

Utilização do geoprocessamento para projetos de condomínios de biogás

Bruno Aparecido Oliveira (UEPG) brunoaparecidooliveira@gmail.com

Selma Regina Aranha Ribeiro (UEPG) selmar.aranha@gmail.com

Patrícia Teixeira dos Santos (FAEL) patriciateixeirasantos@gmail.com

Jovani Taveira de Souza (UTFPR) tjovani@msn.com

Resumo:

O objetivo do presente trabalho é abordar os principais aspectos referentes a produção de biogás, sua definição e importância, além de tratar sobre as tecnologias e infraestruturas adequadas para a produção de biogás em condomínios. O artigo também descreve a importância do geoprocessamento como ferramenta tecnológica responsável de encontrar soluções adequadas. No estudo há a exemplificação da utilização do geoprocessamento, como ferramenta de apoio na produção de biogás.

Palavras chave: Biogás, Biogasoduto, Geoprocessamento

Use of geoprocessing for biogas condominium projects

Abstract

The aim of this study is to discuss the main aspects related to biogas production, the definition and importance, besides dealing on technology and suitable infrastructure for biogas production in condominiums. The article also discusses the importance of geoprocessing as a technological tool responsible to find appropriate solutions. In the study there is the exemplification of the use of geoprocessing as a support tool in the production of biogas.

Key-words: Biogas, Biogas Pipeline, Geoprocessing

1. Introdução

As alterações climáticas tem sido objeto de pesquisa nos últimos anos e estudos apontam que a principal razão para esse fenômeno seja a emissão de gases do efeito estufa (GEE), como CO₂, CH₄ e N₂O e desde a assinatura do Protocolo de Quioto, os países signatários se comprometeram na redução da emissão do GEE em todas as áreas, inclusive a agricultura (OSADA, TAKADA, SHINZATO, 2011).

A intensificação das atividades humanas geraram nas últimas décadas um aumento na produção de dejetos na agricultura, com base nisso, soluções foram criadas para dar um tratamento adequado aos mesmo e ainda possibilitaram que novas oportunidades de negócios surgissem. Nesse sentido um dos destaques é o trabalho envolvendo a biomassa e seus derivados, que servem de insumos para diversas atividade econômicas. Nesse cenário o Brasil não está alheio no que diz respeito a geração de energia elétrica envolvendo o biogás, embora sua exploração está muito aquém de suas possibilidades, ainda mais levando-se em conta que a participação do biogás na matriz energética brasileira representa apenas 0,06% do total (ANEEL, 2014).

Dentro do contexto agrícola brasileiro houve um grande crescimento na produção de alimentos, o que trouxe um aumento na produção de dejetos, que comumente são lançados sem tratamento no meio ambiente, sendo muito comum ocorrer esse descarte nos rios. Nesse âmbito, algumas atividades são consideradas como sendo potencialmente causadoras de degradação ambiental, por exemplo, a suinocultura (PANZARINI, RODRIGUES e FRANCISCO, 2015). Dentre as diversas atividades agrícolas, a produção animal é que mais gera grande impacto ambiental, pois os dejetos geram poluição atmosférica, poluição das águas e solo, além de potencializar patogêneses aos seres humanos e outros animais (GOMES, PIACENTI, 2016).

Deve ser dado um manejo adequado aos dejetos que são despejados na natureza, que acabam impactando os mananciais e que por consequência afetam a qualidade de vida das populações rurais e urbanas, além de impactarem na fauna e flora locais (PANZARINI, RODRIGUES e FRANCISCO, 2015).

Com o desenvolvimento tecnológico é natural que surgissem técnicas para um melhor manejo nas atividades relacionadas, dentro desse contexto o geoprocessamento pode ser utilizado na implantação, manutenção e gestão de condomínios de bioenergia e biogasodutos. O geoprocessamento também é uma ferramenta essencial na definição da metodologia de produção do biogás, geração de energia e de melhores práticas na instalação de redes de transmissão e distribuição. A partir dos dados também é possível determinar qual é o melhor traçado para o biogasoduto, contando com informações geradas por *softwares*.

O presente artigo está subdividido da seguinte maneira: a primeira seção apresentada é a introdução, que exhibe uma visão geral sobre o conteúdo do artigo. Na sequência há a seção 2, que aborda o conteúdo teórico que segue, essa seção é dividida em subseções, a primeira delas a 2.1, descreve uma visão geral sobre o biogás e sua importância, a subseção seguinte, 2.2, descreve o que são os biodigestores anaeróbicos, a terceira, 2.3, retrata sobre os condomínios de biogás, a próxima subseção, 2.4, descreve os biogasodutos e a última subseção, 2.5, aborda o geoprocessamento e a produção do biogás. A seção seguinte, 3, relaciona a metodologia utilizada. Por fim, a última seção, 4, são descritas as considerações finais.

