

Relatório de Pesquisa

SAEER: Desenvolvimento de um Sistema de Abastecimento Elétrico para Estabelecimentos Rurais



Associação Mineira de
Pesquisa e Iniciação Científica

2020

Associação Mineira de Pesquisa e Iniciação Científica – AMPIC
COLÉGIO FRANCISCANO SANTO INÁCIO

Vítor de Souza Andrade

Marlene Aparecida de Carvalho (Orientadora)

Giulia Maria Ramella (Coorientadora)

Relatório de Pesquisa

SAEER: Desenvolvimento de um Sistema de Abastecimento Elétrico para Estabelecimentos Rurais

Relatório Final apresentado ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Feira Mineira de Iniciação Científica (FEMIC) e órgãos de fomento, sob orientação da Profa. Marlene Aparecida de Carvalho e coorientação de Giulia Maria Ramella.

Vigência da bolsa: 01/10/2019 a 31/07/2020.

Tipo de bolsa: ICJ – Iniciação Científica Júnior.

Processo Plataforma Carlos Chagas: 439797/2018-7

Coordenação geral: Fernanda Aires Guedes Ferreira

Baependi, Minas Gerais

2020

RESUMO

De acordo com o pesquisador Maurício Waldman, autor do livro "Lixo: Cenários e Desafios" de 2011, a agricultura e pecuária respondem por 58% dos resíduos, que dizem respeito aos mais diversos tipos de materiais desde dejetos e ossadas até matéria orgânica. Ainda, apenas 1% do que é descartado de lixo orgânico é reaproveitado no Brasil, de acordo com dados publicados pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Diante deste cenário, tendo em vista a robustez do agronegócio brasileiro, propõe-se unir os resíduos orgânicos com dejetos de animais (de criação em fazendas de pequeno a grande porte) para a produção renovável de energia elétrica. A ideia é que esta energia elétrica possa abastecer por completo um estabelecimento rural, caracterizando assim uma possível solução sustentável. Assim, o objetivo deste projeto é criar um biodigestor anaeróbio para a produção de biogás (cujas composição e CH_4 cerca de 60%, CO_2 cerca de 35%, O_2 junto a H_2S e H_2 somam cerca de 5%). Este biogás será usado como combustível alternativo em um motor a combustão interna associado a um motor elétrico de bate-deira o qual foi adaptado para gerar eletricidade e carregar a bateria. Na prática, foi utilizado um inversor de tensão para conversão de corrente contínua de tensão 12 volts, para corrente alternada de tensão 110 volts, que possui 1000 watts de potência. Constatou-se que um gerador de energia construído com um motor de motosserra e um motor de bate-deira adaptado tem rendimento suficiente para carregar uma bateria automotiva de 60 ampéres utilizando o biogás como combustível. Com base em uma previsão matemática, concluiu-se que o protótipo tem custo final de mercado de R\$890,00 reais, o qual, comparado a um kit comercial de placas solares residenciais que parte R\$ 9.372,99, mostra-se como uma alternativa sustentável de baixo custo que pode ser amplamente utilizada em ambiente rural.

Palavras-Chave: Economia, Sustentabilidade, Agronegócio.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 JUSTIFICATIVA	8
3 OBJETIVOS	9
4. METODOLOGIA	10
5 RESULTADOS OBTIDOS	18
6 CONCLUSÕES	23
REFERÊNCIAS	24



1 INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), nos últimos 11 anos, o aumento da geração de lixo no país foi proporcionalmente maior que o crescimento populacional. De 2003 a 2014, a geração de lixo cresceu 29%, enquanto a taxa de crescimento populacional foi de 6%. De acordo com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), o consumo de energia elétrica no ano de 2017 totalizou 67.021 megawatts (MW) médios, com alta de 2,9% em relação ao ano anterior. Por tanto a partir daqui podemos estabelecer duas problemáticas que norteiam o desenvolvimento esse trabalho, o descarte indevido de lixo orgânico, e impactos causados pelas matrizes energéticas usadas atualmente no Brasil, que emitem grandes quantidades de CO₂, como as termelétricas. E considerando a alta contribuição dos dejetos animais e material orgânico desperdiçado pelas fazendas do país. Pensou-se no desenvolvimento de um sistema para produção de energia elétrica que contribua para diminuir esses impactos à natureza e que seja economicamente viável para o agronegócio brasileiro.

Para reduzir os impactos causados por essas duas problemáticas, deve-se primeiramente reduzir os resíduos descartados e aproveitar de outros modos o restante que não tem utilidade. Dessa forma, um biodigestor pode ser a solução ideal, já que dele aproveita-se o gás metano (CH₄) que pode ser utilizado como um combustível alternativo em um gerador de energia elétrica a combustão. Esse gerador evita a utilização da rede elétrica convencional, a qual traz sérios riscos à natureza em várias de suas formas de produção, como hidrelétricas que necessitam realizar desvio de rios e liberam metano nas áreas alagadas, produção eólica, energia nuclear, que tem alto perigo em caso de acidentes e gera resíduos radioativos. Esses são exemplos de formas de produção de energia elétrica atual que podem ser substituídas com esse projeto para diminuir impactos ambientais e gerar economia nas residências.

