



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
FUNDAÇÃO PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPU

CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS  
RENOVÁVEIS COM ÊNFASE EM BIOGÁS

## **SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA UNIDADES GERADORAS A BIOGÁS**

**RODRIGO BUENO OTTO**

Foz do Iguaçu, PR - Brasil  
2013

**RODRIGO BUENO OTTO**

**SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA UNIDADES GERADORAS A  
BIOGÁS**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista em Energias Renováveis, com Ênfase em Biogás.

**Orientador(a): Gilson Paulillo**

Foz do Iguaçu, PR - Brasil  
2013

533.73 Otto, Rodrigo Bueno.  
O89s Sistema Supervisório Para Unidades Geradoras a  
biogás  
. / Rodrigo Bueno Otto. -- Foz do Iguaçu, 2013.  
50 f.: il.

Monografia (Especialização em energias renováveis com ênfase em biogás) --Universidade Federal da Integração Latino Americana, Foz do Iguaçu, PR, 2013.

Bibliografia.

Orientador: Prof. Gilson Paulillo

1. Biogás. 2. Energia renováveis. I. Título.

## DEDICATÓRIA

*É com carinho e orgulho que dedico este trabalho para as pessoas que são simplesmente a base da minha vida, as quais sempre estiveram presentes em meus momentos de felicidade e principalmente se mantiveram ao meu lado nos momentos de dificuldade. São eles, meu pai Wilson, minha mãe Walderez, minhas irmãs Wanessa e Larissa e minha noiva Maiara.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI) pelo apoio nesta qualificação profissional.

Agradeço também a empresa incubada no PTI, NeoAutus e ao Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação (ITAI) por contribuírem e disponibilizarem o acesso ao material de pesquisa necessário para o desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

As unidades geradoras formam um sistema distribuído de geração de energia que utiliza como combustível o biogás produzido em pequenas propriedades rurais, oriundos dos resíduos da atividade agropecuária. O sistema supervisorio de unidades de geração a biogás será capaz de monitorar de forma local e remota as variáveis ambientais, elétricas e mecânicas do processo e disponibilizar estes dados em uma interface amigável para a análise e tomada de decisão dos operadores de forma antecipada aos problemas. Além de disponibilizar em uma tela, esses dados coletados alimentarão um banco de dados para acúmulo do histórico do processo, que servirá como fonte de estudos e fomento de novas linhas de pesquisas futuras relacionadas ao tema de interesse.

**Palavras-chave:** Sistema Supervisorio, Biogás, Banco de Dados.

## RESUMEN

Las unidades generadoras forman un sistema distribuido de generación de energía a partir de biogás como combustible producido de pequeñas granjas, los residuos derivados de las actividades agrícolas. El sistema de supervisión de las unidades de generación de biogás será capaz de controlar a nivel local como a distancia variables ambientales, proceso eléctrico y mecánico del proceso y proporcionar datos en una interfaz fácil de usar para el análisis y toma de decisiones de los operadores con anticipación a los problemas. Además de proporcionar una pantalla, los datos recogidos alimentarán a una base de datos para el proceso de la historia de acumulación, el cual servirá como fuente de investigación y desarrollo de nuevas líneas de investigación futuros relacionados con el tema de interés.

**Palavras-chave:** Sistema de Supervisión, Biogas, Base de Datos

## DEDICATÓRIA

*É com carinho e orgulho que dedico este trabalho para as pessoas que são simplesmente a base da minha vida, as quais sempre estiveram presentes em meus momentos de felicidade e principalmente se mantiveram ao meu lado nos momentos de dificuldade. São eles, meu pai Wilson, minha mãe Walderez, minhas irmãs Wanessa e Larissa e minha noiva Maiara.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI) pelo apoio nesta qualificação profissional.

Agradeço também a empresa incubada no PTI, NeoAutus e ao Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação (ITAI) por contribuírem e disponibilizarem o acesso ao material de pesquisa necessário para o desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

As unidades geradoras formam um sistema distribuído de geração de energia que utiliza como combustível o biogás produzido em pequenas propriedades rurais, oriundos dos resíduos da atividade agropecuária. O sistema supervisorio de unidades de geração a biogás será capaz de monitorar de forma local e remota as variáveis ambientais, elétricas e mecânicas do processo e disponibilizar estes dados em uma interface amigável para a análise e tomada de decisão dos operadores de forma antecipada aos problemas. Além de disponibilizar em uma tela, esses dados coletados alimentarão um banco de dados para acúmulo do histórico do processo, que servirá como fonte de estudos e fomento de novas linhas de pesquisas futuras relacionadas ao tema de interesse.

**Palavras-chave:** Sistema Supervisorio, Biogás, Banco de Dados.

## **RESUMEN**

Las unidades generadoras formar un sistema distribuido de generación de energía a partir de biogás como combustible producido de pequeñas granjas, los residuos derivados de las actividades agrícolas. El sistema de supervisión de las unidades de generación de biogás será capaz de controlar a nivel local como a distancia variables ambientales, proceso eléctrico y mecánico del proceso y proporcionar datos en una interfaz fácil de usar para el análisis y toma de decisiones de los operadores con anticipación a los problemas. Además de proporcionar una pantalla, los datos recogidos alimentarán a una base de datos para el proceso de la historia de acumulación, el cual servirá como fuente de investigación y desarrollo de nuevas líneas de investigación futuros relacionados con el tema de interés.

**Palavras-chave:** Sistema de Supervisión, Biogas, Base de Datos

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
CIER	Centro Internacional de Energias Renováveis
CH <sub>4</sub>	Metano
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
df/dt	Derivada da frequência
ETE	Estação de tratamento de esgoto
FPTI	Fundação Parque Tecnológico Itaipu
GD	Geração Distribuída
H <sub>2</sub> S	Sulfeto de hidrogênio
ITAI	Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação
LAR	Cooperativa Agroindustrial Lar
mm	milímetros
NTC	Normas Técnicas Copel
O/U	<i>Over/Under</i> , refere-se a Sobre e Subfrequência
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
SMCP	Sistema de Monitoramento, Controle e Proteção
UD	Unidade de Demonstração
UGC	Unidade Granja Colombari
UNILA	Universidade Federal da Integração Latino-Americana
USEPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Biodigestor modelo Indiano .....	18
FIGURA 2 - Biodigestor modelo Chinês .....	18
FIGURA 3 - Biodigestor UASB utilizado no Projeto Ajuricaba .....	19
FIGURA 4 - Biodigestor Lagoa Coberta em propriedade em Concórdia, SC ...	19
FIGURA 5 - Digestão Anaeróbia .....	21
FIGURA 6 - Grupo motor-gerador .....	23
FIGURA 7 - Representação esquemática do SMCP .....	24
FIGURA 8 - Arquitetura sistema SMCP .....	26
FIGURA 9 - Diagrama sistema supervisório .....	33
FIGURA 10 - Tela do sistema supervisório (ITAI, 2012) .....	37
FIGURA 11 - Diagrama de blocos representando as etapas do sistema .....	38
FIGURA 12 - Medidor de gás metano em Colombari .....	40
FIGURA 13 - Medidor de vazão em Colombari .....	40
FIGURA 14 - Transmissor de pressão em Colombari .....	41
FIGURA 15 - Sensores de temperatura .....	42
FIGURA 16 - Data Logger no quadro de comando em Colombari .....	42
FIGURA 17 - Representação resumida para o supervisório na UGC .....	44

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Projeções da contribuição mundial das energias renováveis .....	14
TABELA 2: Matriz de correlação entre os parâmetros da geração e o SMCP.	25
TABELA 3: Principais componentes do SMCP. ....	26
TABELA 4: Análise dos parâmetros ambientais.....	34
TABELA 5: Análise dos parâmetros elétricos e mecânicos.....	34

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Biomassa .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Biodigestores .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Biogás .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4</b>	<b>Sistema de Monitoramento, Controle e Proteção .....</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>28</b>
<b>4</b>	<b>SISTEMA SUPERVISÓRIO APLICADO À UNIDADE DE GERAÇÃO A BIOGÁS.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b>Sistema Supervisório Aplicado a Unidade de Geração à Biogás</b>	<b>32</b>
<b>4.2</b>	<b>Subsistema de Monitoramento Ambiental, Térmico e Elétrico da Unidade de Geração a Biogás.....</b>	<b>35</b>
<b>4.3</b>	<b>Subsistema SMCP de Geração de Energia Elétrica Distribuída ..</b>	<b>37</b>
<b>4.4</b>	<b>Equipamentos necessários para a implantação da solução.....</b>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>45</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>48</b>
	<b>ANEXO A - EQUIPAMENTOS E CUSTO.....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Devido as mudanças ocorridas nos últimos anos no sistema elétrico (geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia), o uso da geração distribuída têm atraído principalmente pequenos produtores independentes conectados ao sistema (GONÇALVES, 2004).

Através do aproveitamento de resíduos, o uso da biomassa para fins energéticos tem se tornado cada vez mais uma realidade, além de gerar renda também diminui os custos e impactos ambientais (TOLMASQUIM, 2003). Entretanto, as unidades geradoras de biogás não possuem um sistema especialista para monitorar e otimizar o desempenho eletro-energético do processo. Desta forma, se torna necessário o investimento em ferramentas para o auxílio na operação e no planejamento energético destes sistemas de geração distribuída (SPIER *et al.*, 2004).

A instalação de um sistema supervisorio em unidades geradoras de energia elétrica a partir da queima do biogás é importante para a monitoração remota do sistema, este geralmente geograficamente distribuído em localidades espalhadas, sobretudo permitindo o acúmulo de um histórico de dados confiáveis, que permitem o diagnóstico de problemas, a otimização dos sistemas em atividade e também eventuais pesquisas (NEOAUTUS, 2012).