2. Produção de biogás

Os conceitos teóricos relacionados ao biogás, biodigestores anaeróbicos, condomínios de biogás, biogasodutos e o geoprocessamento na produção do biogás, são abordados na sequência.

2.1. Biogás

O biogás é um composto de gases que são produzidos através da fermentação anaeróbica, que em condições adequadas produz grandes quantidades de gás metano, ao qual possui poder calorífico. A biodigestão produz biogás e o biofertilizante, como consequência da capacidade dos microrganismos de transformar os compostos orgânicos nesses subprodutos. Quando ocorre a fermentação na presença do oxigênio, ocorre a produção principalmente de dióxido de carbono, quando ocorre a fermentação anaeróbica, então é produzido o metano. Para que ocorra o sucesso na produção de metano deve-se haver um equilíbrio em relação à proporção entre água, pH, temperatura e material orgânico (MOTTA, 2012).

O biogás é considerado uma fonte de energia renovável e seu uso energético apresenta vantagens ambientais, sociais, estratégicas e tecnológicas significativas, podendo ser utilizado como energia elétrica, térmica e veicular. O uso do metano proveniente da degradação

biológica dos resíduos pode mitigar o efeito estufa e ajudar a tornar sustentável a matriz energética (LUCIO, 2015).

O potencial calorífico do biogás varia de 5.000 a 7.000 kcal por metro cúbico, e, submetido a um alto índice de purificação, pode gerar até 12.000 kcal/m³. Esse alto poder calorífico é capaz de substituir a lenha, a gasolina e o GLP (GOMES, PIACENTI, 2016). Por conta de seu potencial de queima, o biogás possui potencial para ser utilizado como combustível em caldeiras e fornos, gerando energia térmica, como também pode ser utilizado para geração de energia elétrica, com a vantagem de possibilitar a geração de energia descentralizada, o que causa uma economia em relação a instalação de linhas de transmissão, que chegam a custar R\$ 480.000,00 por quilômetro de conexão (BRAGA, 2015; ZILOTTI, 2012).

A geração de biogás depende da característica do resíduo, que é o insumo para o desenvolvimento dos micro-organismos no biodigestor, essa característica varia de acordo com a espécie animal que produz os excrementos. Nesse sentido observa-se que o biogás é o produto mais importante da digestão anaeróbia e a quantidade de metano presente no biogás determinará a pureza do gás, ou seja, quanto mais metano, mais puro é o biogás (GOMES, PIACENTI, 2016).

Como resultado da digestão anaeróbica são gerados os gases que compõem o biogás, que é composto essencialmente de metano e gás carbônico, mas também gás sulfídrico e outros componentes em quantidades menores, tais como hidrogênio, gás sulfídrico, oxigênio, amônia e nitrogênio. Além do mais, a matéria orgânica residual, o biofertilizante é rico em nitrogênio. Entretanto, é difícil definir com precisão a composição dos subprodutos, pois essa depende das características da biomassa residual, temperatura, umidade, acidez, ausência de oxigênio, critérios de fermentação e do tipo de biodigestor e sua operação (BALMANT, 2009; LUCIO, 2015).

Dentro deste âmbito, uma das possibilidades na mitigação da poluição das atividades agrícolas é a utilização de biodigestores de digestão anaeróbica que ao mesmo tempo, agrega valor às propriedades rurais, além tratar de aspectos ligados ao saneamento e energia, também pode se tornar uma atividade econômica, pois, com a produção e uso do biogás há a economia de outros combustíveis, produção de biofertilizantes, possibilidade de geração de energia alternativa (MARTINEZ, *et al.*, 2003; MOTTA, 2012).

2.2 Biodigestores anaeróbicos

Um biodigestor anaeróbico pode ser definido como sendo uma câmara hermética, onde é inserido um efluente que passa por um processo de metabolização por meio de bactérias anaeróbicas. Na operação de um biodigestor se faz necessário que haja uma quantidade contínua de matéria orgânica, tempo de retenção hidráulico curto, praticidade de mistura e movimento da biomassa, manutenção do pH na faixa ideal para a digestão anaeróbica que varia entre 6,8 a 7,2 (SAKUMA, 2013).

