e jurídicas em geral. Nossa pretensão é subsidiar a decisão de um gestor empresarial ou a um morador quanto à escolha por uma possível integração entre o fornecimento de energia elétrica pela concessionária e um sistema fotovoltaico bidirecional. Dessa maneira, este projeto ligado à energia fotovoltaica insere-se no quesito da segurança energética da nação, mencionado anteriormente por Hahn (1994).

1.1 Problema e objetivos

Problema: auxiliar a tomada de decisão de pessoas físicas e jurídicas sobre a eventual implantação e integração de sistema de *geração fotovoltaica bidirecional e compartilhada* à rede elétrica convencional.

Objetivo: Criar um protótipo de um software de Sistema de Apoio à Decisão (SAD) sobre a possível implantação de um sistema de geração fotovoltaica em residências e empresas.

Objetivos específicos: Estruturar um software de Sistema de Apoio à Decisão (SAD) composto de vários módulos:

1. salvar os dados de consumo de diferentes cliente de forma permanente;
2. chamar os dados salvos e compará-los;
3. criar um módulo para geração e comparação de gráficos de Valor Presente Líquido, *Payback*, Taxa Interna de Retorno etc
4. Fazer o programa com a tecnologia de orientação a objetos;

1.2. Justificativa

Justificativa geral: os benefícios da geração elétrica compartilhada são vários, mas destacamos como fundamental o *alívio da rede elétrica com o fornecimento de energia auxiliar*, o que diminui muito o risco de apagões por sobrecarga da rede.

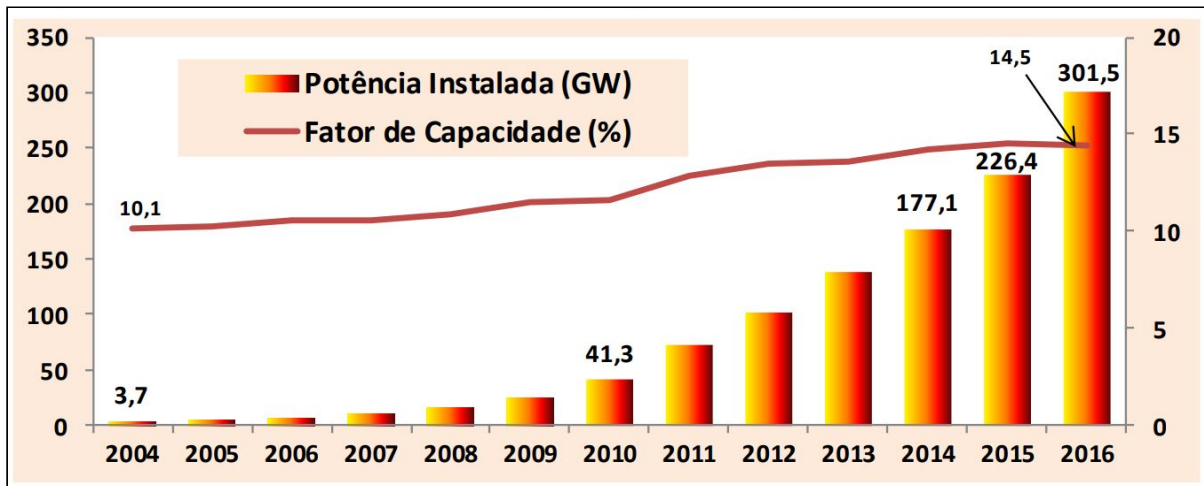
Dentre as motivações regionais para a instalação de sistemas compartilhados de geração elétrica fotovoltaica destacamos os dois mais importantes:

- a. as condições de iluminação solar em nossa região são muito favoráveis; Rio Claro, por exemplo, tem o apelido de “Cidade Azul” devido ao grande número de dias ensolarados durante o ano; isto favorece a instalação, geração e bom retorno do investimento em projetos deste tipo em nossa região;
- b. como vivemos em uma região com grande competição pelo uso do recurso hídrico (agropecuária, silvicultura, indústrias, residências, geração de energia elétrica, transporte aquaviário e turismo), toda geração elétrica por vias alternativas poupa água nos lagos das barragens das usinas hidrelétricas e diminui a pressão sobre o uso do recurso hídrico.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A figura 1 mostra o desenvolvimento da geração de energia fotovoltaica nos últimos anos a nível mundial.

Figura 1. Capacidade instalada e fator de capacidade, no mundo



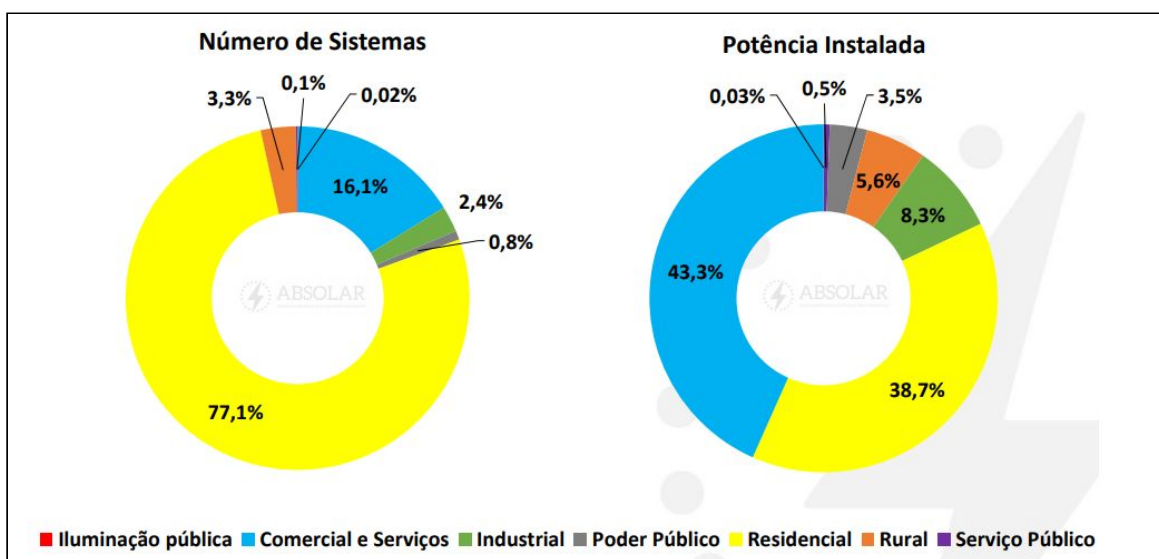
Fonte: Nascimento (2017, p. 6)

A taxa de crescimento anual da capacidade instalada de geração de energia solar fotovoltaica entre 2000 e 2015 foi de aproximadamente 41%. Segundo o Ministério das Minas e Energia, o Brasil possuía no fim de 2016, 81 MWp (MegaWatt pico) de energia solar fotovoltaica instalados (0,05% da capacidade instalada total no país), sendo 24 MWp de geração centralizada e 57 MWp de geração distribuída. A média anual de irradiação global possui boa uniformidade e médias relativamente altas em todo o território nacional. A irradiação solar global incidente em qualquer região do território brasileiro ($1500\text{--}2.500\text{ Wh/m}^2$) é superior à da maioria dos países europeus, como Alemanha ($900\text{--}1250\text{ Wh/m}^2$), França ($900\text{--}1650\text{ Wh/m}^2$) e Espanha ($1200\text{--}1850\text{ Wh/m}^2$), onde há muitos projetos de energia solar (NASCIMENTO, 2017, p. 7; 15).

