

ESTUDO DO BIODIESEL COMO FONTE DE ENERGIA EM GERADORES DIESEL NO HORÁRIO DE PONTA

Carlo Alessandro
Castellanelli

Flavio Dias Mayer

Marcio Castellanelli

Ronaldo Hoffmann

Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

RESUMO

Dentre as fontes renováveis, destaca-se o Biodiesel, o qual pode ser obtido através de diversas matérias-primas e que ocupa posição de destaque nas discussões energéticas e ambientais atuais. A procura de alternativas apóia-se nas oscilações de preço e oferta de petróleo e também nas previsões de sua escassez. Através de resultados obtidos na análise de desempenhos de torque, potência e consumo específico de combustível em um motor de ciclo diesel de médio porte, de uso industrial e automotivo utilizando diferentes misturas de diesel e biodiesel obtido a partir do óleo de soja, foi proposto um modelo de utilização do biodiesel no lugar do diesel convencional em um empreendimento que utilize geradores diesel na substituição da energia fornecida pelas concessionárias no horário de ponta, analisando sua viabilidade econômica e as vantagens obtidas através da redução de impactos ambientais.

Palavras-Chave: Biodiesel, Motores Diesel, Impactos Ambientais

1. INTRODUÇÃO

Historicamente no Brasil, o consumo de energia elétrica em taxas superiores às de crescimento do PIB vem se repetindo há cerca de 30 anos, devendo se manter assim no futuro próximo. Tem sido crescente a expectativa de crise no setor elétrico brasileiro, em função da defasagem entre o crescimento da demanda e a necessidade de investimentos, que até então vinham sendo feitos somente pelo setor público.

A demanda de energia no Brasil apresenta-se de forma totalmente irregular, originando períodos críticos de consumo, exigindo geração máxima, e em outros de baixa demanda, a geração torna-se ociosa. No Brasil, o principal período crítico de consumo, também chamado de horário de ponta corresponde ao intervalo entre as 17 e 22 horas. Segundo FARRET et al. (2005), o horário de ponta afeta o sistema elétrico brasileiro, em função da elevada demanda de energia, bem como as indústrias, devido ao alto custo da energia consumida neste horário.

Em função do atual regime de tarifas, cresce o número de empresas que, por motivos de economia e segurança, optam pela contratação do fornecimento de energia elétrica pelo regime de tarifa horo-sazonal (tarifa azul e tarifa verde) e utilizam grupos geradores para o suprimento de energia elétrica nos horários de ponta, reduzindo seus custos com o consumo de energia elétrica, contribuindo dessa forma para mitigar os impactos ambientais advindos de diversas usinas de geração de energia, como termelétricas e das hidrelétricas, por exemplo. LEITE (2005), afirma que a implantação de hidrelétricas pode gerar impactos ambientais na hidrologia, clima, erosão e assoreamento, sismologia, flora, fauna e alteração da paisagem.

Soma-se a isso a inundação de cidades, ocasionando o deslocamento de populações, o eventual mau uso da água, que é um bem de múltipla utilização, e a possibilidade de emissão de gás metano, pela decomposição orgânica gerada pelos alagamentos.

1.2. BIODIESEL

O biodiesel é uma evolução na tentativa de substituição do óleo diesel por biomassa, iniciada pelo aproveitamento de óleos vegetais “*in natura*”. É obtido através da reação de óleos vegetais, novos ou usados, gorduras animais, com um intermediário ativo, formado pela reação de um álcool com um catalisador, processo conhecido como transesterificação.

Os produtos da reação química são um éster (o biodiesel) e glicerol. Os ésteres têm características físico-químicas muito semelhantes às do diesel, conforme demonstram as experiências realizadas em diversos países ROSA et al. (2003), o que possibilita a utilização destes ésteres em motores de ignição por compressão (motores do ciclo Diesel). Sob o aspecto ambiental, o uso de biodiesel reduz significativamente as emissões de poluentes, quando comparado ao óleo diesel, podendo atingir 98% de redução de enxofre, 30% de aromáticos e 50% de material particulado e, no mínimo, 78% de gases do efeito estufa ROSA et al (2003).

