

RODRIGO BUENO OTTO

**SISTEMA SUPERVISÓRIO DE UNIDADES DE MICROGERAÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA: O CASO DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE COM O BIOGÁS**

CASCADEL
PARANÁ - BRASIL
MARÇO - 2015

RODRIGO BUENO OTTO

**SISTEMA SUPERVISÓRIO DE UNIDADES DE MICROGERAÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA: O CASO DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE COM O
BIOGÁS**

Trabalho de dissertação apresentado como requisito parcial para o grau de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, do Curso de Pós-graduação da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE

ORIENTADOR: Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza

COORIENTADOR: Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira

CASCVEL
PARANÁ - BRASIL
MARÇO - 2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

O97s

Otto, Rodrigo Bueno

Sistema supervisorio de unidades de microgeração de energia elétrica: o caso da geração de eletricidade com o biogás./Rodrigo Bueno Otto. Cascavel, 2015.

55 p.

Orientador: Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia de Energia na Agricultura

1.Biogás. 2. Sistema supervisorio. 3. Análise de dados. I.Souza, Samuel Nelson Melegari de. II. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. III. Título.
CDD 22.ed. 665.7

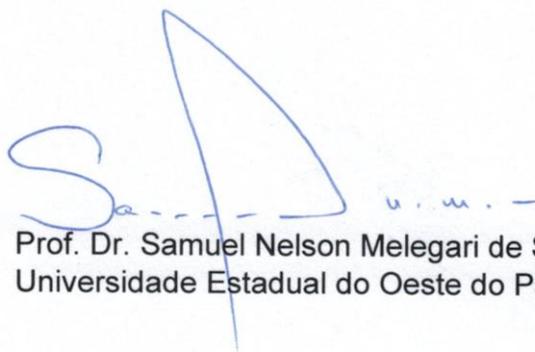
Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Bejio – CRB 9ª/965

RODRIGO BUENO OTTO

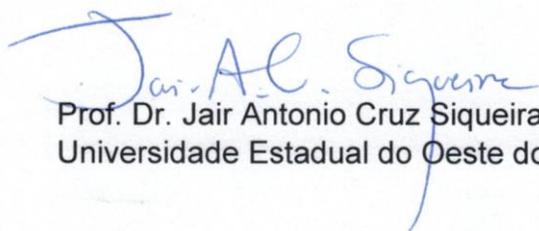
**“Sistema supervisorio de unidades de microgeração de energia elétrica:
o caso da geração de eletricidade com o biogás”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, **aprovada** pela seguinte Banca Examinadora:

Orientador:



Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel



Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel



Prof. Dr. Rodrigo Andrade Ramos
Escola de Engenharia de São Carlos – USP/São Paulo

Cascavel, 10 de março de 2015.

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 é 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. Além de disponibilizar em uma tela, esses dados coletados alimentam um banco de dados para acúmulo do histórico e análise 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, Análise de Dados.

ABSTRACT

The generating units form a distributed power generator system that uses biogas as fuel, this biogas is produced on small farms that collect the waste from agricultural activities systems. The supervisory system of the biogas generation units can monitor local and remote environmental, electrical and mechanical variables of the process and display this data in a user-friendly interface for analysis and decision making. In addition to providing an user interface, the data collected will be stored to build the process history and analysis database that will serve as a study source and promotion of new research lines related to this topic.

Keywords: Supervisory System, Biogas, Data Analysis

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Biodigestor modelo Indiano | 5 |
| Figura 2 - Biodigestor modelo Chinê | 6 |
| Figura 3 - Biodigestor UASB utilizado no Projeto Ajuricaba | 6 |
| Figura 4 - Biodigestor Lagoa Coberta em propriedade em Concórdia, SC. | 7 |
| Figura 5 - Digestão Anaeróbia..... | 8 |
| Figura 6 - Exemplo de tela de sistema supervisorio..... | 10 |
| Figura 7 - Diagrama de processo de coleta e envio de dados | 18 |
| Figura 8 - Diagrama de blocos da aplicação web..... | 19 |
| Figura 9 - Representação resumida para o supervisorio..... | 22 |
| Figura 10 - Tela inicial do monitoramento Colombari | 30 |
| Figura 11 - Cabeçalho do sistema..... | 30 |
| Figura 12 - Infográfico | 31 |
| Figura 13 – Painel de indicadores | 33 |
| Figura 14 - Tela de apresentação dos dados da propriedade | 27 |
| Figura 15 - Relatório de Última Leitura (Parte 1)..... | 35 |
| Figura 16 - Relatório de Última Leitura (Parte 2)..... | 36 |
| Figura 17 - Relatório de Última Leitura (Parte 3)..... | 36 |
| Figura 18 - Histórico de consumo - opções..... | 37 |
| Figura 19 - Histórico de consumo - gráfico..... | 38 |
| Figura 20 - Histórico de geração - gráfico | 40 |
| Figura 21 - Histórico de geração - opções | 40 |
| Figura 22 - Relatório de pressão - opções | 42 |
| Figura 23 - Relatório de pressão - tabela | 42 |
| Figura 24 - Relatório mensal - opções | 44 |
| Figura 25 - Relatório mensal - tabela | 45 |
| Figura 26 - Relatório mensal (biogás) - opções..... | 47 |
| Figura 27 - Relatório mensal (biogás) - tabela | 48 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA..... | 2 |
| 2.1 | Contextualo do Biomassa | 2 |
| 2.2 | Biodigestores | 4 |
| 2.3 | Biogás..... | 7 |
| 2.4 | Sistema Supervisório SCADA – <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i> .. | 9 |
| 2.5 | Sistema Supervisório Aplicado a Geração Distribuída | 11 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 14 |
| 3.1 | Ferramentas e Tecnologias | 15 |
| 3.2 | Arquitetura de Desenvolvimento do Sistema Supervisório | 17 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 21 |
| 4.1 | Página Inicial | 22 |
| 4.1.1. | Cabeçalho..... | 23 |
| 4.1.2. | Infográfico | 23 |
| 4.2 | Detalhes da Unidade | 27 |
| 4.3 | Relatório Última Leitura | 27 |
| 4.4 | Histórico Consumo | 29 |
| 4.5 | Histórico de Geração | 31 |
| 4.6 | Relatório Pressão | 33 |
| 4.7 | Relatório Mensal..... | 35 |
| 4.8 | Relatório Mensal (Biogás) | 38 |
| 5 | CONCLUSÕES | 42 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 44 |

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o ANEEL 2015, o Brasil possui 2.945.264 kW de potência instalada oriunda da cogeração, esses índices se devem as mudanças ocorridas no sistema elétrico nos últimos anos, em que a geração distribuída tem se destacado no sistema de geração e seu uso tem chamado atenção de produtores independentes conectados a esse sistema (ACKERMANN *et al.*, 2001).

Através do aproveitamento de resíduos, o uso da biomassa para fins energéticos tem se tornado cada vez mais uma realidade, além de gerar renda e diminuir os custos e impactos ambientais (TOLMASQUIM, 2003.)

Entretanto, as unidades geradoras de biogás estavam carentes de um sistema especialista para monitorar e aperfeiçoar o desempenho eletro-energético do processo e para suprir essa carência, foi necessário o investimento em ferramentas para o auxílio na operação e no planejamento energético destes sistemas de geração distribuída (SPIER, 2004)

A instalação de um sistema supervisorio em unidades geradoras de energia elétrica a partir da queima do biogás é importante para o monitoramento remoto do sistema, sobretudo permitindo o acúmulo de um histórico de dados confiáveis, que permitam a análise destes dados, o diagnóstico de problemas, a otimização dos sistemas em atividade e também eventuais pesquisas futuras.

O sistema de supervisão monitora local e remotamente as variáveis ambientais, elétricas e mecânicas do processo e disponibiliza estes dados para análise dos interessados, permitindo assim o diagnóstico antecipado de problemas e auxiliando na tomada de decisões na medida em que ocorrer alteração no padrão de funcionamento do processo.

Sendo assim, este estudo teve como objetivo geral elaborar a arquitetura de um sistema de monitoramento, bem como o funcionamento do sistema supervisorio do biogás. Já os como objetivos específicos, apresentar o funcionamento do sistema a nível de manual de usuário, apresentar a interface do sistema desenvolvido e elencar os parâmetros monitorados no sistema supervisorio a biogás.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO 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, conforme representa a 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).

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.

Por ser uma fonte de energia renovável, a energia da biomassa está cada vez mais evidente no mundo todo. Atualmente, a biomassa é transformada em eletricidade por combustão direta, seguido de um ciclo de vapor (VAN DEN BROEK et al. 1996).

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. 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).

O armazenamento de esterco líquido e sua aplicação no solo é uma prática predominante devido à sua simplicidade, baixo custo e substituição dos adubos químicos por estrume nutrientes, mas o transporte de estrume não é viável para distâncias elevadas (KUNZ *et al.* 2009).

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).

Existem diversos tipos de biodigestores, destacam-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).

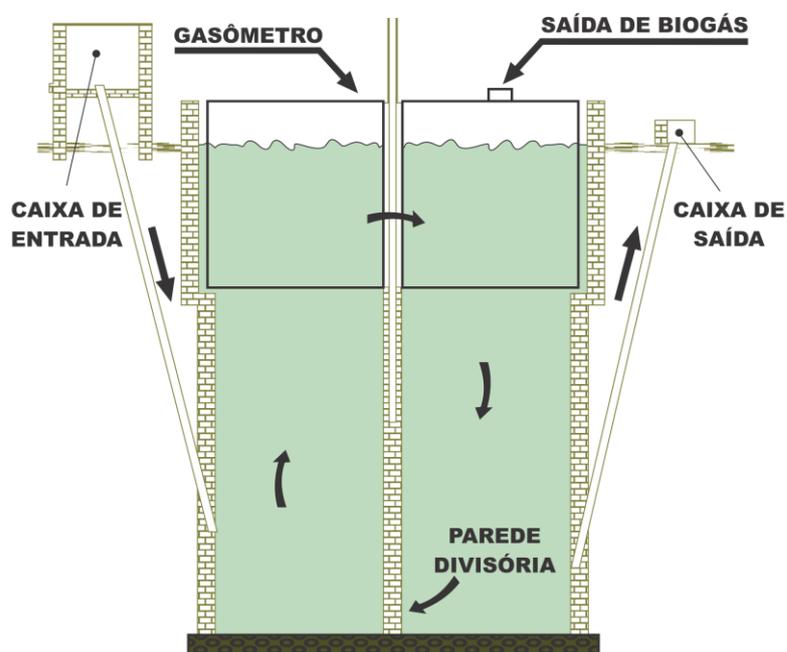


Figura 1 - Biodigestor modelo Indiano (PECORA, 2006)

- 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 decompressão. 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).