Além da avaliação de problemas ocorridos por meio do tratamento de dados coletados, o sistema de supervisão permite o diagnóstico antecipado de problemas, permitindo ao sistema ou a um operador tomar ações preventivas na medida em que ocorrer alteração no padrão de funcionamento do processo (NEOAUTUS, 2012).

Para um melhor aproveitamento do balanço energético das unidades de demonstração, a disponibilidade de dados confiáveis que demonstrem o comportamento das variáveis do processo ao longo do tempo torna-se fundamental. Sendo assim, este estudo apresenta soluções iniciais para o desenvolvimento de um sistema supervisorio que atenda as necessidades de aquisição e registro de informações das unidades de geração distribuída (ITAI, 2012).

Para não tornar esta proposta inviável financeiramente, neste estudo não foram considerados qualquer tipo de controle, porém poderá ser adicionado conforme interesse e disponibilidade financeira. Vale lembrar que por se tratar de um estudo conceitual, para implantação física do projeto em campo será necessário um projeto mais aprofundado, contemplando todos os detalhes de implementação (NEOAUTUS, 2012).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Biomassa

A biomassa, do ponto de vista energético, é o nome dado à matéria orgânica passível para a geração de energia sendo utilizada direta ou indiretamente. Diretamente o principal processo é o da combustão direta, do qual o resultado obtido é o calor - na forma de dióxido de carbono e vapor de água - utilizado principalmente para aquecimento residencial e aplicações industriais. Se utilizados indiretamente, os processos são da produção de biocombustíveis e da produção de biogás (RODRIGUES, 2004).

A biomassa possui enorme potencial de contribuição na matriz energética para as próximas décadas (Tabela 1):

Tabela 1: Projeções da contribuição mundial das energias renováveis

<i>Mtep</i>	2010	2020	2030	2040
Biomassa	1313	1791	2483	3271
PCHs	19	49	106	189
Hidrelétrica	266	309	341	358
Eólica	44	266	542	688
Solar Fotovoltaica	2	24	221	784
Geotermal	86	186	333	493
Marinha	0,1	0,4	3	20
Total Renováveis	1745,5	2694,4	4289	6351
Consumo Total (unidades)	10549	11425	12325	13310
Renováveis/Total (%)	16,6	23,6	34,7	47,7

Fonte: (GOLDEMBERG & LUCON, 2008). p. 233

Nota: Adaptado pelo Autor

A biomassa gasosa pode ser utilizada na alimentação de motores e/ou turbinas, caldeiras para gerar vapor, sob a forma de hidrogênio ou ainda em células a combustíveis (GOLDEMBERG & LUCON, 2008).

Biomassa em nível elevado de umidade pode ser convertida em biogás através da digestão anaeróbia, que contém 65-75% de CH<sub>4</sub> e o restante em CO<sub>2</sub> e impurezas, devido a estas impurezas são necessários filtros e/ou dessulfurização, o que implica em custos ao sistema (GOLDEMBERG & LUCON, 2008). Para Bley Jr., (2010) a produção de biogás pode se dar por meio da biodigestão anaeróbica de qualquer resíduo ou biomassa residual em estado líquido ou pastoso, que são resíduos e efluentes orgânicos, industriais, dejetos da produção de animais e os resíduos sólidos provenientes do beneficiamento da produção agrícola ou mesmo de lavouras especificamente plantadas para fins energéticos.

O uso da biomassa para fins energéticos tem se tornado cada vez mais uma realidade através do aproveitamento dos resíduos agrícolas e agroindustriais, gerando uma outra forma de renda e também diminuindo os custos e impactos ambientais (TOLMASQUIM, 2003).

Mesmo que tenha sido o primeiro vetor energético empregado pela humanidade e ainda seja uma fonte energética importante, a utilização da biomassa para a produção de eletricidade ainda é pouco expressiva (CORTEZ *et al.*, 2008).

O interesse referente à produção de eletricidade a partir da biomassa pode ser atribuído aos seguintes fatores (CORTEZ *et al.*, 2008):

- Emissões de gases de efeito estufa muito baixas ou até mesmo nulas, desde que a produção de biomassa seja sustentável;
- Vantagens em relação ao uso de combustível fóssil relacionado à emissão de óxido de enxofre e óxido de nitrogênio. Deve-se atentar para o cuidado quanto ao uso do solo e com o emprego de melhores práticas agrícolas;
- Geração de emprego rural;

- Manutenção da atividade agrícola, uso adequado de terras e a minimização de despesas com subsídios;
- Aumentar a diversidade na matriz de geração de eletricidade.

Apesar das vantagens citadas acima, existe um conjunto de desvantagens que limitam o emprego de biomassa na produção de eletricidade, são:

- Custos de produção e transporte da biomassa;
- Baixa capacidade unitária dos sistemas prejudica sua viabilidade econômica;
- Precisa ser sustentável do ponto de vista ambiental, social e econômico. Necessário que os benefícios ambientais sejam assegurados ao longo de toda a cadeia de produção;
- Alto teor de umidade, baixo poder calorífico, baixa densidade e variabilidade da composição e da qualidade.

Mesmo o contexto atual sendo favorável em relação ao passado recente, existem ainda barreiras e desafios a serem superados. Favorecem a necessidade de significativa redução das emissões de gases de efeito estufa e o avanço das políticas regulatórias. As barreiras a serem vencidas correspondem aos desafios tecnológicos, aumento da oferta de biomassa com baixo custo, mínimos impactos ambientais e o refinamento de instrumentos políticos, regulatórios e financeiros (CORTEZ *et al.*, 2008).

## **2.2 Biodigestores**

A obtenção de energia oriunda da biomassa envolve processos físicos e químicos resultantes da ação de microrganismo (CORTEZ *et al.*, 2008).

Os biodigestores são equipamentos destinados para o processo de biodigestão anaeróbia da matéria orgânica produzindo biogás e biofertilizante (OLIVEIRA, 2004).

Os biodigestores, quando bem dimensionados, apresentam aspectos interessantes ao processo, dentre os quais estão o tratamento de efluentes, a redução de odores, a produção de biofertilizante, maior conversão da matéria orgânica em geração de gases com elevada concentração de metano, baixos custos operacionais e de investimentos e o menor tempo de retenção em comparação com outros sistemas de manejo e tratamento, entre outros (OLIVEIRA, 2004).

No Brasil, ainda existem limites a serem superados em relação ao uso da tecnologia de construção e de operação de biodigestores, principalmente no que se refere a equipamentos projetados especificamente para o uso do biogás, além de uma melhor compreensão quanto à sensibilidade do processo químico (OLIVEIRA, 2006).

Existem diversos tipos de biodigestores, destaca-se os seguintes:

- Biodigestores modelo indiano: Nesse biodigestor o estágio da fermentação é mais rápido. Como sua construção é enterrada, aproveita a pouca variabilidade da temperatura do solo, favorecendo a ação das bactérias. O Tanque principal é dividido em duas câmaras pela parede central, conforme Figura 1, esta parede força a circulação do material por todo o biodigestor. O biogás gerado é retido em uma campânula fixa acima do biodigestor (KUNZ, 2011).

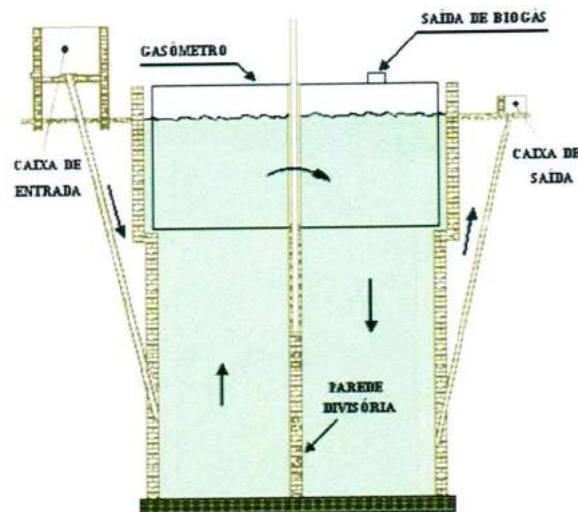


Figura 1 - Biodigestor modelo Indiano (PECORA, 2006)

• Biodigestores modelo chinês: Esse biodigestor funciona conforme o princípio da prensa hidráulica, caso o acúmulo de biogás ocasione aumento na pressão interna, o efluente da câmara de fermentação será deslocado para a caixa de saída, e em sentido contrário no caso de descompressão. O armazenamento do biogás é oriundo de sua estrutura, constituído por uma câmara cilíndrica em alvenaria para fermentação e teto impermeável. A Figura 2 mostra a vista frontal de um biodigestor modelo chinês (KUNZ, 2011).

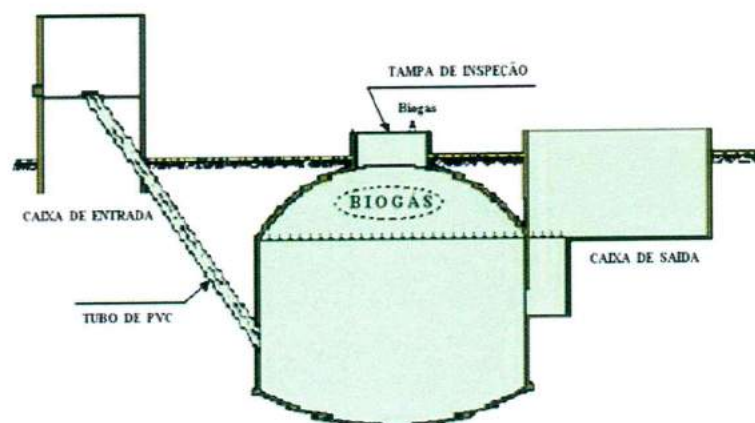


Figura 2 - Biodigestor modelo Chinês (PECORA, 2006)

• Biodigestores do tipo UASB: Esse tipo de biodigestor é caracterizado pelo fluxo ascendente dos efluentes e por sua manta de lodo, conforme figura

3. A manta de lodo permite que a matéria orgânica insolúvel permaneça retida, diminuindo o tempo de retenção da matéria orgânica no biodigestor (KUNZ, 2011).