A base dos sistemas fotovoltaicos é o mineral semicondutor silício, incluso no grupo cerâmico engenharia de materiais, com propriedades elétricas intermediárias entre as dos condutores elétricos (metais e ligas metálicas) e as dos isolantes

(cerâmicas e polímeros) e características elétricas muito sensíveis à presença de mínimas concentrações de átomos de impurezas. O silício encontra-se no grupo IVA da tabela periódica que, junto com o grupo IIIA, têm características intermediárias entre metais e ametais devido às estruturas dos elétrons de valência (CALLISTER e RETHWISCH, 2012, p. 10; 24).

Figura 2. Geração Distribuída Solar Fotovoltaica no Brasil por Classe de Consumo



Fonte: Sauaia (2018, p. 12).

E a figura 2 mostra a situação atual da geração distribuída solar fotovoltaica e notamos que o mercado residencial é o maior em quantidade de sistemas instalados, seguindo do comercial e serviços (esquerda); porém na potência instalada as instalações comerciais e de serviços estão na liderança e são seguidos pelos sistemas fotovoltaicos residenciais.

Segundo FONTES (2019) a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) o consumidor precisa conhecer as regras desta agência que estabelece os requisitos para instalação de sistemas fotovoltaicos e a sua conexão com a rede. Essa agência criou regras para usuários residenciais e comerciais visando a conexão e a compensação dos créditos pela energia que será injetada no sistema. A resolução da ANEEL que tratou do assunto foi a RN 482 de 2012 e que depois foi alterada pela RN 687 de 2015. Nestas resoluções a ANEEL estabeleceu definição de micro e mini

gerador para produção própria de energia elétrica. Essa energia é definida como de geração distribuída já que é descentralizada.

Segundo a ANEEL (2012) o termo microgeração consta de um sistema fotovoltaico com potência instalada inferior ou igual a 75 KW (quilowatts) e o termo minigeração é o mesmo sistema, no entanto, com potência superior a 75 KW e menor ou igual a 5 MW (megawatts). O sistema de compensação define que a energia que entra na rede é concedida para a distribuidora como empréstimo e a energia retorna para o consumidor na forma de créditos. Essa compensação pode ser feita para outros imóveis da mesma titularidade do consumidor sendo que esses têm uma validade de 60 meses para serem armazenados para utilização futura em períodos em que não houver boa geração de energia solar (chuvas, inverno, nuvens).

Os consumidores foram divididos pela ANEEL (2012) em grupo A (alta tensão - indústrias e empresas de maior porte) e grupo B (baixa tensão - casas e pequeno comércio). A limitação de potência é para evitar que se instalem geradores acima da capacidade da própria residência para evitar problema elétricos. Um taxa mínima deve ser paga a distribuidora já que o consumidor utiliza a rede pública, mesmo que este produza toda sua energia. Os consumidores do grupo B são cobrados pela utilização em picos

A resolução 687 da ANEEL alterou a RN 482 em 24 de novembro de 2015 criando as modalidades de geração distribuída: Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras; Geração compartilhada e Consumo remoto. O empreendimento com múltiplas unidades consumidoras permite a moradores de condomínios ter um sistema central, desde que numa propriedade contígua. Já a geração compartilhada permite a união de consumidores através de consórcio ou cooperativa desde que residam dentro de uma mesmo local. O consumo remoto permite que o consumidor gere a energia em local remoto, distante de onde irá consumi-la.

Segundo FONTES (2019) o sistema fotovoltaico trabalha em paralelo com a rede pública de distribuição de energia elétrica e depois da instalação dos painéis fotovoltaicos a energia gerada é transformada pelo inversor “grid-tied” e vai para rede no quadro geral da residência e os aparelhos
aparelhos ligados à rede elétrica, serão alimentados por essa energia, sendo que, se a potência gerada for superior à potência dos aparelhos ligados ao mesmo tempo, uma parte da energia (ou o excedente da energia) será exportada para a rede, passando pelo medidor de energia da distribuidora (o relógio de luz). O medidor computa a energia elétrica em dois sentidos (entrada e saída) e por isso deve ser do tipo bidirecional. A instalação do medidor é feita pela distribuidora, gratuitamente, sendo que a conta virá com os valor ativo e compensado

A ANEEL (2019) criou o PRODIST (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST) que são documentos elaborados para normatizar e padronizar as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica. disponíveis no site da agência (<https://www.aneel.gov.br/prodist>). O PRODIST consta dos seguintes módulos:

- Módulo 1 - Introdução
- Módulo 2 - Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição
- Módulo 3 - Acesso ao Sistema de Distribuição
- Módulo 4 - Procedimentos Operativos do Sistema de Distribuição
- Módulo 5 - Sistemas de Medição
- Módulo 6 - Informações Requeridas e Obrigações
- Módulo 7 - Cálculo de Perdas na Distribuição
- Módulo 8 - Qualidade da Energia Elétrica
- Módulo 9 - Ressarcimento de Danos Elétricos
- Módulo 10 - Sistema de Informação Geográfica Regulatório
- Módulo 11 - Fatura de Energia Elétrica e Informações Suplementares

3. MATERIAL E MÉTODOS EMPREGADOS

Estamos empreendendo uma pesquisa que aborda várias metodologias:

- a. bibliográfica para aquisição de conhecimentos sobre como programar o Sistema de Apoio à Decisão, portanto de naturezas analítica e seletiva visando à escolha da linguagem de programação. Neste caso optamos pela linguagem Python 3.7, que foi “baixada” da internet e instalada no ambiente Anaconda (<https://www.anaconda.com/distribution/>), que traz a IDE Spyder - Scientific Python Development Environment para criação e execução dos programas em Python. Além disso, necessitamos aprender a programar na linguagem Python e buscamos livros on-line, inclusive na Minha Biblioteca (Univesp), além de e-books, apostilas e livros *creative commons* sobre Python;
- b. documental, pois precisaremos de dados de contas de luz, localização e cadastrais de possíveis clientes para o SAD;
- c. de campo, como entrevistas a possíveis clientes, inspeção visual das instalações elétricas para avaliação e dimensionamento personalizado dos sistemas fotovoltaicos necessários a cada cliente (pessoa física ou jurídica);
- d. experimental, na criação dos programas integrantes do software em linguagem Python 3.x, no ambiente Anaconda e na IDE Spyder, citados acima;
- e. No mês de novembro o integrante do grupo Sidnei Lopes Ribeiro foi informado que o Google disponibiliza um ambiente de desenvolvimento de softwares em Python (e outras linguagens), inclusive com os notebooks, chamado *Colaboratory*, que fica no endereço <colab.research.google.com>. Isso facilitou o processo de visita de campo pois o integrante formulou a hipótese de utilizar qualquer computador do estabelecimento visitado para entrar no ambiente, copiar os códigos do aplicativo e colocá-lo para funcionar.

Devido à falta de informação prática disponível para geração de sistemas fotovoltaicos, Ferreira (2013, p. 2) elaborou um folder explicativo detalhando os benefícios dessa prática e uma planilha para calcular a potência e o investimento necessário para aquisição de um sistema para que os interessados verificassem o interesse em adotar sistemas fotovoltaicos (Figura 3):

Figura 3. Planilha para calcular a potência e o investimento necessário



Fonte: Ferreira (2013)

Segundo Alves (2018), para obtenção da previsão anual da geração de energia elétrica a ser produzida mês a mês pelo gerador fotovoltaico se

calcula a potência do gerador com a seguinte fórmula:

Energia Gerada (kWh) = Potência (kWp) x Irradiação (kW/m²/dia) x TD
(Taxa de Desempenho) x Número de dias.

