

OTIMIZAÇÃO DE UM SISTEMA INTEGRADO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ALTERNATIVA E PRODUÇÃO DE BIODIESEL

GUSTAVO PENHALVES ANZAI

E-mail: gustavo.anzai@gmail.com

Resumo. O presente artigo reúne as principais informações sobre o estudo e a avaliação de viabilidade de um sistema integrado de geração alternativa de energia, dentre essas: turbina eólica, gerador estacionário, aquecimento solar e células fotovoltaicas e a viabilidade de produção de biodiesel através de um sistema de produção de biodiesel por batelada

Palavras chave: Geração de Energia Elétrica, Fontes Alternativas de Energia, Combustíveis Alternativos, Energia Eólica

1. Introdução

A preocupação mundial com a atual conjuntura energética, a preocupação com políticas ambientais e o quadro energético brasileiro em relação oferta e custo são as motivações desse trabalho que visa analisar a viabilidade econômica um sistema integrado de geração de energia alternativa, energia eólica, energia solar (células fotovoltaicas e aquecedores solares de água), geradores estacionários e produção de biodiesel.

O objetivo é modelar um sistema capaz de suprir a demanda energética para a produção de biodiesel pelo processo de transesterificação por batelada ou mesmo de uma residência.

A melhor configuração é encontrada a partir de um programa desenvolvido em ambiente Microsoft Excel utilizando recursos de Visual Basic for Applications para o programa, onde as tabelas com os dados e parâmetros de entrada são fornecidos pelo usuário.

2. Cenário energético brasileiro

Apesar da grande extensão territorial do país e da abundância de recursos energéticos, há uma grande diversidade regional e uma forte concentração de pessoas e atividades econômicas em regiões com problemas de suprimento energético.

A situação até outubro de 2003 indicava que uma distribuição de 79% da energia do país provinha de recursos hídricos, 4% de termoeletricas e 17% de term nucleares.

Depois de alguns problemas de distribuição de energia o governo brasileiro tem investido na construção de termoeletricas interligadas com o sistema integrado nacional

Segundo a ANEEL, a formula para se calcular o custo para o usuário final do consumo de energia elétrica é dada pela Equação (1):

$$ValorAoConsumidor = \frac{TarifaANEEL}{1 - (ICMS + PIS + COFINS)} \quad (1)$$

O Valor ao Consumidor é dado em R\$/kWh. Em alguns casos ainda é cobrado um valor chamado de Contribuição de Iluminação Pública (CIP).

3. Geradores eólicos

Segundo o Atlas de Energia Elétrica do Brasil, Estudos indicam que o aproveitamento da energia eólica pode ultrapassar potências de 60.000 MW, quase a totalidade está localizada numa face de até 1000 km do litoral na face atlântica do território brasileiro. As turbinas eólicas seguem uma curva de potência que variam com o tempo. A velocidade do vento pode ser calculada em qualquer altura a partir da Equação (2) tendo como dados de entrada a altura e velocidade de referência e o fator de rugosidade n, apresentado na tabela 1.

$$v(h) = v_{ref} \cdot \left(\frac{h}{h_{ref}} \right)^n \quad (2)$$

Tabela 1: Fator de Rugosidade

Tipo de Terreno	Fator de rugosidade
Terreno sem vegetação	0,1
Terreno gamado	0,12
Terreno cultivado	0,19
Terreno com poucas árvores	0,23
Terreno com muitas árvores ou	0,26
Florestas	0,28
Zonas urbanas sem edificações altas	0,32

De modo geral, a de um campo de turbinas deve respeitar um espaçamento lateral de 5 vezes o diâmetro da hélice, e um espaçamento de 10 vezes o diâmetro da hélice na direção do vento.

O impacto ambiental é mínimo e destacam-se os sonoros e os visuais, perturbações eletromagnéticas e o perigo a pássaros.

4. Aquecimento solar

As placas solares são as responsáveis pela coleta da energia solar que vem por meio de radiação e é convertida em calor ao entrar em contato com as placas. O calor que foi captado do sol é transferido para a água que circula em espirais que existem dentro das placas solares por meio de condução. Essa água dentro de serpentinas, quando fica quente, sofre outro processo: o da convecção. O processo da convecção é a propagação de calor por meio de deslocamento do mesmo.