**Figura 3** - Biodigestor UASB utilizado no Projeto Ajuricaba

- Biodigestores modelo Lagoa Coberta: devido à geometria das lagoas anaeróbias de tratamento, sua cobertura favorece a captura do biogás produzido, como mostrado na Figura 4 (KUNZ, 2011). Este modelo é o mais indicado para projetos industriais e agroindustriais por sua versatilidade e armazenamento de biogás (OLIVEIRA & HIGARASHI, 2006).



**Figura 4** - Biodigestor Lagoa Coberta em propriedade em Concórdia, SC. (OLIVEIRA & HIGARASHI, 2006)

O biodigestor, embora remova a matéria orgânica e parte dos nutrientes, não deve ser encarado como um sistema definitivo de tratamento

anaeróbio dos dejetos e sim como parte de um processo de tratamento, devendo seu efluente ser utilizado como fertilizante orgânico em propriedades (OLIVEIRA & HIGARASHI, 2006).

### 2.3 Biogás

Dentre as formas alternativas de energia renováveis, pode-se citar a de conversão da biomassa em energia secundária, o que permite o seu aproveitamento sob a forma de biogás (OLIVEIRA, 2004).

O biogás é originado da degradação da matéria orgânica. Sua produção é possível a partir de uma grande variedade de resíduos orgânicos (agroindustriais, domésticos, rurais, etc). A conversão anaeróbia produz pequena quantidade de energia para os microorganismos, apenas uma pequena porção do resíduo é convertida em nova biomassa celular (OLIVEIRA, 2004). Um esquema simplificado (Figura 5) representando a digestão anaeróbia de material orgânico é apresentado a seguir.

O metano, gás inodoro, é responsável pela pureza do gás, sendo altamente inflamável (COELHO, 2000). O gás sulfídrico é responsável pelo mau cheiro, e em muitas vezes, também pela inviabilização do armazenamento e produção de energia (OLIVEIRA & HIGARASHI, 2006).

Dependendo da eficiência do processo, é composto tipicamente por 65-75% de metano, 20-30% de dióxido de carbono e 5% de uma mistura de outros gases como hidrogênio, nitrogênio, gás sulfídrico, monóxido de carbono, amônia, oxigênio e amins voláteis (OLIVEIRA, 2004). Sendo que a produção de metano é apenas uma das vantagens da biodigestão anaeróbia, entre elas podemos destacar o tratamento de efluentes, a redução de odores e a eliminação de patógenos.

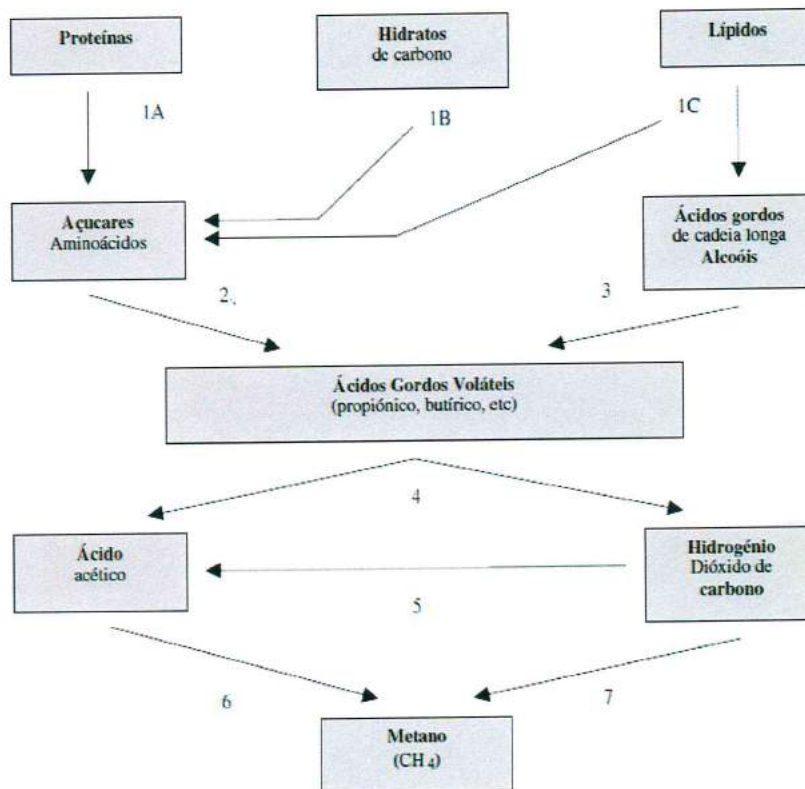


Figura 5 - Digestão Anaeróbica (OLIVEIRA & HIGARASHI, 2006)

Para Oliveira (2006, p.15) “a presença de vapor d’água, CO<sub>2</sub> e gases corrosivos (H<sub>2</sub>S) no biogás in natura, constitui-se no principal problema para a viabilização de seu armazenamento e na produção de energia”.

Ressalta-se também que a *Environmental Protection Agency* dos Estados Unidos da América considera o metano como um dos principais gases causadores do efeito estufa, possuindo um efeito 20 vezes mais forte que o CO<sub>2</sub> (EPA, 2010), devendo ser queimado, aproveitado para cocção ou ainda utilizado em um motor de combustão interna para geração de energia elétrica, visando minimizar os impactos ambientais (OLIVEIRA & HIGARASHI, 2006).

Diversos são os fatores utilizados para estimar a produção de biogás, dentre os fatores considerados temos a temperatura de operação do biodigestor (entre 20 e 45°C) e a diluição dos dejetos em função do desperdício hídrico (OLIVEIRA, 2006).

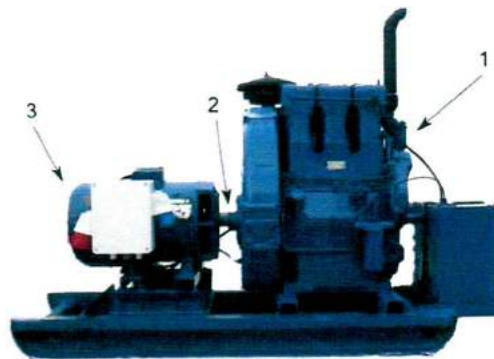
## 2.4 Sistema de Monitoramento, Controle e Proteção

Diversos fatores são imprescindíveis no processo de implantação de uma unidade de geração distribuída, principalmente a segurança elétrica de pessoas e das instalações, a conexão com a rede de distribuição e a proteção da unidade geradora, bem como da rede de distribuição a ela associada (PAULILLO, 2011).

Uma unidade de geração distribuída deve atender a um conjunto de requisitos, definidos pela concessionária local de forma a evitar que um acoplamento inadequado provoque erro de sincronismo, atuação indevida da proteção do gerador ou da rede elétrica, provoque instabilidade e mau funcionamento do gerador e provoque eventos indesejáveis na rede da concessionária ou, ainda, risco de morte aos operadores da unidade geradora ou da rede elétrica (PAULILLO, 2011).

Dessa maneira, para que a geração distribuída seja viabilizada é fundamental a disponibilidade de um sistema de monitoramento, controle e proteção (SMCP) que atenda a regulamentação definida para o setor elétrico – concessionárias, consumidores, fabricantes de equipamentos e agências reguladoras (PAULILLO, 2011).

O SMCP deve atender os requisitos para atuar em uma planta de geração de energia elétrica a partir de um grupo Motor-Gerador (Figura 6). O biogás é queimado em um motor de combustão interna onde ocorre o processo de conversão de energia química em energia mecânica. A energia mecânica é transmitida até o gerador que a converte em energia elétrica (PAULILLO, 2011).



**Figura 6** - Grupo motor-gerador (PAULILLO, 2011)

Onde:

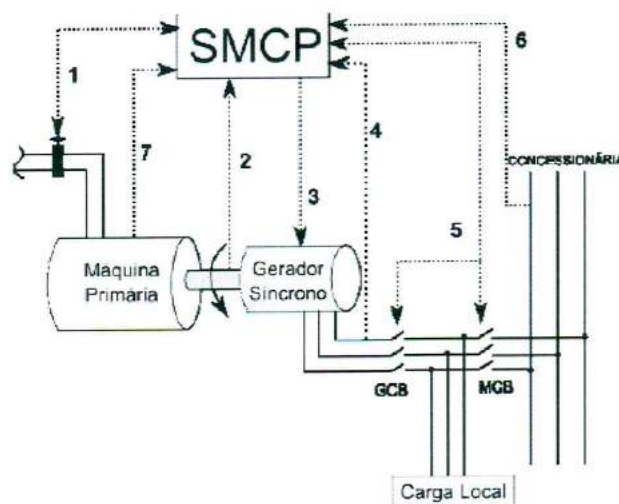
- 1- Motor de Combustão interna (máquina primária): responsável pela energia mecânica que será transmitida ao gerador;
- 2- Acoplamento motor-gerador: responsável pela transferência da energia mecânica gerada pelo motor para o gerador;
- 3- Gerador síncrono: transforma a energia mecânica proveniente do motor em energia elétrica

Para a interconexão, de forma segura e confiável, do gerador na rede elétrica da concessionária, é necessário atender aos seguintes requisitos (PAULILLO, 2011):

- Requisitos de sincronismo: a tensão gerada e tensão da rede devem possuir o mesmo módulo e frequência, e devem estar em fase;
- Requisitos de controle: controle deverá manter a geração em sincronismo com a rede, proteger a unidade geradora e a rede de distribuição contra distúrbios e garantir a segurança dos operadores da unidade de geração e também dos operadores da rede elétrica;
- Requisitos de monitoramento: acompanhar a situação operacional do sistema de modo que os requisitos de controle possam ser atingidos;

- Requisitos de segurança: atendimento às exigências da concessionária local e da ANEEL para a interconexão da unidade de geração à rede elétrica.