Segundo Bittencourt (2011), para cálculo da potência total dos equipamentos basta somente somar a potência de todos eles. Para o cálculo do consumo total diário dos equipamentos, deve-se obter o valor da potência de cada equipamento, multiplicar pelo seu tempo de uso diário e, por final, somar o consumo de todos os equipamentos, totalizando o consumo diário da residência, o que produz como exemplo a tabela abaixo.

Tabela 1 - Carga dos equipamentos elétricos.

Cômodo	Equipamento	Potência P(W)	Horas de uso	Consumo Ec(Wh/dia)
Quartos	2 lâmpadas de 20 W	40	2	80
Sala	1 lâmpada de 20 W	20	4	80
	1 TV a cores 14"	60	3	180
Cozinha	1 lâmpada de 20 W	20	5	100
	1 geladeira de 120W	120	10	1.200
	1 rádio	15	4	60
Banheiro	1 lâmpada de 20 W	15	2	30
Total: Ec = 1.730 Wh/dia, P=290W.				

Fonte: Bittencourt (2011)

Segundo a BOREAL SOLAR.(2019) o caminho para calcular o que pode ser economizado num intervalo de tempo com o investimento em energia solar é realizado nos seguintes passos:

1 - Cálculo do consumo por mês de energia elétrica

Gasto médio de cada aparelho elétrico x consumo total do mês

(os dados estão no aparelho senão utilizar uma tabel de eficiência energético do Inmetro.
(<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>)

Uma vez avaliada a potência, somar a quantidade de horas que o

aparelho fica ligado . Assim se obterá o valor de consumo de energia elétrica da residência. A outra maneira será consultando a conta de luz que fornece os gasto por mês.

2 - Multiplicar o valor final de consumo pelo valor da tarifa da conta de luz que é cobrada em KWh

3 - Identificar se o local tem ligação monofásica, bifásica ou trifásica, pois os valores mínimos serão diferentes como abaixo:

Tabela 2 - Tipos de conexões com a rede e suas tarifas.

TIPO DE CONEXÃO COM A REDE	TARIFA COBRADA PELA DISTRIBUIDORA
MONOFÁSICA	30 KWh/mês
BIFÁSICA	50 KWh/mês
TRIFÁSICA	100 KWh/mês

4 - Levando em conta uma casa com quatro moradores, de conexão bifásica com gasto médio de 550 Kwh/mês e multiplicado pela tarifa convencional teria um valor de R\$ 355.

Com esses cálculos e mais algumas considerações as empresas que fornecem equipamentos de geração de energia solar apresentam simuladores para fornecer uma perspectiva para o consumidor uma ideia do grau de investimento que será realizado, e no caso de nosso trabalho passamos para uma aplicativo de modo a que se chegue nessa informação. A empresa BOREAL SOLAR.(2019) detém um simulador em seu site que tem como resposta o formato abaixo onde um dos integrantes deste grupo realizou uma simulação com os gastos de sua residência chegando ao seguinte quadro:

Quadro 1. Simulação de investimento necessário para um determinado consumo mensal

RESULTADO		
Quantidade de Módulos Requerido	14	Unid.
Potência do Sistema	4,76	kWp
Geração mês	579,20	kWh/mês
Valor do Investimento	De 25 a 26 mil	Reais (R\$)
Economia Anual	4.911,69	R\$/ano

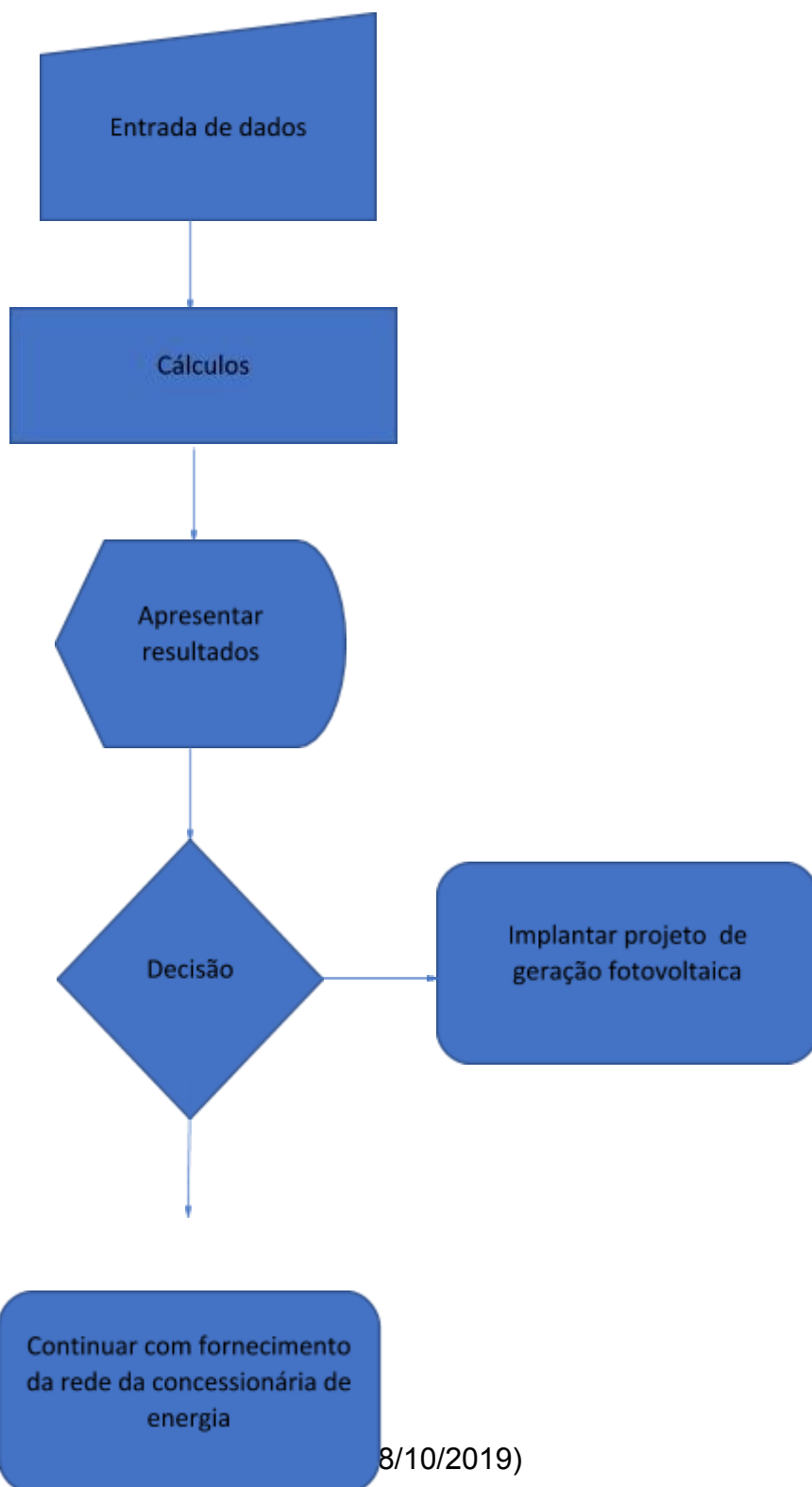
Fonte: <http://borealsolar.com.br/economia/> (14/12/2019)

Esse simulador está na página da empresa onde se pode ser visualizar o código fonte da página em HTML deste simulador. que é o objetivo de nosso trabalho.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como demonstra o fluxograma a seguir, o aplicativo divide-se em: a) entrada de dados (potência máxima em KW pico, área disponível em m² para instalar o sistema e valor mensal da conta de eletricidade); b) cálculos (para os quais fizemos engenharia reversa para descobrir as constantes aplicadas pelas duas empresas que o grupo pesquisou) e c) apresentação dos resultados em texto e em gráficos de barras sobre: área de cobertura com módulos fotovoltaicos, geração total de eletricidade (KW pico), investimento necessário, tempo de retorno do investimento em meses e tempo de retorno do investimento em anos.