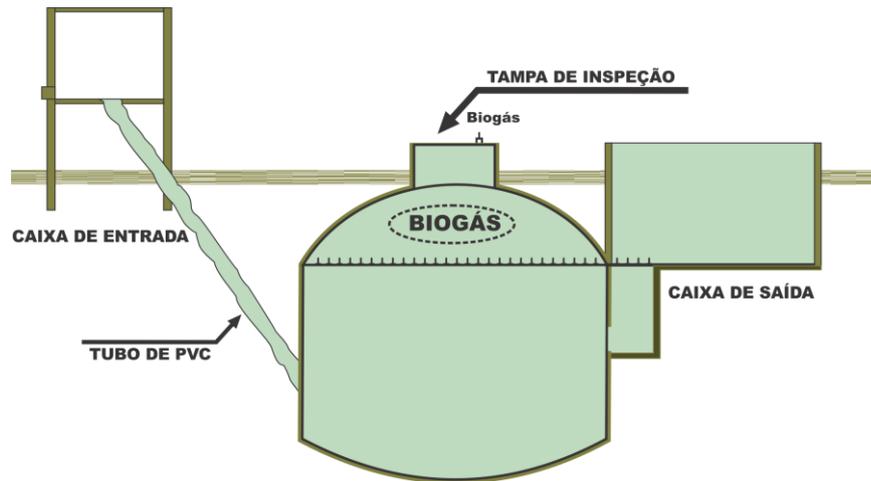


Figura 2 - Biodigestor modelo Chinês (PECORA, 2006)

- 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 um produto composto principalmente de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), associada com outros gases: tais como sulfureto de hidrogênio

(H_2S), amônia (NH_3), hidrogênio (H_2), nitrogênio (N_2), oxigênio (O_2) e o vapor de água (H_2O) (ALVES et al., 2013).

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 gás sulfídrico é responsável pelo mau cheiro, e em muitas vezes, também pela inviabilização do armazenamento e produção de energia (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006).

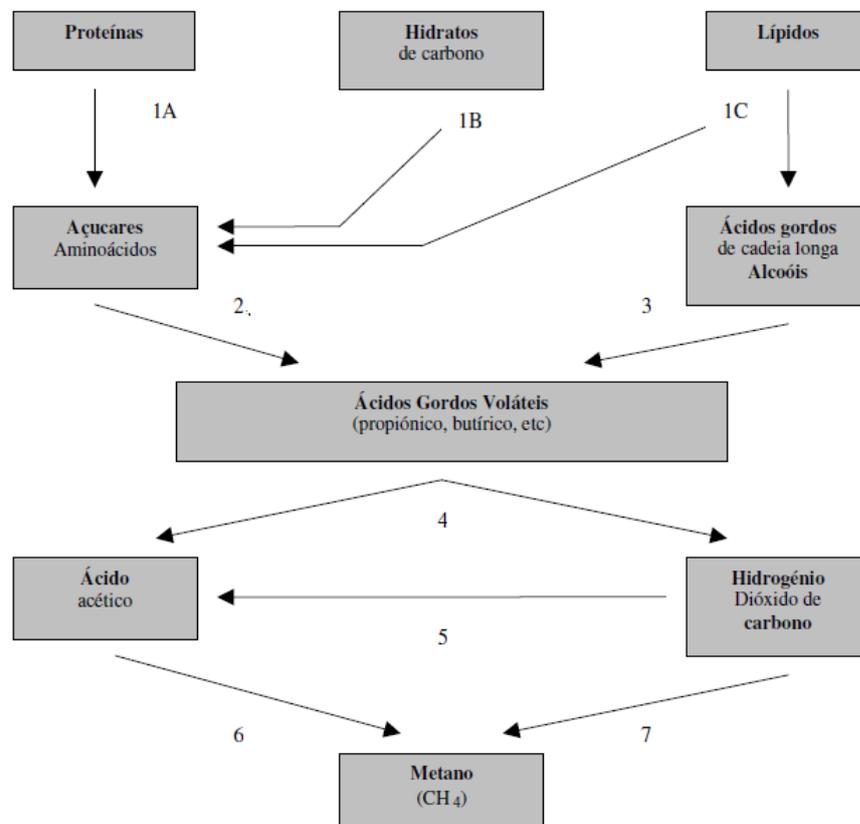


Figura 5 - Digestão Anaeróbia (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006)

Para Oliveira (2006, p.15) “a presença de vapor d’água, CO₂ e gases corrosivos (H₂S) 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 CO₂ (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 SUPERVISÓRIO SCADA – *SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION*

O avanço tecnológico da automação permitiu as plantas industriais aumentarem a qualidade, produtividade e diminuição dos custos operacionais. Com um sistema de supervisão e controle é possível determinar níveis de operação da planta, geração de alarmes, padronização e automatização de relatórios, bem como ter uma visão global de todo o processo, por exemplo o sistema pode exibir em sua tela diagramas unifilares, planta do processo industrial, desenho de máquinas e equipamentos, entre outros (QUEIROZ, 2010). A figura 6 apresenta um exemplo de interface de um sistema SCADA.

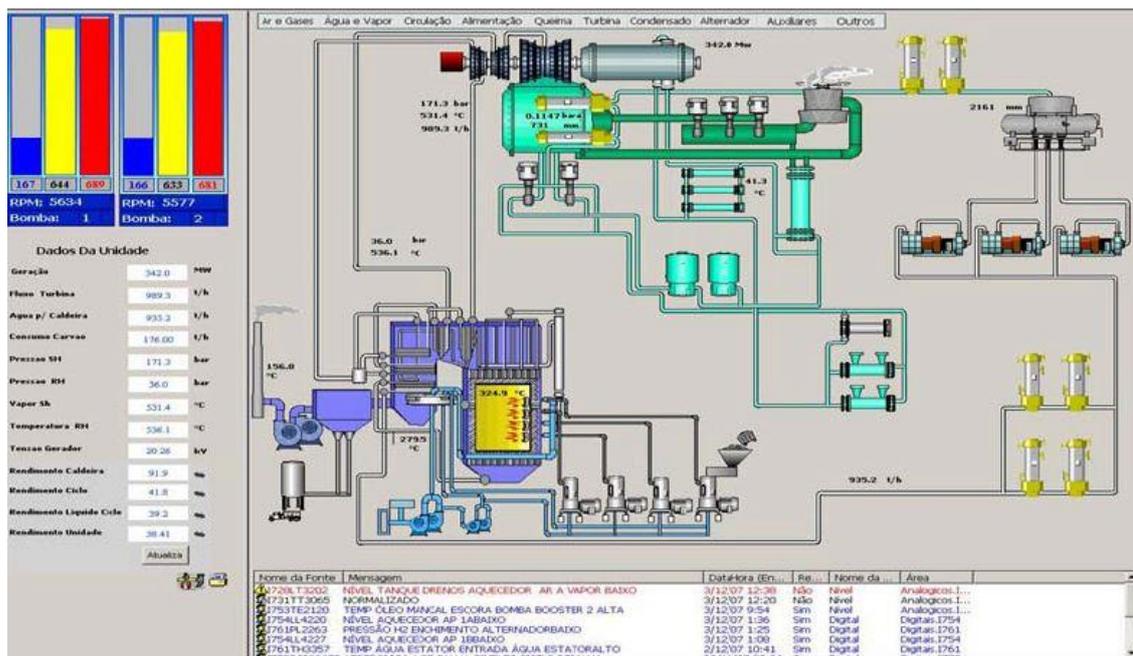


Figura 6 - Exemplo de tela de sistema supervisório (QUEIROZ,2010)

O sistema de supervisão, controle e aquisição de dados, conhecido como SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) é o sistema utilizado para aquisição de dados de um processo industrial e disponibilização destes em uma interface de alto nível do operador para supervisão e controle. Geralmente são utilizados em processos industriais e de infraestrutura para otimização do tempo, praticidade da operação e padronização de relatórios (VIANNA, 2008).

Além das funções em tempo real, o sistema de supervisão e controle pode alimentar um banco de dados e os dados armazenados poderão ser utilizados em outros sistemas específicos e de interesse da empresa (QUEIROZ, 2010).

No setor energético, diversas empresas são dotadas de sistemas de supervisão e controle para controlar o processo industrial, nestes casos os sistemas possuem ferramentas específicas para a realidade do setor em que as telas principais são justamente os diagramas unifilares e as listas de eventos e alarmes assumem a importância e interesse no âmbito nacional (QUEIROZ, 2010).

Para (ITAIPU, 2015) o sistema SCADA tem como propósito centralizar e organizar as informações detalhadas em tempo real sobre parâmetros elétricos e

hidráulicos das instalações da usina e disponibilizá-las para que os operadores realizem suas atividades de monitoramento e controle de forma efetiva.

2.5 SISTEMA SUPERVISÓRIO APLICADO A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Um conhecimento detalhado da eficiência de um processo de produção, empregando automação e monitoramento dos elementos desejados para uma análise quantitativa que resulte em uma melhoria é bem-vinda (PRELL et al., 2008).

Os sistemas de monitoramento remoto são caracterizados pela realização da monitoração de parâmetros sem a necessidade da presença regular de um operador. No âmbito da pesquisa, sistemas de monitoramento remotos têm sido utilizados nos mais diversos campos da ciência (LIMA et al., 2011).

O monitoramento se torna uma ferramenta importante, pois avalia a confiabilidade do sistema na geração de energia. A confiabilidade poderia ser definida como “a probabilidade de um componente, sistema ou equipamento executar funções pré-fixadas sob condições operacionais durante um período de tempo”, sendo que a importância da confiabilidade aumenta com diversos fatores, entre eles o grau de automação (BARRETO, 2010).

Outra questão que deve ser observada no monitoramento e automação unidades de tratamento é que a exposição prolongada dos sensores e instrumentos ao biogás e aos líquidos do processo, inevitavelmente, leva a uma degradação na performance e na confiabilidade (BRIGGS & GRATTAN, 1992).

A complexidade e o custo deste monitoramento online dependem no número de variáveis que serão monitoradas (MOLINA et al., 2009).

No monitoramento de processos de produção de biogás, diversos métodos analíticos vêm sendo desenvolvidos. Grandes instalações estão sendo equipadas com instrumentos online que são capazes de monitorar diversas etapas do processo tanto na fase líquida como na fase gasosa (BJORKLUND et al., 2010).

No processo de obtenção do Biogás, existem diversos fatores indicativos, agrupados em medições nas fases líquidas e gasosas, para o monitoramento de unidade de geração de Biogás (WARD et al., 2011). Este monitoramento 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. Dentre as diversas funções de um sistema supervisorio de unidades de geração distribuída de energia elétrica, temos (ZANCHET, 2012):

- Monitoramento do processo e de todas as variáveis desejáveis do sistema de geração, via cabo de comunicação ou outro meio;
- Janelas de alarmes e histórico de alarmes;
- Telas de interface elaboradas de maneira amigável para permitir um melhor entendimento e acompanhamento do processo.

Com o sistema supervisorio é possível monitorar os parâmetros de maior relevância de cada etapa, possibilitando a formação do banco de dados. Os parâmetros principais são (ITAI, 2011):

- 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 CH_4 e H_2S no biogás, produção de biogás em função da biomassa.
- Vazão do Biogás: 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.
- Temperatura: A temperatura é um dos fatores importantes a serem monitorados.
- 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.
- Metano: Quanto maior a concentração de metano (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.

- 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.
- Sulfeto de Hidrogênio: É importante que haja um monitoramento do H_2S no biogás que está sendo consumido pelo motogerador, antes e após o sistema de remoção de sulfeto de hidrogênio instalado na entrada do motor.
- 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.
- Consumo de água: importante o seu levantamento para confrontar com os dados de vazão de efluente que vai para os biodigestores.