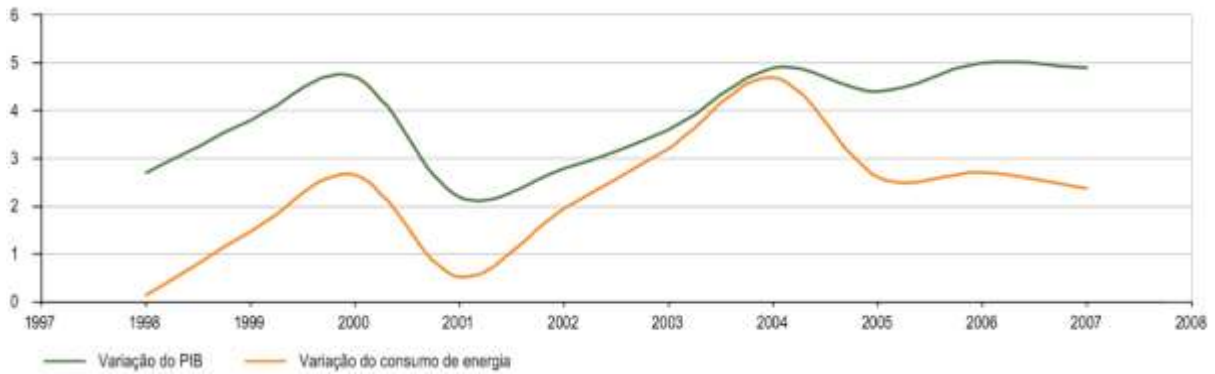
Atualmente no cenário do agronegócio brasileiro não existem formas suficientemente eficazes para ser considerado sustentável. Os dejetos animais e resíduos das plantações na maior parte das fazendas são descartados em um espaço inutilizado do



ambiente em questão. O descarte indevido desse tipo de resíduo agrava a situação de poluição ambiental, já que emite chorume e gases estufa, como o dióxido de carbono, metano, gás sulfídrico, hidrogênio e oxigênio. Visto que o Brasil é a maior referência no agronegócio mundial, é preciso fazer com que essa área da economia tenha maior visão sistêmica para aproveitar os subprodutos de sua produção de forma a ser chamado de sustentável, assim garantindo uma visão exterior muito mais atrativa, fazendo com que cada vez investidores acreditem na capacidade de produção e economia do ramo. O material orgânico desperdiçado em geral no campo, fica cerca de dois meses dispensado a céu aberto no ambiente, até que sirva como adubo para as plantações, durante esse tempo grandes prejuízos são acumulados, entre eles o prejuízo financeiro, pois de uma forma ou outra tudo que está parado é dinheiro perdido ou que não circula durante um período específico de tempo, como exemplo podemos citar os gastos com adubos químicos artificiais, um gasto inevitável nas plantações, que pode ser reduzido com o uso de um biodigestor, que fará a digestão anaeróbia do material orgânico e após um tempo ficará disponível um super adubo orgânico que dispensa grande parte dos adubos artificiais, como o NPK por exemplo. Para que o retorno econômico vá além da substituição dos adubos, pode ser utilizado o material orgânico para a produção do metano, um combustível alternativo para geração de energia elétrica que pode suprir a necessidade do sítio ou da fazenda que realizar a implantação de um sistema capaz de realizar tal função, como é estudado neste trabalho.

É estudado a possibilidade de criar um biodigestor para produzir biogás que terá função de combustível alternativo para motogeradores de energia elétrica. o biodigestor é um aparelho onde na ausência de luz e ar, bactérias que realizam a decomposição do material orgânico produzem gás metano em quantidade suficiente para poder ser utilizado para fins de produção de energia mecânica em motores

Gráfico 1: Variação do PIB e variação do consumo de energia (1998 - 2007). Fonte: Ipea, BP, 2008





2 JUSTIFICATIVA

Sabendo que Setor residencial absorveu 90.881 GWh, o segundo maior do país e o agropecuário, 33.718 GWh. Apenas 1% do que é descartado de lixo orgânico é reaproveitado no Brasil e a agricultura e pecuária respondem por 58% dos resíduos. Que a pecuária corresponde a 18,6% do uso do território brasileiro, mais que o dobro do uso para plantação de agrícolas e o PIB Agronegócio em 2018 R\$ 1.380 bilhão CEPEA/USP (1º trim. 2018). Entende-se que para aperfeiçoar a matriz energética brasileira e, em especial, o agronegócio, é necessária uma forma de energia elétrica sustentável.