Figura 4. Fluxograma geral do software.



Quadro 2 . Potências utilizadas (Kw/h) por hora pelo cliente Pessoa Jurídica 1.

Dependências	Ventiladores w/h	Lâmpadas w/h	demaís aparelhos w/h	Consumo w/h
Salas de aula	12.000	3.000	-	15.000
Informática	800	600	6.400	7.800
Corredores	200	1.280	-	1.480
Pátio	-	900	500	1.400
Cozinha	400	130	1.600	2.130
Refeitório	800	260	-	1.060
Secretaria de alunos	400	260	400	1.060
Secretaria de Professores	400	130	1.100	1.630
Sala dos professores	400	130	450	980
Diretoria	600	520	1.000	2.120
Coordenação	200	130	300	630
banheiros	-	4.700	-	4.700
Total Geral	16.200	12.040	11.750	39.990

Observação: Escola Pública dispõe de telhado de 1.200 m² de área e quadra coberta com 696 m² de área, totalizando 1896 m² de área (medidas via google maps) disponível para implantação de painéis fotovoltaicos. Organização dos dados: Sidnei Lopes Ribeiro, novembro/2019.

Portanto, o referido estabelecimento educacional consome em momentos de pico, nos dias de extremo calor, a quantia de 40 kwh por hora, lembrando que o estabelecimento trabalha 16 horas por dia útil (7:00 - 23:00) em 200 dias por ano.

Quadro 3. Dados da primeira simulação para o cliente pessoa jurídica 1.

Quantidade de módulos requeridos	213 ¹	Cada módulo gera 340 w
Potência do sistema	72,42	KWp
Geração no mês	8.812,07	KWh/mês
Valor do Investimento	216.000,00 a 238.000,00	Reais (R\$)
Economia anual	85.770,77	Reais (R\$)/ano

Conta de eletricidade mensal *estimada em torno de* R\$ 7.100,00.

Fonte: <http://borealsolar.com.br/economia/>; data: 15/dez/2019.

Pesquisado por Mario Benassi Junior.

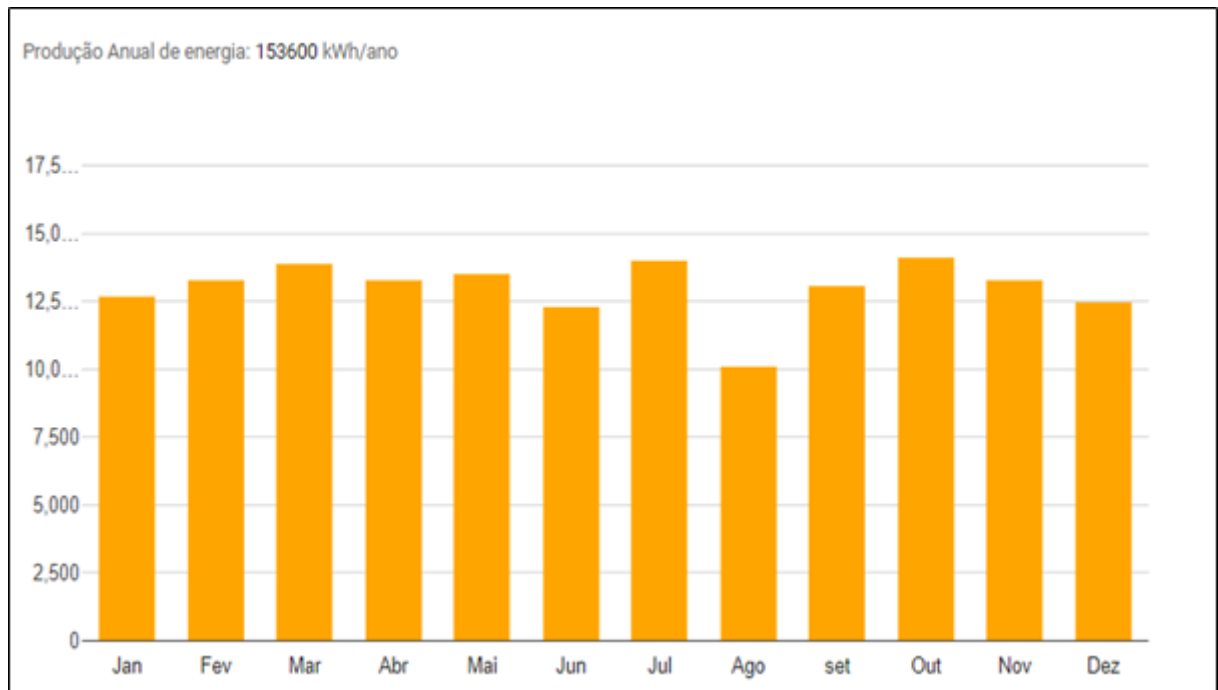
Assumindo-se área semelhante entre os painéis de ambas as empresas (2,64 m²), significa uma área mínima disponível de 562,32 m². A segunda simulação para o cliente pessoa jurídica 1 foi feita junto à empresa Elektro, concessionária de energia elétrica da cidade de Rio Claro, onde a escola está localizada.

Quadro 4. Especificações técnicas para instalação na escola (PJ 1)

A área mínima necessária para instalação	844,80 m ²
Potência instalada	105,60 kWp;
Peso médio por painel	16 kg/m ²
Número de painéis (330 w cada) a instalar	320
Investimento	R\$342.990,00

A produção não ocorre de forma linear ao longo do ano, pois depende dos fatores climáticos, mas o sistema apresenta média anual de 153.600 kwh/ano, com pico de produção em Julho (13.970,96 kWh) e outubro (14.099,37 kwh) e a menor produção em agosto (10.092,99 kWh):

Figura 5. Produção anual de energia elétrica pelo cliente PJ 1.



Fonte: www.elektro.com.br. Pesquisado por: Luiz Carlos da Silva.

Data: 15/dez/2019

Tabela 3. Potência (Kwh) utilizada pelo pelo cliente Pessoa Física 1.

Aparelho	Quantidade	consumo
Lâmpadas 12 w	12	144
Ventilador	2	130
Chuveiro	1	5000
PC	1	300
Notebook	1	65
Modem	1	4
Wi fi	1	5
total geral	18	7348

Imóvel residencial com 120 m² de telhado.

