

ESTUDO DE CASO DE UMA UNIDADE COM MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA Á PARTIR DO BIOGÁS PROVENIENTE DA BIOMASSA

<ROMARIO CESAR DOS SANTOS>¹

<PAULO BRONIERA JUNIOR>²

<KATIELLY TAVARES DOS SANTOS>³

Resumo

A busca por novas fontes de geração de energia elétrica vem ganhando espaço no cotidiano da sociedade, algumas opções já são encontradas nas cidades do Brasil, mais poucas divulgadas. As mais comuns e evidentes tem sido a solar e a eólica, estas fontes tem contribuído com o meio ambiente e proporcionado durante seu funcionamento poluição zero. O objetivo deste trabalho de estudo de caso é apresentar os benefícios que uma unidade com microgeração distribuída a partir do biogás proveniente da biomassa pode oferecer ao usuário, ao meio ambiente e o sistema elétrico brasileiro, acrescentado quais os requisitos necessários pela companhia de energia elétrica e suas exigências para obter se um sistema com segurança e êxito. Na propriedade São Pedro Colombari onde se realizou o estudo tem conseguido bons resultados, como a redução no valor da conta de luz, custo que evitado nos meses de julho, agosto e setembro chegaram a R\$ 4571,27, pode acrescentar também sobre a diminuição nos gastos com óleo diesel utilizado nos tratores, responsável antigamente pela moagem de grão da fabrica de ração e a irrigação da pastagem. Além disso, evitou se a poluição de rios, córregos e lagos com os 1705 m³ de dejetos dos animais confinados, e a emissão de aproximadamente 1000 m³ de gases presentes durante a decomposição da biomassa dos animais e humanos, gases que são causadores

¹ Graduação – Tecnologia em Manutenção Industrial, da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: romario_0389@hotmail.com

² Mestre – Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: Paulo.broniera@pr.senai.br

³ Mestre – Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: Katielly.Santos@fiepr.org.br

do aquecimento global. Para o sistema energético a possibilidade no adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética.

Palavras-chave: Meio Ambiente, Biogás, Geração Distribuída.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil em decorrência dos anos tem aumentado o seu crescimento na geração de resíduos sólidos urbanos, no ano de 2014 a geração total foi aproximadamente 78,6 milhões de toneladas. Muitos desses resíduos sólidos gerado pela população não tem destinos correto em seu depósito, tornando possível o descarte inadequado de 41,6% em lugares de convívio social (ABRELPE, 2014).

Na criação de animais o setor não é muito diferente onde o Brasil é um dos líderes abrigando milhões de cabeças de gado, porcos, aves, etc. Em estudos realizados pela Embrapa esses animais em confinamentos tem uma produção de estrume e urina de aproximadamente 410 milhões de toneladas/ano (GLOBO RURAL, 2011).

Todo esse montante de resíduos se não tratado de forma adequada prejudica de forma significativa o meio ambiente, ocasionando poluições a rios, córregos, nascentes, e chegando até aos lençóis freáticos com possíveis infiltrações de solo. Exposto a céu aberto libera durante seu processo de decomposição os famosos gases dióxido de carbono (CO₂) e o gás metano (CH₄), gases que são responsáveis pelo o efeito estufa na atmosfera e contribuinte para o aquecimento global.

Segundo Sanquetta (2004) apud Rossetto (2014) o gás metano (CH_4) presente no biogás de esgoto é cerca de 20 vezes mais prejudicial (agressivo) ao meio ambiente do que o CO_2 sendo o principal responsável pelo aumento da concentração de gases de efeito estufa em consequências das emissões de causa antrópica.

Segundo Juras (2013) as emissões de gases estufa produzidas pelas atividades humanas são a principal causa do problema. Onde que nas últimas décadas a temperatura teve uma média em seu aumento de $0,78^\circ \text{C}$, já o nível do mar um aumentou que chega cerca de 19 centímetros entre 1901 e 2010.

Por decorrências dessas poluições que veem afetando ao meio ambiente e causando inúmeros problemas ao planeta e seres viventes, tem sido necessário a busca por fontes sustentáveis e renováveis para diminuição desses efeitos ao meio ambiente, portanto, torna se muito interessante o aproveitamento energético desses gases, liberado através de biomassas, conciliando a geração de energia elétrica renovável com a questão no saneamento ambiental, através da redução dos gases de efeito estufa e a poluição ambiental.

A implantação de biodigestores para tratamento desses dejetos e resíduos é uma grande forma de se diminuir as poluições ambiental, permitindo assim a elaboração de um novo produto, no caso o biogás, que depois utilizado em uma central termoelétrica ou gerador motor estacionário do tipo ciclo otto pode virar eletricidade, a matéria orgânica por sua vez transforma se em biofertilizante de alta qualidade e alto valor para a agricultura (ITAIPU SUSTENTAVEL, 2015).

A energia elétrica que a usina gerou durante a queima do biogás, pode ser utilizada pelo próprio usuário em atividades que necessitam de consumo

de eletricidade ou até mesmo exportado na rede de distribuição da concessionária no sistema de geração distribuída, como prevê a resolução normativa 482/2012 da ANEEL (2016) (Agencia Nacional de energia Elétrica). Onde que por sua vez apresenta um aspecto econômico, por gerar renda e movimentar toda uma cadeia da economia local, agregando valores positivos e importantes, como a redução da poluição de rios e atmosférica. A geração distribuída tem vantagem sobre a geração central, pois economiza investimentos em transmissão e reduz as perdas nestes sistemas, melhorando a estabilidade do serviço de energia elétrica, tonando se possível obter maior eficiência energética (INEE, 2016).

Com base nos problemas discutidos, vários trabalhos tem apresentados soluções para minimizar os impactos ambientais e melhorias na eficiência do sistema de geração de energia elétrica do país. Apontado novas fontes viáveis e de grande desempenho na geração de eletricidade, trazendo resultados satisfatórios na diminuição da poluição do meio ambiente, e melhorias para o sistema de geração e transmissão de eletricidade do Brasil.

No trabalho de Rossetto (2014), é demonstrado o desempenho do motor de ciclo otto na geração de energia elétrica utilizando o biogás como fonte de combustível, apontando em seus resultados, um desempenho de 76% com esse tipo de fonte de combustível, e que pode ser melhora se utilizado gasolina em sua mistura.

Em Vergílio (2012), são apresentadas pequenas centrais hidrelétricas as quais surgem como umas das soluções para os problemas socioambientais, causados por novas instalações de usinas hidrelétricas. Que visa à utilização dessas pequenas centrais hidrelétricas para possibilitar melhor atendimento as necessidades de carga de pequenos centros urbanos, locais remotos e regiões

rurais, através da geração distribuída, responsável por promover a descentralização do sistema. Apresentando formas rápidas e eficientes de promover a expansão de oferta de energia elétrica.

Assim, a proposta deste trabalho é a realização do estudo de caso em unidade de microgeração de energia elétrica que venha utilizar o biogás como combustível para funcionamento do motor de ciclo otto.