As estruturas principais dos biodigestores são a câmara de digestão e gasômetro. Na câmara de digestão é onde ocorre a degradação da matéria orgânica. O gasômetro encontra-se sobre a câmara de digestão, nele o biogás fica retido para seu uso posterior (HACHMANN, *et al.*, 2014).

Cabe salientar que o biodigestor não produz o biogás, mas a forma como foi construído propicia um ambiente adequado para o grupo de bactérias metanogênicas degrade a biomassa, e gere o gás metano e seus compostos (ZAMMAR, *et al.*, 2014). Nessas condições a biodigestão para a formação do biogás pode ser dividida em quatro etapas, as quais são: hidrólise, acidogênese,

acetogênese e metanogênese. Esse processo é descrito por Balmant (2009, p.10) da seguinte forma:

Na hidrólise, as enzimas produzidas pelas bactérias transformam polímeros, como amido e proteínas, em monômeros, como açúcares e aminoácidos. Na acidogênese, esses monômeros são transformados em ácidos graxos voláteis (AGV), como ácido butírico e ácido propiônico. Na acetogênese, esses ácidos graxos voláteis são transformados em ácido acético, gás carbônico e hidrogênio gasoso. Na metanogênese, o ácido acético é transformado em metano e gás carbônico pelas bactérias metanogênicas acetoclásticas e o gás carbônico e o hidrogênio são combinados, formando metano, pelas bactérias metanogênicas hidrogenotróficas.

Embora o processo de transformação da biomassa em biogás e biofertilizantes seja o mesmo, ou seja, através de digestão anaeróbica, o biodigestor não se limita a apenas a um modelo, mas em vários e ocorre uma variação em relação aos materiais e a complexidade de construção, isso é realizado com o objetivo de proporcionar um aumento de eficiência no sistema de acordo com a realidade que surgiram (LUCIO, 2015).

Os modelos de biodigestores mais conhecidos de fluxo contínuo são: indiano, chinês, reator anaeróbico de fluxo ascendente (UASB) e canadense. O modelo indiano é considerado de fácil construção, mas seu gasômetro de metal pode inviabilizar o modelo. O modelo chinês é mais barato que o modelo indiano, mas pode apresentar problemas de vedação. O modelo UASB, sigla em inglês para *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*, que pode ser traduzido como Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente, é mais indicado para o tratamento de uma variedade de residuais da indústria, doméstica, agroindústria, entre outras. O modelo canadense é horizontal e retangular, mas a variação da temperatura pode prejudicar a produção de biogás (RICARDO, 2012).

2.3 Condomínios de biogás

Um condomínio de geração de bioenergia consiste em organizar agricultores para aproveitarem o potencial energético do biogás produzido em conjunto, sendo que esse gás é produzido individualmente, mas conduzido para uma unidade central através de uma tubulação e segundo Schuch (2012, p. 38) para “purificação, e comercialização na forma de energias, térmica e elétrica”.

A produção de biogás pode transformar o problema de falta de saneamento rural, em uma nova oportunidade de renda para a exploração agropecuária, com oportunidades de negócio e renda para as propriedades rurais, independente disso ser realizado de forma individualizada no caso dos grandes produtores, ou de forma coletiva com a associação de diversos imóveis rurais vizinhos entre si, em condomínios de geração e comercialização de agroenergias, pois, o aproveitamento energético para a produção em menor escala se mostra como maior inibidor da atividade (SCHUCH, 2012; LUCIO, 2015).

Para a construção do condomínio também deverão ser levados em conta o potencial de energia gerado pelos dejetos e pela distância que os produtores estão entre si (RATHUNDE, 2009).

A importância da purificação do biogás em uma unidade central é importante dependendo da utilização para a qual se pretende destinar, por exemplo, o biometano para uso automobilístico para ser comercializado, deve ter o percentual mínimo exigido pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) de 87% de CH₄, atingindo percentuais do Gás Natural Veicular (GNV) (GOMES, PIACENTI, 2016).

Uma substância que é produzida no biogás que é importante ser removida é o gás sulfídrico (H₂S), pois provoca a corrosão, danificando equipamentos e instalações de sistemas de

geração de energia. A purificação do biogás pode reduzir seu potencial poluidor, bem como favorecer o aumento dos teores de metano, consequentemente elevando seu poder calorífico (OKAMURA, 2013).

2.4 Biogasodutos

O transporte do biogás proveniente de diversos produtores para um estação central ocorre por meio de um gasoduto, que no caso do biogás também é denominado de biogasoduto (LUCIO, 2015; BRAGA, 2015).