3 OBJETIVOS

- Produção de energia elétrica a partir de uma fonte alternativa e sustentável;
- Diminuir impactos ambientais causados pelos seres humanos com a criação de usinas de geração de energia elétrica e o grande desperdício de material orgânico;
- Reduzir o uso de matriz elétrica não renovável no país, que causam danos ao meio ambiente;
- Diminuir o descarte indevido de alimento, esterco animal, cascas de café resultantes da torrefação, grama cortada, entre outras formas de resíduos orgânico.

4 METODOLOGIA

4.1 Desenho do primeiro protótipo e esquema elétrico

Com a finalidade de planejamento para início da construção do protótipo, foi necessário o desenvolvimento de um esboço do protótipo (incluindo o motogerador, biodigestor e o painel de equipamentos elétricos, Figura 1) e o desenvolvimento de um esquema elétrico (Figura 2). Nessa etapa já é possível ter uma ideia de como o protótipo ficará depois de pronto.

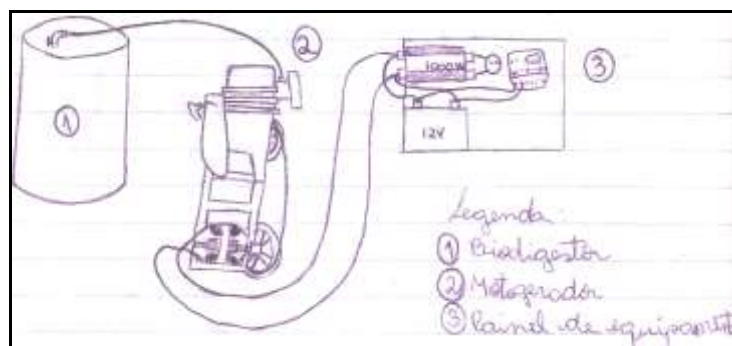


Figura 1: Esboço do protótipo de todo o projeto. (Fonte: autor)

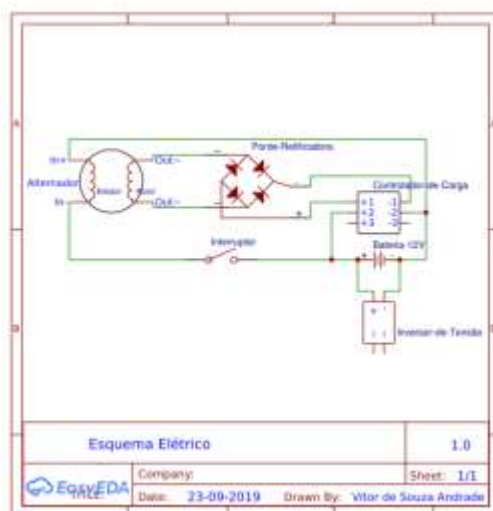


Figura 2: Parte elétrica com descrição de materiais, criado no programa EasyEDA (Fonte: autor)



4.2 Busca por matérias e formas de utilizar o que foi encontrado

A partir dessa etapa inicia-se a construção do protótipo em partes separadas até que tudo esteja pronto para ser efetivamente unido para o funcionamento de todo o sistema já montado.

4.2.1 Motor a combustão

Inicialmente foi proposto o uso de um biodigestor anaeróbio com a finalidade de produzir biogás, que será utilizado como combustível alternativo para um motor a combustão gerar de energia elétrica.

Para utilizar o biogás é necessário a criação de um motor, que possa utilizar o biogás para gerar energia mecânica. Pensou-se em criar um motor a combustão feito com motor de geladeira por ser semelhante a um motor a combustão e ter uma câmara de compressão de ar, havendo apenas a necessidade de ser construído um novo cabeçote para esse motor, onde se possa colocar uma vela de ignição e válvulas de admissão e escape, logo de início essa alternativa foi descartada pois não é funcional, já que mesmo fazendo modificações citadas anteriormente o motor não terá capacidade de compressão suficiente para realizar a queima do metano e assim ter força necessária para movimentar o gerador de energia elétrica.

Assim entendendo a necessidade de ter um motor potente que possa funcionar com metano, foi usado um motor de motosserra (figura 2) para realizar essa função, já que é um motor feito para trabalhos pesados. Com o uso deste motor será necessário apenas a construção de um novo carburador, o qual fará a entrada de metano ser facilitada, já que se trata de um gás e não de um líquido como a gasolina que o carburador normal desse motor utiliza para misturar ao ar atmosférico para que a combustão seja realizada.