Abordando o que o sistema de geração distribuída vem trazer de benefícios para os usuários, ao meio ambiente e ao sistema elétrico Brasileiro. Mostrar os requisitos necessários e imposto pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL) para se exportar a energia excedente, no sistema de geração distribuída. O cuidado que deve se tomar com essa aplicação (medição, proteção).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão apresentados os conteúdos de maior relevância no desenvolvimento do estudo, apresentando uma breve explicação sobre cada assunto abordado durante a pesquisa. Através desses assuntos poderá se compreender melhor a real finalidade do estudo realizado em uma microgeração de energia elétrica a partir do biogás.

2.1 Biogás

O Biogás é uma mistura orgânica composta principalmente pelo dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4). É produzido através da digestão anaeróbica, processo fermentativo que tem a finalidade de remover matéria

orgânica, formar biogás e produzir biofertilizantes (JUNQUEIRA, 2014). Os biofertilizantes são o resto da biomassa após o processo fermentativo, nele são apresentados teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio.

Esse processo é composto de quatro fases, a hidrólise, acidogênese, acetogênese, e metanogênese.

O biogás após seu processo de fermentação é composto com cerca de 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de uma mistura de hidrogênio, nitrogênio, amônia, ácido sulfídrico, monóxido de carbono, aminas voláteis e oxigênio (PECORA, 2006).

2.2 Biodigestor

O Biodigestor Anaeróbico é uma central tecnológica que acelera o processo de decomposição da matéria orgânica. Em um biodigestor anaeróbico os produtos resultantes do processo de decomposição ou biodigestão se apresentam na forma gasosa, o biogás, e na forma líquida que dependendo da matéria orgânica e da tecnologia utilizados podem ser usados como biofertilizantes, porém existe dois processos de produção, o contínuo e descontínuo. Na formação descontínua, a biomassa é colocada dentro do biodigestor que é totalmente fechado, sendo reaberto somente após a produção de biogás, o que leva mais ou menos noventa dias, onde após a fermentação da biomassa, o biodigestor é aberto, limpo e novamente carregado para um novo ciclo de produção do biogás (MACHADO, 2016). No modelo de produção contínua, o processo pode ser desenvolvido por um longo período, sem que haja a necessidade de abertura do equipamento, sendo colocado no biodigestor ao mesmo tempo que se retira o

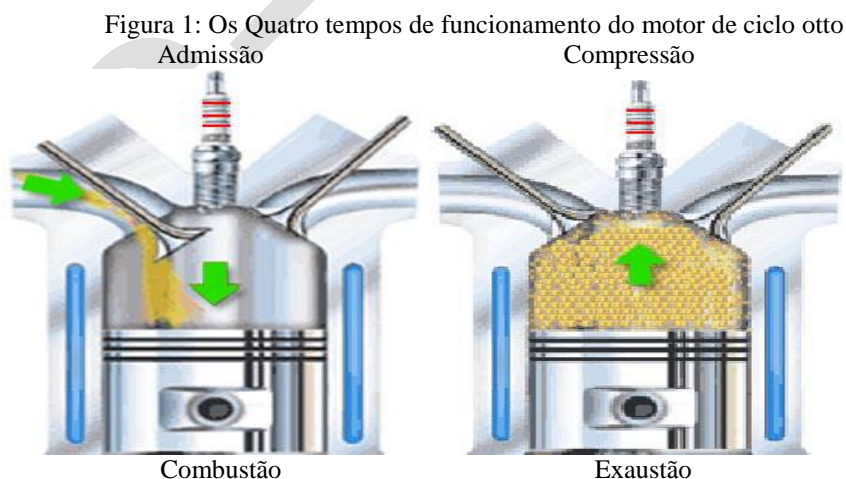
biofertilizante. Os tipos de biodigestores mais utilizados são o Indiano, o Chinês e o Canadense (Tubular).

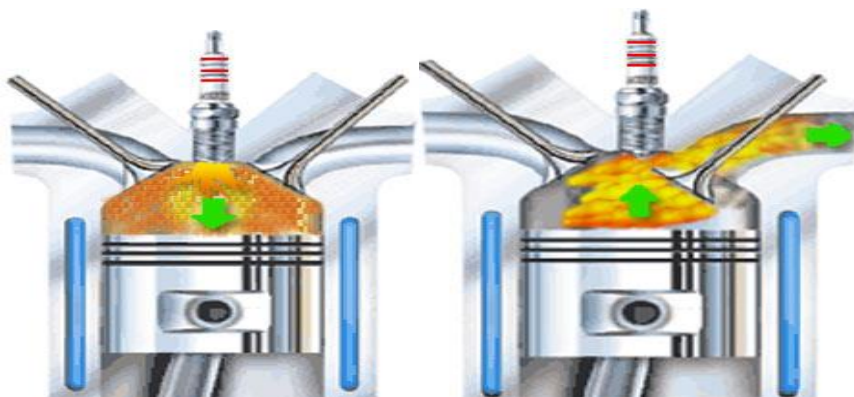
2.3 Motores ciclo otto

O motor a combustão interna ciclo Otto é uma máquina que trabalha com os princípios da termodinâmica e com os conceitos de compressão e expansão de fluidos gasosos para gerar força e movimento rotativo. Criado e patenteado por Nikolaus August Otto, por volta do ano de 1866, este motor funciona com um ciclo de quatro tempos e os mesmos princípios até os dias atuais (ROCHA, 2009).

De acordo com BRENNEISEN (2013) os quatro tempos que esse tipo de motor realiza são admissão, compressão, combustão e exaustão.

A Figura 1 apresenta os quatro tempo de funcionamento do motor ciclo otto.





Fonte: Rocha (2009)

2.4 Geração distribuída

De acordo com Instituto Nacional de Eficiência Energética a geração distribuída (GD) é uma expressão usada para designar a geração elétrica realizada junto ou próxima do consumidor independente da potência, tecnologia e fonte de energia. Na GD inclui-se a co-geração, geradores de emergência, painéis foto-voltaicos, e pequenas centrais hidrelétricas (INEE, 2016). Na Figura 2 pode se entender melhor o conceito da geração distribuída, notando que ela acontece no ponto mais próximo da rede de distribuição, aos consumidores de eletricidade mais próximos da descentralizada, evitando com que a energia elétrica gerada pelas usinas centralizadas evite se locomover milhões de quilômetros até chegar aos pontos de distribuição da concessionária.

Figura 2: Conceito de geração distribuída.



Fonte: Itaipu Binacional (2012)

A GD embora parecesse ser um termo novo já chegou a ser regra na primeira metade do século, quando a energia industrial era praticamente toda gerada localmente. Na década de 40, ela deixou de ganhar forças, quando a geração em centrais de grande porte ficou mais barata ao consumidor, reduzindo o interesse desses pela GD, e como consequência, acabando influenciado no desincentivo do desenvolvimento tecnológico para esse tipo de geração. Só a partir das crises do petróleo e o monopólio da geração elétrica em meados de 80 e 90, o desenvolvimento de tecnologia voltou a ser incentivado com visíveis resultados na redução de custos.

O estímulo a GD se justificam pelos potenciais benefícios que essa modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico. No caso o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a

minimização das perdas e a diversificação da matriz energética (ANEEL, 2016).