3 METODOLOGIA

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 método de abordagem utilizado na pesquisa será o método dedutivo, o qual define uma das unidades de geração como objeto do estudo e poderá estender as conclusões para as demais propriedades.

Em relação aos procedimentos de coleta de dados, o presente trabalho tem como base a pesquisa bibliográfica e a pesquisa documental. Segundo Gil (2002, p.44) a pesquisa bibliográfica é o passo inicial de qualquer pesquisa científica e é desenvolvida com base em material já conhecido na literatura, 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).

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 que abordam sobre o Sistema de Monitoramento de Unidade de Geração Distribuída a Biogás.

Este trabalho tem como tipologia o estudo de caso, em que será utilizado o monitoramento da propriedade rural Granja Colombari localizada em São Miguel do Iguaçu-PR. 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”.

3.1 FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS

O sistema de monitoramento do biogás utiliza diversas ferramentas e componentes externos, tais como bibliotecas, frameworks e *Application Programming Interface* (APIs). As funcionalidades de cada componente serão abordadas a seguir.

Jackson JSON

Jackson¹ é uma biblioteca desenvolvida na linguagem de programação Java para o processamento de dados no formato *JavaScript Object Notation* (JSON). Sua utilização é amplamente difundida, pois é uma alternativa ao mapeamento de *eXtensible Markup Language* (XML).

No sistema de monitoramento, a biblioteca Jackson é aplicada na codificação das mensagens para transferência de dados entre as duas aplicações que compõem o sistema.

Apache Qpid

Apache Qpid² é um sistema de mensagens multiplataforma que faz uso do padrão *Advanced Message Queuing Protocol* (AMQP), para realizar a transferência de mensagens através da Internet.

No sistema supervisorio foi utilizado na aquisição de dados para transferência de informações coletadas no painel de monitoramento para a aplicação web. Para a comunicação as mensagens são codificadas no formato JSON.

Spring Framework

Framework *open source* para o desenvolvimento de aplicações corporativas em Java para qualquer plataforma, o Spring³ é uma ferramenta que fornece seus

¹ <http://jackson.codehaus.org/>

² <https://qpid.apache.org/>

recursos em módulos, como o Spring Security e o Spring Data, os quais podem ser utilizados conforme a necessidade de cada aplicação. Entre suas principais funcionalidades está a Injeção de Dependências e a Programação Orientada a Aspectos (POA).

A Injeção de Dependência mantém um baixo nível de acoplamento entre os módulos de um sistema, pois é responsável por inserir em cada componente suas dependências declaradas (CARVALHO, 2015) .

Já a POA disponibiliza abstrações que permitem a implementação de funcionalidades encapsuladas, de modo que outros objetos que as executem não sejam alterados (RAINONE, 2005).

Spring Security

Spring Security⁴ possibilita a realização do controle de acesso em aplicações Java. Com foco em aplicações desenvolvidas com Spring Framework, o Spring Security possui recursos que suportam os processos de Autenticação e Autorização, ou seja, identificar o usuário por meio da validação de suas credenciais (usuário e senha) e prover acesso somente às funcionalidades pertinentes ao seu tipo de perfil de acesso, respectivamente.

AngularJS

AngularJS⁵ é um framework JavaScript que segue o modelo arquitetural em camadas *Model-View-Controller* (MVC) e possibilita, de forma simples e transparente ao usuário, a construção de aplicações web dinâmicas. A estrutura das unidades lógicas de código é organizada de maneira a facilitar a realização de testes, bem como a implementação de funcionalidades com alta reusabilidade.

³ <http://projects.spring.io/spring-framework/>

⁴ <http://projects.spring.io/spring-security/>

⁵ <https://angularjs.org/>

Modbus

Protocolo de comunicação de dados utilizado em sistemas de automação industrial. Para a troca de mensagens, o Modbus⁶ utiliza a técnica mestre-escravo, dessa forma, apenas o dispositivo mestre pode iniciar uma transação, enquanto que dispositivos periféricos, escravos, respondem ao mestre executando uma determinada tarefa para a coleta e envio de informações (SOUZA, 2015).

Highcharts

Highcharts⁷ é uma biblioteca escrita em JavaScript para geração de gráficos interativos, no formato de imagens vetoriais, em sites e aplicações web. Além dos navegadores web para desktop, o Highcharts também oferece uma experiência de usuário agradável em navegadores de dispositivos móveis, assim como possibilita a combinação de vários tipos de gráficos em apenas um.

3.2 ARQUITETURA DE DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA SUPERVISÓRIO

O sistema supervisório é composto de duas partes principais, a aplicação de aquisição e a aplicação web. Os detalhes sobre as duas aplicações, bem como a arquitetura do sistema serão discutidos a seguir.

Aplicação de Aquisição

Sistema encarregado de obter os dados fornecidos pelos equipamentos de coleta instalados na granja e então transmiti-los para a aplicação web. A aquisição dos dados é realizada de forma periódica com intervalo de 1 (um) minuto, conforme configuração pré-definida, conforme Figura 7.

⁶ <http://www.modbus.org/>

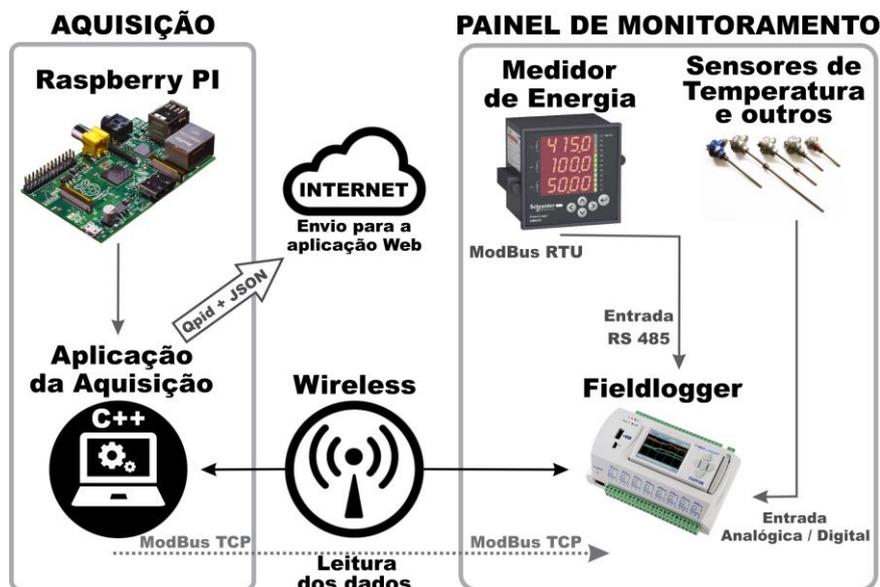


Figura 7 - Diagrama de processo de coleta e envio de dados

Em campo, a aplicação está localizada em um microcomputador denominado *Raspberry Pi*⁸, o qual possui um processador de 700 MHz e 512 MB de memória RAM. Desenvolvida na linguagem de programação C++⁹, a aplicação é constituída por dois módulos, (ITAI, 2014)

- Módulo de leitura: através do protocolo ModBus TCP, conecta-se ao painel de monitoramento utilizando uma rede wireless;
- Módulo de envio: faz uso da API QPid para enviar informações de forma codificada, por meio de objetos JSON, para a aplicação web.

Aplicação Web para Visualização e Acompanhamento dos Dados

Responsável por apresentar os dados e organizá-los para pesquisa e acompanhamento da granja, esta aplicação segue o modelo arquitetural MVC, o qual divide as responsabilidades do sistema em três camadas, e pode ser observada na figura 8:

⁷ <http://www.highcharts.com/products/highcharts>

⁸ <http://www.raspberrypi.org/>

⁹ <http://www.cplusplus.com/>

- Camada de apresentação: composta pelos componentes visuais que definem as telas do sistema e são exibidos aos usuários por meio de um navegador de Internet (Google Chrome, Mozilla Firefox, entre outros);
- Camada de controle: atua como intermediador de comunicação entre as camadas de apresentação e modelo;
- Camada de modelo: possui as regras de negócio, dados da aplicação, além de ser responsável pela comunicação do sistema com outros componentes.

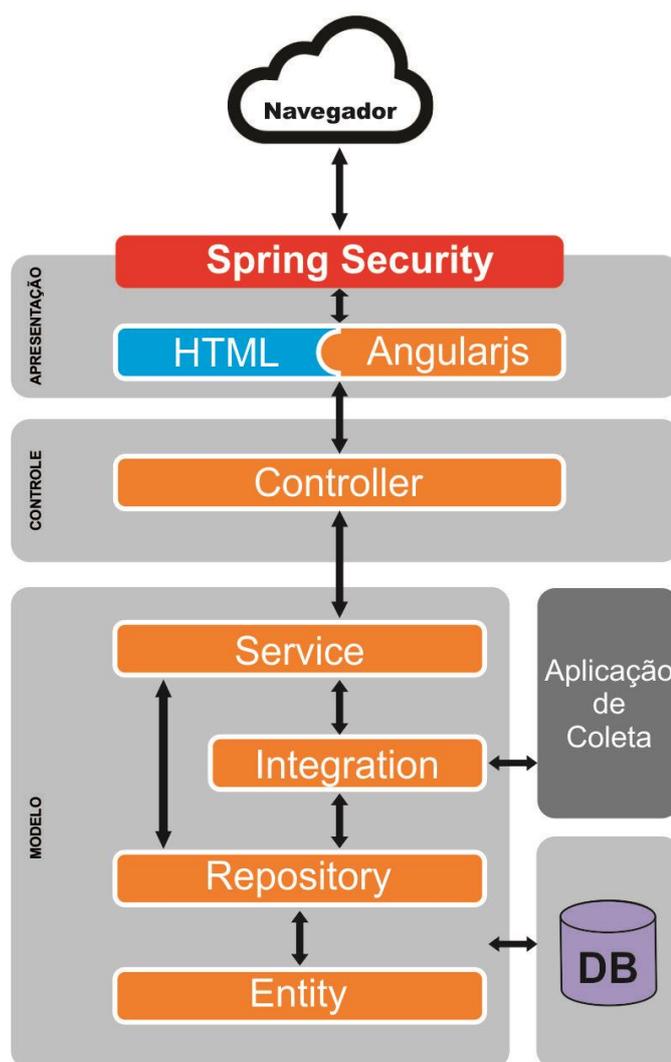


Figura 8 - Diagrama de blocos da aplicação web

Para armazenamento das informações, o sistema de monitoramento possui uma base de dados local fornecida pelo Sistema Gerenciador de Banco de Dados PostgreSQL¹⁰, o qual é amplamente difundido no que se refere à aplicações web, além de fornecer os requisitos de segurança necessários para a aplicação em questão.

¹⁰ <http://www.postgresql.org/>

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para uma análise, é necessário primeiramente a definição dos parâmetros a serem monitorados, pois estes também servirão de base para serem utilizados em outras unidades de Biogás. A Tabela 2 apresenta os parâmetros identificados como os que influenciam na cadeia de aproveitamento do biogás para a geração de energia elétrica.