Figura 3: Motor de roçadeira desmontado, assim como no projeto.(Disponível em: <https://casadosmotoreschapeco.com.br/loja/p/64808/bloco-motor-rocadeira-honda-umk435-e-gx35>>)



Figura 4: Gerador de energia elétrica construído com motor de roçadeira
(Fonte:autor)

4.2.2 Construção de uma base metálica

Foi necessário a construção de uma base metálica para a fixação do motor e do gerador de energia elétrica, já que ambos precisam estar fixados em uma distância onde serão conectados por uma correia, o que permitirá a transmissão da energia mecânica do motor a combustão ao alternador, com fim de conversão de energia mecânica em elétrica.

Para isso foi necessário o desenvolvimento de um esboço da peça a ser construída, e definir as medidas para que as barras metálicas possam ser cortadas para posteriormente serem soldadas. Após ser feito as soldas da base, as medidas de distância e diâmetro de onde ficam os parafusos do motor foi coletada para fazer a furação do local onde será colocado o motor e o alternador na peça a ser construída.

O material usado nessa etapa foi metalon, reaproveitado de antigas mesas escolares que já se encontravam quebradas e não tinha mais concerto (Figura 6). Então a mesa foi desmontada por completo e selecionada a parte não pode ser aproveitada e o restante foi medido para ser cortado e aproveitado para o fim de ser parte do projeto completo.



Figura 5: Base metálica de metalon soldada e pintada. (Fonte: autor)



Figura 6: Exemplo de mesa escolar que serviu como material para a construção da base a ser soldada. (Disponível em: <http://www.uaidistribuidoraescolar.com.br/produto/mesa-universitaria-21123/>), acesso: 27 de setembro de 2019.)



4.2.3 Desenvolvimento de um alternador com motor de batedeira

Para realizar o carregamento da bateria é necessário um gerador de energia elétrica conectado ao eixo do motor a combustão, porém é de difícil acesso um gerador de ímãs de campo magnético fixo. Por tanto optamos por desenvolver um alternador com motor de escovas, por ser de fácil acesso e também por ser leve, o que facilita o transporte do protótipo final.

4.2.4 Construção do biodigestor

O biodigestor é um aparelho onde o resíduo orgânico é armazenado e digerido por bactérias anaeróbias, e quando a digestão começa é liberado gases que podem ser utilizados para fins específicos, por exemplo, como combustível alternativo para moto-geradores, ou então ser usado em fogões para substituir o GLP.

Na construção inicial foi usado um recipiente metálico com 50 litros de capacidade de armazenamento (Figura: 7), mas devido a produção de gás sulfídrico o material começou a ser corroído, dessa forma foi necessário criar um novo biodigestor feito com material plástico que não será corroído pelo gás sulfídrico.

Para fazer o biodigestor plástico (Figura 9), foi usado um tambor de 200 litros, com tampa estreita para evitar vazamentos de gases inflamáveis, e na tampa foi simplesmente fixado um registro de PVC com saída para mangueira (Figura 8). desta forma o material orgânico é colocado no mesmo lugar onde vai sair os gases da digestão anaeróbia.

Com o biodigestor anaeróbico construído é possível obter o biogás que posteriormente será filtrado por uma reação química para eliminar o gás carbônico que interfere na queima do metano, que será usado como combustível alternativo em um moto-gerador de energia elétrica.



Figura 7: Biodigestor em recipiente metálico. (Fonte: autor)



Figura 8: Registro de saída dos gases do biodigestor. (Fonte: autor)



Figura 9: Biodigestor anaeróbico de material plástico. (Fonte: autor)

4.2.5 Filtro químico para purificação do biogás

O filtro químico tem a finalidade de retirar o gás carbônico do gás produzido no biodigestor e deixar o metano mais concentrado para que seja queimado com mais facilidade.

Com hidróxido de sódio e água em um recipiente plástico reutilizado de embalagens de maionese, foi feito um filtro que vai reagir com o CO₂ resultando em carbonato de sódio mais água. Na tampa do recipiente foi colocado um tubo de 5 milímetros que vai até o fundo para borbulhar o biogás e fazer a reação acontecer, também um tubo de 5 milímetros na parte paralelo a tampa para que o gás possa sair do filtro e chegar no carburador do motor.

Figura 10: Filtro químico de água e hidróxido de sódio (soda cáustica), em recipiente plástico. (Fonte: autor)



4.2.6 Desenvolvimento da parte elétrica

Na parte elétrica um alternador gera energia elétrica convertendo energia cinética gerada pelo motor de motosserra, após ser gerada a energia elétrica passa por uma ponte retificadora para converter corrente alternada em corrente contínua para ser estocada em uma bateria de 12 volts que será carregada por um controlador de carga e então enviada



para o inversor de tensão que em sua saída teremos uma tensão de 110 volts com consumo de até 1000 watts de potência.