De acordo com o programa de desenvolvimento da geração distribuída (ProGD), estima-se ampliar e aprofundar a geração de energia pelos próprios consumidores, com bases em fontes renováveis de energia. Acredita-se que até 2030, 2,7 milhões de unidades consumidoras poderão ter energia gerada por si mesma, o que pode resultar em 23.500 MW (48 TWh produzidos) de energia limpa e renovável. Com isso, o Brasil pode evitar que sejam emitidos 29 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera (PROGD, 2015).

Conforme as regras estabelecidas pela Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, modificada pela Resolução Normativa ANEEL nº 687/2015, é permitido aos consumidores à instalação de geradores de pequeno porte em suas unidades de consumo e utilizar o sistema elétrico para injetar o excedente de energia, e que serão convertidos em créditos de energia válidos por 60 meses. Esses créditos poderão ser utilizados em forma de compensação para abater o consumo da própria unidade consumidora em meses seguintes ou em demais unidades com registro no mesmo cadastro de pessoa física (CPF) ou cadastro de pessoa jurídica (CNPJ) (ANEEL, 2012).

Para que isso seja possível é necessário que o consumidor tenha sua própria geração de energia elétrica, e se adeque aos requisitos estabelecidos pela concessionária de sua localidade para que esse sistema possa ser empregado em sua propriedade.

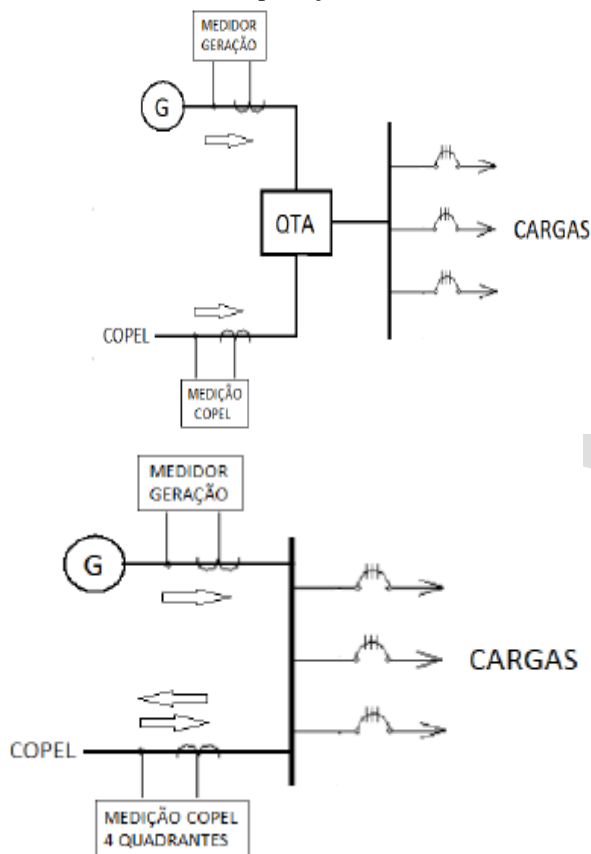
2.4.1 Geração própria de energia elétrica com acesso para geração distribuída

A geração própria (GP) é nada mais do que o consumidor gerar sua própria energia de consumo, ou percentualmente dela, através de fontes de energias renováveis ou não renováveis. Para isso ele deve estabelecer os requisitos para conexão de geradores de energia elétrica em unidades consumidoras do grupo A conectadas ao sistema Elétrico de Distribuição da Copel, no âmbito da Resolução Normativa ANEEL nº 690/2015 que regulamenta a Portaria nº 44 de 11 de março de 2015, do Ministério Minas e Energia (NTC 903109, 2015).

De acordo com a Norma Técnica da Copel - NTC 903109 (2015), as unidades consumidoras que formalizarem o contrato de adesão deverão providenciar adequação técnica e a segurança das instalações elétricas da unidade consumidora, se atendendo para instalação de sistema para medição de energia elétrica gerada, sistema de proteção e projetos elétricos, conforme exigências.

Essa norma tem como intuito explicar os requisitos pra instalação de grupo motor gerador, apontando as formas de conexão do mesmo, no caso GP sem exportação ou GP com exportação para rede de distribuição, conforme Figura 3.

Figura 3: Diagrama Unifilar simplificado de GP sem exportação; e GP com exportação.



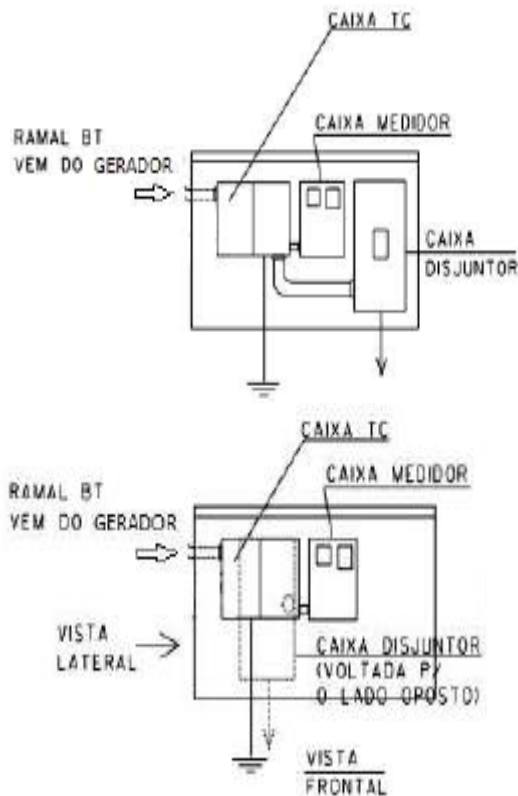
Fonte: NTC 903109 (2015)

Para se exportar energia elétrica para a rede da concessionária, geração distribuída ou sistema de compensação de energia elétrica, deve-se atentar a Norma Técnica Copel - NTC 905200 (2014), que apresenta os requisitos para se conectar o gerador em paralelo permanente com o sistema elétrico da Copel, sem que venha colocar em risco os profissionais que trabalham na rede elétrica e o bom funcionamento do sistema.

2.4.2 Sistema de medição, sistema de proteção, e projetos elétricos.

Quanto ao sistema de medição segundo a Norma Técnica Copel (2015), as montagens devem ser previstos como na Figura 4.

Figura 4: Tipos de montagem de sistema de medição.



Fonte: NTC 903109 (2015)

Sistema de proteção da rede deve possuir elementos visíveis e acessíveis pela distribuidora, contendo apenas uma fonte de contribuição de curto-circuito, com base na premissa de que os equipamentos de proteção, religadores, fusíveis e chaves repetidoras são dimensionados e ajustados para

atender aos requisitos de suportabilidade, sensibilidade, seletividade, rapidez e confiabilidade operativa, de forma a não deteriorar o desempenho do sistema durante condições de regime e distúrbio do mesmo (NTC 905200 – Acesso GD) (NORMA TÉCNICA COPEL, 2014, p.26).

A seguir pode se presenciar na Tabela 1 as proteções mínimas de proteção para essa aplicação:

Tabela 1: Proteções mínimas para conexão de geradores convencionais.