Tabela 2. Relação dos parâmetros instrumentados

| Processo | Parâmetros | Unidade | Instrumento utilizado |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| Ambiente | Temperatura | °C | Termorresistência PT100 |
| Biomassa | Temperatura | °C | Termorresistência PT100 |
| | Consumo de água | m ³ /h | Hidrômetro |
| Biogás | Vazão | Nm ³ /h | Transmissor de Vazão Termal Mássico |
| | Qualidade – CH ₄ | %CH ₄ | Analizador de gases |
| | Pressão | mmH ₂ O | Transmissor de Pressão Diferencial |
| | Temperatura | °C | Termorresistência PT100 |
| Biofertilizante | Vazão da Bomba | m ³ /h | Horímetros |
| Motor | Funcionamento | horas | Relé com contador digital |
| Energia Elétrica | Gerada | kWh | Analizador de Energia |
| | Exportada | kWh | Analizador de Energia |
| | Consumida | kWh | Analizador de Energia |
| | Tensão | V | Analizador de Energia |
| | Corrente | A | Analizador de Energia |
| | Frequência | Hz | Analizador de Energia |

Com a definição das variáveis, estas foram coletadas e com uma relação entre os dados obtidos foram gerados parâmetros secundários como: consumo de biogás por energia elétrica produzida, custo com compra/venda de energia elétrica,

entre outros. A Figura 9 apresenta o esquema simplificado da instrumentação para aquisição dos dados a serem monitorados e apresentados no sistema supervisor.

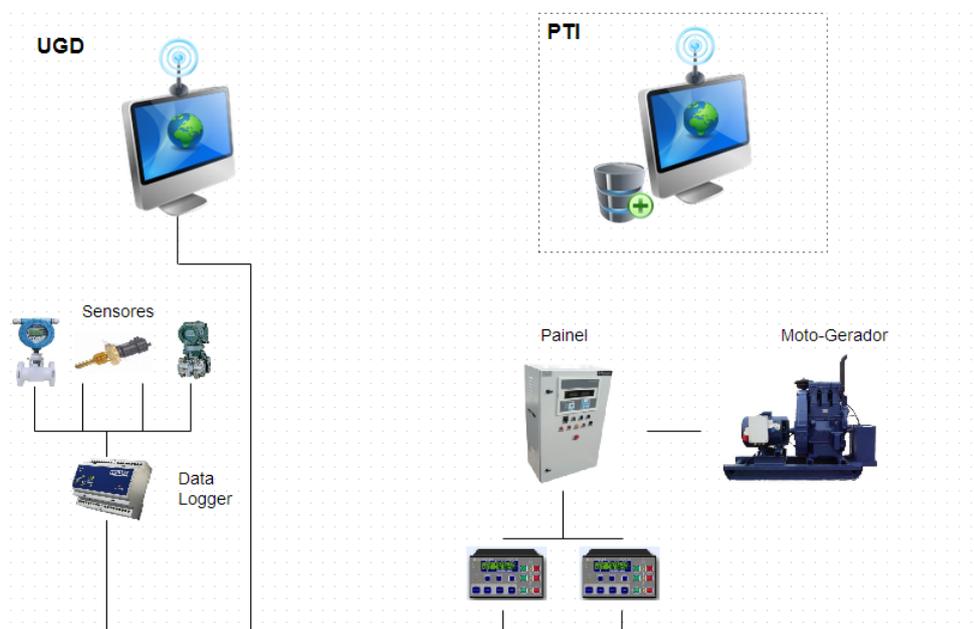


Figura 9 - Representação resumida para o supervisor

As variáveis coletadas são demonstradas na tela do sistema supervisor, onde é possível verificar os Detalhes da Unidade, Última Leitura, Gráfico de consumo do motor, Gráfico de energia produzida (geração), Relatório da Pressão/Vazão Motor/Vazão do Flare, além do Relatório Mensal - Eletricidade (Consumo Biogás, Energia Gerada, Energia Exportada, Energia Consumida da Rede, Saldo em R\$) e Relatório Mensal – Biogás (Biogás para Motor, Biogás para Flare, Total Biogás).

A seguir serão apresentadas as telas do Monitoramento Remoto referentes a Granja Colombari, bem como suas funcionalidades e características.

4.1 PÁGINA INICIAL

Ao acessar o sistema, a tela inicial do sistema apresenta uma visão geral da aplicação. A figura 10 apresenta a tela inicial do Monitoramento.



Figura 10 - Tela inicial do monitoramento Colombari

4.1.1. Cabeçalho

Na parte superior da tela, é apresentado um cabeçalho que contém as opções disponíveis onde cada uma corresponde a um relatório. No canto superior direito é apresentado um sinalizador do status do sistema, conforme Figura 11. Este sinalizador de status indica quando o sistema está recebendo dados da propriedade monitorada. Caso esteja indicando "online" a comunicação está acontecendo normalmente e os dados visualizados estão atualizados. Caso o status mostre "offline" significa que houve uma falha na transmissão das informações e os dados mostrados não são do horário atual de acesso.



Figura 11 - Cabeçalho do sistema

4.1.2. Infográfico

A tela principal do sistema é composta principalmente por um infográfico cujo objetivo é o de representar o funcionamento da propriedade e apresentar uma série de informações minuto a minuto para serem monitorados de forma rápida. Na concepção deste, pensou-se em elaborar uma interface amigável para o usuário, como demonstrado na figura 12.

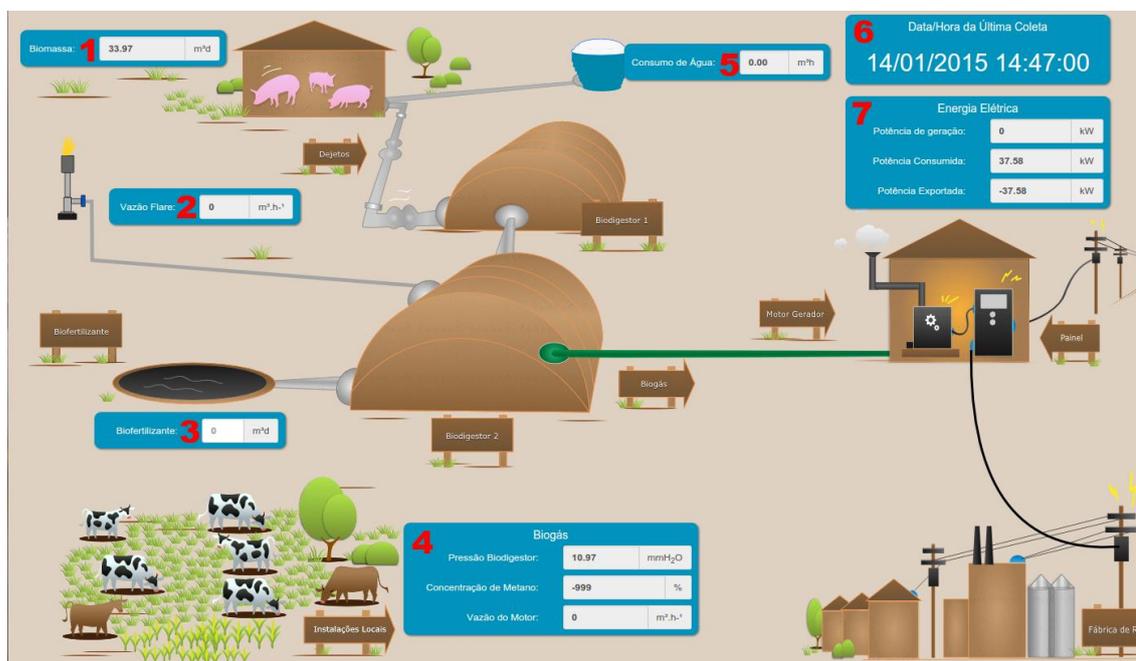


Figura 12 - Infográfico

A

inda em relação a figura 12, está destacado alguns itens do infográfico que apresentam as informações que são atualizadas:

- [1] Biomassa: Quantidade de biomassa produzida pelos animais (m³d)
- [2] Vazão Flare (queimador): Quantidade biogás destinada ao Flare (m³.h⁻¹)
- [3] Biofertilizante: Quantidade de biofertilizante extraído dos dejetos (m³d)
- [4] Biogás: Dados sobre a produção e estado dos equipamentos:
 - Pressão no Biodigestor: Monitora a pressão no biodigestor principal (mmH₂O)
 - Concentração de Metano: Porcentagem da concentração de metano dentro do biodigestor (%)

- Vazão do Motor: Quanto o motor está gerando de biogás ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)
- [5] Consumo de Água: Quantidade de água gasta no processo ($\text{m}^3 \cdot \text{h}$)
- [6] Data/Hora da Última Coleta
- [7] Energia Elétrica: Dados sobre o consumo e produção de energia através do biogás:
 - Potência de Geração: Potência que está sendo gerada (kW)
 - Potência Consumida: Potência que está sendo consumida (kW)
 - Potência Exportada: Saldo entre geração e consumo (kW)

Além disso, há um painel de indicadores que contém campos com valores diários e dois gráficos com os valores dos últimos trinta minutos referentes a produção de energia e consumo de biogás, conforme a figura 13. Os itens em destaque deste painel de indicadores são:

- [1] Animais: Dados sobre os animais presentes na propriedade:
 - Quantidade (animais)
 - Peso Médio: (Kg)
- [2] Gráfico dos últimos trinta minutos referente ao consumo do motor
- [3] Gráfico dos últimos trinta minutos referente a energia produzida
- [4] Dados atualizados diariamente:
 - Biogás: Informações relativas às condições de armazenamento e utilização do biogás (Nm^3)
 - Funcionamento do Motor: Tempo de operação do grupo gerador (h)
 - Energia de Compensação: Energia elétrica exportada para rede que será utilizada na compensação (kWh)
 - Energia Consumida da Rede: Energia elétrica utilizada da rede de distribuição da Copel (kWh)
 - Energia Gerada: Quanto de energia está sendo gerado (kWh)

- Energia Consumida: Quanto de energia está sendo gasta (kWh)
- Custo Evitado: Valor em reais da energia elétrica consumida que não foi utilizada da rede de distribuição (R\$)