O alternador foi construído com um motor de escovas, ligando a entrada do estator na bateria para que possa criar um campo eletromagnético fazendo com que no momento que o rotor girar possa haver alternância da bobina nos pólos norte e sul criados pela bobina do estator, e com isso gerar energia elétrica para carregar através de um controlador de carga uma bateria de 12 volts. A bateria fornecerá energia elétrica para um inversor de tensão que converterá corrente contínua em corrente alternada em uma tensão elevada para que possa servir para ligar eletrodomésticos e manter constantemente o abastecimento de uma casa com eletricidade.

4.3 Preparo da biomassa

É um componente fundamental do projeto, já que a partir dela será produzido o combustível fundamental para o funcionamento do gerador. A biomassa pode ser constituída de qualquer material orgânico desde que ele seja triturado e possa ser misturado em água, mas tendo em vista a quantidade de esterco animal descartado diariamente nas fazendas o esterco de bovinos é o resíduo estudado pelo trabalho, Normalmente, quando fresco o esterco de bovinos tem uma quantidade de umidade bastante elevada, o diminui a necessidade de se diluir o material em água e facilita o preparo da biomassa que vai ser utilizada.

A biomassa é constituída de 50% de esterco de bovinos e 50% de água, e o volume do biodigestor é ocupado apenas $\frac{3}{4}$ de sua capacidade total, pois $\frac{1}{4}$ é reservada para estoque do biogás nesse mesmo recipiente e facilitar o armazenamento de biogás que posteriormente será purificado no filtro químico.

5 RESULTADOS OBTIDOS

A maior parte dos componentes usados foi reutilizado, reduzindo os custos de construção. Em uma pesquisa de campo, chegou-se a um valor de R\$890,00 para a compra e construção do equipamento totalmente novo. Desse modo, acessível à grande parte das famílias da região sul mineira. O material orgânico deve ser substituído a cada dois meses por tornar-se inativo na produção de metano pois a matéria orgânica ali presente já foi decomposta pelas bactérias, nesse tempo em que foi feita a observação do material e constatou-se que não havia mais produção de biogás, após dois é necessário realizar a substituição do resíduo orgânico, que não tem custo nenhum, já que será utilizado os próprios rejeitos da fazenda ou sítio. Nessa perspectiva, minimiza ou até elimina o gasto com a compra de biomassa, diminuindo impactos ao meio ambiente, o que torna o sistema sustentável.

Os gráficos abaixo mostram a viabilidade econômica do sistema em relação a outro combustível.



Gráfico 2: Viabilidade econômica do uso de biogás em relação ao uso do gás liquefeito de petróleo (GLP) em residências durante um ano (Fonte: autor).

Como mostrado no gráfico acima, se o biogás for utilizado para substituir o convencional Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), considerando apenas o preço atual do botijão de GLP de 13 Kg, sem levar em conta flutuações no seu valor, pode-se identificar uma grande economia. Sendo assim, dentro de um ano economiza-se R\$560,00.

O retorno do investimento aplicado de R\$180,00 se dá com três meses de utilização do biodigestor, tendo em mente que, no primeiro mês, ainda é necessário comprar o GLP, já que o biodigestor não está em pleno funcionamento e é inevitável o uso de gás inflamável em residências, para fins de preparo de alimentos e outras coisas. O custo total para construção e implantação do biodigestor é de R\$104,00, e a matéria orgânica tem um custo de R\$6,00 a cada dois meses. A simulação deste caso leva em consideração fatores como, uma família média de quatro integrantes, valor atual do GLP de R\$70,00, implantação e construção do biodigestor, já com biomassa, de R\$110,00.