TABELA 5.1 - PROTEÇÕES MÍNIMAS PARA CONEXÃO DE GERADORES CONVENCIONAIS NO SISTEMA 13,8KV (SEM INVERSOR)							
CLASSIFICAÇÃO DA GERAÇÃO			MICROGERAÇÃO	MINIGERAÇÃO			
TIPO DE GERADOR			MONOFÁSICO, BIFÁSICO ou TRIFÁSICO - ASSÍNCRONO OU SÍNCRONO (nota 1)	TRIFÁSICO - ASSÍNCRONO OU SÍNCRONO	TRIFÁSICO SÍNCRONO		
FAIXA DE POTÊNCIA DA USINA (SOMA DA POTENCIA DOS GERADORES)			até 75 kW	76kW a 300kW	301kW a 500kW	501kW a 1.0MW	acima de 1.0MW
ELEMENTO DE DESCONEXÃO MANUAL - VISÍVEL		CHAVE SECCIONADORA	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
REQUISITOS NA USINA							
EQUIPAMENTOS	OBJETIVO	ESPECIFICAÇÃO					
TRAFO ABAIXADOR (EXCLUSIVO)	ISOLAR HARMÔNICOS E CORRENTES DE SEQUÊNCIA ZERO	D / Yat.		SIM	SIM		
	ISOLAR FLUTUAÇÃO	Yat.(R0->X0) Yat.				SIM	SIM
TRAFO DE ACOPLAMENTO NO GERADOR	ISOLAR HARMÔNICOS E CORRENTES DE SEQUÊNCIA ZERO	RELAÇÃO 1:1 - D / Yat.				SIM	SIM
DISJUNTOR NA BT			SIM	SIM			
DISJUNTOR OU RELIGADOR NA MT					SIM	SIM	SIM
ELEMENTO DE INTERRUPTÃO (E I) DISJUNTOR/ RELIGADOR COM RELÉS NO PONTO DE CONEXÃO	DESCONECTAR O GERADOR DO SISTEMA COPEL EM CASOS DE FALTAS E DISTURBIOS NA REDE	50/51 - 50/51N - 67- 67N - 50BF - 32		SIM	SIM	SIM	SIM
		81UIO - 27 - 59 - 25 - Anti ilhamento (78 - 81 dt/dt)	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
		47 ou 60 - 51V - 46(I2) + 37				SIM	SIM
		59N e TPs (pl' trafoS D/Yat.)		SIM	SIM	SIM	SIM
	NAO PERMITIR O FECHAMENTO EM CASO DE PRESENÇA DE TENSÃO DO LADO INTERNO DA U.C.	SISTEMA LINHA VIVA E BARRA MORTA (27 e TPs no lado interno e externo da U.C.)		Nota 2	SIM	SIM	SIM
DISPONIBILIZAR PARA O CENTRO DE OPERAÇÃO DA COPEL OS COMANDOS E A SUPERVISÃO DO DISJUNTOR OU RELIGADOR DO PONTO DE CONEXÃO	SISTEMA DE COMANDO NO DISJUNTOR OU RELIGADOR NO PONTO DE CONEXÃO - SISTEMA E MEIO DE COMUNICAÇÃO (fibra óptica, rádio ou GPRS)		Nota 2	SIM	SIM	SIM	

Fonte: (NTC 905200, 2014)

A Tabela 2 mostra o ajuste exigido pela Copel no ponto de conexão para desconectar o gerador do sistema Copel em casos de faltas e distúrbios da rede.

Tabela 2: Ajuste 81U/O, 27 e 59 no ponto de conexão.

Função	Estágio	Critério
Subfrequência (81 U)	1°	58,5 Hz a 10 s
	2°	56,5 Hz instantâneo
Sobrefrequência (81 O)	1°	62 Hz a 30 s
	2°	66 Hz instantâneo
Sobretensão	único	105 % a 5 s
Subtensão	único	92 % a 2 s

Fonte: (NTC 905200, 2014).

Apresentação de Projeto elétrico da instalação de geração, medição e proteção, devera atender prescrições da Norma Técnica Copel - NTC 900100 (2016) que possui a descrição das características de cada componente a seguir:

- Memorial descritivo de medição e proteção;
- Esquema unifilar;
- Esquemas funcionais (ou esquema logico);
- Planta de situação;
- Projeto de implantação;
- Projeto de entrada de serviço;
- Detalhes da carga instalada;
- Anotação de Responsabilidade Técnica (ART);
- Licença ambiental simplificada ou licença previa; (NTC 905200, 2014).

A seguir na Tabela 3 apresenta os tipos de licenças necessárias em projeto para cada formato de microgeração e minigeração de energia elétrica.

Tabela 3: Licenças Ambientais Necessárias.

	Microgeração e Minigeração			
	Solar	Eólica	Térmica	Hidráulica
Licença prévia		x	x	x
Licença de instalação		x	x	x
Licença de operação		x	x	x
Licença ambiental simplificada	x			

Fonte: NTC 905200 (2015)

No momento da entrega técnica do GMG seguido através dessa norma, a Copel realizara o procedimento de vistoria na unidade consumidora com fim de verificar a adequação aos padrões técnicos e de segurança do mesmo, de acordo com as normas brasileiras. Solicitando o acompanhamento dos testes e ensaios no sistema que serão executados pelo profissional contratante do acessante, analisando questões relacionadas à segurança, condições de operação da unidade geradora, o atendimento aos requisitos mínimos de uma instalação elétrica e a funcionalidade dos esquemas de proteção, controle, sinalização e sistema de aterramento.

Caso no ato da vistoria a Copel identifique inadequações nas instalações da unidade, os responsáveis deverão proceder às correções necessárias, onde que após correção deve se informar a Copel, objetivando uma nova vistoria.

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição do estudo

O local escolhido para realização do estudo trata se de uma propriedade suinícola chamada Granja São Pedro ou Granja Colombari, localizada na área rural do município de São Miguel do Iguaçu, no oeste do Paraná, região de forte concentração em criação de suínos.

A propriedade utiliza uma área de aproximadamente 50 hectares para a atividade de suinocultura, além de criação de bovinos em confinamentos, e áreas destinadas à agricultura convencional.

Na Figura 5 é apresentada uma vista local da propriedade e os galpões das atividades de suinocultura.