Quanto ao transporte de biogás, não existem normativas específicas para os equipamentos que compõem esse sistema, pois ainda são recentes os empreendimentos de biogás, e por conta disso inexistem recomendações específicas, mas diretrizes para o gás natural servem de embasamento. Projetos em outros países injetam o biogás purificado, na condição de biometano, em gasodutos de gás natural (LUCIO, 2015).

Na construção de um biogasoduto pode-se utilizar tubos de aço carbono, com ou sem costura, conforme ABNT NBR 5580, tubos de cobre rígidos, sem costura com espessura mínima de 0,8 mm conforme ABNT NBR 13206, tubos de cobre flexível, sem costura conforme ABNT NBR 14754, tubos de polietileno (PE80 ou PE100), conforme ABNT 14462, para redes enterradas. Outra alternativa é a construção de um biogasoduto de PVC, com a vantagem do baixo custo de instalação e fácil manutenção (JOHANN, 2012).

2.5 Geoprocessamento na produção do biogás

O geoprocessamento consiste na utilização de técnicas computacionais e matemáticas para obter e analisar informações espaciais (CRAVEIRO, *et al.*, 2012). Define-se geoprocessamento como uma ferramenta de grande importância como meio de apoio para o desenvolvimento de aplicações voltadas ao meio ambiente, pois permite a realização de análises complexas (SENA, SANTIAGO NETO, LEITE, 2012).

No campo da engenharia, as geotecnologias são essenciais, segundo Craveiro, *et al.* (2012, p.2) “pois permitem a visualização da distribuição espacial de características físicas da superfície terrestre, que acabam condicionando os projetos”. As geotecnologias podem ser descritas como as técnicas de aplicação de sensores remotos, uso de *software* e *hardware* especializados na área de geoprocessamento, além da utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (SILVA, SANTOS, 2011).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) por sua vez são caracterizados como instrumentos, baseados em computador, utilizados para compreensão e análise espacial, além de suas capacidades de armazenamento, gestão, análise, modelação e visualização de dados espaciais (SILVA, 2014).

Um exemplo de utilização de um *software* como ferramenta de apoio em projetos de biogás é o BiogasMap, que é um mapa interativo, *online*, em que é possível visualizar todas as plantas de biogás existentes no Brasil. Esse serviço foi desenvolvido pelo Centro Internacional de Energias Renováveis - Biogás (CIBiogás), em parceria com o Centro Internacional de Hidroinformática (CIH), com apoio do Projeto Brasil-Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil (PROBIOGÁS) (CIBIOGAS, 2015; FIEP, 2016). Na imagem 1, é visualiza-se um mapa da região Oeste do Estado do Paraná, próximo a fronteira com o Paraguai, em que são mostrados planta de biogás.



Imagem 1: Demonstração do BiogasMap na região Oeste do Paraná, demonstrando plantas de biogás

Fonte: CIBiogás (2015)

Com a utilização dessas técnicas pode ser caracterizado o traçado do biogasoduto por meio de imagens, visando a utilização do melhor terreno para passagem dos tubos de modo a gerar menor impacto nos moradores envolvidos e ao meio ambiente. Outro enfoque é a demonstração a partir de mapas temáticos, que foram os resultados dos estudos, a quantidade de biogás produzido em cada propriedade, a fim de fornecer um maior poder de gestão aos interessados no projeto (GONZÁLEZ *et al.*, 2013). Um exemplo de visualização de uma geoinformação é a Imagem 2, que mostra a vista aérea da região do Condomínio de Agroenergia Ajuricaba, localizado no município de Marechal Cândido Rondon, no oeste do Estado do Paraná.