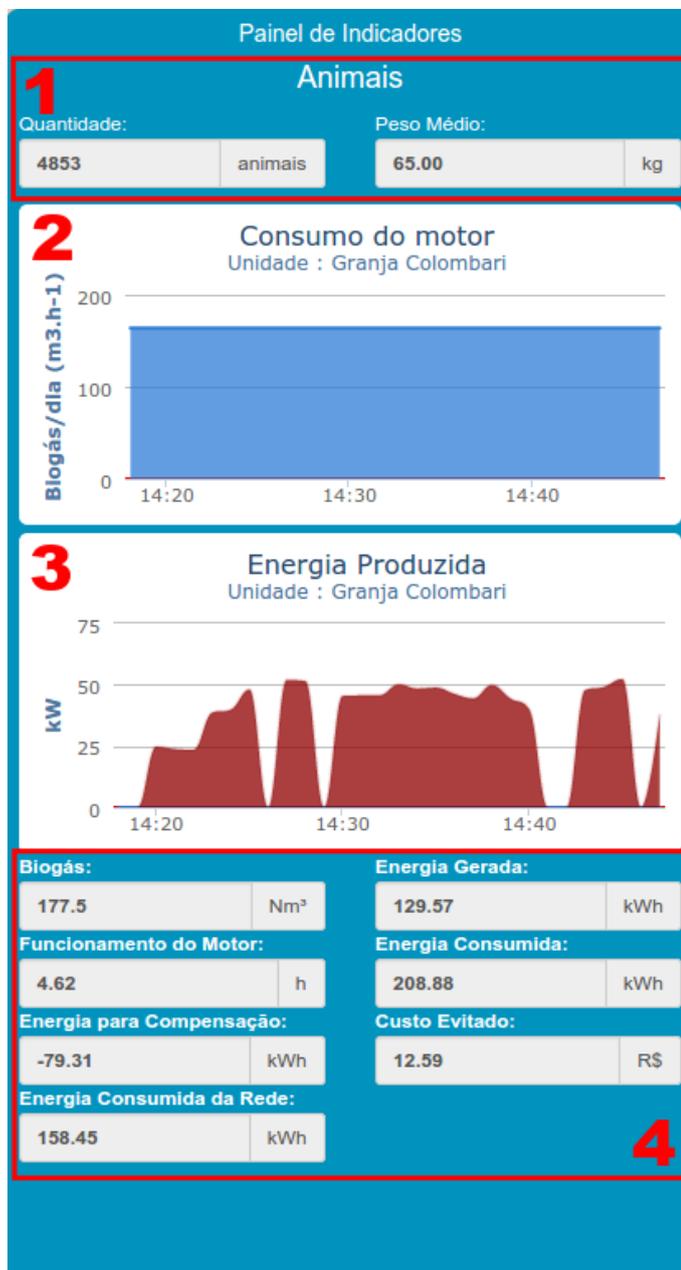


Figura 13 – Painel de indicadores

4.2 DETALHES DA UNIDADE

A primeira opção de relatório é "Ver Detalhes da Unidade". Ao selecionar essa opção será apresentado ao usuário dados sobre a propriedade produtora de biogás. As informações disponibilizadas são localização, responsável e contato, conforme figura 14.

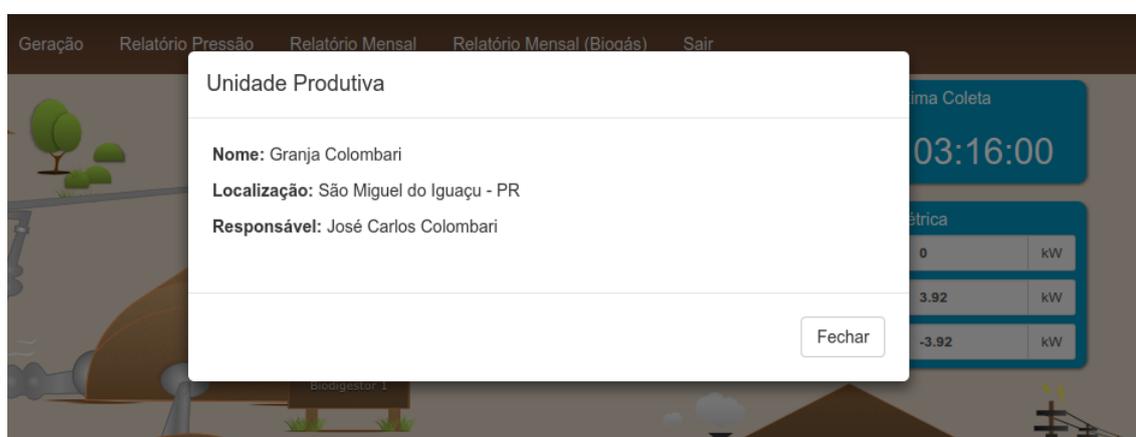


Figura 14 - Tela de apresentação dos dados da propriedade

4.3 RELATÓRIO ÚLTIMA LEITURA

Ao selecionar a opção "Relatório Última Leitura" serão carregados seis grupos de tabelas que apresentam todos os canais que estão sendo monitorados atualmente e a data/hora da última coleta de dados.

Conforme demonstrado nas figuras 15, 16 e 17.

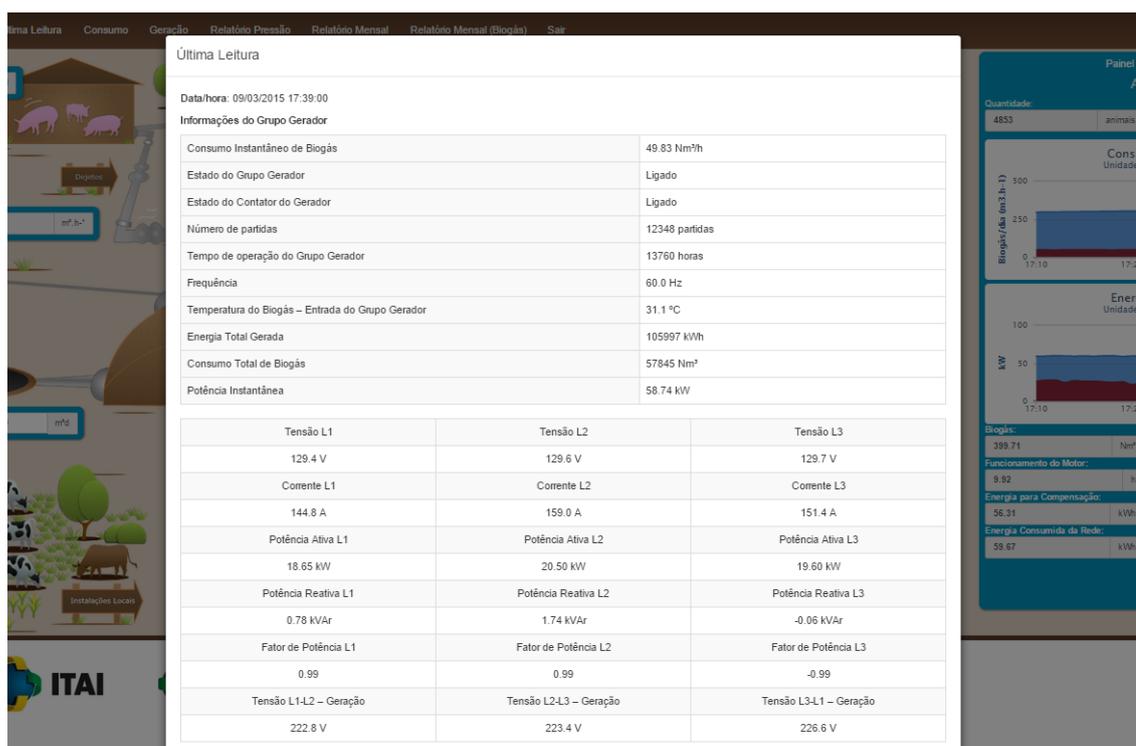


Figura 15 - Relatório de Última Leitura (Parte 1)

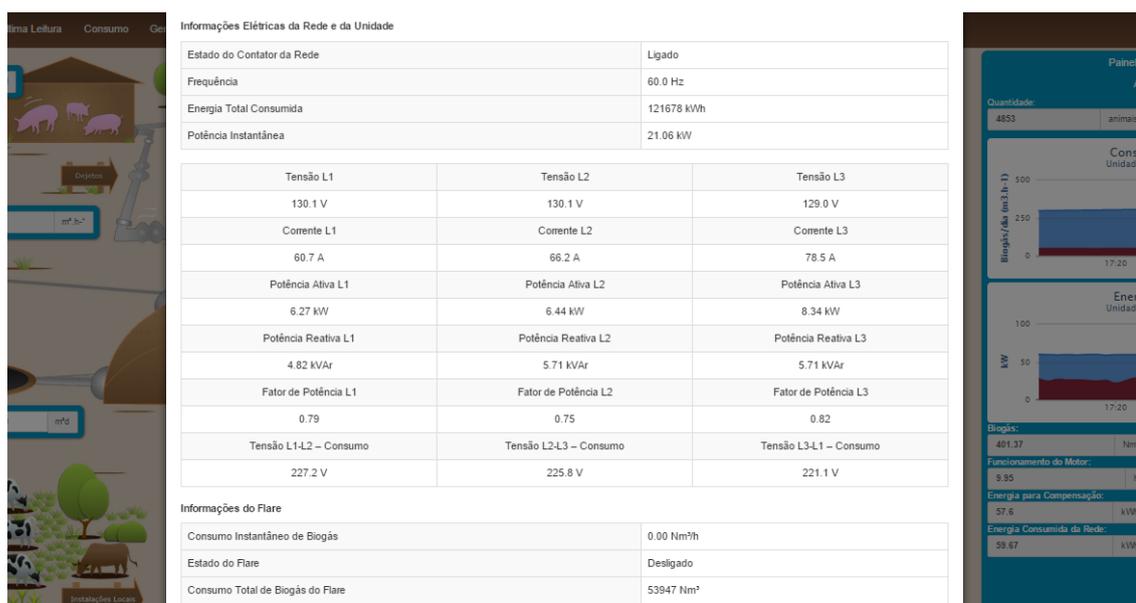


Figura 16 - Relatório de Última Leitura (Parte 2)

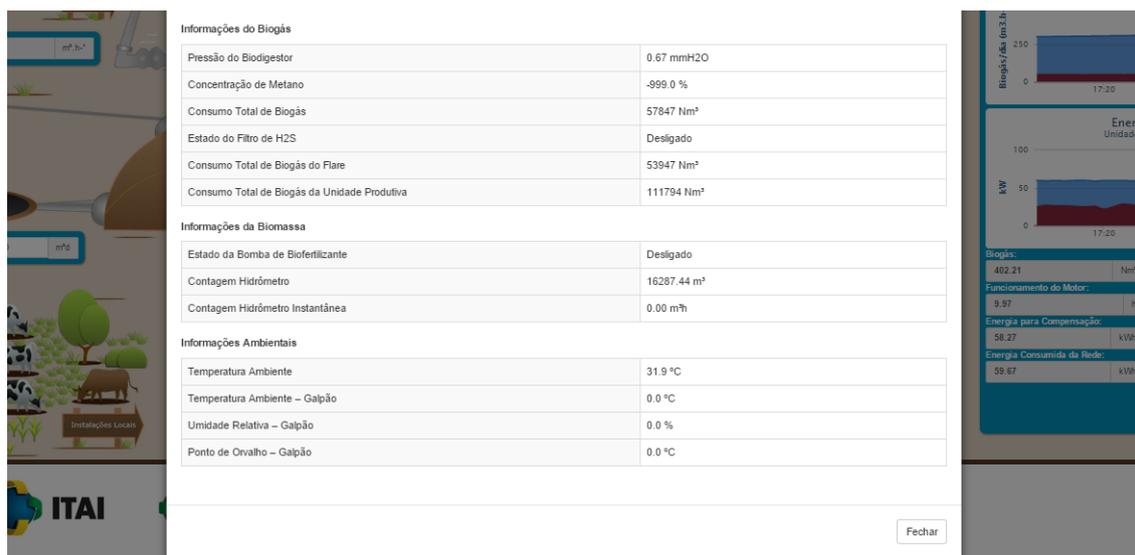


Figura 17 - Relatório de Última Leitura (Parte 3)

4.4 HISTÓRICO CONSUMO

Na aba "Consumo" é projetado um gráfico do histórico de consumo de biogás realizado pelo motor e a quantidade de biogás armazenado na propriedade em uma determinada data. Conforme demonstrado na figura 18, o usuário poderá selecionar a data desejada [1], na sequência [2] o usuário pode optar por apresentar o conteúdo referente a dia escolhido e o dia anterior. Com a seleção do período desejado o usuário pode realizar a consulta das informações [3] para visualizar o gráfico. Para retornar a página inicial, basta selecionar o botão "Fechar" [4].