Figura 5: Vista aérea da propriedade Colombari



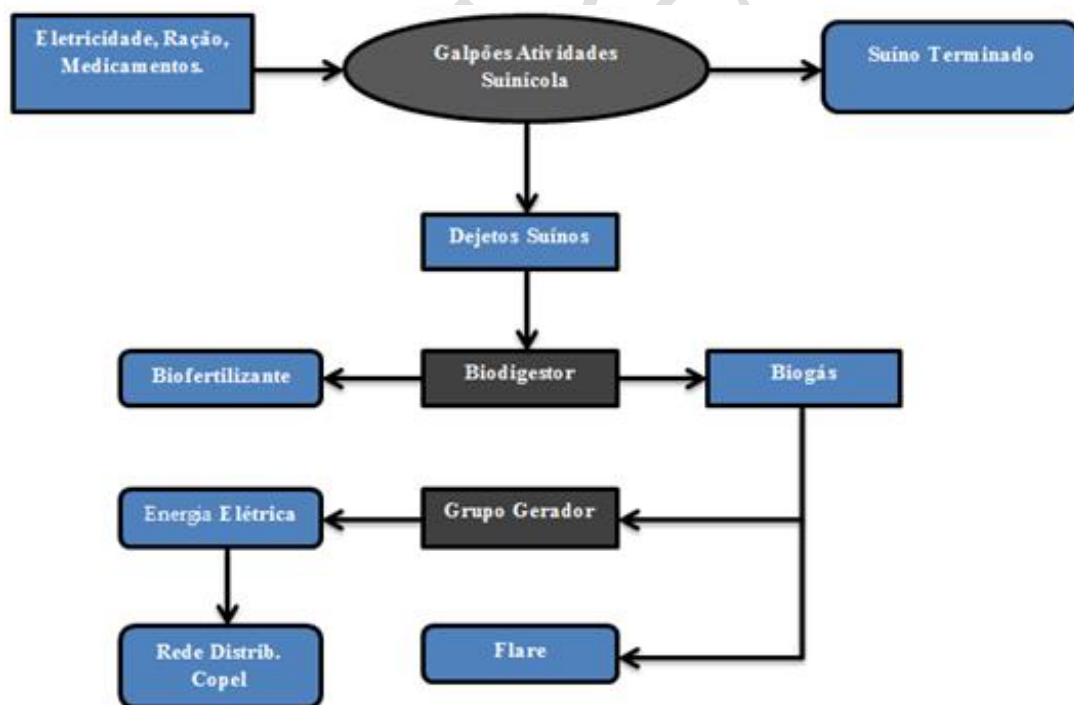
Fonte: Google Maps (2016)

De acordo com a figura 5 identifica-se: Biodigestor 1; Biodigestor 2 e Grupo Gerador 3.

A granja trabalha com crescimento e terminação de suínos, aonde que o animal chega a pesar 125 kg após um processo de 100 dias, quando é entregue para a integradora.

A seguir pode se entender melhor através do fluxograma o processo produtivo na granja.

Figura 6: Fluxograma do processo produtivo na propriedade suinícola



Fonte: Adaptado pelo autor de Silva (2016)

3.2 Utilização dos dejetos para formação do biogás

A formação do biogás ocorre após o processo de digestão anaeróbica que é um processo fermentativo que tem a finalidade de remover matéria orgânica, onde que no local do estudo se utiliza os dejetos dos animais, que vão para os biodigestores acelerando esse processo para formar o biogás. Na propriedade São Pedro que comporta confinados cinco mil suínos, os dejetos dos animais que chegam a 55 m³ por dia no decorrer das limpezas das baias dos animais, são lançados via gravidade por tubulações para dois biodigestores de fluxo tubular em serie e contínuo. Após a passagem pelo sistema de biodigestão, o efluente é encaminhado a uma lagoa de decantação e, posteriormente, é utilizado como biofertilizante na pastagem da granja.

A Tabela 4 aponta as dimensões e o volume útil do biodigestor 1 e biodigestor 2 em operação na granja suinícola.

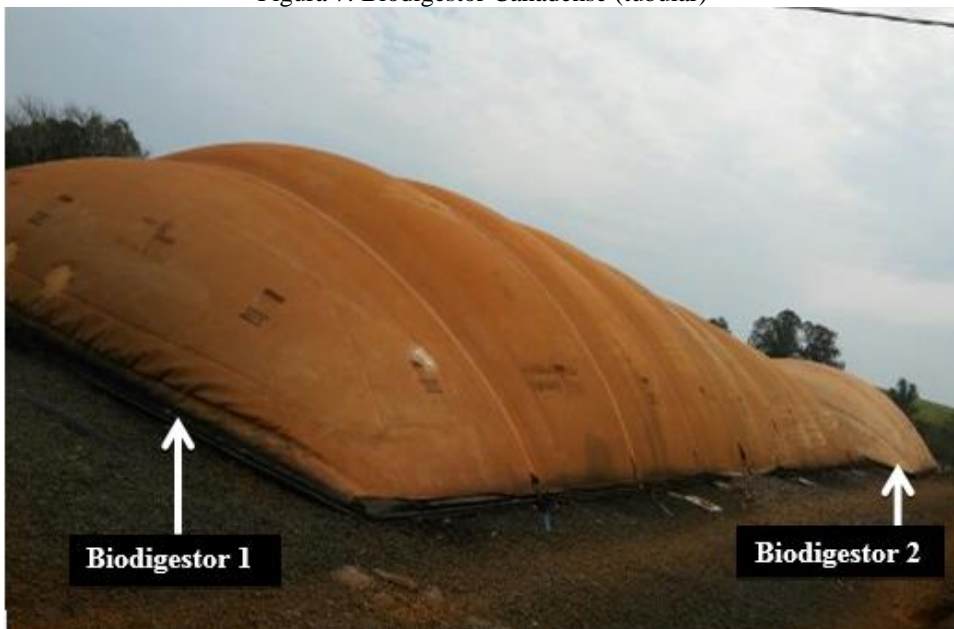
Tabela 4: dimensões e volume dos biodigestores.

Biodigestores	Dimensões (m)			Volume Útil (m ³)
	Comprimento	Largura	Profundidade	
Biodigestor 1	25	10	4	845
Biodigestor 2	16	8,5	2	245

Fonte: Adaptado pelo autor de Silva (2016)

Na Figura 7 pode se observar os dois biodigestores tipo tubular (Canadense) instalado na propriedade, a lona inflada que serve como gasômetro para conter o gás elaborado pelo processo anaeróbio utilizado no grupo gerador.

Figura 7: Biodigestor Canadense (tubular)



Fonte: Do autor (2016)

Durante a visita na propriedade o biodigestor 1, que estava em atuação desde 2006 esta em processo de esvaziamento para substituição das lona.

3.3 Geração de energia elétrica a partir do biogás

A geração de energia elétrica na granja São Pedro acontece quando o biogás é transportado via pressão gravitacional por uma tubulação de PVC para o motor ciclo otto que durante sua queima fornece energia mecânica, onde que acoplado a ele esta um alternador responsável por gerar a energia elétrica (eletricidade) para a atividades da propriedade.

O grupo motor gerador existente possui uma capacidade de geração de energia elétrica de 104 KVA, mais que atualmente gera 60 KW/h de energia elétrica e um consumo de 45 Nm³/h de biogás, tendo como principais demanda na propriedade fábrica de ração, Irrigação, Automação de granjas, iluminação e residências.

A Figura 8 apresenta o grupo gerador instalado para geração de energia elétrica a partir do biogás gerado através dos biodigestores.