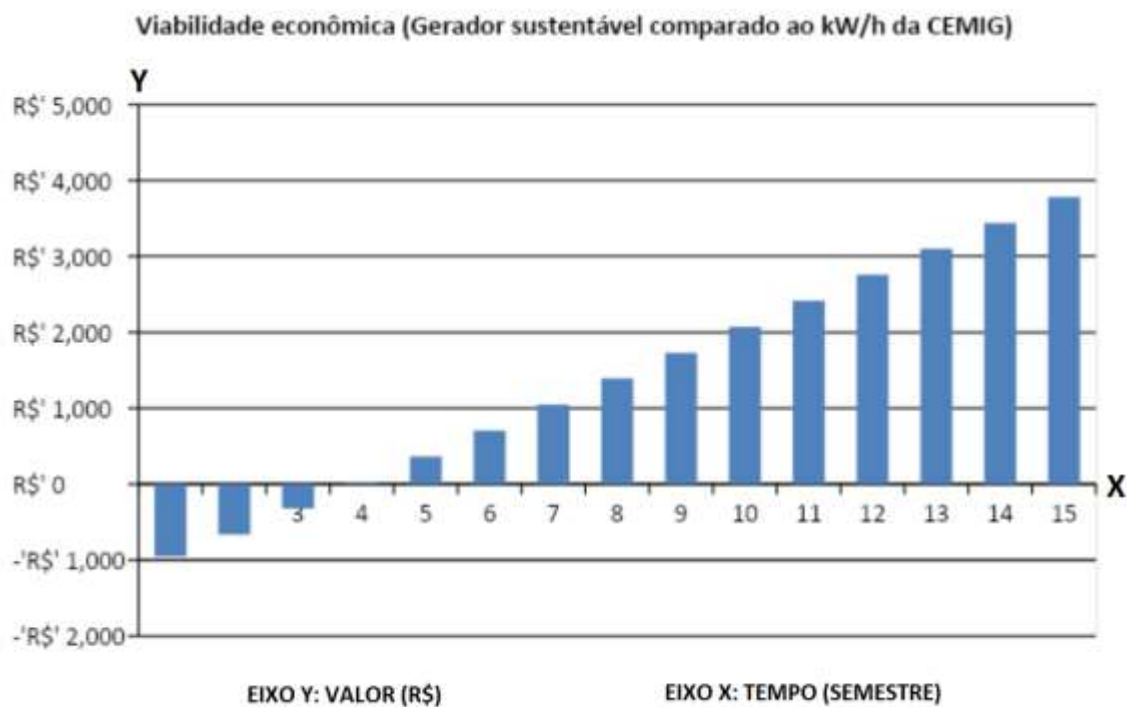


Gráfico 3: Viabilidade econômica da geração de energia elétrica em relação ao custo do kW/h da CEMIG. (Fonte: autor)



Esta simulação de caso da viabilidade da implantação do projeto completo para a geração de energia elétrica em residências. Essa simulação implica os seguintes fatores: Constância de atualização de dados é de 6 meses; família média de quatro integrantes; valor atual do kW/h da empresa CEMIG é de R\$0,62833 em situação de “Bandeira verde”; tarifas do grupo B (antes dos impostos); B1 Residencial Normal; consumo mensal de 95,49 kW/h, R\$60,00. Os dados obtidos através do site da empresa CEMIG não informam o valor dos impostos cobrados sob as suas tarifas. O gráfico mostra a economia gerada durante todo o tempo de vida útil do projeto, sete anos. O valor aplicado inicialmente para a construção do gráfico é obtido a partir do seguinte cálculo, $V_{inicial} = C_{bd} + C_{bm} + C_{glp}$, ($V_{inicial}$: Valor inicial; C_{bd} : Custo do biodigestor; C_{bm} : Custo da biomassa; C_{glp} : Custo do GLP) e com a economia de energia elétrica soma-se R\$60,00 por mês, intercalando cada mês, subtrai-se R\$6,00, que é o gasto com o material orgânico para manter em funcionamento o biodigestor, assim obtemos os valores que formam os dois gráficos apresentados.

Utilizando um arduino com sensor MQ-4 observou-se que uma concentração de 57% de metano na composição completa do biogás após 14 dias de fermentação da biomassa, número que apresenta baixa variação durante 28 dias quando começa a apresentar queda. Sem outros sensores específicos estima-se teoricamente que de 33% seja de dióxido de carbono e os outros 10% gases como hidrogênio, oxigênio e gás sulfídrico, segundo consta em pesquisas feitas pela Embrapa. Com o uso do filtro químico foi possível obter uma concentração de 82% de metano o que facilita a combustão. Ainda, o biodigestor produz o volume médio de 130 litros de metano por hora, suficiente para carregar a bateria completamente.

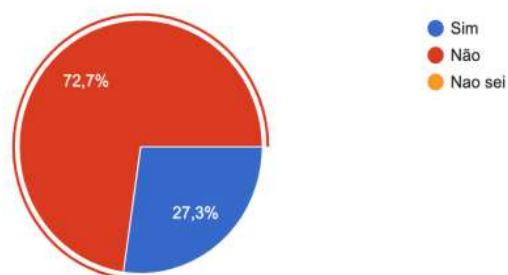
O motogerador gera uma tensão de 13,8 volts, e corrente máxima de 12 ampere, carregando um banco de baterias de 120 a, em 10 horas, atingindo o consumo médio de 101,7 litros de metano por hora. O biodigestor produz o volume médio de 130 litros de metano por hora, suficiente para carregar a bateria completamente.

Por fim, foi feita uma pesquisa de interesse no protótipo com N=11 praticantes do agronegócio (Gráficos 4 e 5). Interessantemente, 72,7% dos consultados não se sentiram satisfeitos com o gasto de energia elétrica e 54% dos consultados separaria o esterco para uso no biodigestor. Indicando, dessa forma, que o protótipo teria aceitação por parte do público alvo.

Gráfico 4

Você se sente satisfeito com o seu gasto de energia elétrica atual?

11 respostas



Você se sente satisfeito com o seu gasto de energia elétrica atual?