Dados de simulação para a primeira empresa, sobre o cliente pessoa física 1, com gasto médio de R\$ 120,00, obteve-se os resultados do quadro 5:

Quadro 5. Especificações técnicas para instalação na residência (PF 1)

Quantidade de módulos requeridos	2	
Potência do sistema	0,680	KWp
Geração no mês	82,74	KWh/mês
Valor do Investimento	7.000,00	Reais (R\$)
Economia anual	805,36	Reais (R\$)/ano

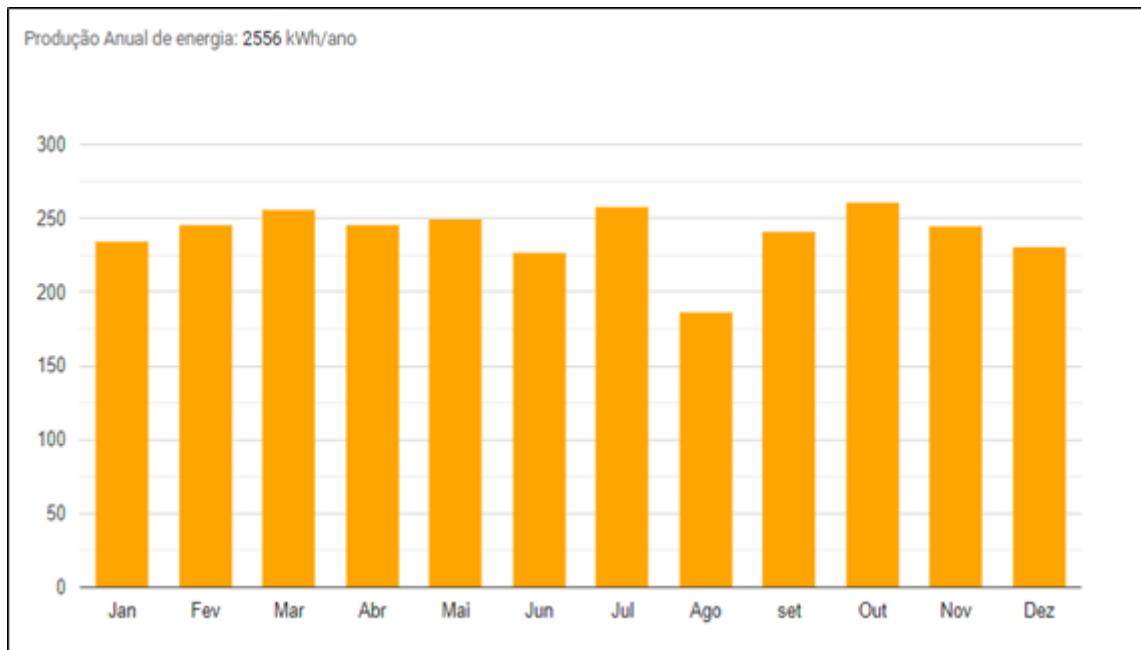
Fonte: <http://borealsolar.com.br/economia/>; data: 15/dez./2019

E a simulação para o mesmo cliente feita pela segunda empresa, considerando consumo mensal médio de 213 kWh por mês, obteve-se os seguintes resultados do quadro 5:

Quadro 6. Especificações técnicas para instalação na residência (PF 1)

A área mínima necessária para instalação	15,60 m ²
Potência instalada	1,95 kW;
Peso médio por painel	16 kg/m ²
Número de painéis (325 w cada) a instalar	6
Investimento	R\$14.486,89

Figura 6. Produção anual de energia elétrica pelo cliente pessoa física 1:



Fonte: www.elektro.com.br. Pesquisado por Luiz Carlos da Silva.

Data: 15 dez. 2019.

Figura 7. Impostos Incidentes na conta de eletricidade convencional.

	Quantidade	TE (R\$)	TU (R\$)	Valor Total (R\$)
Consumo	213,00 kWh	0,24650	0,22219	99,82
Ad. B. Verm. ?	213,00 kWh	0,05000		10,65
Subtotal				110,47
PIS ?	0,84%			1,32
COFINS ?	3,90%			6,13
ICMS ?	25,00%			39,30
Subtotal tributos				46,75
TE: Tarifa de Energia				
TU: Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição				
Total				157,22

Fonte: www.elektro.com.br. Pesquisado por Luiz Carlos da Silva.

Data: 15 dez. 2019.

Em conclusão ao estudo, foi elaborado o Payback simples (quadro 6) para retorno do investimento, cujo cálculo foi feito desconsiderando possíveis ganhos com o capital investido aplicado no mercado financeiro tanto com perdas para a inflação.

Quadro 6 - ROI - Retorno sobre o investimento

Tipo de cliente	Investimento	Gasto médio mensal	Gasto anual	Retorno em anos
P. F. 1	R\$ 14.486,89	R\$ 157,22	R\$ 1.886,64	7,68
P. J. 1	R\$ 342.990,00	R\$ 7.100,00	R\$ 85.200,00	4,03

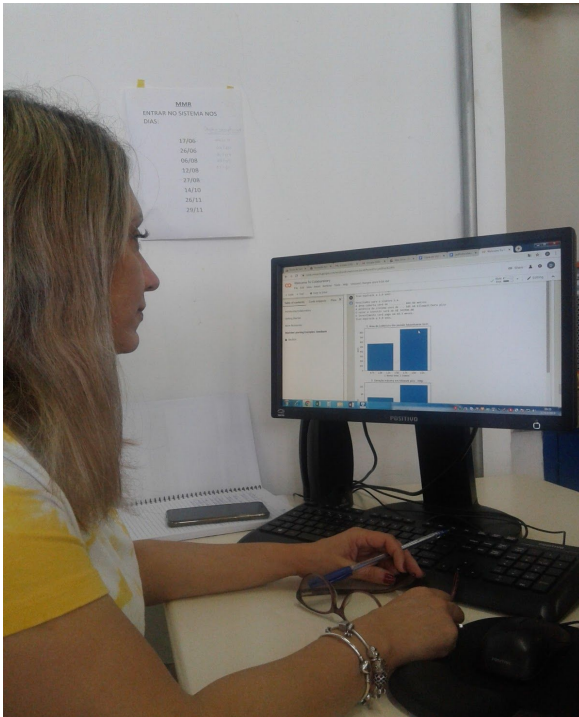
Autor: LUIZ CARLOS DA SILVA; data: 15/dez./2019

Em 17 de dezembro de 2019 o aluno Sidnei Lopes Ribeiro fez visita de campo na Escola EE Prof. Michel Alem (figura 8), localizada na Avenida 13, nº. 1858, Bairro Consolação, em Rio Claro (SP). Na escola, o aluno foi recebido pela vice-diretora Fatima Bento de Oliveira, (R.G. 25.997.315-0 e C.P.F. 123563198-24), a qual acessou o site <https://colab.research.google.com>, rodou o aplicativo, inseriu os dados no computador da diretoria e analisou os resultados para tomada de decisão (figura 9).

Figura 8. Fachada da Escola Estadual Professor Michel Alem - Rio Claro (SP).



Figura 9. Vice-Diretora Fatima analisando os gráficos gerados no software cujos códigos estão no anexo II.



As figuras a seguir detalham o que a gestora escolar viu na tela do PC. da diretoria da escola.