Figura 8: Grupo gerador a biogás



Fonte: Do autor (2016)

De acordo com a Figura 8 identifica-se: 1 – Alternador Weg GTA202AI36 e 2 – Motor MWM 6.12T;

As características técnicas do grupo gerador estão descritas abaixo:

- Motor Diesel convertido para biogás (otto) MWM 6.12T;
- Gerador síncrono Weg, com excitação tipo brushless;

Tensão Nominal 220 V/ 127 V – 104 KVA (LEÃO ENERGIA, 2016);

O grupo gerador tem como papel fornecer energia elétrica para todas as atividades de consumo elétrico na propriedade, suprindo diversos motores elétricos que automatizam o processo de alimentação dos animais em cada baia. Há também uma pequena fabrica de ração dentro da propriedade, responsável por moer os grãos que forma a ração para alimentar os cinco mil suínos e alguns gados de corte. Essa eletricidade é utilizada também para a iluminação de toda a propriedade e três casas que estão em seu interior.

Mais como esse consumo é menor que a capacidade de geração do grupo gerador, o mesmo funciona cerca de 6 horas/dia, onde que durante seu funcionamento ele gera aproximadamente 60 KW/h de energia elétrica, tendo um consumo em media de 30 KW/h e o excedente exportado para a rede da concessionaria, que depois em regime de compensação é utilizado para abater o restante da conta de luz da granja.

A propriedade tem condições para funcionamento do gerador de 24 horas por dia, mais devido à demanda menor que sua geração, e por hoje estar exportando para a concessionaria somente em regime de compensação de energia na própria propriedade, o gerador tem trabalhado menos horas. O proprietário busca no próximo ano com a reforma do 1º biodigestor e a substituição das lonas com que o gerador possa trabalhar 24 horas por dia, já que estimasse uma geração de 1400 m³ de biogás/dia. Há também grandes expectativas na utilização da energia elétrica gerada no decorrer do funcionamento do gerador, verificando através de uma empresa em consultoria o melhor custo benéfico para se utilizar a energia elétrica exportada, empreendimento com múltiplas unidades consumidoras ou

geração compartilhada, conforme Art 2º resolução normativa Nº 482, de 17 abril de 2012.

VI – empreendimento com múltiplas unidades consumidoras: caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

VII – geração compartilhada: caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.) (ANELL, 2012)

3.4 Monitoramento, proteção e mediação da geração distribuída

A geração distribuída acontece quando não se utiliza totalmente a energia gerada pelo gerador no consumo interno na propriedade, e essa energia é exportada para rede da distribuidora.

Na granja São Pedro a geração de energia, consumo elétrico e o excedente que é oferecido a concessionária é monitorado por um controlador da marca Woodward GCP-20, esse controlador é responsável por fazer todo controle e monitoramento do grupo motor gerador, inclusive o paralelismo permanente com a rede de distribuição. É através da parametrização escrita

no GCP-20 que o gerador funciona exercendo suas tarefas exigidas para um sistema de geração distribuída.

Na Figura 9 apresenta o controlador Woodward.

Figura 9: Controlador Woodward CGC-20

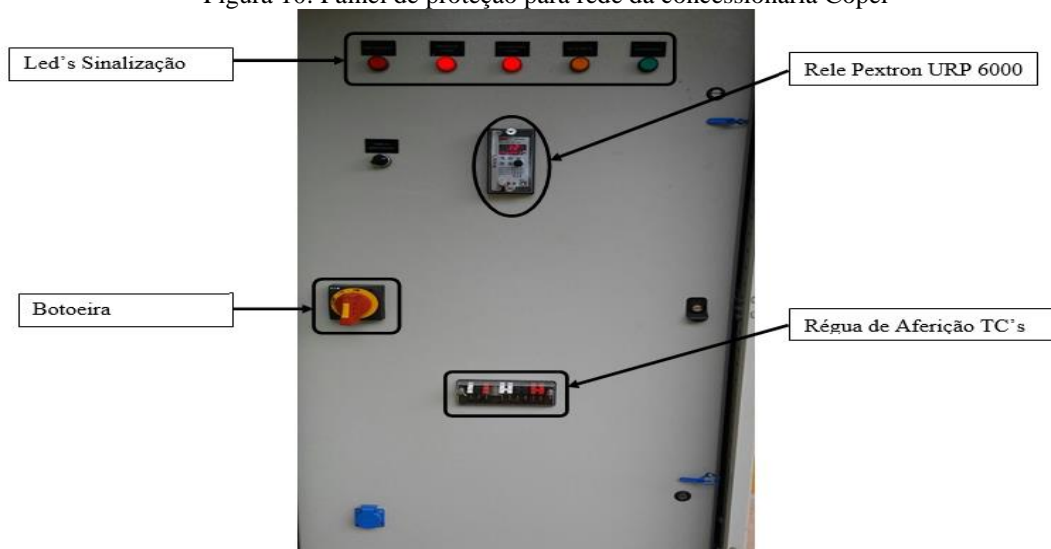


Fonte: Do autor (2016)

Embora o controlador GCP-20 já monitora a rede da concessionaria Copel e faça algumas proteções como (sub e sobre corrente, sob e sobre tensão, sub e sobre frequência), a concessionaria estipula que haja um painel externo na entrada da rede de proteção individual para garantia de maiores dano. Esse painel de proteção que faz todo o monitoramento dos distúrbios e análise de defasagem das tensões elétrica e corrente que é injetado na rede, deve seguir as exigências contidas pela Norma Técnica Copel (2014) NTC 905200. No local do estudo o painel instalado foi desenvolvido por uma empresa de Cascavel em parceria com a Itaipu para esse tipo de aplicação, sistema de geração distribuída.

Pode se notar o modelo do painel de proteção da rede Copel na Figura 10.

Figura 10: Painel de proteção para rede da concessionária Copel



Fonte: Do autor (2016).

Esse painel é composto por equipamentos que fazem o monitoramento e as proteções da rede da concessionária, e suas faixas de proteção para atuação do disjuntor da rede devem seguir os valores mencionados na Norma Técnica Copel (2014) - NTC 905200, conforme tabela 1 e tabela 2 apresentado. Isso proporcionara uma maior segurança ao sistema de transmissão e aos trabalhadores que operam na rede, uma vez que quando houver algum distúrbio na rede, algum desligamento para manutenção, o disjuntor da entrada na rede da propriedade desarme, evitando com que o gerador que esta em paralelo com a rede alimente novamente a rede de transmissão da concessionária, causando algum tipo de acidente.

Por segurança e precaução de possíveis alterações de curvas e nos parâmetros de proteção por parte da Copel que este presente na NTC 905200, o painel é lacrado com lacre da concessionária, sendo proibida sua abertura.

Na medição do consumo de eletricidade na propriedade onde a Copel se baseia para retirada da leitura e emissão da conta de luz, foi instalado um medidor eletrônico de energia da marca ELO, modelo 2113.

A seguir na Figura 11 o medidor eletrônico de energia instalado na granja São Pedro.

Figura 11: Medidor eletrônico de energia ELO 2113



Fonte: (ELO, 2016)

Esse medidor eletrônico de energia de acordo com suas especificações técnicas indicado para consumidores com tarifa horazonal, binômia ou diferenciada (tarifa para irrigantes). Possui uma saída de usuário programável para controle local ou supervisor, além de interface para comunicação local

e remota, pode medir energias e demandas ativas e reativas, que são registrando em intervalos de 5 minutos (3 valores por intervalo) com capacidade de armazenamento de 42 dias, e também calcula UFER (Unidade de faturamento de energia reativa) e DMCR (Demanda máxima corrigida), discriminando essas grandezas segundo a hora do uso, em até 4 postos.