11 respostas

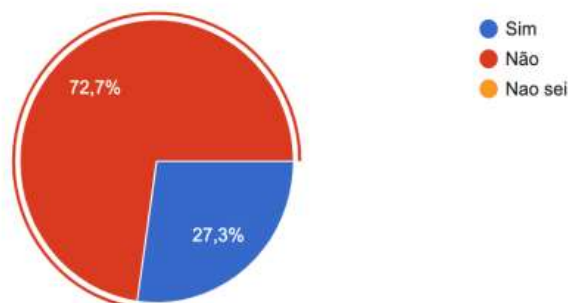
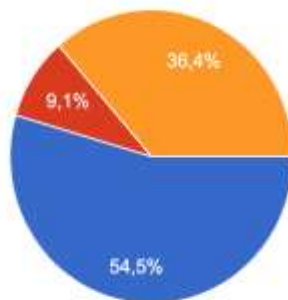


Gráfico 5. Pesquisa de satisfação de consumo de eletricidade com produtores rural de Alagoa-MG. (Fonte: autor)

Gráfico 5

Se você tivesse uma alternativa gratuita para abastecer eletricamente sua propriedade mas que envolvesse um trabalho diário de juntar esterco, você usaria?



Você se sente satisfeito com o seu gasto de energia elétrica atual?

11 respostas

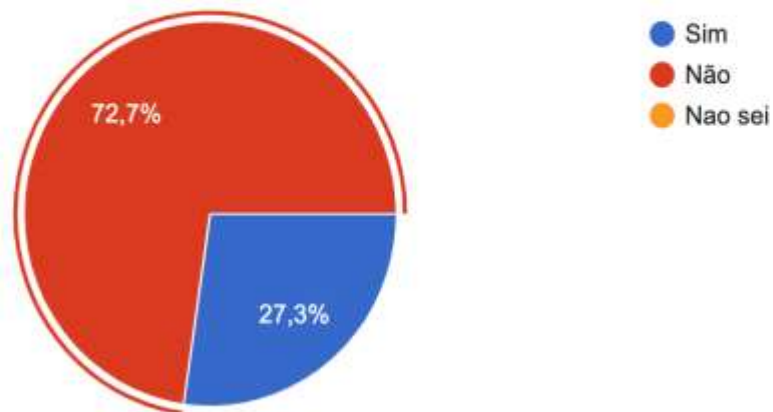


Gráfico 5. Pesquisa de satisfação de consumo de eletricidade com produtores rural de Alagoa-MG. (Fonte: autor)



6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a criação de um sistema autorrenovável de geração de energia elétrica foi bem sucedida, uma vez que o biodigestor é capaz de gerar biogás que ao percorrer o sistema de motogeradores gera uma tensão de saída de 100-120V. Além disso, concluiu-se que o protótipo tem custo final de mercado de R\$ 890, o qual, comparado a um kit comercial de placas solares residenciais que parte de R\$ 9.372,99, mostra-se como uma alternativa de baixo custo.

Com a intensificação do efeito estufa, cerca de 360 ppm em volume de gás carbônico (comparado a 280 ppm na Revolução Industrial), a necessidade dos países de investir em uma matriz energética sustentável tornou-se essencial. Atualmente, a agricultura é responsável por até 24% das emissões de CO₂ (IPCC). Assim o uso do protótipo criado neste projeto no cenário agrícola estaria contribuindo para a redução da emissão de gases intensificadores do efeito estufa, de uma forma integralmente sustentável e acessível. Vale ressaltar que o próprio gás carbônico gerado pelo sistema é reaproveitado em carbonato de sódio (barrilha), por meio do uso do filtro químico, este pode ser utilizado em controle de pH em água, tratamentos industriais, como aditivo, como agente para titulação de Fisher, entre outros. Por fim, foi feita uma pesquisa de interesse no protótipo com N=11 praticantes do agronegócio. Interessantemente, 72,7% dos consultados não se sente satisfeito com o gasto de energia elétrica e 54% dos consultados separaria o esterco para uso no biodigestor. Concluindo, dessa forma, que o protótipo teria aceitação por parte do seu público alvo.

Entre os combustíveis, o metano é o que gera menor poluição. No Brasil a agricultura corresponde a 24% do CO₂ emitido anualmente. Desta forma torna-se notável o uso do biodigestor para reduzir impactos ambientais e o uso de matrizes energéticas convencionais. O sistema mostra-se econômico, de fácil implantação e soluciona o problema estudado.