1.3. AS EMPRESAS E A VARIÁVEL AMBIENTAL

FERRAZ et al. (1995), demonstram que, dada a capacitação produtiva e tecnológica existente no país, a questão ambiental oferece a oportunidade de constituir-se em uma das bases de renovação da competitividade das empresas brasileiras. Contudo, faz-se necessária a adoção de uma postura pró-ativa com relação ao meio ambiente, por parte dos empresários. Esta atitude pró-ativa pode construir, a médio e longo prazo, vantagens competitivas de difícil superação pelos competidores.

Todas estas questões, ou janelas de oportunidade podem ser analisadas à luz do pensamento de HAMEL E PRAHALAD (1995). Estes autores sugerem que os empresários precisam desenvolver, urgentemente, uma visão do futuro. Além de desenvolver esta visão, é preciso que o futuro seja criado pela empresa. Ou seja, deliberadamente a empresa precisa criar hoje as assimetrias de mercado que lhe favorecerão no futuro. O truque consiste em ver o futuro antes que ele chegue. Saber identificar oportunidades não percebidas por outras empresas e explorar estas oportunidades, através da reunião e geração das *core competences* ou capacitações-chave necessárias, pode ser o diferencial entre sobreviver ou morrer HAMEL E PRAHALAD (1994).

1.4. CONSUMO ENERGÉTICO E A DEMANDA CONTRATADA NAS EMPRESAS

A atual crise de energia brasileira, causada pela falta de infra-estrutura do sistema elétrico brasileiro, o qual não conseguiu acompanhar o crescimento de consumo, confirmou as dificuldades de uma resposta imediata da oferta. Com a chegada do plano real, não houve investimento suficiente por parte das estatais para acompanhar crescente consumo energético no país. A Resolução 456 da Agência Nacional de Energia Elétrica define dois grupos de consumidores de energia elétrica. Pertencem ao grupo “A” os consumidores com tensão de fornecimento igual ou superior a 2,3 kV. Já os consumidores do grupo “B” são aqueles com tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV.

As estruturas tarifárias atualmente empregadas para consumidores do grupo “A” são a convencional e horo-sazonal. A estrutura tarifária convencional caracteriza-se pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência independentemente das

horas de utilização do dia e dos períodos do ano. Já a estrutura horo-sazonal caracteriza-se pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, especificadas como tarifas verde e azul. A tarifa verde aplica tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, com uma única tarifa de demanda de potência. A tarifa azul aplica tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia.

O horário de ponta adotado pelas concessionárias de energia para a aplicação das tarifas do grupo “A” corresponde ao período de três horas consecutivas, entre as 17 e as 22 horas, em função do seu máximo fornecimento de energia. No Rio Grande do Sul, estado qual foi tomado como base do estudo o horário de ponta corresponde ao período das 18 às 21 horas. A figura 1 apresenta as características da curva de carga diária de um consumidor genérico.