A economia de utilização de um aquecedor solar é de aproximadamente 40%, sem falar que eles não agredem o meio ambiente e tem alta durabilidade.

5. Placas fotovoltaicas

Células fotovoltaicas são dispositivos capazes de transformar a energia luminosa, proveniente do Sol ou de outra fonte de luz, em energia elétrica.

A primeira geração fotovoltaica consiste numa camada única e de grande superfície p-n díodo de junção, capaz de gerar energia elétrica utilizável a partir de fontes de luz com os comprimentos de onda da luz solar. Estas células são normalmente feitas utilizando placas de silício. A primeira geração de células constitui a tecnologia dominante na sua produção comercial, representando mais de 86% do mercado.

Basicamente as características das células fotovoltaicas dependem da intensidade luminosa e temperatura. A corrente de uma placa fotovoltaica aumenta com o aumento da intensidade solar e diminui quanto maior a temperatura.

6. Biodiesel

O biodiesel é um éster de longa cadeia de ácidos graxos derivados de óleos vegetais ou gorduras animais. As matérias-primas vegetais são derivadas de óleos vegetais tais como soja, mamona, colza (canola), palma, girassol e amendoim, entre outros, e as de origem animal são obtidas do sebo bovino, suíno e de aves. Incluem-se entre as alternativas de matérias-primas os óleos utilizados em fritura (cocção).

A tecnologia para a produção de biodiesel predominante no mundo é a rota tecnológica de transesterificação metálica, nas quais óleos vegetais ou sebo animal são misturados com metanol ou etanol, que, associados a um catalisador, produz biodiesel.

As configurações dos equipamentos podem variar bastante dependendo do fabricante e da lógica do processo, principalmente quanto ao número de reservatório, dimensionamento e formas de aquecimento, agitação e transporte (bombas).

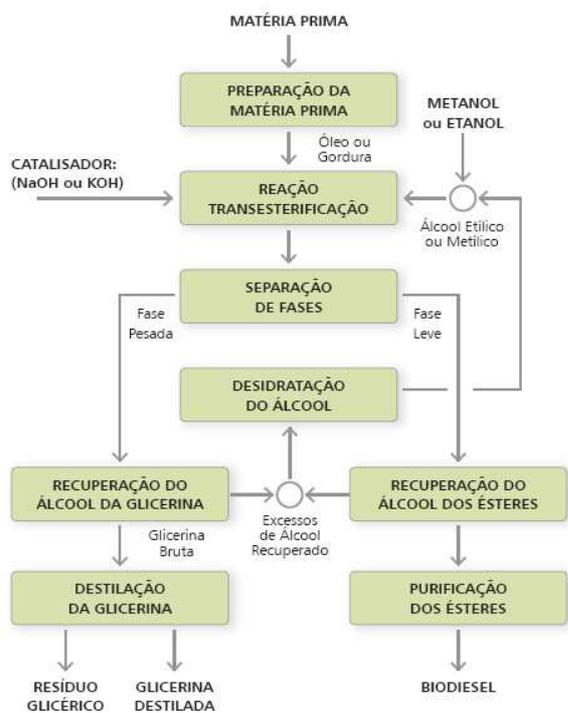


Figura 1 – Fluxograma de fabricação de biodiesel.

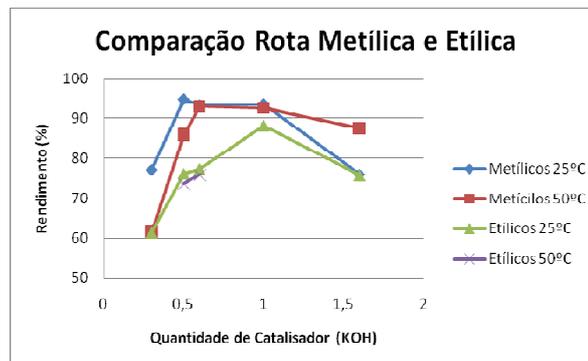


Figura 2 – Comparação entre rota met lica e etílica

Segundo o estudo considerado, para uma mesma quantidade molar de catalisador e demais condições, a rota met lica apresenta um rendimento muito maior.

7. Geradores estacionários

Denomina-se grupo gerador a montagem de um motor e um gerador e corrente alternada em conjunto. São amplamente utilizados para suprir pequenas demandas de energia devido a ter um custo de implantação relativamente baixa. Sua principal utilização é como suporte para eventuais faltas de energia por possuir partida rápida.