Assim, o SMCP deve interagir com os componentes da unidade de geração com biogás. A Figura 7 representa o esquemático do SMCP



**Figura 7** - Representação esquemática do SMCP (PAULILLO, 2011)

Onde:

1. Controle sobre admissão e qualidade do biogás injetado no motor;
2. Medição da velocidade de rotação da máquina primária;
3. Controle de excitação do gerador;
4. Medição da corrente e tensão nas três fases do gerador;
5. Atuação e estado do contator da rede e da carga local;
6. Atuação e estudo do contator da carga local;
7. Estado do óleo e temperatura da máquina primária.

O SMCP é um dispositivo no qual os sistemas de controle, monitoramento e proteção interagem para desempenhar a função para qual foi projetado. Considerando as variáveis envolvidas no sistema, foi definida uma

matriz de relacionamento onde os parâmetros da geração de energia são correlacionados com o sistema SMCP, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Matriz de correlação entre os parâmetros da geração e o SMCP.

<i>Parâmetro</i>	<i>Sistema de Monitoramento</i>	<i>Sistema de Controle</i>	<i>Sistema de Proteção</i>
Tensão – concessionária e do gerador	X	X	X
Correntes - concessionária			X
Corrente nas fases do gerador	X	X	X
Frequência da concessionária	X		X
Frequência do gerador	X	X	X
Potências Ativa e Reativa do gerador	X	X	
Status dos contadores da concessionária e do gerador	X	X	X
Status dos relés auxiliares	X		
Temperatura do motor	X		X
Status do óleo do motor	X		X
Status da bateria do painel	x		
Velocidade do motor	X	X	X
Admissão de gás no motor		X	

Fonte: (PAULILLO, 2011). p.33

Nota: Adaptado pelo Autor

E com base na tabela acima é possível obter uma arquitetura (Figura 8) do sistema para representar o trâmite de dados entre equipamentos que interagem no SMCP.

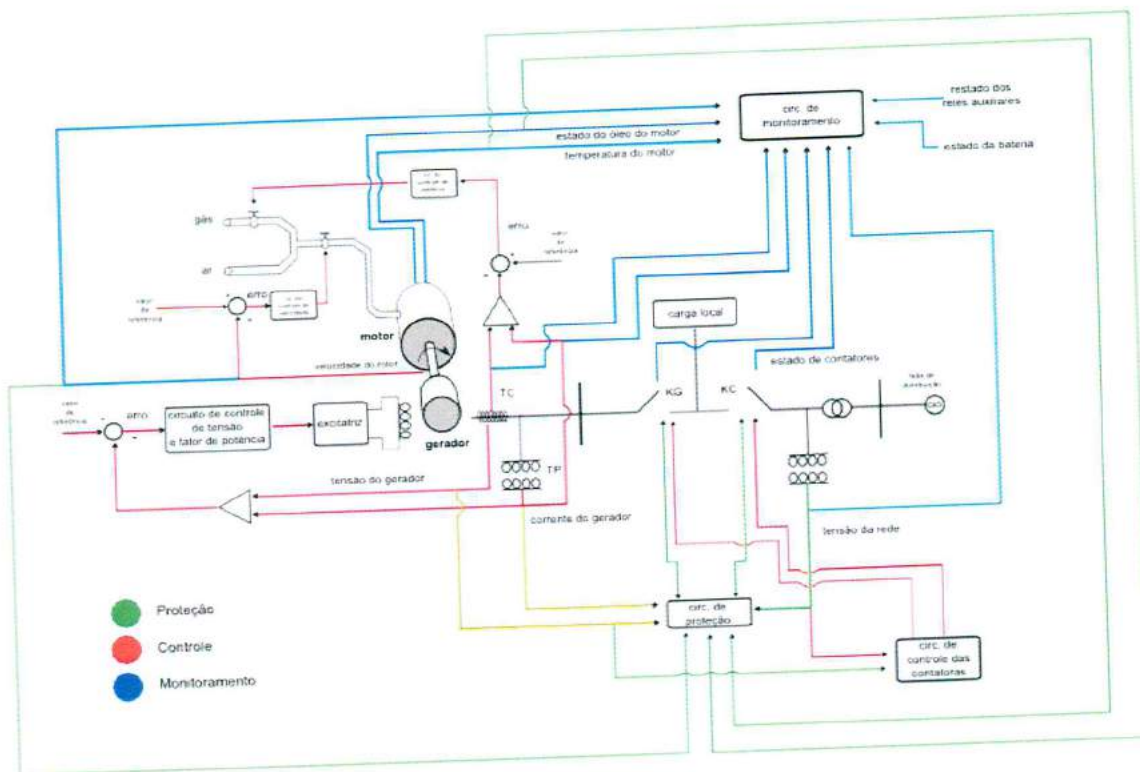





Figura 8 - Arquitetura sistema SMCP (ITA, 2010)

Face a complexidade do sistema e a necessidade de atender aos requisitos de funcionalidade, precisão e confiabilidade, o SMCP foi projetado com soluções comerciais para aplicações genéricas. Os componentes principais do SMCP e seus fabricantes são relacionados a seguir (ITA, 2010):

Tabela 3: Principais componentes do SMCP.

<i>Ilustração</i>	<i>Componente</i>	<i>Função</i>	<i>Modelo</i>
	Fonte de tensão DC	Atuar na tensão de campo do gerador	RT7-TH4/Grameyer
	Válvula com regulador de vazão	Atuar na admissão do biogás no motor	L-Series / Woodward

<i>Ilustração</i>	<i>Componente</i>	<i>Função</i>	<i>Modelo</i>
	Válvula com regulador de vazão	Atuar na mistura ar/biogás	L-Series / Woodward
	Controle de Operação	Controle do motor; Proteção contra falha da concessionária; Proteção do gerador; Controle do gerador; Monitoração e controle-potencia ativa e reativa Sincronização; Comunicação	GCP-22 / Woodward
	Tacômetro	Leitura da velocidade do motor	-
	Sonda lambda	Leitura da concentração da mistura combustível	-

Fonte: (ITAI, 2010). p.20

Nota: Adaptado pelo Autor

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo aborda os procedimentos metodológicos utilizados na realização deste trabalho. Qualquer pesquisa exige uma fundamentação teórica, esta será analisada a fim de se tornar a base que dará sustentação ao trabalho, a revisão bibliográfica e a definição dos termos (SILVA, 2004).

O presente trabalho tem como base a pesquisa aplicada, que segundo Lakatos & Marconi, (2010, p.06) “caracteriza-se por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados ou utilizados, imediatamente, na solução de problemas que ocorrem na realidade”, reforçando a ideia em que a ênfase prática é voltada para a decisão de problemas, busca de respostas para questões específicas, desempenho e necessidades, e apoio a tomada de decisão (COOPER & SCHINDLER, 2001).

Neste estudo analítico-descritivo, foram utilizadas a pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso para a representação das informações.

A pesquisa bibliográfica é o passo inicial de qualquer pesquisa científica e de acordo com Gil (2002, p.44) “é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”.

A pesquisa documental segundo Roesch (2006, p.165) “é uma das fontes mais utilizadas em trabalhos de pesquisa, tanto de natureza quantitativa como qualitativa”, no presente trabalho foram utilizados documentos oficiais que abordam sobre o Sistema de Monitoramento, Controle e Proteção e o Sistema de Monitoramento de Unidade de Geração Distribuída a Biogás.

Já o estudo de caso representa a resposta para questões de “como” e “porquê”, com o foco inserido no contexto real de uma necessidade que surge

do desejo de se compreender certos fenômenos através de uma investigação (YIN, 1994). Neste contexto, para Schramm (1971, p.31) “a essência de um estudo de caso é tentar esclarecer uma decisão ou um conjunto de decisões: o motivo pelo qual foram tomadas, como foram implementadas e com quais resultados”. Como ainda o sistema de monitoramento não foi implantado, o estudo de caso aborda uma proposta de implantação.

## **4 SISTEMA SUPERVISÓRIO APLICADO À UNIDADE DE GERAÇÃO A BIOGÁS**

A Geração Distribuída de Energia Elétrica vem se desenvolvendo fortemente ao longo das últimas décadas, tornando-se uma realidade para as empresas do setor elétrico brasileiro, principalmente as distribuidoras de energia elétrica (BLEY JR., 2010).

Neste contexto, foi estruturado o Programa de Geração Distribuída com Saneamento Ambiental, o qual serviu de plataforma para o projeto piloto de implantação de geração distribuída conectado no nível de baixa tensão e com comercialização de energia elétrica. Esse projeto piloto resultou na implantação de sete Unidades de Demonstração – UD nos segmentos agroindustriais de produção de suínos, produção de aves e produção de vegetais. São elas (ITAIPU, 2012):

- Condomínio Ajuricaba: Geração de energia a partir do biogás em regime de condomínio cooperativo.
- ETE Ouro Verde: Geração híbrida (painéis solares associados a biodigestores).
- Fazenda Star Milk: Energia da biomassa residual da pecuária de leite e biodiesel.
- Granja Colombari: Geração a partir de biogás na suinocultura
- Unidade de Vegetais – LAR: Energia do biogás em uma indústria de alimentos.
- Unidade Industrial de Aves - LAR: Geração a partir de biogás em uma indústria de alimentos.

- Unidade Produtora de Leitões – LAR: Geração de biogás na suinocultura.

O presente estudo será baseado na Granja Colombari. A Unidade Granja Colombari (UGC) está localizada no município de São Miguel do Iguaçu, no Oeste do Paraná, sendo considerada como a primeira Microcentral Termelétrica a Biogás monitorada pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL) (ITAIPU, 2012).