Figura 10. Entrada de dados no Colaboratory e resultados em modo texto

```
[1]
Esclarecimento - Os dados vieram das empresa Boreal Solar (Mario) e Elektro (Luiz)
'Fins estritamente educacionais'
'Não somos seus representantes comerciais!'
Qual é a potência do sistema em KW pico/hora? 40
Qual é a área total disponível em m2? 1896

Agora, para saber o tempo no qual o sistema se pagará...
... digite o valor da conta de energia deste estabelecimento: 7100

Resultados para a empresa Boreal Solar
A área coberta será de ..... 562.32 metros
A potência do sistema será de ... 72.42 Kilowatt/hora pico
O valor a investir será de R$ 238000.00
O investimento será pago em 33.5 meses.
Isso equivale a 2.8 anos.

Resultados para a Elektro S.A.
A área coberta será de ..... 844.80 metros
A potência do sistema será de ... 105.60 Kilowatt/hora pico
O valor a investir será de R$ 342990.00
O investimento será pago em 48.3 meses.
Isso equivale a 4.0 anos.
```

Figura 11. Informações na forma de gráfico - 1

[1]

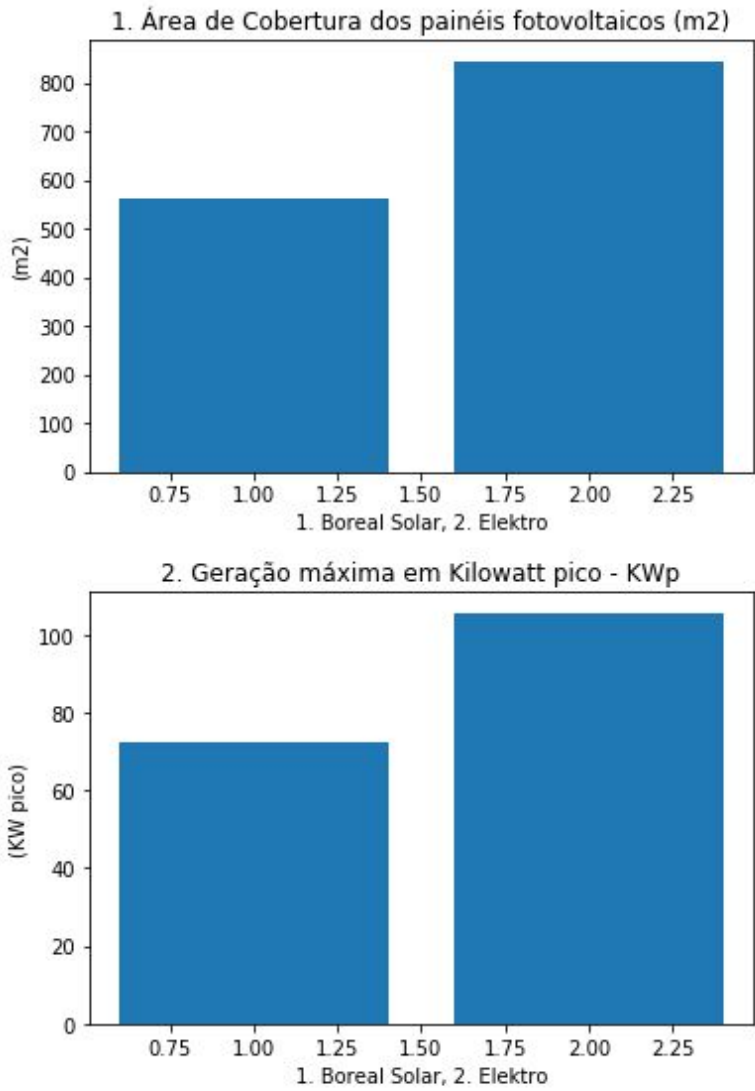


Figura 12. Informações na forma de gráfico - 2

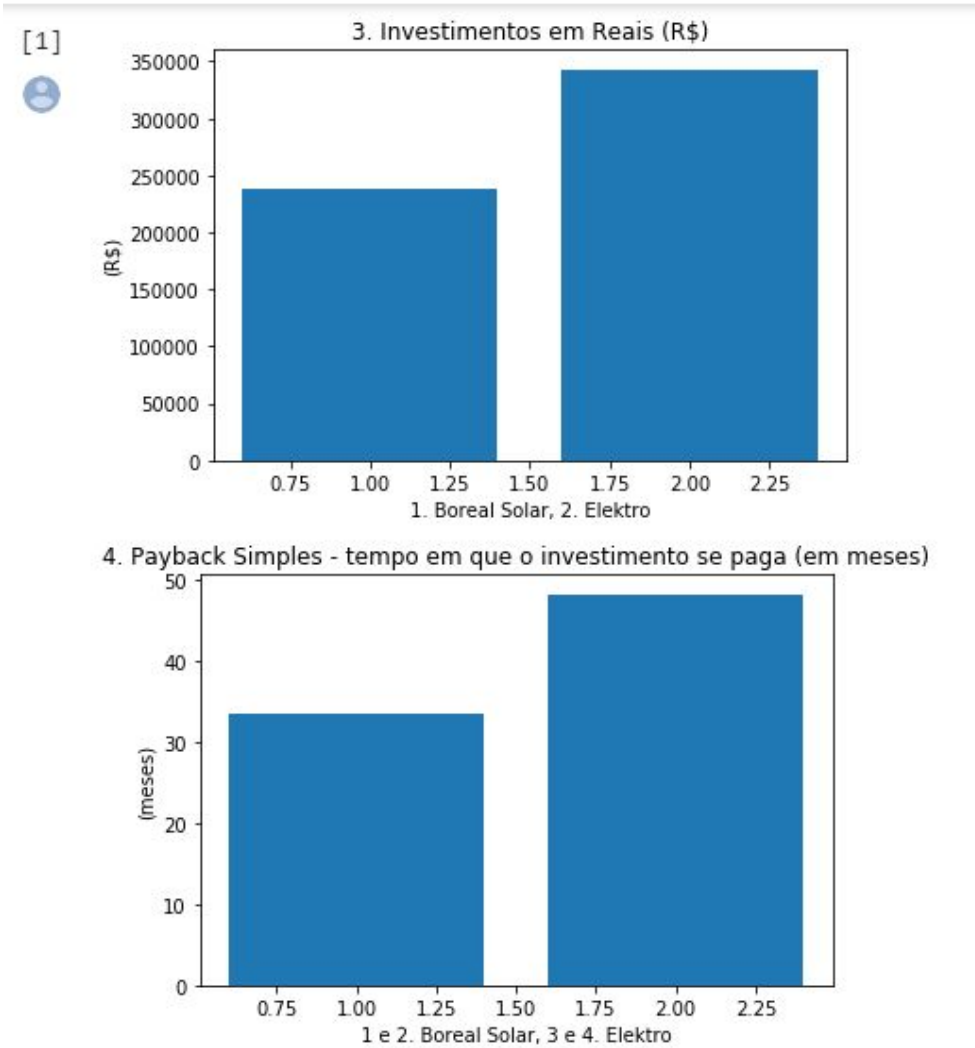
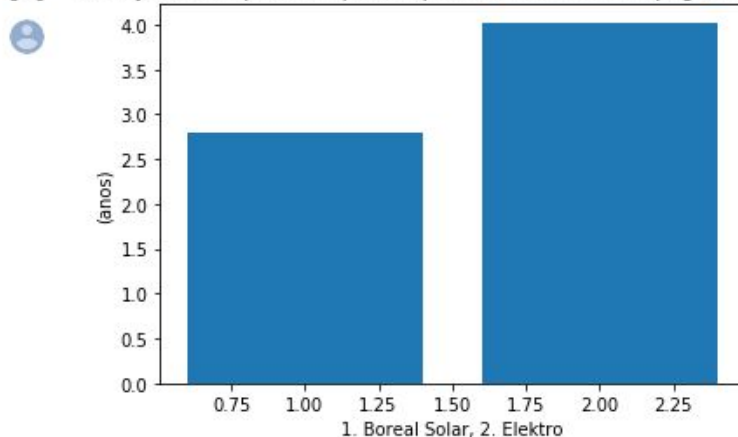


Figura 13. Informações na forma de gráfico - 3 e breve análise

[1] 5. Payback Simples: tempo em que o investimento se paga (em anos)



Informação de suporte à decisão do gestor ou proprietário:

O sistema da empresa Elektro S.A., devido ao seu superdimensionamento, também propiciará um fornecimento de, no máximo, 65,6 Kw_p à rede elétrica que poderá abastecer as residências vizinhas de eletricidade e se reverter em renda à escola, caso a legislação continue como está.