Esse trabalho focou-se nos geradores a Diesel, pois, podem consumir o próprio biodiesel produzido na instalação sem necessitar de alterações, no entanto, isso possa implicar na redução da vida útil do motor devido a ataques químicos por parte do biodiesel nos componentes do motor.

8. Conjunto de baterias

As baterias são utilizadas para armazenar energia promovendo o equilíbrio entre demanda e a disponibilidade energética, no caso da energia eólica compensando os momentos com vento desfavorável.

O dimensionamento varia de acordo a capacidade projetada de armazenamento, razão de descarga e a temperatura mínima do local onde as baterias serão armazenadas.

Baterias de carga profunda possuem melhor rendimento, podendo trabalhar em até 90% de sua capacidade e a vida útil   maior que as convencionais.   recomendada a utilização de baterias com capacidade 3 vezes maior que a demandada.

A capacidade de uma bateria   medida em Ampére-hora (Ah). 1 Ah é o equivalente ao funcionamento fornecendo 1A de corrente elétrica pelo período de uma hora.

9. Inversores

O inversor tem a função de converter a baixa energia de corrente contínua armazenada nas baterias em corrente alternada padronizada para utilização. Proporcionalmente   o aparelho com o custo mais elevado do sistema. Os sistemas eólicos usadas já incluem os inversores.

10. Programa de avaliação da melhor alternativa

A partir dos estudos dos dispositivos foi possível realizar o dimensionamento e escolha dos componentes necessários para suprir uma dada demanda. Todos os cálculos e planilhas de dados dos equipamentos foram organizados no software Microsoft Excel para facilitar e agilizar os procedimentos. Algumas macros foram criadas em ambiente Visual Basic for Application para rotinas de escolha e decisão.

A seguir estão apresentados os procedimentos de cálculo utilizados para o dimensionamento de cada alternativa, as planilhas e o procedimento a ser seguido.

10.1 Consumo Elétrico

Nessa planilha devem ser inseridos os gastos com energia elétrica e o período de utilização dos equipamentos. Alguns equipamentos, apesar de permanecerem ligados na rede elétrica, têm seu uso descontínuo ou intermitente, como no caso de geladeiras e freezers, que permanecem com os compressores desligados a maior parte do dia. Por isso a planilha é dividida em duas tabelas, uma para os aparelhos de uso direto e restrito e outra para os aparelhos de uso intermitente.

A seguir é mostrada a Figuras 3 da tabela Consumo Elétrico.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Consumo Elétrico								
2				Início		Fim		Temp	Consumo
3	Qtidade	Aparelho	Pot(w)	h	min	h	min	o	Diário Wh
4	1	Aparelho de som / rádio	100	11	30	13	50	2,33	233
5		Ar-condicionado	1000					0,00	0
6		Aspirador de pó	700					0,00	0
7	1	Batedeira	100	11	30	11	45	0,25	25
8		Cafeteira	650					0,00	0
9	1	Carregador de bateria	70	21	0	22	0	1,00	70
10	1	Computador	150	8	30	21	30	13,00	1950
11	1	DVD	25	21	30	23	0	1,50	38
12	1	Ferro de passar roupas	1000	15	30	16	30	1,00	1000
13		Forno Elétrico	2000					0,00	0
14		Impressora	90					0,00	0
15		Lâmpada fluorescente compacta (15w)	15					0,00	0
16	3	Lâmpada fluorescente compacta (20w)	20	19	0	23	0	4,00	80
17		Lâmpada fluorescente tubular 120cm (40w)	40					0,00	0
18	3	Lâmpada fluorescente tubular 60cm (30w)	30	19	0	23	0	4,00	120
19		Lâmpada incandescente (100w)	100					0,00	0
20	4	Lâmpada incandescente (150w)	150	19	0	23	0	4,00	600
21	4	Lâmpada incandescente (60w)	60	19	0	23	0	4,00	240
22	1	Liquidificador	350	11	30	11	50	0,33	117
23	1	Máquina de lavar roupas	600	14	0	17		3,00	1800
24		Microondas	1200	12	0	12	10	0,17	200
25			1200	19	30	19	40	0,17	200
26		Secador de cabelo	1000	19	0	19	15	0,25	250
27		Televisão 14"	45					0,00	0
28	1	Televisão 20"	60	11	0	13	30	2,50	150
29				15	30	16	30	1,00	0
30				20	0	23	0	3,00	0
31									
32	Total da demanda diária de equipamentos de consumo direto em Wh								7073

Figura 3 – Planilha Consumo Elétrico, tabela para aparelhos comuns

Em seguida há mais uma tabela contendo os dados para o preenchimento de consumo de água e de aparelhos que aquecimento de água.