Atualmente a granja apresenta capacidade para a criação de cinco mil suínos em fase de terminação, que podem permanecer por até um ciclo de quatro meses em cada criadouro. A ração utilizada para alimentação dos suínos é produzida no próprio local, sendo que os suínos iniciam o processo de engorda com aproximadamente 20 kg e finalizam o ciclo com 120 a 140 kg (ITAI, 2011).

O sistema de tratamento dos efluentes gerados é composto por dois biodigestores em paralelo, do modelo canadense, e um tanque de armazenagem do biofertilizante. Os biodigestores instalados na Granja Colombari (UGC) têm capacidade de 1200 m<sup>3</sup> de biomassa, sendo alimentados com águas residuárias de suinocultura. Os biodigestores operados estão dispostos em série, sendo o primeiro biodigestor com capacidade de 800 m<sup>3</sup>, e o segundo com aproximadamente 400 m<sup>3</sup> (ITAI, 2011).

Uma das conquistas obtidas com a implantação das unidades de demonstração foi a mitigação das barreiras técnicas existentes entre os diversos agentes do setor elétrico. Essas barreiras foram superadas através do desenvolvimento do SMCP, discutido no item 2.4, o qual permitiu o acesso de microgeradores no sistema de distribuição, e conseqüentemente a possibilidade de comercialização de energia com a concessionária local (ITAI, 2012).

A operação dessas UD é afetada pela falta de previsibilidade, sobre o comportamento dos parâmetros ambientais, elétricos e mecânicos. O que resulta na necessidade de manutenções corretivas, e não preventivas,

provocando interrupções prolongadas na geração de energia elétrica, e conseqüentemente impactando nos indicadores de viabilidade do projeto (ITAI, 2012).

Para um melhor aproveitamento do balanço energético das UD, a disponibilidade de dados confiáveis que demonstrem o comportamento das variáveis do processo ao longo do tempo torna-se fundamental. Sendo assim, este estudo apresenta soluções iniciais para o desenvolvimento de um sistema supervisorio que atenda as necessidades de aquisição e registro de informações das unidades de geração distribuída (NEOAUTUS, 2012).

Para não tornar esta proposta inviável financeiramente, neste estudo não foram considerados qualquer tipo de controle, porém poderá ser adicionado conforme interesse e disponibilidade financeira. Vale lembrar que por se tratar de um estudo conceitual, para implantação física do projeto em campo será necessário um projeto mais aprofundado, contemplando todos os detalhes de implementação (NEOAUTUS, 2012).

#### **4.1 Sistema Supervisorio Aplicado a Unidade de Geração à Biogás**

Os sistemas supervisorios são atualmente empregados em praticamente todos os processos de produção industrial. Um sistema supervisorio é um sistema computacional que converte dados do processo de produção em gráficos e telas, disponibilizando-os em uma interface de leitura amigável, de modo a facilitar a percepção e a atuação do operador sobre o processo (LOPES, 2009; SILVA, 2004).

Com o monitoramento das unidades de geração de biogás e energia, é possível contar com a disponibilidade de informações confiáveis, que demonstrem o comportamento das variáveis envolvidas no processo ao longo do tempo (ITAI, 2012).

Dessa forma o sistema é dividido em duas partes: Subsistema de Monitoramento Ambiental, Térmico e Elétrico da Unidade de Geração Distribuída a Biogás e Subsistema de Monitoramento, Controle e Proteção (SMCP) de Energia Elétrica Distribuída de acordo com os requisitos técnicos da concessionária (Figura 9).

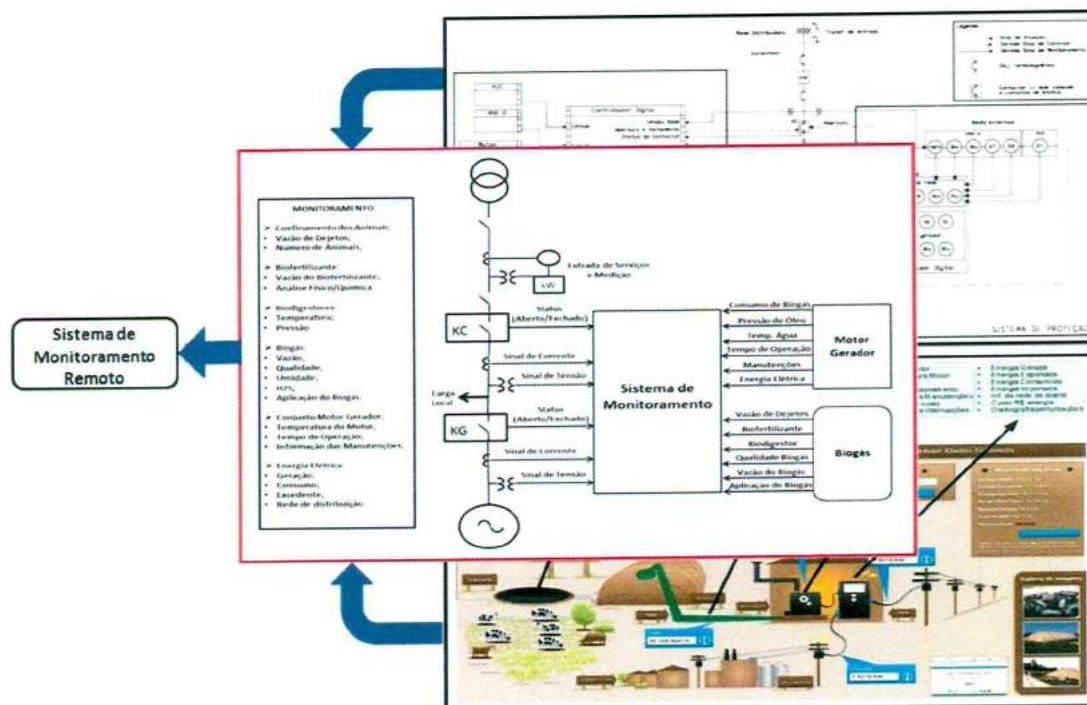


Figura 9 - Diagrama sistema supervisório (ITAI, 2012)

O sistema supervisório de unidade de geração a biogás deverá (ITAI, 2012):

- Monitorar parâmetros ambientais, elétricos e mecânicos que permitam a criação de banco de dados que comprove a viabilidade, técnica e econômica da unidade;
- Gerar dados que comprove a eficácia de melhorias nos processos implantados na unidade a partir de pesquisas desenvolvidas;
- Alimentar o Banco de dados do Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás (CIER-Biogás) para troca de experiências, desenvolvimento de pesquisas científicas e melhorias. Ajuste nos modelos metodológicos desenvolvido pelo centro.

O sistema proposto deverá ser desenvolvido para acesso remoto das grandezas monitoradas em uma unidade de geração a biogás. Os dados monitorados em campo, bem como os coletados em laboratório serão armazenados em um banco de dados no CIER-Biogás (ITAI, 2012).

O sistema supervisorio deverá monitorar os seguintes parâmetros de acordo com sua necessidade/importância, conforme Tabela 4 e 5.

Tabela 4: Análise dos parâmetros ambientais

	Parâmetros	Justificativa	Obrigatório	Fortemente Desejável	Desejável
Ambiente	Temperatura	Possibilidade de fazer correlações com a produção de biogás		X	
Biomassa	Vazão	Correlação direta com a produção de biogás	X		
	Temperatura	Avaliar influência da temperatura na produção de biogás	X		
	Análises Físico-químicas	Avaliar a qualidade do efluente e eficiência do biodigestor	X		
	Consumo de água	Eficiência de limpeza e diluição da biomassa			X
Biogás	Vazão	Produção de biogás pelo biodigestor e eficiência de consumo pelos equipamentos	X		
	Qualidade	Poder calorífico do gás	X		
	Pressão	Verificar excesso de pressão e potencial produção de biogás		X	
	Temperatura	Poder calorífico e condensação do vapor d'água no gás			X
	Umidade	Influência no poder calorífico do gás			X
	H2S	Corrosividade e potencial de remoção de filtros		X	
Biofertilizante	Vazão da Bomba	Quantidade de biofertilizante utilizada para fertirrigação		X	

Fonte: (ITAI, 2012). p.08

Tabela 5: Análise dos parâmetros elétricos e mecânicos

	Parâmetros	Justificativa	Obrigatório	Fortemente Desejável	Desejável
Motor	Temperatura	Temperatura adequado para o funcionamento			X
	Nível de óleo	Manutenções periódicas			X
	Horas de funcionamento	Tempo de operação e interrupção	X		
	Informações - Manutenções	Manutenções realizadas periodicamente	X		
	Custo das Manutenções	Impacto financeiro/Viabilidade econômica		X	
	Informações - Interrupções	Interrupção/Fora de operação		X	
Energia	Gerada	Geração de energia na unidade	X		
	Exportada	Energia excedente na unidade	X		
	Consumida	Balanço Geração x Consumo	X		
	Importada	Consumo de energia da rede		X	
	Informações - Rede de Distribuição	Comportamento das variáveis de energia elétrica		X	
	Custo R\$	Viabilidade econômica - R\$/MWh	X		
	Oscilografia/Perturbações	Ocorrência de eventos ao longo do período			X

Fonte: (ITAI, 2012). p.09

## 4.2 Subsistema de Monitoramento Ambiental, Térmico e Elétrico da Unidade de Geração a Biogás

O monitoramento de unidade de geração de Biogás visa, obter informações dos parâmetros ambientais, mecânicos e elétricos envolvidos no processo, desde a produção da biomassa residual até a produção do Biogás e geração de energia elétrica. A partir de estudos técnicos e análises, a possibilidade de identificar o melhor aproveitamento do uso do Biogás, otimizando a aplicabilidade em cada unidade, além de prover informações para a realização das manutenções preventivas, e refinamento do estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental da unidade (ITAI, 2012).