No exercício de simulação de sistema de apoio à decisão, a vice-diretora manifestou-se em optar por contratar a empresa fotovoltaica que ofertou o menor valor de investimento e, consequentemente, com o ROI de menor tempo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O grupo conseguiu concluir a tempo um aplicativo simples de apoio à decisão que foi utilizado por uma gestora de escola pública e o essencial foi alcançado: adquirimos conhecimentos de *backend* referentes aos cálculos necessários e os apresentamos também em modo gráfico (figuras 10 a 13) e fizemos comparações dos gráficos para duas empresas diferentes; mas ainda precisamos aprender durante nosso curso:

1. a armazenar os dados do cliente de forma permanente;
2. desenvolver ferramentas adicionais (em módulos);
3. Fazer interface gráfica (GUI) para entrada de dados e saída de resultados e
4. fazer programação orientada a objetos.

A sra Fatima Bento de Oliveira, vice-diretora da EE Professor Michel Antonio

Alem, atentou para o fato da economia de eletricidade na escola. Uma necessidade apontada é a de substituir interruptores em quadro geral por interruptores nas salas de aula para facilitar acendimento e apagar das luzes e, com isso, diminuir o consumo na escola.

Outro fato importante foi o uso da ferramenta on-line para programação (em Python e outras linguagens) disponibilizada pelo Google chamada *Colaboratory* (<https://colab.research.google.com>). Esta ferramenta flexibilizou nosso trabalho pois não foi preciso levar um notebook à escola ou criar um arquivo “.exe” e levá-lo em um pen-drive. Além disso, havendo internet disponível, o ambiente “colab” carrega muito mais rápido on-line do que Anaconda Navigator, Jupiter Notebook ou Spyder (IDE Python) instalados no computador.

Ligado à ferramenta Colaboratory, a gestora sugeriu que o aluno Sidnei L. Ribeiro, que também é professor de geografia naquela escola estadual, inscreva-se para ministrar aulas das novas disciplinas Eletivas e Tecnologia e ensine os alunos a programar computadores em Python dentro do ambiente “colab” na sala de informática da referida escola.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **Resolução normativa nº 482 de 17 de abril de 2012** - Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2019.

ANEEL. **Resolução normativa nº 687 de 02 de dezembro de 2012** - Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf> Acesso em: 14 dez. 2019.

BITTENCOURT, FELIPE TOZZI. **ESTUDO COMPARATIVO DO APROVEITAMENTO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM RELAÇÃO À REDE DE DISTRIBUIÇÃO NA ELETRIFICAÇÃO RURAL DO ESTADO DE**

TOCANTINS. TCC, Lavras, UFRL, 2013. Acesso em 30 de outubro de 2019

BOREAL SOLAR. Energia Renovável (www.borealsolar.com.br). **Retorno do investimento: como calcular a economia gerada pela energia solar.** Maringá, PR. Disponível em <http://borealsolar.com.br/blog/2016/09/26/retorno-do-investimento-como-calculer-a-economia-gerada-pela-energia-solar/>. Acessado em 19 dez. 2019.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução.** Tradução de Sergio M. S. Soares. Rio de Janeiro :LTC, 2012.

DE ASSIS FERREIRA, Ricardo et al. **PLANILHA PARA A ESTIMAÇÃO TÉCNICA E FINANCEIRA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO.** Revista Ciências do Ambiente On-Line, v. 9, n. 2, 2013. Disponível em: <http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/viewFile/398/319> Acessado em 30 de outubro de 2019..

FONTES, R. ANEEL Energia Solar: Conheça As Regras Da Autogeração Para Evitar Problemas Com Seu Sistema. **Blue Sol Energia Solar.** Ribeirão Preto, SP. 28 de junho de 2019. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/aneel-energia-solar/>. Acesso em 14 de dezembro de 2019.

GRAYSON, John. E. **Python and Tkinter Programming.** Greenwich (Connecticut), EUA. Manning, 2000.

HAHN, Sookap. **Os Papéis da Ciência dos Materiais e da Engenharia para uma Sociedade Sustentável.** Estudos Avançados 8(20), 1994. p. 36 - 42. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/9645/11215>. Acesso em 19 abr. 2019.

NASCIMENTO, Rodrigo L. **Energia Solar no Brasil: Situação e perspectivas.** Brasília: Câmara dos Deputados (Consultor Legislativo da Área XII Recursos Minerais, Hídricos e Energéticos), mar. 2017. Disponível em:

<http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/32259/energia_solar_limp.pdf>. Acesso em 29 abr. 2019.

NÓBREGA, Mailson da. **O futuro chegou**: instituições e desenvolvimento no Brasil. São Paulo, Globo, 2005.

PERKOVIC, Ljubomir. **Introdução à computação usando *Python*: um foco no desenvolvimento de aplicações**. São Paulo, LTC, 2016. Disponível em: Minha Biblioteca. Acesso em: 11 out. 2019.

Python Brasil. **Python para quem está começando**. Disponível em: <<https://python.org.br/introducao/>>. Acesso em 30 out. 2019.

SAUAIA, Rodrigo L. **Geração Distribuída Fotovoltaica: Benefícios Líquidos ao Brasil**. Seminário Internacional de Micro e Minigeração Distribuída. Brasília (DF): ANEEL/ABSOLAR, 20 de junho de 2018. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/16832773/4+-+ABSOLAR+GD+Solar+Fotovoltaica.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2019.

SEVERANCE, Charles R. **Python for everybody: Exploring Data using Python 3**. Mineápolis, Universidade de Minnesota, Open Text Book Library, 2016. Disponível em: <<https://open.umn.edu/opentextbooks/textbooks/how-to-think-like-a-computer-scientist-learning-with-python>>. Acesso em 14 nov. 2019.

Spyder: The Scientific Python Development Environment — Documentation¶. Disponível em: <<https://docs.spyder-ide.org/>>. Acesso em: 30 out. 2019.

Universidade Federal Fluminense (UFF). Centro Tecnológico/Escola de Engenharia. Curso de Engenharia de Telecomunicações/Programa de Educação Tutorial. Grupo PET-Tele. **Tutorial de Introdução ao Python (Versão: 2k9)**, Niterói (RJ), Mai. 2009. Disponível em: <http://www.telecom.uff.br/pet/petws/downloads/tutoriais/python/tut_python_2k100127.pdf>. Acesso em: 20 out. 2019.

ANEXOS

ANEXO I. Carta de apresentação de Sidnei Lopes Ribeiro



Carta de Apresentação - Projeto Integrador

A Universidade Virtual do Estado de São Paulo - UNIVESP, quarta universidade pública do Estado, oferece cursos de Licenciatura em Matemática, Física, Química, Biologia e Pedagogia e cursos de Engenharia em Computação e Produção.

Faz parte do currículo desses cursos o **Projeto Integrador**. Assim, todos os semestres, ao longo de 4 anos (Licenciaturas) ou 5 anos (Engenharias), os alunos desenvolvem um Projeto Integrador, com atividades a distância e presenciais.

O **Projeto Integrador** tem como finalidade articular os conteúdos abordados nas disciplinas que compõem o módulo de aprendizagem do semestre e uma das atividades previstas aos alunos é um trabalho de campo.

Vimos por meio desta declarar que **Sidnei Lopes Ribeiro**, RA 1707712, é aluno(a) regularmente matriculado(a) nesta instituição de ensino, no **5º semestre do Curso de Engenharia de Computação**, polo Araras, e solicita autorização para realizar as atividades do Projeto Integrador neste local.