Esses dados servirão de base para a elaboração da curva de carga e para a determinação da demanda elétrica diária.

A partir da curva de carga é calculado o consumo médio. O sistema eólico e o sistema fotovoltaico são responsáveis por fornecer a potência necessária para manter esse consumo médio. Para os valores acima do valor de consumo médio será necessário usar a energia armazenada nas baterias e a energia fornecida a partir do gerador estacionário.

10.2 Formulário Principal

Uma vez que a planilha Consumo Elétrico tenha sido preenchida é necessário o preenchimento da planilha Formulário Principal. Nessa planilha serão feitos todos os cálculos e análises necessárias.

Essa planilha é dividida em algumas tabelas para facilitar a visualização e o preenchimento.

10.2.1 Sistema Eólico

A Figura 5 mostra a tabela Sistema Eólico, as entregas e saídas dos cálculos.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Sistema Eólico						
2	Entradas			Prioridade		Saidas	
3							
4	Velocidade média do vento	<input type="text" value="5"/>	m/s	<input type="button" value="Potência"/> <input type="button" value="Custo"/> <input type="button" value="Custo-Benefício"/>	Velocidade útil	3,66	m/s
5	Altura da medida	<input type="text" value="50"/>	m		Potência Gerada Aprox.	965,61	W
6	Altura da instalação	<input type="text" value="15"/>	m		Modelo	FD8.0-10k-20	
7	Tipo de Terreno				Quantidade	1	
8	Terreno com muitas árvores ou edificações				Preço	R\$ 8.000,00	
9	Fator de Rugosidade	<input type="text" value="0,26"/>			RS/kW	8,28	
10	Demanda Média	<input type="text" value="891"/>	w		Tensão de Saída	240	V
11							
12							

Figura 4 – Tabela Sistema Eólico

10.2.2 Sistema Solar

A tabela a seguir é a relacionada com os sistemas solares de aquecimento de água e geração de energia. A Figura 6 mostra a tabela Sistema Solar, as entradas e saídas de dados.

É possível priorizar algumas características que são: Eficiência, Custo, Custo-Benefício.

	Sistema Solar							
13	Entradas			Prioridade		Saidas		
14								
15	Intensidade solar média (kWh/m2.dia)	<input type="text" value="2,94"/>	CRESESEB	<input type="button" value="Aproveitamento"/> <input type="button" value="Custo"/> <input type="button" value="Custo-Benefício"/>	Aquecedor Solar	Soletrol Max Alumínio Vertical		
16	Consumo Água Quente por dia	<input type="text" value="1080"/>	Litros		Eficiência da Placa Solar	0,597		
17	Temperatura Desejada	<input type="text" value="40"/>			Energia Média Gerada	3,51	kWh/m2.dia	
18	Temperatura Ambiente	<input type="text" value="25"/>		Volume de Água Aquecida	201,55	L		
19						Total de Placas	6	
20						Preço	R\$ 800,00	
21						Capacidade do reservatório	<input type="text" value="800"/>	
22						Reservatório	Térmico horizontal alta pressão	
23						Preço	R\$ 3.500,00	
24								
25								
26								
27								
28	Entradas			Prioridade		Saidas		
29								
30	Quantidade de Placas	<input type="text" value="1"/>		<input type="button" value="Eficiência"/> <input type="button" value="Custo"/> <input type="button" value="Custo-Benefício"/>	Célula Fotovoltaica	KC130TM		
31	1 Módulo - Controlador	<input type="text" value="12"/>	V		Marca	Kyocera		
32	2 Módulos - Controlador	<input type="text" value="12"/>	V		Potência	271,6509	W	
33						Potencia Gerada	271,6509	
34						Preço	R\$ 1.560,00	
35						Controlador	<input type="text" value="SS"/>	
36						Marca	Morningstar	
37						Preço	R\$ 480,00	
38								
39								

Figura 5 – Tabela Sistema Solar

10.2.3 Biodiesel

A seguir é apresentada a Figura 7 que ilustra a tabela Biodiesel. Como saídas temos o rendimento do processo e a massa de biodiesel gerada.