Dentre as diversas funções de um sistema supervisor de unidades de geração distribuída de energia elétrica, temos (ZANCHET, 2012):

- Sistema supervisor inclui todas as funções de monitoramento do processo e deverá permitir o monitoramento de todas as variáveis desejáveis do sistema de geração, via cabo de comunicação ou outro meio;
- Deverá possuir janelas de alarmes e histórico de alarmes;
- Telas de interface deverão ser elaboradas de maneira amigável para permitir um melhor entendimento e acompanhamento do processo.

A Figura 10 apresenta os parâmetros monitorados em uma tela de sistema supervisor. Neste contexto é possível monitorar os parâmetros de maior relevância de cada etapa, possibilitando a formação do banco de dados. Os parâmetros principais são:

- Parâmetros de qualidade do efluente: importante para avaliar a eficiência do biodigestor na remoção da carga orgânica, correlacionar com outros dados obtidos, tais como teor de  $\text{CH}_4$  e  $\text{H}_2\text{S}$  no biogás, produção de biogás em função da biomassa (ITAI, 2011).
- Vazão de Biomassa: importante para determinar a carga orgânica que está sendo removida do efluente, eficiência do processo,

correlação com a produção de biogás e determinação do tempo de retenção do biodigestor (ITAI, 2011).

- **Temperatura:** A temperatura, especialmente a ambiente, influencia consideravelmente na produção de biogás. Quanto maior a temperatura ambiente, maior a produção de biogás, pois os microorganismos responsáveis pelo processo de digestão anaeróbia podem, devido a cinética aumentar a produção de biogás sob temperaturas mais elevadas (ITAI, 2011).
- **Pressão:** Quando o biodigestor da unidade apresenta pressões superiores a 20 mmHg significa que ele está na sua capacidade máxima de armazenamento de biogás. Logo o flare deve ser acionado para aliviar a pressão do biodigestor. A pressão não tem influência sobre a qualidade do gás, mas é importante no controle do volume de gás nas unidades (ITAI, 2011).
- **Metano:** Quanto maior a concentração de metano ( $\text{CH}_4$ ) no biogás, maior poder calorífico. Para aplicações em motores de combustão interna para geração de eletricidade é desejável um gás com maior poder calorífico. Portanto, essa concentração deve ser monitorada nas unidades, a fim de avaliar o valor energético do biogás em função do tipo de biomassa (ITAI, 2011).
- **Medição do fluxo de Biogás:** Para que se possa avaliar o potencial de produção de biogás nos biodigestores e consumo de biogás nos motores de combustão interna é necessário a instalação de medidores de fluxo (ITAI, 2011).
- **Sulfeto de Hidrogênio:** É importante que haja um monitoramento do  $\text{H}_2\text{S}$  no biogás que está sendo consumido pelo motogerador, antes e após o sistema de remoção de sulfeto de hidrogênio instalado na entrada do motor (ITAI, 2011).
- **Produção de Eletricidade:** Além da importância em monitorar os parâmetros de geração, a produção de eletricidade é importante para a análise da viabilidade do empreendimento (ITAI, 2011).

- Consumo de água: importante o seu levantamento para confrontar com os dados de vazão de efluente que vai para os biodigestores (ITAI, 2011).

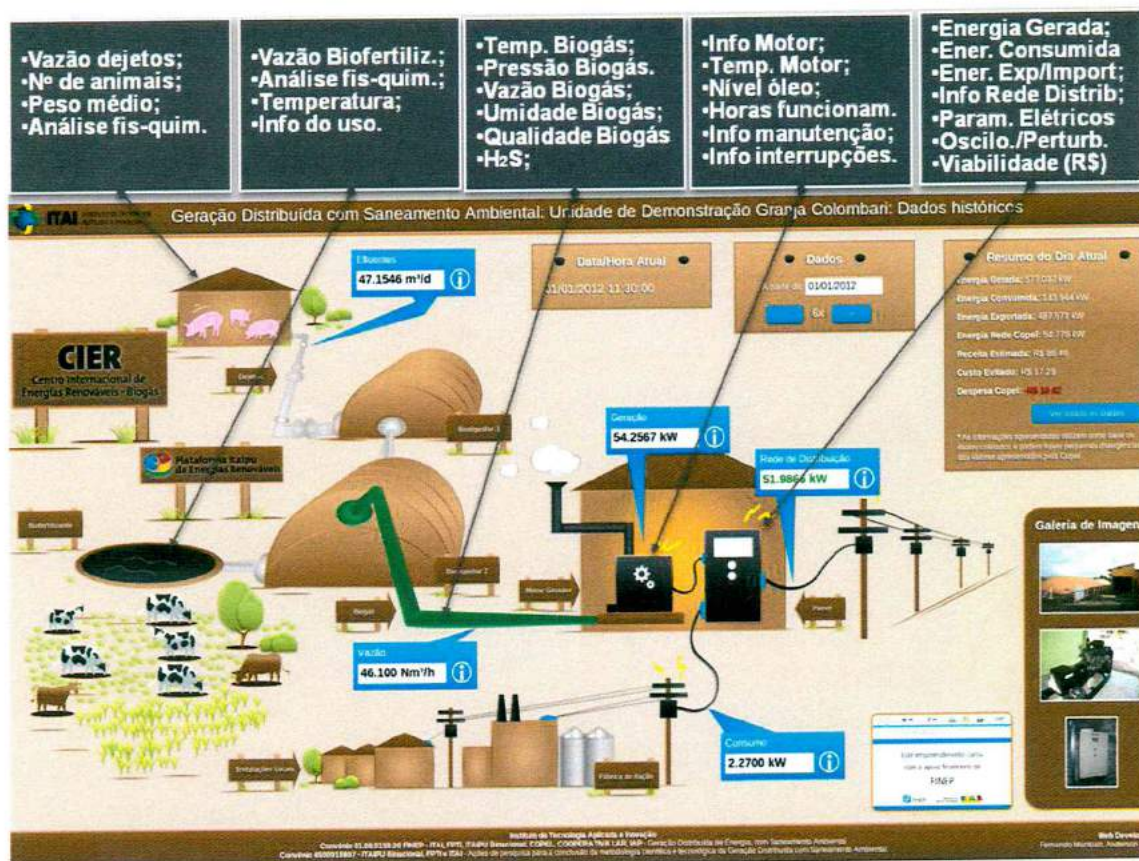
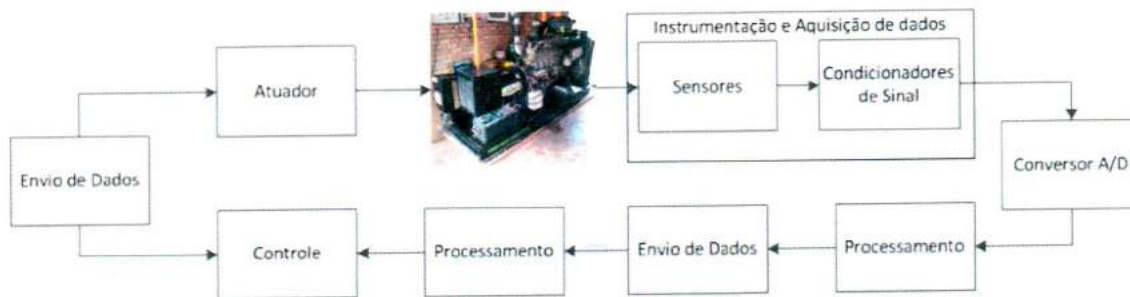


Figura 10 - Tela do sistema supervisorio (ITAI, 2012)

### 4.3 Subsistema SMCP de Geração de Energia Elétrica Distribuída

Os desafios de supervisão e monitoramento podem ser minimizados com o desenvolvimento de um sistema para acesso remoto, dos parâmetros relacionados à operação de uma unidade geradora. Com isso, é possível reunir os dados coletados em campo de várias unidades GD em uma central, onde uma ferramenta de gestão poderá processar o conjunto de dados automaticamente gerando indicadores de desempenho em tempo real, o que pode agilizar a tomada de medidas corretivas em resposta à eventuais distúrbios verificados no processo de geração de energia (ITAI, 2012).

O diagrama de blocos da Figura 11 representa o sistema em que propriedades do sistema monitorado são capturados por sensores e estas informações são transmitidas para uma estação base que manipulará estas informações de forma a usá-las como parâmetro para atividades específicas (ITAI, 2012).



**Figura 11** - Diagrama de blocos representando as etapas do sistema (ITAI, 2012)

Os sistemas de proteção exigidos estão em conformidade com as condições técnicas descritas nos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST (Módulos 3 e 8), disponível no sítio da ANEEL, sendo complementadas por demais condições e Normas Técnicas, que a COPEL entende serem também necessárias, assim como as Normas da ABNT. Os equipamentos deverão ser previstos tanto para as saídas na subestação da COPEL, derivações da rede (Ponto de Conexão) como para as saídas da usina (Subestação Elevadora), dependendo do tipo de conexão permitida (ITAI, 2012).

O sistema de proteção da rede foi concebido para um sistema radial, ou seja, com apenas uma fonte de contribuição de curto-circuito. Com base nesta premissa, 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 de distúrbios no mesmo, ou seja, em caso de curto-circuito, a região afetada deverá ser a menor possível (ITAI, 2012).

O sistema de proteção da rede de distribuição não está preparado para operar em paralelo permanente com usinas de produtores independentes. A ligação de um gerador na rede acarreta inúmeros impactos, relacionados à segurança, suportabilidade, coordenação e seletividade de equipamentos de proteção. Todo sistema de proteção deve ser provido de uma proteção principal e uma proteção de retaguarda (ITAI, 2012).