4 Discussões e Resultados

4.1 Volume de dejetos e biogás na propriedade

De acordo com dados obtidos na granja, foi possível verificar que a mesma produz um montante de estrume e urina de 1705 m³/mês, o que corresponde a uma média de 55 m³/dia. Esses por fim hoje é canalizados e despejados nos biodigestores que tem a capacidade de produção de 1000 m³/dia (37200 m³/mês).

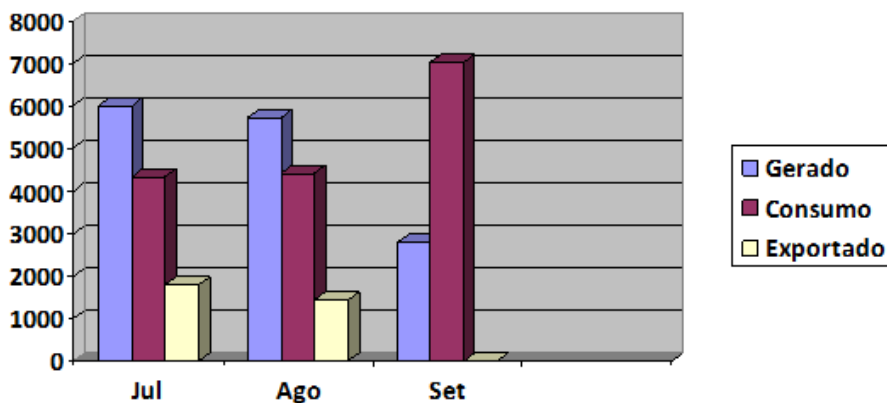
Com o aproveitamento que se tem dessa matéria e gases na propriedade, ela se torna sustentável, gerando renda e economia com eletricidade. Deixando de poluir a atmosfera com o gás metano (CH₄) que é vinte vezes mais agressivo ao aquecimento global do que o gás carbônico (CO₂), e os possíveis rios, córregos e nascentes que passam em torno da propriedade.

4.2 Geração de energia elétrica e consumo na propriedade

Na Figura 12 ilustrada por um gráfico pode se acompanhar a geração de energia elétrica obtida pela microgeração na propriedade nos meses que

foram executados o estudo, no caso julho, agosto e setembro. Há também os demais tipos de medições como o consumo total mensal, o excedente exportado para concessionária. No decorrer dos resultados também será possível observar os saldos positivos de créditos que a propriedade possui com a empresa Copel.

Figura 12: Gráfico da geração, consumo, exportação eletricidade da granja.



Fonte: Do autor (2016)

A geração média diária no decorrer do mês de julho pelo gerador foi de 199,93 KW/h, o que equivaleu a uma média de funcionamento do grupo gerador de 3,33 horas/dia, com produção de 60 KW/h. O consumo total de energia elétrica na propriedade no mês foi 4324 KW/h, valor menor que a geração de energia fornecida pelo grupo gerador, portanto houve uma exportação do excedente para a rede da concessionária de 1774 KW/h, e um acúmulo nos créditos de 29054 KW/h, o que antes era 27280 KW/h, ou aproximado 27,3 MW/h.

No mês de agosto a geração de eletricidade na granja também foi significativo com produção de energia elétrica de 5447 KW/h, uma média de

188,39 Kw/h dia (31 dias), possuindo um consumo total durante esse mês de 4422 KW/h. Por esse motivo pode se notar também que há um excedente exportado para a concessionaria de 1425 KW/h, o que acumula os créditos para o uso na propriedade em 30479 KW/h.

Já no mês seguinte o de setembro houve uma produção de eletricidade menor que o consumo total do mês, esse ocorrido se teve por o gerador não ter trabalhado alguns dias durante esse mês pela falta de gás no biodigestor 1, que estava parado para substituição das lonas e possíveis manutenções necessárias. Isso impossibilitou o funcionamento do gerador de suprir a eletricidade consumida no mês pela granja.

Nesse mês através da conta de energia elétrica pode notar que o gerador gerou 2803 KW/h, mais a propriedade teve um consumo elétrico de 7048 KW/h, quase que o dobro dos meses anteriores julho e agosto, levando a granja utilizar 4145 KW/h dos créditos que havia acumulado para compensação, com isso se obtém até o presente momento do estudo um saldo de crédito de 26334 KW/h para o uso nas próximas faturas caso não haja geração de energia elétrica suficiente para compensar o consumo total na propriedade.

4.2.1 Benefícios adquiridos e consumos elétricos evitados na propriedade

Por se tratar de área rural a granja São Pedro está enquadrada pela Copel no subgrupo B2 – rural convencional, e possui o valor tarifário de R\$ 0,29503 sem acréscimo e impostos, mais conforme a ANEEL para esse tipo de aplicação com alimentação trifásica deve se pagar uma contração mínima de 100 KW/h pela utilização da linha de transmissão da concessionaria. Com

base nos dados levantados com o consumo elétrico na propriedade pode notar se que houve com o sistema de GD uma grande economia com energia elétrica.

Pode observar na Tabela 5 os valores gastos e evitados com energia elétrica nos meses que se realizou o estudo na propriedade.

Tabela 5: Consumos de energia elétrica mensal, custos evitados

Mês	Consumo	Contratação	Consumo	Consumo	Consumo	Valor
	Total	Mínima	Compensação	Total	Evitado	da
	KW/h	KW/h	KW/h	R\$	R\$	Conta
						R\$
Julho	4324	100	4224	1275,71	1246,21	29,5
Agosto	4422	100	4322	1304,62	1275,19	29,5
Setembro	7048	100	6948	2079,37	2049,87	29,5
Total	15794	300	15494	4659,7	4571,27	88,5

Fonte: Do autor (2016)

De acordo com a tabela 5 a propriedade durante os meses de realização do estudo teria que pagar para a concessionaria um valor de consumo de energia elétrica, referente a julho, agosto e setembro, um valor total de R\$ 4659,7, mais que pode ser evitado por ter a possibilidade de compensação pela geração que se obtém hoje, que no caso foi de R\$ 4571,27.

A propriedade teve um custo com a concessionaria apenas de R\$ 88,5, referente aos três meses, equivalente a R\$ 29,5 por mês, valor mínimo cobrado referente ao custo de disponibilidade para o consumidor do grupo B (ANEEL, 2015).

Com isso a propriedade teve uma economia significativa na sua conta de eletricidade, e demais processos como moagem de grãos e irrigação que anteriormente era realizados por tratores que necessita de combustível Diesel para seu funcionamento, aonde que segundo o proprietário chegava a um gasto mensal de 2 mil litros, equivalente em dias atuais de R\$ 5720.

No sistema energético do país justificam pelos potenciais benefícios que a GD pode proporcionar ao sistema elétrico, no caso, estão o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética.