	Biodiesel						
40	Entradas			Saidas			
41							
42	Materia Prima	<input type="text" value="Girassol"/>		Rendimento	93,6	%	
43	Porcentagem de Óleo	<input type="text" value="28"/>	%	Massa de Biodiesel	26,208	kg	
44	Massa de Matéria Prima	<input type="text" value="100"/>	kg	Volume de Biodiesel	28,33	L	
45	Massa de Óleo	<input type="text" value="28"/>	kg	Escolha do Equipamento	<input type="text" value="JB 90"/>		
46	Massa de Alcool + Catalizador	<input type="text" value="168"/>	kg	Energia Consumida no processo	5457,4	kW	
47	Rota	<input type="text" value="Metlica"/>		Capacidade por batelada	375		
48	Massa KOH	<input type="text" value="2,94"/>	kg	Preço	R\$ 9.000,00		
49	Volume Total	<input type="text" value="242"/>	L				
50	Temperatura	<input type="text" value="25"/>	°C				
51	Tempo do Processo	<input type="text" value="60"/>	min				
52							
53							
54							

Figura 6 – Tabela Biodiesel

10.2.4 Gerador Estacionário

Como dado de entrada da tabela Gerador Estacionário temos somente o preço do litro do diesel. Em seguida é selecionada a prioridade para escolha do gerador estacionário entre potência, consumo e preço. A Figura 8 mostra a tabela Gerador Estacionário.

Gerador Estacionário					
Entradas			Saídas		
Preço Diesel (R\$/Litro)	1,94		Potência	Marca	TOYAMA
Demanda de Pico	2250	W	Consumo	Modelo	TG 400
Variação de Demanda	1359	W	Preço	Potencia Nominal	3 kVA
				Consumo	1,51 L/h
				Preço	R\$ 2.110,00
				Quant. de Geradores	1

Figura 7 – Tabela Gerador Estacionário

10.2.5 Baterias

As baterias serão as responsáveis por armazenar a energia excedente na geração através do sistema eólico e das placas fotovoltaicas. As entradas são preenchidas automaticamente, a única variável que deve ser inserida nesse caso é a quantidade de baterias.

Baterias					
Entradas			Saídas		
Energia Gerada	1237	W	Modelo	12MF36	
Demanda Média	891	W	Marca	Moura	
Saldo Positivo de Energia	346	W	Capacidade	36	Ah
Tensão de Saída	12	W	Quantidade	2	
Corrente armazenada	28,85	Ah	Preço	R\$ 380,00	

Figura 8 – Tabela Baterias

10.2.6 Rede elétrica convencional

Nessa tabela são colocados os valores para a comparação com a rede elétrica comum. O valor cobrado do consumidor e total a pagar pela energia convencional são calculados automaticamente como mostra a Figura 10.

Rede Elétrica Convencional					
Entradas			Saídas		
Valor da tarifa publicada pela ANEEL (R\$/kWh)	0,24606		Total a pagar pela energia elétrica por dia	R\$ 9,85	
ICMS (%)	12		por mês	R\$ 295,43	
PIS (%)	1,53				
COFINS (%)	7,11				
Valor a ser cobrado do consumidor (R\$/kWh)	0,3100554				
Consumo Total kWh	20				
Contribuição de Iluminação Pública (CIP)	3,5				

Figura 9 – Rede Elétrica Convencional

10.2.7 Custo Total e Tempo de Retorno

Finalmente, a tabela Custo Total e Tempo de Retorno exibem o custo total da instalação e o tempo de retorno do investimento se comparado com o gasto com a rede elétrica convencional.

11 RESULTADOS

11.1 Validação do programa

A partir do programa, descrito em formato de uma planilha eletrônica, pode-se validá-lo para determinar se as saídas geradas estão consistentes, para isso foi feita a simulação a seguir considerando 3 situações distintas:

Situação 1: Sistema de produção de biodiesel e algumas lâmpadas. A demanda média será fornecida apenas pelo sistema eólico e a demanda de pico necessitará do fornecimento a partir do gerador.