A figura 19 apresenta um gráfico plotado com a seleção de uma data específica.

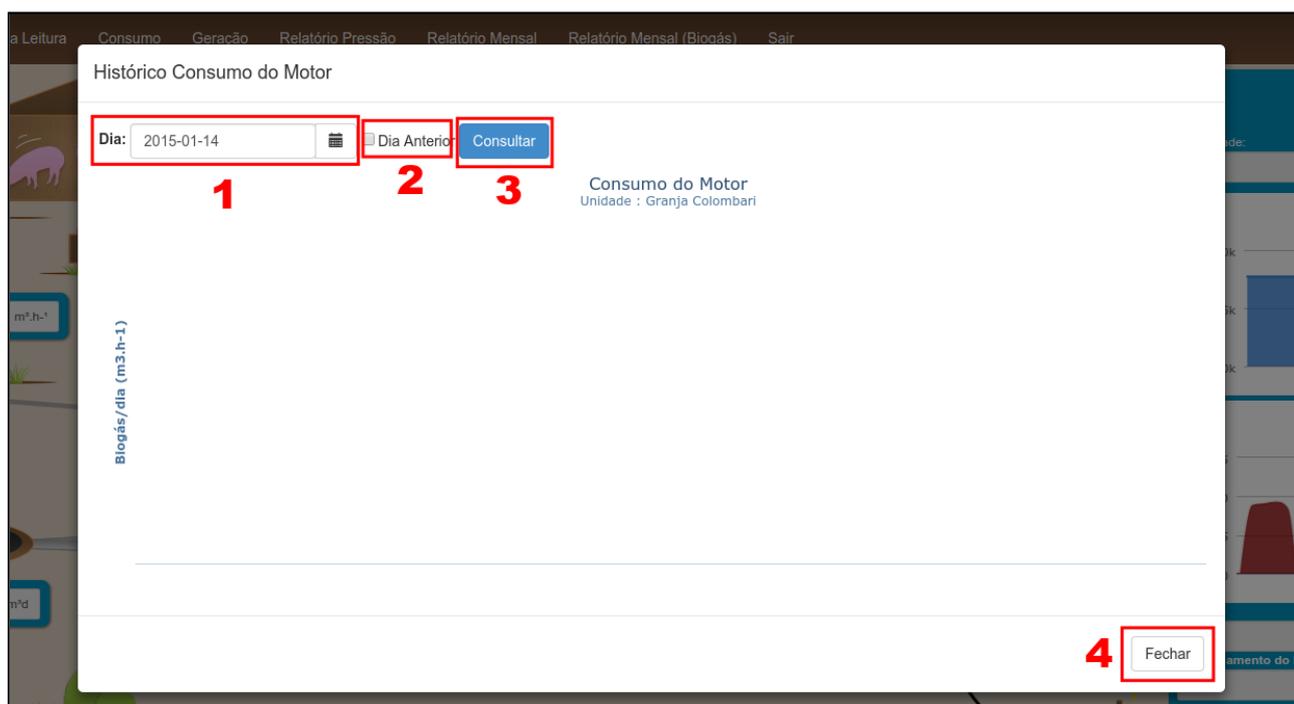


Figura 18 - Histórico de consumo - opções

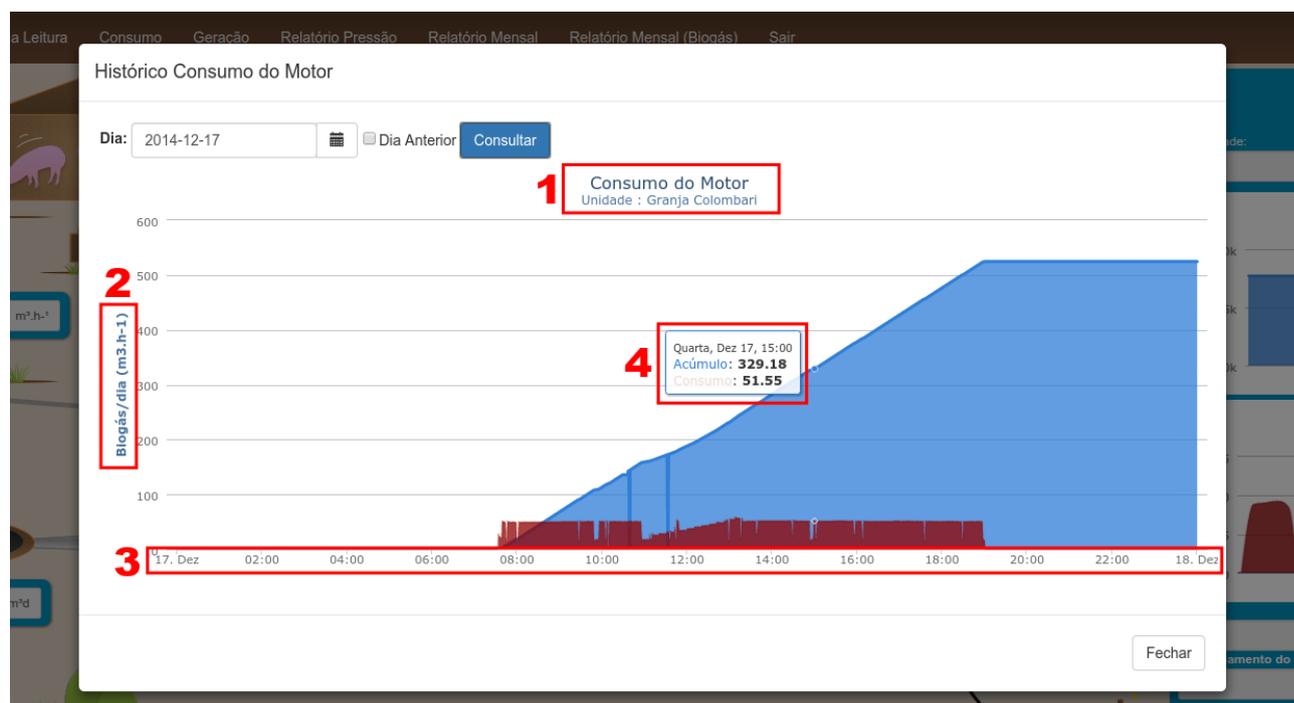


Figura 19 - Histórico de consumo - gráfico

O gráfico gerado (figura 19) possui três componentes principais:

- [1] Título: Indica o que o gráfico está demonstrando e a unidade de onde as informações foram retiradas.
- [2] Eixo y: Indica a quantidade de biogás gasta/acumulada naquele ponto (m^3/h).
- [3] Eixo x: Indica o horário de cada uma das amostras.
- Área em Vermelho: Representa a quantidade de biogás consumido.
- Área em Azul : Representa a quantidade de biogás acumulada .

No caso do gráfico da figura 19 é possível observar a quantidade de biogás acumulado (azul) ao longo de um dia e também a quantidade que esse biogás foi consumido (vermelho) durante o mesmo período.

Caso o usuário tenha interesse em visualizar detalhes da cada amostra é possível posicionar o cursor sobre qualquer um dos pontos revelando os valores exatos da data, hora, acúmulo e consumo.

4.5 HISTÓRICO DE GERAÇÃO

Semelhante a tela de "Consumo", a opção "Geração" apresenta um gráfico da geração de energia durante um dia inteiro. Conforme demonstrado na figura 20. O usuário informa a data desejada [1] e também tem a opção de selecionar o dia anterior ao escolhido [2], com isso é possível "Consultar" [3] e gerar o gráfico para visualização. Para retornar a página inicial, basta selecionar o botão "Fechar" [4].

A figura 21 apresenta o gráfico da geração plotado com a seleção de uma data específica.