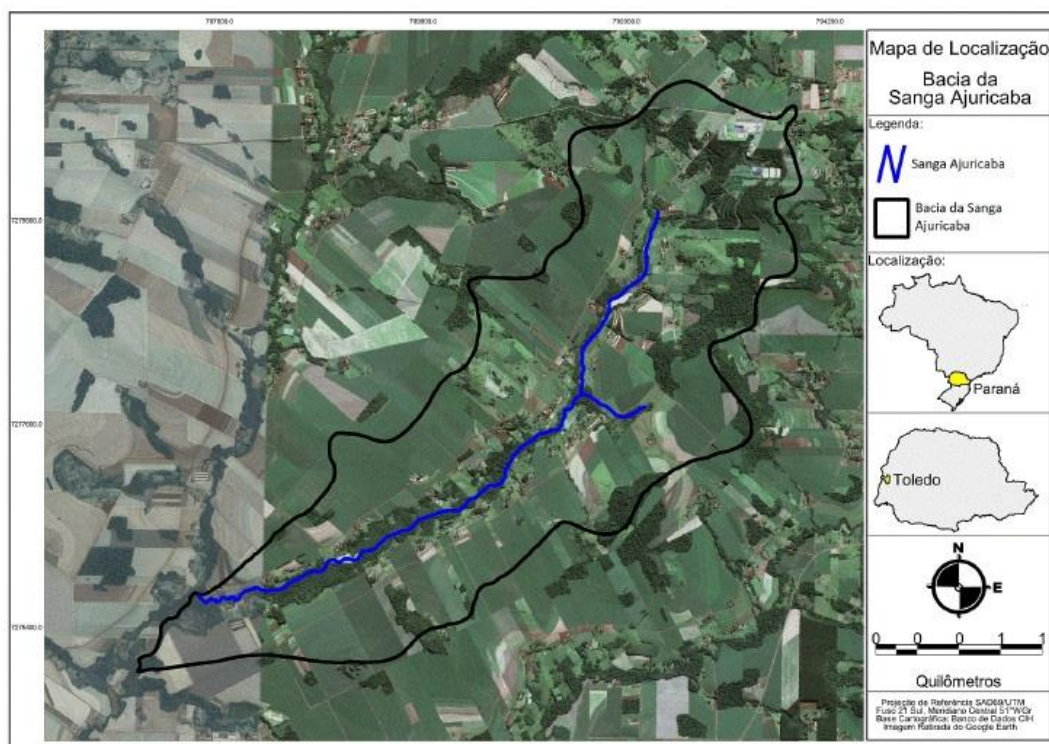


Imagem 2: Localização da região do condomínio Ajuricaba

Fonte: González *et al.*, (2013, p. 3)

O geoprocessamento pode ser utilizado na implantação, manutenção e gestão de condomínios de bioenergia e biogasodutos. O geoprocessamento também é uma ferramenta essencial na definição da metodologia de produção do biogás, geração de energia e de melhores praticas na instalação de redes de transmissão e distribuição. A partir dos dados também é possível determinar qual é o melhor traçado para o biogasoduto, contando com informações geradas por softwares para observar áreas de mata ciliar, que dificultam na instalação e manutenção do mesmo, essas áreas, por conseguinte, não são uma área de interesse para o traçado do biogasoduto. A análise de dados altimétricos, mostram qual o melhor terreno, no caso, o mais plano, para a instalação do biogasoduto (GONZÁLEZ *et al.*, 2013).

Assim, para melhor aproveitar as necessidades produtivas em que se deseja uma maior quantidade de produção e que a mesma possua uma melhor qualidade, além de outros aspectos como mais higiene, bem-estar animal e segurança alimentar, com o respeito pelo meio ambiente, são indispensáveis que a gestão dos efluentes agropecuários seja parte integrante de qualquer sistema de produção. Nesse sentido, localizar infraestruturas desejáveis ou indesejáveis é uma tarefa complexa pela quantidade de variáveis envolvidas, como, por exemplo, a proximidade a rios, estradas e populações, e características espaciais da região, incluindo a geologia, declive, tipo de solos, entre outros. (SILVA, 2014).

Para promover o desenvolvimento e instalação de sistemas de digestão anaeróbica é essencial proceder a uma avaliação da aptidão do solo para definir a sua localização. Determinar o tipo dos solos para usos específicos é um processo complexo que envolve várias preocupações biofísicas, ambientais, socioeconômicas e técnicas. A avaliação da aptidão dos solos é uma ferramenta utilizada para identificar os locais mais adequados para a localização, por exemplo, de uma infraestrutura, de acordo com exigências específicas. A tarefa de se localizar o local mais adequado para se instalar uma infraestrutura é fundamentalmente um processo de decisão em que se pretende identificar e, posteriormente, comparar diferentes alternativas espaciais para a sua utilização (SILVA, 2014).

Um exemplo da análise e tratamento das imagens foi realizado por González *et al.*, (2013), que com base nas informações levantadas, trabalhadas e estilizadas, nas quais foram gerados os produtos em forma de mapas, demonstrando com clareza os dados, e orientando os interessados sobre as melhores formas de instalação do gasoduto, e detalhando a produção de biogás de cada propriedade. Foi criado um mapa temático, Imagem 3, com a intenção de evidenciar a quantidade de biogás que é produzida em cada propriedade, sendo contabilizada em metros cúbicos por dia. É importante ressaltar que existe uma grande diferença entre propriedades, e a produção do biogás é variável de acordo com a quantidade de animais existentes na área (GONZÁLEZ *et al.*, 2013).