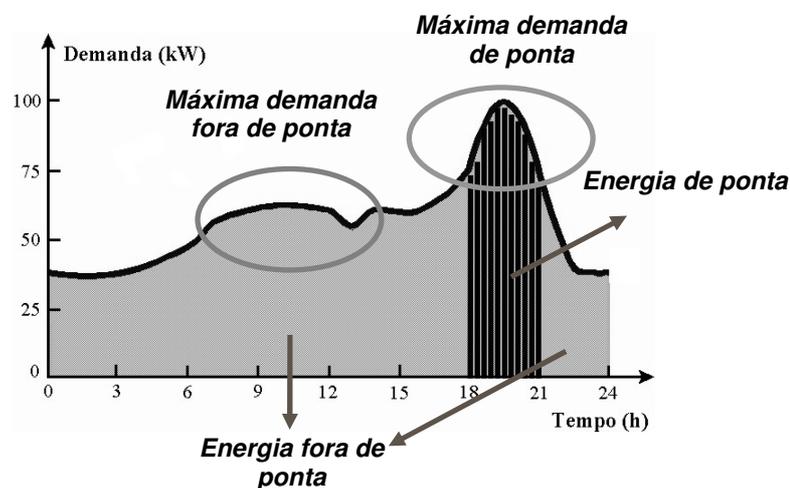


Figura 1. Características da curva de carga diária de um consumidor genérico

Por estabelecer um custo de energia bastante alto no horário de ponta e bastante baixo no horário fora de ponta, bem como um único valor de demanda contratada, a tarifa horo-sazonal verde do grupo “A” é a que pode proporcionar uma maior redução de custos, desde que a empresa não opere no horário de ponta. A maioria das empresas classificadas no grupo “A”, sem gerador próprio, optam pelas tarifas convencionais ou horo-sazonal azul, devido à necessidade de funcionamento no horário de ponta. Muitos deles, visando a tarifa horo-sazonal verde, adquirem grupos geradores diesel para suprimento no horário de ponta, dispensando a energia da concessionária neste horário. Neste caso, a acentuada redução de gastos com energia justifica o investimento em geradores particulares.

Esse tipo de acordo faz também com que as empresas contribuam com o meio ambiente, sendo que se o consumo de energia fornecido pelas concessionárias aumentar a ponto do sistema não conseguir acompanhar tal demanda, novas usinas para a geração de energia, inclusive hidrelétricas e termelétricas terão de ser construídas, causando malefícios ambientais. Os impactos advindos da utilização do diesel fóssil podem ser mitigados pela utilização de combustíveis limpos, como é o caso do biodiesel obtido a partir do óleo de soja.

2. OBJETIVOS

Este trabalho propõe um modelo de utilização de diesel e blends de biodiesel obtido através do óleo de soja e diesel (B20 E B100), na geração de energia elétrica em empresas de médio e grande porte que possuem, ou visam possuir, geradores próprios a fim de suprir a demanda no horário de ponta, utilizando como base resultados obtidos na análise de desempenhos de torque, potência e consumo específico de combustível em um motor de ciclo diesel de médio porte, de uso industrial e automotivo. A análise do presente trabalho tem como finalidade verificar a possível redução de custos para as empresas e de impactos ambientais decorrentes da ampliação da geração convencional de energia.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCAL DO TESTE DO MOTOR ESTUDADO

Todos os procedimentos e trabalhos realizados para a avaliação de desempenho do motor objeto do teste, adaptado à alimentação com combustível à base de mistura diesel/biodiesel, foram desenvolvidos na oficina mecânica Jorge Automecânica, situada à Rua Carlos Cavalcante nº 452, Cascavel, PR, Brasil.

3.2. MOTOR UTILIZADO

O motor utilizado no experimento tem emprego industrial e/ou automotivo. Na Tabela 1, estão reunidas suas principais características técnicas originais.

Tabela 1. Características técnicas originais do motor de teste

<i>Item</i>	<i>Característica</i>
Marca/modelo	CUMMINS, 4BTA3.9 (para os ensaios a turbina foi retirada)
Número de cilindros	4 (quatro), verticais
Diâmetro nominal do cilindro	102 mm
Curso do pistão	91 mm
Ciclo	Diesel de 4 tempos
Relação de Compressão	16,5:1
Cilindrada total	3920 cm ³ (3,92 litros)
Sistema de combustão	Injeção indireta, câmara de pré-combustão
Massa	350 kg
Rotação marcha-lenta	750 rpm
Potência máxima nominal	102,97 kW (140 cv) a 2500 rpm
Torque máximo nominal	41daN.m (40,2 kgf.m) a 1600 rpm

Fonte: Manual de especificações dos motores Cummins série "B"

3.3. COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS

O biodiesel utilizado durante os testes foi adquirido da empresa BIOLIX – Indústria e Comércio de Combustíveis Vegetais LTDA, Rolândia, Paraná. Este combustível foi obtido através do processo de transesterificação etílica do óleo de soja.