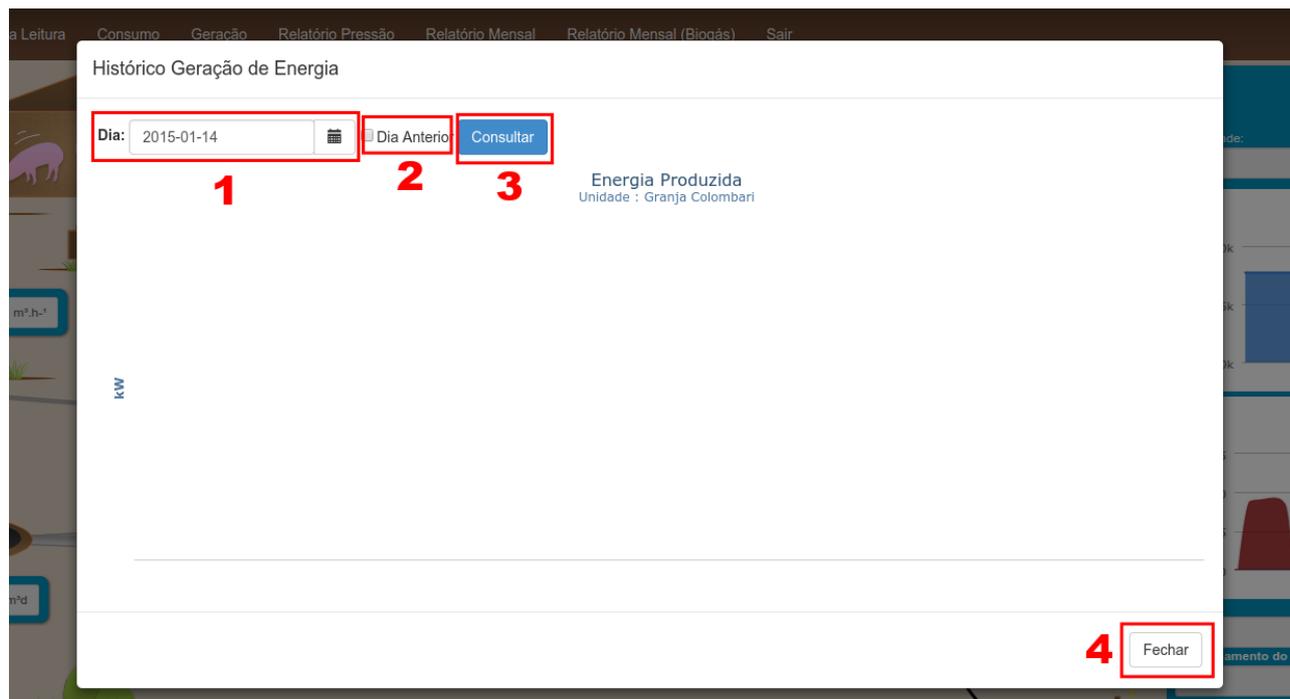


Figura 21 - Histórico de geração - opções

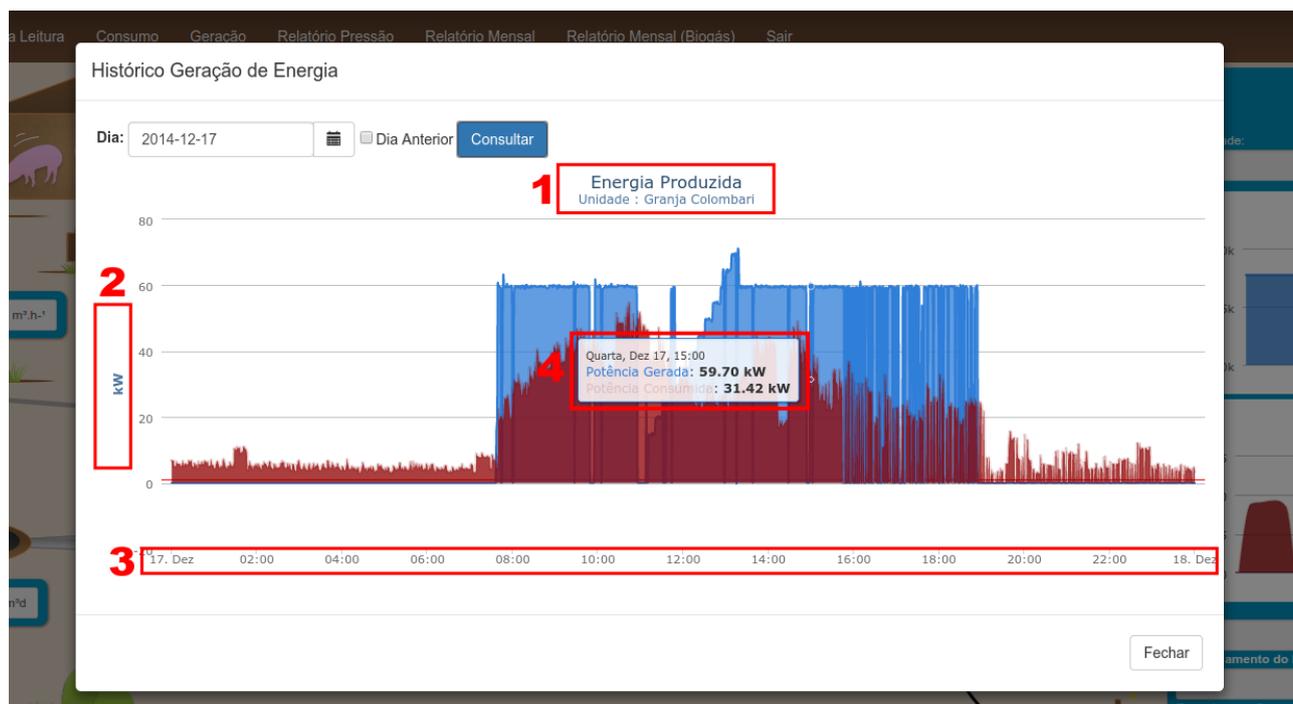


Figura 20 - Histórico de geração - gráfico

O gráfico gerado (figura 21) possui três componentes principais:

- [1] Título: Indica o que o gráfico está demonstrando e a unidade de onde as informações foram retiradas.
- [2] Eixo y: Indica a quantidade de energia gerada/consumida naquele ponto (kWh).
- [3] Eixo x: Indica o horário de cada uma das amostras.
- Área em Vermelho : Representa a potência consumida.
- Área em Azul : Representa a potência gerada.

No caso da figura 21, é possível obter de maneira visual as informações da potência gerada (azul) e da potência que foi consumida (vermelho) durante o período desejado.

Para visualizar detalhes de cada amostra é possível posicionar o cursor sobre qualquer um dos pontos revelando os valores exatos da data, hora, potência gerada e potência consumida [4].

4.6 RELATÓRIO PRESSÃO

Na aba "Relatório Pressão" é gerada uma tabela com os registros do dia selecionado e do dia anterior apresentando a pressão no biodigestor e a vazão de biogás no motor e no flare. Com essas informações, o usuário poderá detectar problemas como: vazamento de gás, obstrução de canais, defeitos no biodigestor, entre outros.

Conforme demonstrado na figura 22, é selecionada a data a ser observada [1] e realizar a consulta [2] para visualizar a tabela. Na parte inferior dessa tela, tem-se o botão "Exportar como CSV" [3], o qual permite criar um arquivo externo de formato .CSV com o conteúdo da tabela para ser utilizado fora do sistema, e além disso a opção de retornar a tela inicial com o botão "Fechar" [4].

As figuras 23 e 24, apresentam a tabela gerada após o usuário especificar a data desejada e realizar a consulta no próprio sistema.

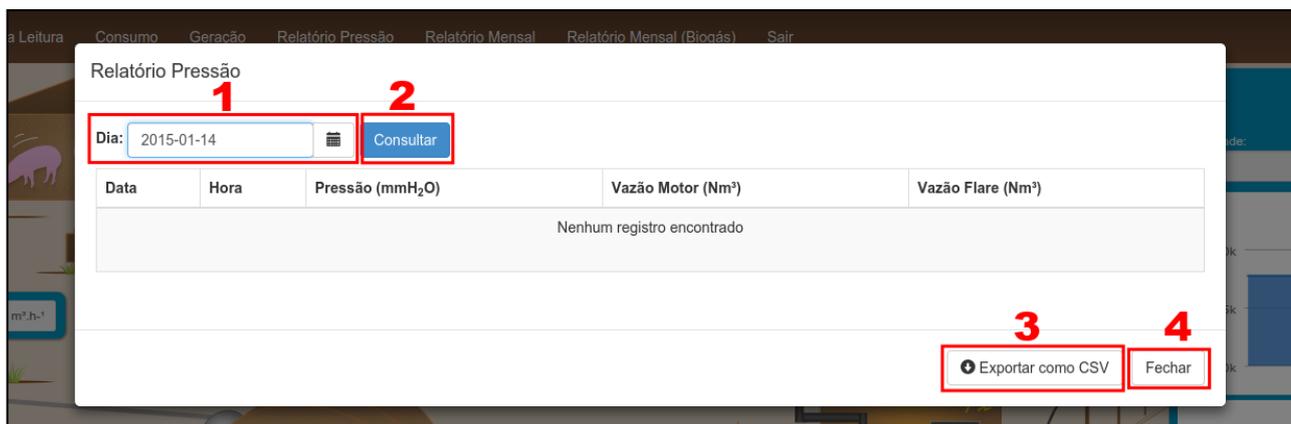


Figura 22 - Relatório de pressão - opções

| Data | Hora | Pressão (mmH ₂ O) | Vazão Motor (Nm ³) | Vazão Flare (Nm ³) |
|-------|-------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 16/12 | 00:00 | 3.46 | 0 | 0 |
| 16/12 | 00:01 | 3.46 | 0 | 0 |
| 16/12 | 00:02 | 3.47 | 0 | 0 |
| 16/12 | 00:03 | 3.48 | 0 | 0 |
| 16/12 | 08:42 | 14.6 | 48.06 | 0 |
| 16/12 | 08:43 | 14.8 | 48.23 | 0 |
| 16/12 | 08:44 | 14.72 | 48.02 | 0 |
| 16/12 | 08:45 | 14.92 | 47.94 | 0 |
| 16/12 | 08:46 | 14.99 | 48.28 | 0 |
| 16/12 | 08:47 | 14.97 | 48.23 | 0 |
| 16/12 | 08:48 | 15.08 | 48.27 | 0 |
| 16/12 | 08:49 | 15.06 | 47.86 | 0 |
| 16/12 | 08:50 | 14.74 | 48.13 | 0 |

Figura 23 - Relatório de pressão - tabela

A tabela possui cinco colunas:

- [1] Data: Indica o dia e mês da amostra.

- [2] Hora: Indica o horário da amostra .
- [3] Pressão: Registra a quantidade de pressão no biodigestor (mmH₂O) .
- [4] Vazão Motor: Quantidade de biogás utilizada pelo motor (Nm³).
- [5] Vazão Flare: Quantidade de biogás destinado ao flare (Nm³) .

Em caso de ausência/falha na coleta de dados, o sistema irá ocultar o período em que esteve inoperante e somente irá apresentar o registro subsequente ao restabelecimento [6].

4.7 RELATÓRIO MENSAL

A opção "Relatório Mensal" apresenta uma tabela com dados diários calculados a partir dos registros referentes ao mês selecionado. Com esses dados o usuário poderá analisar a produtividade e consumo da energia gerada através do Biogás, identificando dessa forma se a produção está compensando o investimento.

Conforme demonstrado na figura 24, escolhe-se o mês desejado [1], na sequência determina-se o ano da pesquisa através do de seleção [2]. Após especificar essas duas informações deve-se clicar no botão "Consultar" [3] para visualizar a tabela. Na parte inferior da tela, encontram-se dois botões. O primeiro "Exportar como CSV" [4] dá a opção de criar um arquivo externo de formato .CSV com o conteúdo da tabela para ser utilizado fora do sistema. O segundo botão "Fechar" [5] é utilizado para fechar a janela e voltar ao menu inicial.

A figura 25 apresenta o relatório mensal obtido através da seleção de um mês e ano desejado.

Relatório Mensal

Mês: Janeiro **1** Ano: 2015 **2** **3**

| Dia/Mês | Consumo Biogás (Nm³) | Energia Gerada (kWh) | Energia Consumida (kWh) | Energia Exportada (kWh) | Energia Consumida da Rede (kWh) | Saldo kWh | Saldo R\$ |
|----------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------|-----------|
| Nenhum registro encontrado | | | | | | | |

4 **5**

Figura 24 - Relatório mensal - opções

Relatório Mensal

Mês: Ano:

| 1 Dia/Mês | 2 Consumo Biogás (Nm ³) | 3 Energia Gerada (kWh) | 4 Energia Consumida (kWh) | 5 Energia Exportada (kWh) | 6 Energia Consumida da Rede (kWh) | 7 Saldo kWh | 8 Saldo R\$ |
|------------------------|--|-------------------------------------|--|--|--|-----------------------|-----------------------|
| 04/12/2014 | 525.07 | 623.32 | 372.86 | 283.86 | 33.41 | 250.45 | R\$ 84.76 |
| 05/12/2014 | 578.35 | 684.67 | 481.94 | 274.93 | 72.2 | 202.73 | R\$ 102.3 |
| 08/12/2014 | 263.75 | 314.46 | 339.99 | 135.59 | 161.12 | -25.53 | R\$ 44.66 |
| 09/12/2014 | 581.67 | 687.99 | 440.21 | 330.91 | 83.13 | 247.78 | R\$ 89.15 |
| 10/12/2014 | 570.22 | 670.63 | 430.8 | 324.52 | 84.69 | 239.83 | R\$ 86.42 |
| 11/12/2014 | 486.83 | 535.17 | 365.77 | 325.53 | 156.13 | 169.4 | R\$ 52.34 |
| 12/12/2014 | 315 | 357.8 | 342.97 | 142.5 | 127.68 | 14.83 | R\$ 53.76 |
| 13/12/2014 | 107.2 | 125.59 | 173.6 | 66.47 | 114.48 | -48.02 | R\$ 14.76 |
| 14/12/2014 | 0 | 0 | 183.26 | 0 | 183.26 | -183.26 | R\$ 0 |
| 15/12/2014 | 451.1 | 502.08 | 385.53 | 238.44 | 121.88 | 116.56 | R\$ 65.83 |
| 16/12/2014 | 398.31 | 428.73 | 365.83 | 126.69 | 63.79 | 62.9 | R\$ 75.41 |
| 17/12/2014 | 504.96 | 522.97 | 396.07 | 247.57 | 120.68 | 126.9 | R\$ 68.76 |
| 18/12/2014 | 454.86 | 352.02 | 253.24 | 202.4 | 103.62 | 98.78 | R\$ 37.36 |
| 23/12/2014 | 87.29 | 77.21 | 75.01 | 48.21 | 46.02 | 2.19 | R\$ 7.24 |
| 24/12/2014 | 141.01 | 130.72 | 91.73 | 73.09 | 34.09 | 39 | R\$ 14.39 |
| 25/12/2014 | 0 | 0 | 34.97 | 0 | 34.97 | -34.97 | R\$ 0 |
| 26/12/2014 | 120.7 | 107.29 | 108.64 | 67.72 | 69.07 | -1.36 | R\$ 9.88 |
| 27/12/2014 | 58.43 | 58.56 | 34.4 | 35.22 | 11.06 | 24.16 | R\$ 5.83 |
| 28/12/2014 | 0 | 0 | 53.1 | 0 | 53.1 | -53.1 | R\$ 0 |
| 29/12/2014 | 47.69 | 44.67 | 85.59 | 25.29 | 66.22 | -40.92 | R\$ 4.84 |
| 30/12/2014 | 126.78 | 121.72 | 75.72 | 65.82 | 19.83 | 45.99 | R\$ 13.96 |
| 31/12/2014 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | R\$ 0 |
| 9 Total Mês: | 5819.22 | 6345.60 | 5091.23 | 3014.76 | 1760.43 | 1254.34 | R\$ 831.65 |