A imagens denominadas Imagem 2 e Imagem 3, apresentadas no presente estudo foram geradas no software gvSIG (GONZÁLEZ *et al.*, 2013). O gvSIG é um *software* livre, foi lançado em 2004 pelo Conselho de Infraestruturas e Transporte (*Conselleria de Infraestructuras y Transporte – CIT*) de Valência, Espanha, com o apoio da Comunidade Européia. E de acordo com as demandas de mercado e baseado nos padrões do *Open Geospatial Consortium* (OGC). O gvSIG pode ser considerado um SIG completo possuindo uma ferramenta, denominada sextante, que possibilita processar tanto dados vetorial ou matricial disponibilizando ferramentas para a análise de dados hidrológica, de proximidade, de custos, lógica *fuzzy*, geoestatística, processamento de imagens, além de possibilitar a análise estatística, análise de paisagem, interpolação (SÁTIRO, SIMÕES, 2013).

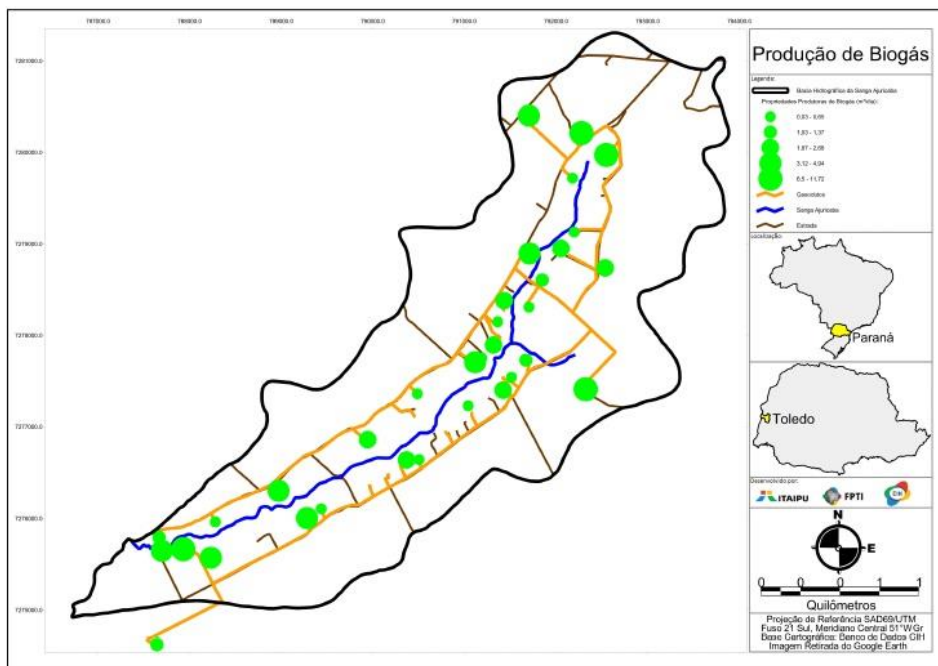


Imagem 3: Produção de biogás no Condomínio Ajuricaba

Fonte: González *et al.*, (2013, p. 3)

A análise por mapas se faz importantes no que diz respeito a instalação de centrais de biogás, que devem estar longe de cursos e corpos d'água e áreas de valor ecológico, mas por questões economicas essas estruturas devem ser instaladas próximos a redes elétrica e de estradas, além de estar situadas em regiões com baixa declividade. Também recomenda-se que as estações de biogás não sejam próximas a áreas urbanas, residenciais, comerciais e industriais (SILVA, 2014).

3. Metodologia

A metodologia para a produção e desenvolvimento de pesquisa se faz necessária para a obtenção de resultados satisfatórios, independente da natureza acadêmica do trabalho. De forma geral, a adoção de uma metodologia resulta na escolha de quais regras serão utilizadas para a elaboração do estudo (PRODANOV, FREITAS, 2013).

O presente artigo pode ser classificado como pesquisa qualitativa, no qual é desenvolvido um conteúdo em que o autor analisa e interpreta o seu objeto de estudo, com base na coleta de dados (CRESWELL, 2014).