Atenciosamente,

São Paulo, 26 de outubro de 2019.

Secretaria de Registro Acadêmico
Data de emissão: 26/10/2019
Código de identificação: 6QZD0
Documento online: <http://aluno.univesp.br/doc/6QZD0>



ANEXO II. Código em Python 3 do aplicativo de Sistema de Apoio a Decisão

```
# -*- coding: utf-8 -*-
```

```
"""
```

```
Created on Mon Dec 16 16:20:05 2019
```

```
SadFotovoltaicoAlphaVersion
```

```
@author: sidnei lopes ribeiro
```

```
Com base em dados de Boreal Solar pesquisados por Mario Benassi Junior  
e em dados da Elektro S.A., pesquisados por Luiz Carlos da Silva
```

```
"""
```

```
# import tkinter as tk
```

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
## Entrada de dados ##
```

```
'''
```

```
Variáveis - Área: m2;
```

```
    Potência: Kw/h;
```

```
    Conta de Energia: R$.
```

```
'''
```

```
print (" ")
```

```
print ("Esclarecimento - Os dados vieram das empresa Boreal Solar (Mario) e Elektro (Luiz)")
```

```
print ("Fins estritamente educacionais")
```

```
print ("Não somos seus representantes comerciais!")
```

```
## Declaração e inicialização de variáveis
```

```
inv1 = 0.0 # capital investido na empresa 1 - boreal solar
```

```
inv2 = 0.0 # capital investido na empresa 2 - Elektro - S.A
```

```
conta = 0.0
```

```
kwp = 0.0 # Kilowatt hora pico (potência do sistema)
```

```
numero1 = 0 # número de painéis
```

```
numero2 = 0
```

```
# Constantes #
```

```
SEG_1 = 1.8105 # margem de segurança da empresa 1 (81,05%)
```

```
SEG_2 = 2.64 # margem de segurança da empresa 2 (164%)
```

```
PAINEL_1 = 0.340 # potência em watts (340 w)
```

```
PAINEL_2 = 0.330 # potência em watts (330 w)
```

```
PRECO_1 = 1117.370892
```

PRECO_2 = 1071.84375 # preço de cada painel solar

AREA = 2.64 # área de cada painel ; 2,64 m2

#n Entrada dos dados#

potencia = input("Qual é a potência do sistema em KW pico/hora? ")

potencia = int(potencia)

area_2 = input("Qual é a área total disponível em m2? ")

area_2 = int (area_2)

print (" ")

print ("Agora, para saber o tempo no qual o sistema se pagará... ")

conta = input ("... digite o valor da conta de energia deste estabelecimento: ")

conta = int(conta)

print (" ")

Cálculos

kwp_1 = potencia * SEG_1

kwp_2 = potencia * SEG_2

numero1 = kwp_1/PAINEL_1

numero2 = kwp_2/PAINEL_2

cobertura1 = AREA * numero1

cobertura2 = AREA * numero2

inv1 = PRECO_1 * numero1

inv2 = PRECO_2 * numero2

payback_meses1 = inv1/conta

payback_ano1 = payback_meses1/12

payback_meses2 = inv2/conta

payback_ano2 = payback_meses2/12

Apresentação de resultados

if cobertura1 and cobertura2 < area_2:

print ("Resultados para a empresa Boreal Solar")

print ("A área coberta será de %.2f" % (cobertura1), "metros")

print ("A potência do sistema será de ... %.2f" % (kwp_1), "Kilowatt/hora pico")

print ("O valor a investir será de R\$ %.2f" % (inv1))

print ("O investimento será pago em %.1f" % (payback_meses1), "meses.")

print ("Isso equivale a %.1f" % (payback_ano1), "anos.")

```

print ("")
print ("Resultados para a Elektro S.A.")
print ("A área coberta será de ..... %.2f%% (cobertura2), "metros")
print ("A potência do sistema será de ... %.2f%% (kwp_2), "Kilowatt/hora pico")
print ("O valor a investir será de R$ %.2f%% (inv2))
print ("O investimento será pago em %.1f%% (payback_meses2), "meses.")
print ("Isso equivale a %.1f%% (payback_ano2), "anos.")
print ("")
else:
    print ("A área é insuficiente para o projeto.")
    print ("Por favor, refaça seus cálculos")

```

Plotagem dos gráficos

Apresentação dos mesmos dados em formato gráfico"

1. Gráfico da área de cobertura

```

x = [1, 2]
y = [cobertura1, cobertura2]

```

#títulos do gráfico

```

titulo = "1. Área de Cobertura dos painéis fotovoltaicos (m2)"

```

```

eixox = "1. Boreal Solar, 2. Elektro"

```

```

eixoy = "(m2)"

```

#impresssão das legendas

```

plt.title(titulo)

```

```

plt.xlabel(eixox)

```

```

plt.ylabel(eixoy)

```

```

plt.bar(x,y)

```

```

plt.show()

```

2. Gráfico da geração em KW pico

```

x = [1, 2]

```

```

y = [kwp_1, kwp_2]

```

```

titulo = "2. Geração máxima em Kilowatt pico - KWp"

```

```

eixox = "1. Boreal Solar, 2. Elektro"

```

```
eixoy = "(KW pico)"
```

```
#impresssão das legendas
```

```
plt.title(titulo)
```

```
plt.xlabel(eiox)
```

```
plt.ylabel(eixoy)
```

```
plt.bar(x,y)
```

```
plt.show()
```

3. Gráfico dos investimentos (R\$)

```
x = [1, 2]
```

```
y = [inv1, inv2]
```

```
titulo = "3. Investimentos em Reais (R$)"
```

```
eiox = "1. Boreal Solar, 2. Elektro"
```

```
eixoy = "(R$)"
```

```
#impresssão das legendas
```

```
plt.title(titulo)
```

```
plt.xlabel(eiox)
```

```
plt.ylabel(eixoy)
```

```
plt.bar(x,y)
```

```
plt.show()
```

4. Gráfico do Payback simples (tempo em meses)

```
x = [1, 2]
```

```
y = [payback_meses1, payback_meses2]
```

```
titulo = "4. Payback Simples - tempo em que o investimento se paga (em meses)"
```

```
eiox = "1 e 2. Boreal Solar, 3 e 4. Elektro"
```

```
eixoy = "(meses)"
```

```
#impresssão das legendas
```

```
plt.title(titulo)
```

```
plt.xlabel(eiox)
```

```
plt.ylabel(eixoy)
```

```
plt.bar(x,y)
```

```
plt.show()
```

5. Gráfico do Payback simples (em anos)

```
x = [1, 2]
```

```
y = [payback_ano1, payback_ano2]
```

```
titulo = "5. Payback Simples: tempo em que o investimento se paga (em anos)"
```

```
eixox = "1. Boreal Solar, 2. Elektro"
```

```
eixoy = "(anos)"
```

```
#impresssão das legendas
```

```
plt.title(titulo)
```

```
plt.xlabel(eixox)
```

```
plt.ylabel(eixoy)
```

```
plt.bar(x,y)
```

```
plt.show()
```

```
print ("")
```

```
print ("Informação de suporte à decisão do gestor ou proprietário: ")
```

```
print ("")
```

```
print ("O sistema da empresa Elektro S.A., devido ao seu superdimensionamento,")
```

```
print ("também propiciará um fornecimento de, no máximo, 65,6 KWp à rede elétrica")
```

```
print ("que poderá abastecer as residências vizinhas de eletricidade e")
```

```
print ("se reverter em renda à escola, caso a legislação continue como está.")
```

```
# return 0x7B1
```