3.4. MISTURAS UTILIZADAS

A Tabela 2 apresenta a composição das misturas utilizadas:

Tabela 2. Relação de misturas utilizadas no experimento

Denominação	Composição
B0	100% de óleo diesel convencional (testemunha)
B20	20% de Biodiesel de soja e 80% de diesel
B100	100% de Biodiesel de soja

As misturas foram preparadas por bateladas, utilizando-se a mesma remessa de óleo diesel e biodiesel visando manter uniformidade nos resultados dos ensaios. Na troca das misturas, aguardava-se 15 minutos para o início da tomada de valores, a fim de garantir que o restante da mistura anterior já havia sido consumida e/ou expelida pelo retorno do sistema de combustível do motor em teste.

3.5. ANÁLISE ECONÔMICA

Este estudo é referente à geração própria de eletricidade durante o posto tarifário “ponta” em empresas de médio e grande porte, através de três grupos geradores diesel iguais com potência instalada total de 340kW (considerou-se o motor em questão operando em 1400rpm nos 3 geradores), sendo que a consumo mínimo requerida para a utilização da tarifa verde ou azul é de 300kw, utilizando três tipos de combustíveis: B0, B20 e B100. Ao longo do ano, a energia gerada será de aproximadamente 337 MWh, substituindo os mesmos 337 MWh advindos da energia da concessionária local.

A partir de dados experimentais obtidos com o motor diesel analisado anteriormente, pode-se prever a quantidade total de cada uma das misturas para suprir a demanda do sistema de geração, sendo que para este trabalho foram utilizadas as misturas B0, ou seja, o diesel puro, B20, que foi a mais atrativa das misturas (segundo o teste do motor), e B100 visando ao máximo às reduções de emissões causadas pelo diesel convencional. Valores de geradores foram obtidos com a empresa STEMAC LTDA. Ainda, foi utilizada para o cálculo a tarifação verde e os valores das respectivas tarifas no horário de ponta, segundos dados da AES SUL, e o valor do Diesel e Biodiesel obtidos pela Agência Nacional do Petróleo, ambas no mês de agosto de 2007.

Para a Análise Econômico-Financeira foram utilizadas ferramentas econômicas como a TIR e o Payback.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. MOTOR

A comparação entre torque, potência e consumo específico do motor diesel utilizando diferentes misturas de diesel / biodiesel está demonstrado nas tabelas a seguir, seguindo os intervalos de rotação considerados. A faixa de rotação a qual as misturas proporcionaram melhor torque e/ou potência está representado na tabela 6, conseqüentemente, a operação do motor com tal mistura deverá ser regida pela faixa de rotação de melhor rendimento.

Tabela 3 – Valores de potência para todas as misturas, após tratamento de dados

Rpm	Potência (kW)		
	B0	B20	B100
1400	27,3	29,1	22,1
1533	32,1	33,8	27,5
1667	36,1	37,7	32,1

1800	39,5	41,0	36,0
1933	42,1	43,6	39,1
2067	44,1	45,5	41,5
2200	45,3	46,8	43,1

Tabela 4 – Valores de torque para todas as misturas, após tratamento de dados

Rpm	Torque (N.m)		
	B0	B20	B100
1400	192,7	192,1	159,5
1533	200,0	199,1	172,2
1667	204,6	203,5	181,6
1800	206,4	205,1	187,7
1933	205,6	204,1	190,5
2067	202,0	200,4	190,1
2200	195,7	194,0	186,4

Tabela 5 – Valores de consumo específico para todas as misturas, após tratamento de dados

Rpm	Consumo específico (g.k ⁻¹ .W ⁻¹ .h ⁻¹)		
	B0	B20	B100
1400	289,7	284,6	368,7
1533	282,7	278,2	348,0
1667	280,0	275,7	333,1
1800	281,5	277,2	324,2
1933	287,3	282,7	321,3
2067	297,3	292,2	324,2
2200	311,6	305,6	333,1

A Tabela 6 apresenta os valores máximos de potência, torque e consumo específico.