Situação 2: Sistema de produção de biodiesel e algumas lâmpadas. A demanda média será fornecida apenas pelo sistema solar fotovoltaico e o demanda de pico necessitará do fornecimento a partir do gerador.

Situação 3: Sistema de produção de biodiesel e algumas lâmpadas. Tanto o sistema fotovoltaico quanto o sistema eólico serão suficientes para suprir a demanda média independentemente, já o suprimento de pico necessitará do fornecimento a partir do gerador.

A demanda considerada nessa validação é representada pela Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Consumo Elétrico para a validação

Consumo Elétrico								
Qtde	Aparelho	Pot(w)	Início		Fim		Tempo Total	Consumo Diário Wh
			h	min	h	min		
1	Usina Biodiesel Batelada	3500	8	30	9	30	1,00	3500
1	Usina Biodiesel Batelada	3500	10	0	11	0	1,00	3500
1	Usina Biodiesel Batelada	3500	13	30	14	30	1,00	3500
1	Usina Biodiesel Batelada	3500	15	0	16	0	1,00	3500
1	Usina Biodiesel Batelada	3500	16	30	17	30	1,00	3500
3	Lâmpada fluorescente compacta (20W)	20	0	0	24	0	24,00	480
3	Lâmpada fluorescente tubular 60cm (30W)	30	0	0	24	0	24,00	720
4	Lâmpada incandescente (150W)	150	0	0	24	0	24,00	3600
4	Lâmpada incandescente (60W)	60	0	0	24	0	24,00	1440

Além das situações descritas, com o objetivo de destacar os aspectos dos recursos naturais, cada uma das situações será analisada dentro do contexto de 2 diferentes cenários:

Cenário 1: Referência de abundância de recurso, tanto de incidência solar quanto de velocidade média de ventos.

Referencia: Sobradinho – BA

- Intensidade solar média: 5,4 kW/m².dia
- Velocidade do vento: 7,5 m/s
- Tipo de terreno: Terreno cultivado.
- Altura da turbina: 20 m
- Matéria prima para biodiesel: Mamona
- Rota Eólica

Cenário 2: Referência com incidência solar menor e baixa média de velocidade do vento.

Referencia: Marabá – PA

- Intensidade solar média: 4,54 kW/m².dia
- Velocidade do vento: 3,5 m/s
- Tipo de terreno: Terreno com muitas árvores e/ou edificações
- Altura da turbina: 20 m
- Matéria prima para biodiesel: Dendê
- Rota Metélica

11.1.1 Situação 1 – Cenário 1

Com os parâmetros definidos temos uma velocidade útil de 6,30 m/s por segundo. Utilizando um gerador eólico Whisper 500 obtêm-se a maior potência possível. Serão necessários nessa configuração 2 geradores para suprir a demanda.

Utilizando a mamona como fonte de extração do óleo e considerando o processo de fabricação pela rota eólica seriam necessários 570 kg de matéria prima para se obter 200L de biodiesel.

Nessa configuração o retorno é estimado em mais de 28 anos.

11.1.2 Situação 2 – Cenário 1

Com os parâmetros definidos, o programa retorna que o número mínimo de painéis fotovoltaicos necessários para suprir a demanda energética como sendo de quatro painéis.

Da mesma forma, usando a mamona como fonte de extração do óleo e considerando o processo de fabricação pela rota eólica seriam necessários 570 kg de matéria prima para se obter 200L de biodiesel.

Nessa configuração o retorno é estimado em mais de 15 anos.

11.1.3 Situação 3 – Cenário 1

Como era esperado, a Situação 3 é uma combinação das duas situações anteriores. A Tabela 3 mostra os gastos estimados para essa configuração.

Tabela 3 – Custo Situação 3 – Cenário 1

Equipamentos	Total
Gerador Eólico Whisper 500	R\$ 58.718,94
Painel Fotovoltaico Kyocera KC130TM	R\$ 6.240,00
Usina de Biodiesel	R\$ 50.000,00
Gerador Estacionário Pramac BL 6500 ES	R\$ 2.826,00
Bateria Moura 12MF175	R\$ 3.380,00
Inversor	R\$ 1.299,00
Total	R\$ 122.463,94
Total a pagar pela energia elétrica por mês	R\$ 340,86
Retorno do Investimento (anos)	29,94

11.1.4 Situação 1 – Cenário 2

Como a disponibilidade de vento é menor, com uma velocidade média de apenas 2,76 m/s, seria necessário um número muito grande de geradores eólicos para suprir toda a demanda, no caso, esse número seria de 34 geradores eólicos.