As características levantadas na etapa de estudo da NTC 905100 servem de referência para a avaliação dos dispositivos encontrados, as quais encontram-se relacionadas a seguir:

- Função de proteção de sobrecorrente de corrente alternada de fase e de neutro, instantâneas e temporizadas – 50/51 e 50/51N;
- Função de proteção de sobre tensão (3 fases) – 59;
- Função de proteção de sub tensão (3 fases) – 27;
- Função de proteção de sobre e subfrequência - 81 O/U;
- Função de proteção de relé de tempo – 62;
- Função de proteção de relé de check de sincronismo – 25;
- Função de proteção de derivada de frequência - 81 df/dt;
- Função de proteção de relé salto de vetor (*Vector Jump*) – 78;
- Possuir registros de sequência de eventos e oscilografias;
- Possuir protocolo de comunicação DNP 3.0.

#### **4.4 Equipamentos necessários para a implantação da solução**

Para a implantação de um sistema supervisorio na Granja Colombari serão necessários equipamentos destinados para este fim, conforme apresentado a seguir. Estes equipamentos e o seu custo aproximado encontram-se no Anexo A deste estudo.

- 1 Medidor de gás metano: Equipamento já está instalado na unidade de demonstração (Figura 12) mede o fluxo de biogás enviado para utilização. Medidor fixo, modelo SD – 705 RID.

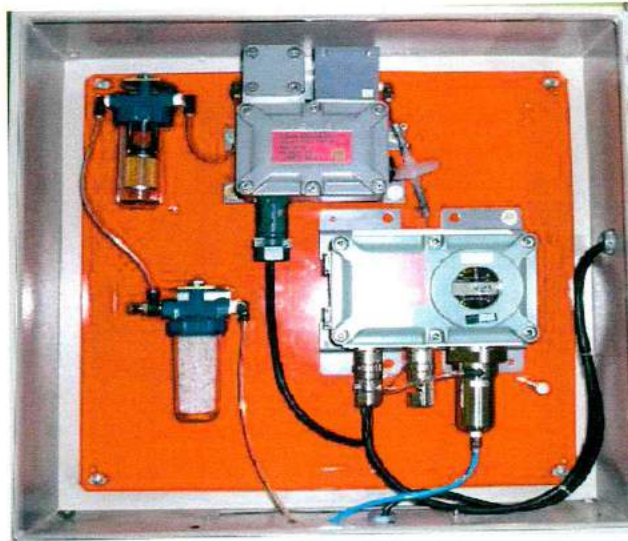


Figura 12 - Medidor de gás metano em Colombari (ITAI, 2011)

- Medidor de vazão do gás: Equipamento existente na instalação (Figura 13) responsável por medir a vazão do gás que flui do biodigestor até o gerador. Medidor dispersão de massa, modelo TA2-21B1-930/TER-A000-080.



Figura 13 - Medidor de vazão em Colombari (ITAI, 2011)

- 3 Transmissão de pressão: Equipamento existente na instalação, (Figura 14) responsável por medir a pressão dentro do biodigestor. Medidor de pressão Yokogawa, modelo DPHARP EJA 110A S1.



Figura 14 - Transmissor de pressão em Colombari (ITAI, 2011)

- 1 Woodward GCP-20 (Grandezas elétricas): As grandezas elétricas, já descritas na Tabela 5, tais como energia produzida e consumida pode ser monitorada e disponibilizada pelos medidos de energia. Como já existe na propriedade o medidor Woodward GPC-20 o ideal é realizar a leitura diretamente do mesmo.
- 5 Sensores de temperatura: Equipamento existente na instalação (Figura 15) responsável por medir as temperaturas internas do biodigestor e para a temperatura ambiente. Termopar tipo J, proteção metálica, com faixa de 0 a 760 °C.



Figura 15 - Sensores de temperatura (ITAI, 2011)

- 1 Data-logger field – com protocolo aberto, que permita a coleta automática pelo software supervisor. Recepção, conversão e armazenamento dos sinais;



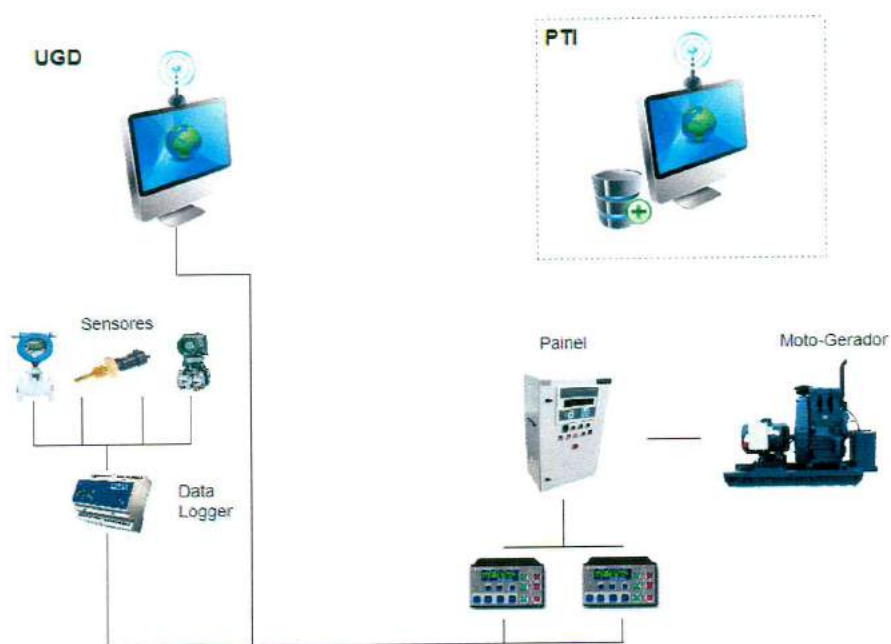
Figura 16 - Data Logger no quadro de comando em Colombari (ITAI,2011)

Contemplando os equipamentos já existentes, para o monitoramento das variáveis será necessário os seguintes equipamentos:

- 2 Módulos de entradas digitais – com comunicação via interface RS485 e protocolo Modbus RTU, para a aquisição do estado (ligado/desligado) de motor de indução trifásico;
- 1 Módulo de entradas analógicas – para aquisição de dados do sensor de temperatura existente. Deve possuir interface RS485, com suporte a protocolo de comunicação Modbus RTU;
- 3 Medidores de energia – com a finalidade de a medir, totalizar e disponibilizar o montante de energia produzida, consumida e gerada em kWh por dia, mês e ano;
- 2 Relés de potência mínima - com bobina com nível de tensão igual à alimentação dos sopradores, para a detecção do estado ligado/desligado dos mesmos sem a necessidade de opto-acopladores.
- 1 Roteador 3G e 1 Modem USB 3G - permitindo a comunicação do supervisor local na HMI com o servidor instalado no PTI;
- 1 Repetidor de Sinal – Utilizado para aumentar o sinal para a rede móvel 3G;
- 2 Analisadores de Gases – Analisa com relação aos diversos gases presentes na composição do Biogás ( CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>)
- 1 Hidrômetro – mede a vazão de água consumida;
- 1 Data-logger field Logger 512k– com protocolo aberto, que permita a coleta automática pelo software supervisor. Recepção, conversão e armazenamento dos sinais;
- 1 UPS - Dispositivo de alimentação interrupta para os sensores e sistema de aquisição de dados
- 1 Filtro H<sub>2</sub>S – Purificação do H<sub>2</sub>S do Biogás.

- 1 Computador tipo servidor – Servidor para armazenamento dos dados e do sistema supervisório;
- 2 Calhas Parshall – Calha para regularização da vazão para medição contendo 2 medidores ultrassônicos, para medição automatizada da vazão através da calha.

A Figura 17 é uma representação resumida do esquema para o sistema supervisório na Granja Colombari.



**Figura 17** - Representação resumida para o supervisório na UGC

## 5 CONCLUSÃO

A instalação de um sistema supervisorio para unidades de geração a biogás é fundamental para a monitoração remota do sistema, que se encontra geograficamente distribuído. O estudo em questão considerou a Granja Colombari, situada no município de São Miguel do Iguaçu-PR como Unidade de Demonstração e a equipe de monitoramento localizada no Parque Tecnológico Itaipu em Foz do Iguaçu – PR.

Durante a operação e monitoramento das unidades de demonstração, com contrato de compra e venda de energia elétrica para a concessionária de distribuição Copel, foi possível verificar os fatores com maior interferência sobre os resultados operacionais. A operação consistente dessas unidades é afetada pela falta de informações sobre o comportamento dos parâmetros ambientais, relacionados ao biogás, e sobre o comportamento dos parâmetros mecânicos, tal como desgaste de peças do sistema. Como também a falta de manutenção preventiva, o que resulta na necessidade de manutenções corretivas provocando interrupções prolongadas na geração de energia elétrica.

O monitoramento remoto de uma ou mais unidades de demonstração servirá como ferramenta de nível gerencial para a visualização de diversas variáveis (ambientais, elétricas e mecânicas) citadas neste estudo. Além de visualizar tais variáveis praticamente em tempo-real, é possível visualizar também todo o histórico de leituras passadas, de diversas formas, como gráficos, relatórios e tabelas. Este diagnóstico antecipado de eventuais permitirá ao operador tomar ações preventivas, na medida em que observe alterações nos padrões de funcionamento do processo.

Atualmente este processo é mais lento e trabalhoso, pois requer deslocamentos até a propriedade para observação e a realização de medições em campo. Sem contar a dificuldade de diagnosticar problemas que dependem da detecção de eventos em horários ou períodos em que não se torna viável terem operadores realizando leituras na localidade de interesse.

Em se tratando de unidade modelo de projeto pioneiro, no qual é de suma importância o acompanhamento de todo o histórico do processo, para que possa servir de base a projetos futuros, percebe-se a importância da supervisão das principais variáveis do processo pelas instituições de pesquisa envolvidas, e da geração de bases de dados de histórico contendo essas informações, para permitir análises posteriores. A acumulação de uma base de dados de histórico, a mais detalhada e confiável possível, se mostra mais relevante em se tratando de unidades de demonstração, cujo desempenho deve gerar uma base de conhecimento, devendo ser registrado da melhor forma possível, contribuindo para a Gestão do Conhecimento, permitindo viabilizar futuras instalações da forma mais otimizada possível e contribuindo para fomentar novas linhas de pesquisa relacionadas ao tema em questão.