Tabela 6 - Valores máximos e mínimos obtidos durante os ensaios

Misturas	Potência máxima (kW)	Torque máximo (N.m)	Consumo específico mínimo (g.k ⁻¹ .W ⁻¹ .h ⁻¹)
B0	45,8 @ 2333 rpm	206,4 @ 1800 rpm	280 @ 1667 rpm
B20	47,3 @ 2333 rpm	205,1 @ 1800 rpm	275,7 @ 1667 rpm
B100	44,1 @ 2467 rpm	190,5 @ 1933 rpm	321,3 @ 1933 rpm

4.2. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

4.2.1. INVESTIMENTOS

O investimento necessário para construção do sistema de geração é apresentado na tabela 7, sendo financiados pelo BNDES, a uma taxa de juros de 9,25% ao ano.

Tabela 7 - Quadro de investimentos

Item	Valor (R\$)
1. Construção civil	90.000,00

2. Equipamentos, acessórios e peças	165.870,00
3. Montagem	23.400,00
4. Transporte dos equipamentos	3.317,4
5. Seguros	4.976,10
TOTAL DO INVESTIMENTO	287.563,50

4.2.2. CUSTOS FIXOS E VARIÁVEIS

Os custos fixos compreendem os custos relativos a manutenção de uma termelétrica, sendo usualmente estimado em 1% do valor total do investimento ao ano. Neste caso, o valor desembolsado com a manutenção da MCT será aproximadamente R\$ 12 mil por ano. Os custos variáveis são relativos aos gastos com mão-de-obra, operação da central (compra de combustíveis) e etc. Para o cálculo dos custos dos combustíveis analisados, são utilizados fornecidos pela Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis – ANP (tabela 8).

Tabela 8 – Gasto anual com combustível

Combustível	B0	B20	B100
Consumo específico (g/kWh)*	314,89	309,35	400,76
Custo unitário (R\$/litro)	1,709	1,720	1,762
Quantidade necessária por ano (litros)	124.404,24	120.169,05	153.117,04
Gasto anual (R\$)	212.613,76	206.639,86	269.740,16

*Considerando a eficiência do gerador igual a 92%.

4.2.3. RECEITAS

As receitas obtidas com este empreendimento será obtida a partir dos recursos que deixarão de ser gastos com a compra de eletricidade da concessionária distribuidora, cujo valor é R\$ 87,20/MWh. O total anual de economia com a compra de eletricidade no horário de ponta é R\$293.353,30.

4.3. ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA

Os critérios de tomada de decisão baseados em análise de viabilidade econômica são a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Payback, calculadas a partir dos dados de fluxo de caixa apresentados na tabela 9.

Tabela 9 – Fluxo de caixa

Fluxo de Caixa (valores em R\$)			
Período	B0 (diesel)	B20	B100
1	(7.992,57)	(874,43)	(69.879,50)
2	(16.549,20)	(9.978,60)	(73.675,60)
3	(10.997,83)	(4.427,24)	(68.124,23)
4	(5.446,47)	1.124,12	(62.572,87)
5	104,90	6.675,49	(57.021,50)
6	63.168,96	69.739,55	6.042,56
7	63.168,96	69.739,55	6.042,56
8	63.168,96	69.739,55	6.042,56
9	63.168,96	69.739,55	6.042,56

10	117.168,96	123.739,55	60.042,56
----	------------	------------	-----------

4.3.1. TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)

A taxa interna de retorno de um projeto, também chamada de eficiência marginal do capital, é a taxa de desconto que iguala o valor das receitas futuras ao valor atual dos custos futuros do projeto WOILER (1996), ou seja, é a taxa média de crescimento de um investimento.

A TIR e o payback obtidas pelo investimento utilizando diferentes combustíveis são apresentadas na tabela 10.

Tabela 10 - TIR e Payback do investimento

Indicador	B0	B20	B100
TIR (%)	47,25	85,41	-
Payback	5,6	5,0	-

Nos dois primeiros casos em que a TIR foi calculado (B0 e B20), o investimento em geração própria é viável, considerando que a Taxa Mínima de Atratividade - TMA é a TJLP (6,25% ao ano). No terceiro caso, em que é analisada a utilização de biodiesel puro (B100), verifica-se que este cenário não apresenta viabilidade econômica devido ao alto custo e alto consumo no motor deste combustível, sendo maior que o do diesel puro ou da mistura B20.