Um número expressivo de dendê seria necessário para produzir 200 kg de biodiesel, esse número é de 1.150 kg de dendê bruto.

Nessa configuração o retorno é estimado é demasiadamente alto, dado em mais de 235 anos

11.1.5 Situação 2 – Cenário 2

Com incidência solar menor que no Cenário 2, houve um aumento do número de painéis fotovoltaicos, aumentando para 5 o número de painéis necessários para suprir a demanda média da instalação.

Nessa configuração o retorno é estimado pouco menos de 16 anos

Tabela 4 – Custo Situação 2 – Cenário 2

Equipamentos	Total
Painel Fotovoltaico Kyocera KC130TM	R\$ 7.800,00
Usina de Biodiesel	R\$ 50.000,00
Gerador Estacionário Pramac BL 6500 ES	R\$ 2.826,00
Bateria Moura 12MF175	R\$ 3.380,00
Inversor	R\$ 1.299,00
Total	R\$ 65.305,00
Total a pagar pela energia elétrica por mês	R\$ 340,86
Retorno do Investimento (anos)	15,97

11.1.6 Situação 3 – Cenário 2

Novamente, como era esperado, a Situação 3 é uma combinação das duas situações anteriores e por sua vez retorna um valor de tempo de retorno demasiadamente alto.

12 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do programa permitiu o dimensionamento dos equipamentos de acordo com o interesse do usuário e facilitou a análise e a comparação, além de permitir a verificação do custo do equipamento e do tempo de retorno

Para todos os casos analisados observou-se um tempo muito grande de retorno do investimento, o que de certa forma era esperado devido aos altos custos dos equipamentos.

Através da validação do programa foi possível verificar que a opção do uso de painéis fotovoltaicos é mais atraente do que o uso de geradores eólicos, pois, tal equipamento é sujeito a variações menores, possui um tempo de retorno mais baixo, e vida útil sem limitações, fazendo com que o retorno do investimento seja mais rápido.

A tendência de barateamento dessas tecnologias aos poucos deve diminuir o tempo de retorno consideravelmente. Deve-se chamar a atenção também para o fato que este trabalho não considerou os custos com manutenção e mão-de-obra.

No que diz respeito à produção de biodiesel foi possível concluir que é necessário um volume de produção de mais de 200 L por dia para que o negócio seja viável e garantir o retorno. Foi possível verificar também a grande quantidade de matéria prima bruta necessária para produzir o óleo necessário para a produção de biodiesel. Os equipamentos de produção de biodiesel devem ser alimentados principalmente pela energia do gerador estacionário. Podemos observar que a produção de biodiesel é muito maior que o consumo no gerador, o que permite que tenhamos uma produção suficiente para demanda particular e para a comercialização.

Conclui-se que o presente trabalho permitiu estudar a viabilidade técnica e econômica dos sistemas alternativos para geração de energia integrado com a produção de biodiesel. Também que o programa desenvolvido se mostrou uma poderosa ferramenta comparativa ao conseguir tratar um número muito grande de variáveis que o dimensionamento desses sistemas exige.

12. Referências

Agencia Nacional de Energia Elétrica. Atlas da Energia Elétrica do Brasil, 2ª Edição, Brasília, ANEEL, 2005.

Eletrobras - Sistemas Isolados. Disponível em <<http://www.eletrobras.gov.br/ELB/data/Pages/LUMIS79364694PTBRIE.htm>>. Acesso em 01 de Outubro de 2009.

Aquecedor Solar Disponível em <<http://curiofisica.com.br/aquecedor-solar>>. Acesso em 01 de Outubro de 2009.

ALDABÓ, R., Energia Eólica, ArtLiber Editora Ltda, São Paulo, 2002

CARTILHA BIODIESEL. SEBRAE, Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/Cartilha_Sebrae.pdf>, acesso em 11 de novembro de 2007

Cartilha sobre Tarifas. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=532>>. Acesso em 01 de Outubro de 2009.

CARVALHO, P. Geração eólica. Imprensa Universitária, 2003.

Comercial Redimax – Orçamento de Energia Solar. Disponível em <<http://www.comercialredimax.com.br/dimensionamento.html>>. Acesso em 05 Junho 09.

CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito). Energia eólica – Princípios e aplicações. Tutorial.

DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION. Wind Power. Disponível em: <<http://www.windpower.org/en/core.htm>>, acesso em 8 de abril de 2008.

EIA – International Energy Data and Analysis. Disponível em <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/prices.html#Crude>, acesso em 2 de Agosto de 2009.

Energia Solar e Suas Aplicações Sem Segredos. Disponível em <<http://www.sunlab.com.br/energiasolar.htm>> Acesso em 01 de Outubro de 2009.

GOLDING, E. The generation of electricity by wind power. John Wiley, 1976.

HIDAKA, RODRIGO SUSSUMU. Estudo de viabilidade para racionalização energética do Instituto Criança Cidadã. São Paulo, 2005

MINISTÉRIO DE MINIS E ENERGIA. Atlas do potencial eólico brasileiro. Brasília, Brasil. 2001.

MINISTÉRIO DE MINIS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional 2004. Brasília, Brasil. 2005.

NASCIMENTO, U. M.; SILVA, F. C.; BRANDÃO, K. S. R.; LOUZEIRO, H. C.; SOUZA, A. G.; CONCEIÇÃO, M. M., MOURA, K. R. M.. Montagem e implantação de usina piloto de baixo custo para produção de biodiesel

OLIVEIRA, E.V.A (UERJ) ; THOMAZ, D. (UERJ) ; MARIA, L.C.S (UERJ) Comparação das rotas metilica e etilica para obtenção de biodiesel através da transesterificação do óleo de soja via catálise básica. Disponível em <<http://www.abq.org.br/cbq/2008/trabalhos/5/5-359-4770.htm>>. Acesso em 01 de Outubro de 2009.

PATEL M. R. Wind and Solar Power Systems. Ed. CRC Press, New York, 1999.

Por dentro da conta de luz da Eletropaulo. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/cartilha_eletropaulo_2.pdf>. Acesso em 01 de Outubro de 2009.

SAHEKI, LAÉRCIO S. Otimização De Sistemas Alternativos De Geração De Energia Para Aplicação Em Conjunto Residencial. São Paulo, 2005.

SAKAJIRI, MINORU. Otimização De Sistemas Alternativos De Geração De Energia Para Aplicação Escola Politécnica. São Paulo, 2005

SOARES, G.F.W., VIEIRA, L.S.R., NASCIMENTO, V.G., Operação de um grupo gerador diesel utilizando óleo vegetal bruto como combustível.

SOLETROL AQUECEDORES DE ÁGUA. Disponível em <http://www.soletrol.com.br>. Acesso em 03 de Outubro de 2009

TOYODA, DIOGO J; COLETO, WALTER G DE P. Otimização De Sistemas Alternativos De Geração De Energia Para Uso Residencial. São Paulo, 2005.

Universidade de Minho - Células fotovoltaicas. Disponível em <<http://alv.fisica.uminho.pt/simulacoes/efoto/paineis.html>>. Acesso em 01 de Outubro de 2009.

Solar energy panels power electric and heating systems. Disponível em <<http://solarexpert.com/Shell/>>. Acesso em 01 de Outubro de 2009.

Usinas de Biodiesel por Batelada. Disponível em http://www.kilindas.com.br/prod_24.htm. Acesso em 01 de Outubro de 2009.

OPTIMIZATION OF AN INTEGRATED SYSTEM OF ALTERNATIVE ENERGY GENERATION AND PRODUCTION OF BIODIESEL

Gustavo Penhalves Anzai
E-mail: gustavo.anzai@gmail.com

Abstract. The global concern about the current energy situation, concern about environmental policies and the Brazilian energy context are the motivations of this work which aim to analyze the economic feasibility of an integrated alternative electric power generation, such as wind, solar (photovoltaic cells and solar water heaters), stationary generators and production of biodiesel. The goal is to model a system capable of meeting the energy demand of a plant to produce biodiesel by transesterification batch process .

The best configuration is found through a program developed in Visual Basic for Applications to the Microsoft Excel, where tables with data and input parameters can be provided or modified by the user. Armed with this program is possible vary the parameters in order to assess any type of installation.

Key words: Electric Power Generation, Alternative Energy, Alternative Fuels, Wind Energy