Este sistema supervisorio objetivou monitorar o mínimo de variáveis de interesse, focando-se naquelas consideradas fundamentais, devido aos restritos requisitos de custo do projeto. Com isso é visto que o gargalo não estaria no software de supervisão ou na rede de comunicação, mas sim na existência de infraestrutura no local, e nos custos dos equipamentos de medição a serem instalados, além dos serviços de instalação e manutenção posteriores.

Sob o ponto de vista de uma análise de viabilidade técnica nota-se o sistema viável tecnicamente. Já sob o ponto de vista econômico, foram analisados os custos da solução mais otimizada possível, visando à leitura das variáveis consideradas fundamentais, porém sem a quantificação exata do possível retorno financeiro gerado pelo sistema de supervisão.

Conforme já referido anteriormente, neste estudo apresentamos apenas a concepção inicial do projeto e uma estimativa aproximada dos seus

custos. Para uma eventual Proposta Comercial, é necessário realizar um Plano de Trabalho mais detalhado.

Recomenda-se para estudos futuros, de preferência quando o sistema estiver instalado e em operação, um aprofundamento da análise de viabilidade técnica e econômica do sistema supervisório em questão. Além disso recomenda-se também outro estudo envolvendo tecnologias com custo mais baixo, por exemplo Arduíno, para que seja possível reduzir ainda mais o custo com equipamentos do sistema supervisório.

Portanto, implantar um sistema supervisório para unidades geradoras à biogás é de extrema importância e utilidade para a supervisão e gerenciamento remoto das Unidades de Demonstração já instaladas. Além de uma ferramenta de monitoramento das Unidades de Demonstração, o sistema auxiliará no aprimoramento dos estudos e de pesquisas futuras relacionadas ao tema, irá contribuir com o histórico de dados e sabendo utilizar corretamente esses dados coletados e armazenados, poderá se tornar um diferencial competitivo e de extrema relevância para elevar o nível de maturidade da equipe de operação além de contribuir com o levantamento de novos temas de projetos futuros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLEY JR., CICERO. **Reflexões Sobre a Economia do Biogás**. Foz do Iguaçu, PR: ITAI, 2010.

COELHO, SUANI T. **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica**. São Paulo: Aneel/Cenbio/Pnud, 2000. 218 p. (Projeto BRA/00/029 – Capacitação do Setor Elétrico Brasileiro em Relação à Mudança Global do Clima) ([www.mct.gov.br/upd\\_blob/0005/5179.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0005/5179.pdf)).

COOPER, DONALD R.; SCHINDLER, PAMELA S. **Métodos de pesquisa em administração**. 7. ed. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2001.

CORTEZ, LUÍS A. B.; LORA, ELECTO E. S.; GÓMEZ, EDGARDO O. **Biomassa para Energia**. Campinas, SP: Unicamp, 2008.

EPA. Environmental Protection Agency. **Methane**, 2010. Disponível em: <<http://www.epa.gov/methane>>. Acesso em: 1 set. 2010.

GIL, ANTONIO C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2002.

GOLDEMBERG, JOSÉ; LUCON, OSWALDO. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. 3. ed. rev. ampl. ed. São Paulo: USP, 2008.

GONÇALVES, LUIZ F. **Contribuições para o estudo teórico e experimental de sistemas de geração distribuída**. Porto Alegre: UFRGS, 2004.

ITAI. **Especificação SMCP/Projeto GD-ER**. Foz do Iguaçu, PR: ITAI, 2010.

ITAI. **Manual de Instrumentação UGC**. Foz do Iguaçu, PR: ITAI, 2011.

ITAI. **Monitoramento Ambiental UGC**. Foz do Iguaçu, PR: ITAI, 2011.

ITAI. **Metodologia GD: Sistema de Monitoramento de Unidade de Geração Distribuída a Biogás**. Foz do Iguaçu, PR: ITAI, 2012.

ITAIPU. **Plataforma Itaipu de Energias Renováveis. Biomassa**, 2012. Disponível em: <<http://www.plataformaitaipu.org/energia/biomassa>>. Acesso em: 22 Outubro 2012.

ITAIPU. **Plataforma Itaipu de Energias Renováveis. Granja Colombari**, 2012. Disponível em: <<http://www.plataformaitaipu.org/projeto/granja-colombari>>. Acesso em: 11 Novembro 2012.

KUNZ, AIRTON. **Bioconversão de resíduos animais** - Apostila de Pós Graduação. Foz do Iguaçu, PR: Unila, 2011.

KUNZ, AIRTON; OLIVEIRA, PAULO A.; HIGARASHI, MARTHA M. **Biodigestor para o tratamento de dejetos de suínos: influência da temperatura ambiente**. Concórdia, SC: Embrapa, 2005.

LAKATOS, EVA M.; MARCONI, MARINA A. **Técnicas de Pesquisa**. 7 ed. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2010.

LOPES, MARCO A. M. **A importância dos sistemas supervisórios no controle de processos industriais**. Ouro Preto, MG: UFOP, 2009.

NEOAUTUS. **Análise da Viabilidade Técnica e Econômica da Instalação de um Sistema Supervisório em Unidades Geradoras de Energia Elétrica a partir do Biogás**. Foz do Iguaçu, PR: PTI, 2012.

OLIVEIRA, PAULO A. V. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de Suínos - Manual de Boas Práticas**. Concórdia, SC: Embrapa, 2004.

OLIVEIRA, PAULO A. V.; HIGARASHI, MARTHA M. **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de Suínos**. Concórdia, SC: Embrapa, 2006.

PAULILLO, GILSON. **Monitoramento, Controle e Proteção** - Apostila do curso de Pós Graduação. Foz do Iguaçu, PR: Unila, 2011.

PECORA, VANESSA. **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP**. São Paulo, SP: USP, 2006.

RODRIGUES, MARIA J. **Energias Renováveis**. Lisboa: Enciclopedia Activa e Multimedia, 2004.

ROESCH, SYLVIA M. A. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração**. São Paulo, SP: Atlas, 2006.

SCHRAMM, SILBUR. **Notes on case studies of instructional media projects**. Washington, DC: Working paper, the Academy for Educational Development, 1971.

SILVA, CASSANDRA R. O. **Metodologia e Organização do Projeto de Pesquisa**. Fortaleza, CE: CEFET, 2004.

SPIER, ÉRICO B. et al. **Sistema computacional integrado de operação e planejamento energético para sistemas de distribuição com presença de geração distribuída**. In: **XV Congresso Brasileiro de Automática**. Gramado, RS: Anais do XV CBA. 2004. p. 1-6.

TOLMASQUIM, MAURICIO T. **Fontes Renováveis de Energia no Brasil. Interciência**. Rio de Janeiro, RJ, p. 515, 2003.

YIN, ROBERT K. **Case study research: design and methods**. 2. ed. ed. Sage: Thousand Oaks, 1994.

ZANCHET, EDERSON. FAG. **Engenharia de Controle e Automação**, 2012. Disponível em: <<http://www.fag.edu.br/professores/ederson/Informatica%20Industrial%20II/Sistemas%20SCADA/Sistemas%20SCADA%20-%20Apresenta%E7%E3o.pdf>>. Acesso em: 14 Novembro 2012.

## ANEXO A - EQUIPAMENTOS E CUSTO

Tabela contendo os equipamentos necessários e o custo aproximado para investimento (ITAI, 2012).

Produto	Descrição	Quantidade	Valor Total
Data logger Field Logger 512K	Recepção, conversão e armazenamento dos sinais	1	R\$ 2.700,00
Data logger	Recepção, conversão e armazenamento dos sinais	1	R\$ 2.000,00
Roteador 3G	Conexão com a internet e envio dos dados	1	R\$ 250,00
Modem USB 3G		1	R\$ 110,00
Mensalidade 3G	Mensalidade operadora celular 3G dados	12	R\$ 1.200,00
Repetidor de Sinal	Utilizado para aumentar o sinal para rede móvel 3G em locais com deficiência desse sinal	1	R\$ 2.900,00
Termopar	Aquisição de temperatura ambiente, da biomassa e do biogás	5	R\$ 900,00
Calha Parshall	Regularização da vazão para medição	2	R\$ 2.000,00
Análises Físico-químicas	Parâmetros de qualidade da biomassa (pH, DBO, DQO, Acidez, Alcalinidade, Sólidos Totais e Sólidos Totais Voláteis)	55	R\$ 11.000,00
Medidor ultrassônico	Medição automatizada da vazão através da calha Parshall	2	R\$ 8.400,00
Transdutor de Pressão	Mede a pressão dentro dos biodigestores	3	R\$ 12.000,00
Analisador de Gases	Analisa com relação aos diversos gases presentes na composição de biogás (CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> )	2	R\$ 90.000,00
Medidor de Vazão de Biogás	Mede o fluxo de biogás que é enviado para utilização em flares, conjunto motogeradores, secadores, entre outros.	1	R\$ 14.000,00
Hidrômetro	Vazão Água Consumida	1	R\$ 1.500,00
Analisadores de Energia	Medem diversas variáveis com relação a geração e consumo de energia elétrica	3	R\$ 24.000,00
Servidor	Servidor para armazenamento dos dados e do sistema supervisor	1	R\$ 10.000,00
UPS	Dispositivo de alimentação ininterrupta para os sensores e sistema de aquisição de dados	1	R\$ 500,00
Filtro H <sub>2</sub> S	Purificação do H <sub>2</sub> S do Biogás	1	R\$ 2.000,00
Tablet	Visualização das informações	1	R\$ 2.000,00
Assistência Técnica	Empresa de Assistência técnica para suporte a unidade e instalação dos equipamentos	12	R\$ 36.000,00
Obra civil	Adequações da unidade	1	R\$ 4.000,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 227.460,00</b>