Em uma análise complementar a TIR, o payback ou tempo de retorno do investimento, demonstra a viabilidade dos cenários B0 e B20, em que o valor obtido para o tempo de retorno é de 5,6 e 5 anos, respectivamente.

5. CONCLUSÃO

A autoprodução vem crescendo por motivos de economia e segurança de fornecimento dos consumidores, que tem a possibilidade de gerar sua própria energia elétrica a partir do óleo Diesel. Razões ambientais relativas ao uso de combustíveis fósseis têm aumentado a demanda por novas tecnologias de geração de energia não poluentes. Além de seus impactos ambientais, observa-se a tendência de crise e escassez relacionada aos combustíveis fósseis não renováveis, e sua iminente elevação de preços viabiliza sua substituição por fontes renováveis de energia, como é o caso do biodiesel produzido a partir de plantas oleaginosas e gorduras animais, a ser utilizado em motores diesel.

Este trabalho demonstrou que a geração própria é economicamente viável no horário de ponta, não somente com o tradicional diesel fóssil, mas também com a utilização da mistura B20, ou seja, reduzindo assim os impactos advindos do diesel convencional. É importante ainda salientar 2 fatores: O B100 (100% de biodiesel) não se mostrou economicamente viável, no entanto é preciso considerar a sua utilização pela importante redução de poluentes que os motores o utilizando deixarão de emitir à atmosfera. Em um segundo momento é preciso frisar que este estudo não considerou o retorno financeiro que pode ser utilizado com um projeto visando os créditos de carbono, desta maneira, a geração com o B20 e o B100 se tornariam mais atraentes economicamente. Além disso, se a empresa conseguir diminuir o custo com a compra do B100 para valores menores que R\$1,762/litro, este tornará o investimento tão ou mais atrativo que o Diesel e o B20, sendo esses muito pouco sujeitos à diminuição no seu preço de comercialização, devido ao alto valor do barril de

petróleo no mercado internacional, sendo esta uma vantagem da utilização de um combustível 100% renovável.

Adotando a estratégia apresentada neste trabalho, as empresas podem reduzir seu gasto em consumo energético, direcionando recursos antes aplicados em um elevado gasto de energia, em outras necessidades, se tornando mais competitiva no mercado.

6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução n. 456 de 29 de novembro de 2000. Delega Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica. Brasília-DF, 2000.

CORRÊA, J.M.; FARRET, F.A. & CANHA, L.N. An Analysis of the Dynamic Performance of Proton Exchange Membrane Fuel Cells Using an Electrochemical Model. IEEE IECON'01, p.141–146. 2001.

FERRAZ, J.C.; KUPFER, D. & HAGUENAUER, L. Made in Brazil: desafios competitivos para a indústria. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

FARRET, F.A.; ZANCAN, M.D.; CANHA, L.N.; PARIZZI, J.B.; POPOV, V.A. & GONZATTI, F. Experimental Basis and Methodology for Fuel Cell Fed Converters Connected to Distribution Networks to Improve the Load Curve. IEEE 36th Annual Power Electronics Specialists Conference. p. 1642-1646. Recife – Brazil. 2005.

HAMEL, G. & PRAHALAD, C. K. Competindo pelo futuro: estratégias inovadoras para obter o controle do seu setor e criar os mercados de amanhã. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

HAMEL, G., & PRAHALAD, C.K. Seeing the Future First. Fortune, p. 64-8, set. 1994.

LEITE, M. A. Impacto Ambiental das Usinas Hidrelétricas. II Semana do Meio Ambiente. UNESP. Ilha Solteira, junho 2005.

ROSA, L.P. et al. Geração de Energia a partir de Resíduos Sólidos Urbanos e Óleos Vegetais. In: TOLMASQUIM, M.T (Coord) Fontes Alternativas de Energia no Brasil - CENERGIA. 1a Ed. Editora Interciência. 515 p.

WOILER, S., MATHIAS, W. F., Projetos: Planejamento, Elaboração e Análise. São Paulo: Atlas, 1996.