REFERÊNCIAS

1. CEMIG, Tarifas e Serviços. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx> Acessado em 05/08/19.
2. Blog BGS, Mini biodigestor. Disponível em: <<http://bgsequipamentos.com.br/blog/tag/biodigestor-caseiro>> Acessado em: 17 de mai de 2017.
3. Centro Paula Souza, Gerador magnético de energia. Disponível em: <<http://www.excute.educatronica.com.br/Monografias%2037%C2%AA%20EXCUTE/Mecatr%C3%B4nica/Gerador%20Magn%C3%A9tico%20de%20Energia.pdf>> Acessado em: 05 de junho de 2017.
4. O Eco, Gases do efeito estufa. Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28261-gases-do-efeito-estufa-dioxido-de-carbono-co2-e-metano-ch4/>> Acessado em: 28 de mai de 2017.
5. COPEL. COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. Chamada pública de compra de energia elétrica CP005/2008. Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/resultado_biogas/\\$FILE/VENCEDORES_biogas27_01_09.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/resultado_biogas/$FILE/VENCEDORES_biogas27_01_09.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2009.
7. COSTA, D.F. Geração de energia elétrica a partir do biogás do tratamento de esgoto. 2006. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
8. ESPERANCINI, M.S.T.; COLÉN, F.; BUENO, O. de C.; PIMENTEL, A.E.B.; SIMON, E.J. Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do Estado de São Paulo. Revista de Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.27, n.1, p.110-118, 2007.
9. GUSMÃO, M.M.F.C.C. Produção de biogás em diferentes sistemas de criação de suínos em Santa Catarina. 2008. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.



10. KEYMER, U.; REINHOLD, G. Grundsätze bei der projekt planung. In: ROHSTOFFE,F.N. Handreichchung biogasge winnung und-nutzung. Gülzow: Institut Für Energetik Und Umwelt, 2006. p.182-209.
11. KUNZ, A.; OLIVEIRA, P A V. Aproveitamento de dejetos animais para geração de biogás. Revista de Política Agrícola, Brasília, v.15, n.3, p.28-35, 2006.
12. LA FARGE, B. de. Le biogaz: procédés de fermentation méthanique. Paris: Masson, 1995. 237 p.
13. MCT. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Status atual das atividades de projeto do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) no Brasil e no mundo. Disponível em: <www.mct.gov.br/upd_blob/0206/206713.pdf>. Acesso em: 22 out. 2009.
14. OLIVEIRA, P.A.V. de; ZANUZZI, C.M. da S.; de SOUZA, D.O. Gestão ambiental de propriedades suinícolas: experiência do projeto suinocultura SC/PNMA II. Florianópolis: FATMA/Embrapa Suínos e Aves, 2006. 104 p.
15. OLIVEIRA, P.A.V. de; HIGARASHI, M.M. Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006. (Documentos, 115).
16. OLIVEIRA, P.A.V. de; DA SILVA, A. P. As edificações e os detalhes construtivos voltados para o manejo de dejetos na suinocultura. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006. (Documentos, 113).
17. OLIVEIRA, P.A.V. de; MARTINS, F.M. Utilização do biogás na suinocultura para geração de energia elétrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. Anais... Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2007. 1 CD-ROM.
18. SOUZA, S.N.M.; PEREIRA, W.C.; NOGUEIRA, C.E.C.; PAVAN, A.A.; SORDI, A. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor-gerador utilizando biogás da suinocultura. Acta Scientiarum Technology, Maringá, v.26, n.2, p.127-133, 2004.
19. SOUZA, S.N.M.; COLDEBELLA, A.; SOUZA, J.; KOEHELER, A.C. Viabilidade econômica de uso de biogás da bovinocultura para geração de eletricidade e irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35.,



- 2006, João Pessoa. Anais... Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2006. 1 CD-ROM.
20. STOKES, J.R.; RAJAGOPALAN, R.M.; STEFANO, S.P. Investment in a methane digester: An application of capital budgeting and real options. Review of agricultural economics, Amsterdam, v.30, n.4, p.664-676, 2008.
21. ZAGO, S. Potencialidade de produção de energia através do biogás integrada à melhoria ambiental em propriedades rurais com criação intensiva de animais, na região do meio oeste catarinense. 2003. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Regional de Blumenau, Centro de Ciências Tecnológicas, Blumenau, 2003.
22. Dados sobre o agronegócio brasileiro, Ministério da Agricultura do governo federal. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/agropecuaria-brasileira-em-numeros>>, acesso em: 11 de outubro de 2019.
23. Atlas de energia elétrica do Brasil / Agência Nacional de Energia Elétrica. 3. ed. – Brasília : Aneel, 2008. 236
24. Dados sobre kit comercial de placa solar. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/kit-de-energia-solar--tudo-o-que-voce-precisa-saber.html>>, acesso em 16 de outubro de 2019.
25. UN Environment – Office for Latin America and the Caribbean, Sub-regional Office for the Southern Cone, and International Environmental Technology Centre (IETC) Brazilian Association of Public Cleansing and Waste Management Companies – ABRELPE. Organic Waste Management in Latin America: Challenges and Advantages of the Main Treatment Options and Trends. p1-30, 2017.

AUTOR DA PESQUISA