5 CONCLUSÃO

No período em que realizou se o estudo observou através dos dados coletados que a propriedade gera hoje uma média de 55 m³ por dia de estrume e urinas dos suínos em confinamentos, o que se torna possível segundo o proprietário pelos biodigestores instalados uma capacidade de produção de biogás de 1000 m³ por dia na granja. Estimasse que com a reforma do biodigestor 1 no mês de setembro, a produção do biogás cresça 400 m³ por dia. Já que o biodigestor 1 que atuava desde 2006 possuía alguns vazamentos.

Na geração de energia elétrica o gerador operou normalmente no mês de julho e agosto conseguindo suprir a demanda da propriedade no consumo de eletricidade, ao contrario do mês de setembro que com a baixa produção de biogás não foi possível. Mais mesmo com esse resultado pode se observar que a contas de energia elétricas a serem pagas nesses meses foram apenas a

tarifa mínima de 100 KW/h, referente a custo de disponibilidade, isso foi possível devido também a propriedade possuir créditos positivos para compensação para esse tipos de em previstos. Nesses meses a propriedade obteve um custo evitado com eletricidade de R\$ 4571,27, e mais alguns gastos que se tinha antes do sistema GD, no caso, a utilização do combustível diesel em tratores e o fertilizante nas pastagens.

O sistema de GD apresentou resultados positivos para que investir, sendo também ótima alternativa para a diminuição da poluição ambiental e o sistema elétrico Brasileiro.

Esses resultados apresentaram vários benefícios ao produtor, que pode ser melhorado com a possibilidade de novos estudos para ajudar nas possíveis utilizações da energia elétrica em outros tipos de regime permitidos pela ANEEL, empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras e geração compartilhada.

ABSTRACT

The search for new sources to generate electricity has been increasing in society's daily life. Some options may already be found in certain Brazilian cities, but few of them are disseminated. The most common and evident sources are solar energy and wind energy. These sources preserve the environment, causing zero pollution. The objective of this case study is to introduce the benefits that a distributed generation system based on biomass-derived biogas may provide to its users, to the environment and to the Brazilian electrical system, as well as to point out what are the necessary prerequisites for electricity companies as well as their demands to obtain a safe and successful system. At farm São Pedro, where the study was carried out, good results were observed: the power bill was reduced for three consecutive months, July, August and September, saving R\$ 4571,27; in addition, the

expenses with diesel fuel for the tractors were also reduced (these tractors used to be utilized to grind grains for animal feed production, as well as to irrigate pastures). Furthermore, the pollution of rivers, creeks and lakes by 1705 m³ of waste from confined animals, as well as the emission of approximately 1000 m³ of gases present in animal and human biomass decomposition (gases responsible for causing global warming), were avoided. The advantages for the energetic system were the possibility to postpone investment to expand transmission and distribution systems, low environmental impact, reduction of energy grid load, minimization of losses and diversification of energy matrixes.

Keywords: Environment, Biogas, Distributed Generation.

REFERÊNCIAS

ABRELPE, **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo, 2014.

ANEEL – AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA. **Geração distribuída**. Maio, 2016. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracaodistribuida-introduc-1/656827?inheritRedirect=false Acesso em 27 mai. 2016.

ANEEL – AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA. **Resolução Normativa Nº 482 de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012.

ANEEL – AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA. **Resolução Normativa Nº 687 de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição - PRODIST** Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2015.

BRENNEISEN, P. J. **Desempenho de motorgerador de ciclo diesel operando com gás de gaseificação/diesel ou biogás/diesel**. Cascavel, 2013. 37 f. Dissertação (Mestrado em pós graduação em energia na agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2013.

COPEL. **Taxas e Tarifas**. Disponível em: <http://www.copel.com> Acesso em: 10 out. 2016.

ELO. 2113 – **Medidor Eletrônico de Energia**. Características técnicas. Disponível em: <http://www.elonet.com.br/produto.php?id=7> Acesso em: 07 de set. 2016.

GLOBO RURAL, **Biodigestores**. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2011/08/biodigestortransforma-dejetos-de-criacoes-de-porco-e-gado-em-renda.html> Acesso em: 14 mai. 2016.

GOOGLE MAPS, **Vista aérea propriedade São Pedro Colombari. São Miguel do Iguacu**, 2016. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place> Acesso em: 05 ago. 2016.

INEE – INSTITUTO NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGETICA. **O que é geração distribuída**. Disponível em: http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp Acesso em 27 mai. 2016.

ITAIPU SUSTENTABILIDADE. **Jornal Itaipu sustentável**. Foz do Iguacu, jun. 2015.

JUNQUEIRA, S. L. C. D. **Geração de energia através de biogás proveniente de esterco bovino: estudo de caso na fazenda aterrado**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

JURAS, I. A. G. M. **Mudança do clima: principais conclusões do 5º relatório** do IPCC - PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/areas-da-conle/tema14/201324881.pdf> Aces-so em: 14 mai. 2016

LEÃO ENERGIA. **Geradores a biogás**. Disponível em: http://www.leaoenergia.com.br/content/arquivos/produtos/59_prod.pdf Acesso em: 09 ago. 2016.

MACHADO, A. G. B. **Biodigestor Anaeróbio**. Disponível em: <http://www.portaldobiogas.com/biodigestor-anaerobio/> Acesso em: 10 jun. 2016.

NORMA TÉCNICA COPEL. NTC 900100: **critérios de apresentação de projetos de entradas de serviços**. Curitiba: COPEL, 2016. 16 p.

NORMA TÉCNICA COPEL. NTC 903109: **geração própria**. Curitiba: COPEL, 2015. 7 p.

NORMA TÉCNICA COPEL. NTC 905200: acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema da Copel. Curitiba: COPEL, 2014. 68 p.

PECORA, V. Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residência da USP: estudo de caso. 2006. 153 f. Dissertação (Pós Graduação em Energia) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006. Disponível em: http://www.iee.usp.br/producao/2006/Teses/tese_vanessapecora.pdf Acesso em 27 mai. 2016.

PROGD – PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE GERAÇÃO DISTRIBUIDA DE ENERGIA ELÉTRICA. Ações de estímulos à geração distribuída, com base em fontes renováveis. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/3013891/15.12.2015+Apresenta%C3%A7%C3%A3o+ProGD/bee12bc8-e635-42f2-b66c-fa5cb507fd06?version=1.0> Acesso em 15 jun. 2016.

ROCHA, G. Princípio de funcionamento do motor a combustão interna ciclo otto. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.infomotor.com.br/site/2009/03/principio-de-funcionamento-do-motor-a-combustaointernaciclootto/> Acesso em: em 27 mai. 2016.

ROSSETTO, C. Desempenho de motor-gerador de ciclo otto operando com gasolina e biogás proveniente de suinocultura e de uma estação de tratamento de esgotos. 2014. 36 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2014.

SILVA, F. P. Eficiência energética de uma unidade de microgeração de energia elétrica a partir do biogás da suinocultura. 2015, 48 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2015.

VERGILIO, K. E. P. Geração Distribuída e Pequenas Centrais Hidrelétricas: Alternativas para a Geração de Energia Elétrica no Brasil. 2012, 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica com Ênfase em Sistemas de Energia e Automação) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.