Em relação aos objetivos de pesquisa para a produção desse artigo, foi realizado um levantamento exploratório e descritivo, no que tange a pesquisa exploratória, explica-se que a mesma possui como objetivo proporcionar uma maior familiaridade com o problema, no qual o pesquisador procurará tornar seu objeto de estudo como algo explícito ou irá construir hipóteses (GERHARDT, SILVEIRA, 2009).

Segundo Gil (2012), “nem sempre fica clara a distinção entre a pesquisa bibliográfica e a documental”, pois para o autor é possível tratar a pesquisa bibliográfica como um tipo de pesquisa documental. Enquanto que para Oliveira (2007 *apud* Sá-Silva; Almeida; Guindani, 2009, p. 5-6) a pesquisa bibliográfica “é uma modalidade de estudo e análise de documentos de domínio científico tais como livros, periódicos, enciclopédias, ensaios críticos, dicionários

e artigos científicos”. Enquanto que a pesquisa documental é, segundo o mesmo autor, é aquela que “caracteriza-se pela busca de informações em documentos que não receberam nenhum tratamento científico, como relatórios, reportagens de jornais, revistas, cartas, filmes, gravações, fotografias, entre outras matérias de divulgação”.

Logo, segundo Oliveira (2007), pode-se interpretar que a presente pesquisa pode ser considerada documental, pois utilizou informações do site CBIogás para exemplificar a utilização de um mapa com a localização de plantas de biogás, sendo que esses não foram tratados cientificamente e essa pesquisa também possui cunho bibliográfico pela sua utilização de artigos, dissertações livros, revistas e teses.

4. Considerações finais

A utilização de energias renováveis possui cada vez mais importância em um mundo comprometido com a preservação dos recursos naturais, dentro desse contexto a biomassa e consequentemente a geração de biogás possuem um papel de relevância.

Existem inúmeras utilidades para o biogás, por conta de seu poder calorífico e para a formação desse composto gasoso em biodigestores também são gerados os biofertilizantes.

O interesse por parte dos subprodutos gerados nos biodigestores vão além do interesse financeiro, pois para a produção dos mesmos é levado a cabo um processo de saneamento rural. Por conta disso, foram desenvolvidas diversas tecnologias com o objetivo de gerar biogás de forma conjunta e transportada através de biogasodutos, que necessitam de um planejamento antecipado e nesse contexto o geoprocessamento aparece como poderosa ferramenta nas tomadas de decisões.

Além da instalação de biogasodutos, o geoprocessamento se faz útil em vários aspectos na produção de biogás, levando-se em conta a importância devem ser tomados alguns cuidados nas instalações relativas a produção de biogás, pois recomenda-se que essas instalações estejam longe de cursos e corpos d’água, perto de estradas, longe de áreas urbanas, instalados em solos com baixa declividade, entre outros critérios. Os SIG são projetados para armazenar, gerir, analisar e visualizar dados geoespaciais necessários para os processos de apoio à decisão, sendo assim bastante úteis neste tipo de problemas.

Referências

- ANEEL. *Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Geração*. Relatório Anual de Geração de Energia Elétrica por Fonte no Brasil. Fevereiro, 2014.
- BALMANT, W. *Concepção, construção e operação de um biodigestor e modelagem matemática da biodigestão anaeróbica*. 2009. 60f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais). Universidade Federal do Paraná – Curitiba. 2009.
- BRAGA, M. A. C. *Análise do uso de biogás da suinocultura como energia térmica e elétrica em uma indústria cerâmica*. Dissertação (Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande. 2015.
- CIBIOGAS. *Um retrato do biogás no Brasil a um clique de você*. 2015. Disponível em <<https://cibiogas.org/biogasmap>> Acesso em 25 set. 2016.
- CRAVEIRO, M. V.; PAMBOUKIAN, S. V. D.; CAMPOS NETO, S.; BARROS, E. A. R. *Ferramentas computacionais para geoprocessamento em projetos de engenharia, arquitetura e urbanismo*. In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. 2012.
- CRESWELL, J. W. *Investigação qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens*. 3. ed. Porto Alegre: Penso, 2014. 342 p.
- FIEP. *Oportunidades da Cadeia Produtiva de Biogás para o Estado do Paraná*. Curitiba: Senai/PR. 2016. 144p.

- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T.** *Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120p.
- GOMES, A. C. A.; PIACENTI, C. A. A.** *Viabilidade Econômico-Financeira do Biogás para Uso Veicular na Região de Toledo, Paraná*. Revista Paranaense de Desenvolvimento. Curitiba, v.37, n.130, p.83-97, jan./jun. 2016.
- GONZÁLEZ, T. H. A., ALVES, A. R., DIAS, R. S., GONZÁLES, R. H.** *Utilização do gvSIG na demonstração da produção de Biogás e na definição do traçado de gasoduto*. In: V Jornadas de Latinoamérica y Caribe de gvSIG, Buenos Aires. 2013.
- HACHMANN, T. L.; LAURETH, J. C. U.; PARIZOTTO, A. A.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C.** *Resíduos de aves e suínos: Potencialidades*. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. v. 8, n. 5, p. 59-65, 2014.
- JOHANN, C. D.** *Dimensionamento de uma instalação para aproveitamento do biogás existente nas pequenas propriedades rurais*. 2012. Dissertação (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Horizontina – Horizontina, RS. 2012.
- LUCIO, L. T.** *Estudo de viabilidade técnica e econômica para o aproveitamento energético do biogás no Município de Entre Rios do Oeste – PR: produção descentralizada versus produção centralizada de biogás*. 2015. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Cascavel. 2015.
- MARTINEZ, J.; GUIZIOU, F.; PEU, P.; GUEUTIER, V.** *Influence of treatment techniques for pig slurry on methane emissions during subsequent storage*. Biosystems Engineering, v.85, n.3, p.347-354, 2003.
- MOTTA, K. U.** *Avaliação da geração de biogás de um biodigestor de dejetos bovinos e suínos*. 2012. 127f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) - Universidade Federal do Paraná em parceria com o SENAI – PR e a Universidade de Stuttgart, Alemanha. 2012.
- PANZARINI, N. H.; RODRIGUES, R. L.; FRANCISCO, A. C.** *Uso de resíduo da suinocultura na produção de biogás: revisão da literatura*. In: V Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. 2015.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C.** *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2. ed. Novo Hamburgo/RS: Feevale, 2013.
- RATHUNDE, P. H.** *Viabilidade econômica da geração distribuída do biogás de dejetos animais no município de Cruz Machado*. 2009. 139f. Dissertação (Mestrado em Organizações e Desenvolvimento). - FAE – Centro Universitário Franciscano – Curitiba. 2009.
- OKAMURA, L. A.** *Avaliação e melhoria do poder calorífico de biogás proveniente de resíduos sólidos urbanos*. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- OSADA, T.; TAKADA, R.; SHINZATO, I.** *Potential reduction of greenhouse gas emission from swine manure by using a low-protein diet supplemented with synthetic amino acids*. Animal Feed Science and Technology, v. 166-167, p. 562-574, 2011.
- RICARDO, C. M.** *Avaliação econômica de biodigestor de fluxo tubular, com sistema de recirculação, no tratamento de dejetos de suínos*. 72 p. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- SAKUMA, A. C.** *Desenvolvimento e análise experimental de biodigestores modulares de baixo tempo de residência*. 2013. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Paraná – Curitiba. 2013.
- SÁTIRO, T. P. O.; SIMÕES, S. J. C.** *Comparação entre dois Sistemas de informação geográfica (ArcGIS e gvSIG) na elaboração de um mapa de potencialidade para a silvicultura baseado em elementos do meio físico - a bacia do rio Paraíba do Sul (Porção Paulista)*. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu. 2013.
- SCHUCH, S. L.** *Condomínio de agroenergia: potencial de disseminação na atividade agropecuária*. 2012. 50f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel. 2012.
- SENA, F. T. N. S.; SANTIAGO NETO, B. J.; LEITE, A. C. S.** *Uso do geoprocessamento como subsídio à análise ambiental: imagem SRMT na geração dos mapas hipsométrico e de declividade das bacias difusas da*

barragem boa esperança no Estado do Piauí. In: IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. 2012.

SILVA, C. N.; SANTOS J. C. *A Representação Espacial e a Linguagem Cartográfica*. GEOMAE - Geografia, Meio Ambiente e Ensino. Vol. 02, Nº 02, p. 85 – 106. 2º SEM/2011.

SILVA, S. C .G. *Sistema de Apoio à Decisão Espacial Multicritério na Localização de Centrais de Biogás*. 2014. 252f. Tese (Doutorado em Gestão - Ciência Aplicada a Decisão). Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, Portugal. 2014.

ZAMMAR, L.; VAN DEN BOOGAARD. T. A.; ZAMMAR, G.; KOVALESKI, F. Sistema de purificação de biogás. In: IV Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. 2014.

ZILOTTI, H. A. R. *Potencial de produção de biogás em uma estação de tratamento de esgoto de cascavel para a geração de energia elétrica*. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel. 2012.