Figura 25 - Relatório mensal - tabela

A tabela gerada possui oito colunas:

- [1] Dia/Mês: Indica o dia, mês e ano da amostra.
- [2] Consumo Biogás: Quantidade de biogás consumida pelo grupo gerador (Nm³).
- [3] Energia Gerada: Quanto de energia está sendo gerado na propriedade (kWh) .
- [4] Energia Consumida: Quanto de energia está sendo consumida (kWh) .
- [5] Energia Exportada: Quanto de energia está sendo exportada para a rede de distribuição, pois o saldo entre geração e consumo foi positivo (kWh).
- [6] Energia Consumida da Rede: Quanto de energia está sendo consumida da rede de distribuição, pois o saldo entre geração e consumo foi negativo e foi necessário mais energia para manter a propriedade (kWh).
- [7] Saldo kWh: Representa o cálculo da energia exportada subtraída a energia consumida da rede (kWh).
- [8] Saldo R\$: Valores monetários do custo evitado de energia elétrica, representa o cálculo da energia consumida e subtraída a energia consumida da rede. O resultado multiplicado pela tarifa da concessionária, que neste caso é de 0,24968 (R\$).

Na última linha da tabela [9] encontra-se o "Total Mês". Ele é apresenta o total acumulado dos registros de cada um dos dias listados acima.

4.8 RELATÓRIO MENSAL (BIOGÁS)

No "Relatório Mensal (Biogás)" são apresentados os dados diários registrados no que diz respeito ao biogás e ao consumo de água. Com estes dados o usuário poderá analisar a quantidade de biogás produzida pela propriedade, total de biogás utilizado pelo flare e o consumo de água a dessa propriedade. A partir destas informações é possível concluir se está havendo desperdício de biogás, se há necessidade de um biodigestor com maior capacidade de armazenamento e se a quantidade de água gasta está dentro do esperado.

Conforme demonstrado na figura 27, é selecionado o mês [1] e o ano desejado [2]. Com isso é possível realizar a consulta [3] para visualizar a tabela. Na parte inferior da tela, encontram-se dois botões. O primeiro "Exportar como CSV" [4] dá a opção de criar um arquivo externo de formato .CSV com o conteúdo da tabela para ser utilizado fora do sistema. O segundo botão "Fechar" [5] é utilizado para fechar a janela e voltar ao menu inicial.

A figura 28 apresenta a tabela gerada a partir da seleção do mês e ano informados pelo usuário.

| Dia/Mês | Consumo Água (m³) | Biogás Motor (Nm³) | Biogás Flare (Nm³) | Total Biogás (Nm³) |
|----------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Nenhum registro encontrado | | | | |

Figura 26 - Relatório mensal (biogás) - opções

Relatório Mensal de Biogás

Mês: Ano:

| Dia/Mês 1 | Consumo Água (m³) 2 | Biogás Motor (Nm³) 3 | Biogás Flare (Nm³) 4 | Total Biogás (Nm³) 5 |
|---------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 04/12/2014 | 64.14 | 525.07 | 104.5 | 629.57 |
| 05/12/2014 | 91.93 | 578.35 | 66.76 | 645.11 |
| 08/12/2014 | 71.98 | 263.75 | 41.48 | 305.23 |
| 09/12/2014 | 93.05 | 581.67 | 340.22 | 921.89 |
| 10/12/2014 | 81.92 | 570.22 | 128.03 | 698.25 |
| 11/12/2014 | 84.44 | 486.83 | 389.46 | 876.29 |
| 12/12/2014 | 80.29 | 315 | 246.18 | 561.18 |
| 13/12/2014 | 69.26 | 107.2 | 213.1 | 320.30 |
| 14/12/2014 | 83.08 | 0 | 562.43 | 562.43 |
| 15/12/2014 | 77.74 | 451.1 | 192.66 | 643.76 |
| 16/12/2014 | 75.98 | 398.31 | 26.73 | 425.04 |
| 17/12/2014 | 73.23 | 504.96 | 7.87 | 512.83 |
| 18/12/2014 | 58.73 | 454.86 | 275.85 | 730.71 |
| 23/12/2014 | 76.73 | 87.29 | 17.93 | 105.22 |
| 24/12/2014 | 87.07 | 141.01 | 0 | 141.01 |
| 25/12/2014 | 85.2 | 0 | 96.35 | 96.35 |
| 26/12/2014 | 0 | 120.7 | 94.1 | 214.80 |
| 27/12/2014 | 0 | 58.43 | 51.61 | 110.04 |
| 28/12/2014 | 81.73 | 0 | 171.35 | 171.35 |
| 29/12/2014 | 69.65 | 47.69 | 32.86 | 80.55 |
| 30/12/2014 | 0 | 126.78 | 63.67 | 190.45 |
| 31/12/2014 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 6 Total Mês: | 1406.15 | 5819.22 | 3123.14 | 8942.36 |

Figura 27 - Relatório mensal (biogás) - tabela

A tabela apresenta cinco colunas:

- [1] Dia/Mês: Indica o dia, mês e ano da amostra.
- [2] Consumo Água: Indica o consumo de água da propriedade naquele mês (m^3).
- [3] Biogás Motor: Quantidade de biogás gerada pelo motor naquela data (Nm^3).
- [4] Biogás Flare: Quantidade de biogás queimado pelo flare naquela data (Nm^3).
- [5] Biogás Total: Quantidade total de biogás. Resultado da soma do Biogás Motor e Biogás Flare (Nm^3).

Na última linha da tabela [9] encontra-se o "Total Mês". Ele é apresenta o total acumulado dos registros de cada um dos dias listados acima.

5 CONCLUSÕES

A utilização de um sistema supervisorio para unidades de geração a biogás é fundamental para o monitoramento remoto do sistema, que se encontra geograficamente distribuído.

A operação dos sistemas de geração distribuída é afetada pela falta de informações sobre o comportamento dos parâmetros ambientais relacionados ao biogás, e sobre o comportamento dos parâmetros mecânicos, como também pela falta de manutenção preventiva, o que resulta na necessidade de manutenções corretivas provocando interrupções prolongadas na geração de energia elétrica.

Anterior ao funcionamento do sistema supervisorio, este processo de coleta e análise das informações era mais lento e trabalhoso, pois era necessário 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.

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). Além de visualizar tais variáveis praticamente em tempo real (online), é possível visualizar também todo o histórico de leituras passadas, de diversas formas como gráficos, relatórios e tabelas. Este diagnóstico antecipado de eventos permitirá ao operador tomar ações preventivas, na medida em que observe alterações nos padrões de funcionamento do processo.

Em se tratando de unidade modelo de projeto pioneiro, no qual é de suma importância o acompanhamento de todo o histórico do processo, percebe-se a importância da supervisão das principais variáveis do processo pelas instituições de pesquisa envolvidas, e da geração de bases de dados históricos contendo essas informações, para permitir análises posteriores.

O acúmulo 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.

Portanto, implantar e manter operando um sistema supervisorio para unidades de geração distribuída é de extrema importância e utilidade para a supervisão e gerenciamento remoto. Além de uma ferramenta de monitoramento, o sistema contribuirá com o histórico de dados e utilizando corretamente esses dados, 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 futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERMANN, T., ANDERSSON, G. SODER, L.,. Distributed generation: a definition. **Electric Power Systems Research**, 57(3), pp.195–204, 2001.

ALVES, H. J., BLEY JR., C., NIKLEVICZ, R. R., FRIGO, E. P., FRIGO, M. S., COIMBRA-ARAUJO, C. H. Overview of hydrogen production technologies from biogas and the applications in fuel cells. **International Journal of Hydrogen Energy**, 38(13), pp.5215–5225, 2013.

ANEEL. **BIG – Banco de Informação de Geração**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 30 de Janeiro de 2015.

BARRETO, G. DE A. **Estudo de viabilidade de um sistema de monitoramento de baixo custo para os sistemas de distribuição reticulados subterrâneos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2010.

BJORKLUND, R. B. et al. Electrode specific information from voltammetric monitoring of biogas production. **Talanta**, v. 81, n. 4–5, p. 1578–1584, 2010.

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

BRIGGS, R.; GRATTAN, K. T. V. Instrumentation control and automation in the control of biological effluent treatment. **{ISA} Transactions**, v. 31, n. 1, p. 111–123, 1992.

CARVALHO. **Spring Framework: Introdução**. Disponível em: <<http://imasters.com.br/artigo/4497/java/spring-framework-introducao/>>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2015.

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

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

EPA. Environmental Protection Agency. **Methane**, 2010. Disponível em: <<http://www.epa.gov/methane>>. Acesso em: 01 março de 2014.

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

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

ITAI – Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação. **Especificação SMCP/Projeto GD-ER e Manual de Instrumentação UGC**. Foz do Iguaçu, PR: ITAI, 2011.

ITAI – Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação. **Documento de Arquitetura de Software**. Foz do Iguaçu, PR: ITAI, 2014.

ITAIPU . **Itaipu Binacional – Sala de Controle**. Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.br/energia/sala-de-control>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2015.

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

KUNZ, A., MIELE, M., STEINMETZ, R. L. R. **Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil**. *Bioresource Technology*, 100(22), pp.5485–5489, 2009.

LIMA, R. S. et al. Um sistema microcontrolado para o monitoramento on-line e remoto de pH, condutividade e temperatura de águas. **Química Nova**, v. 34, n. 1, p. 135–139, 2011.

MOLINA, F. et al. Selection of variables for on-line monitoring, diagnosis, and control of anaerobic digestion processes. **Water science and technology : a journal of the International Association on Water Pollution Research**, v. 60, n. 3, p. 615–22, jan. 2009.

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

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

PECORA, V. **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.

PRELL, A., DITL, P., KUJAN, P., SOBOTKA, M., ZAVACKY, M. **Precise monitoring system for biogas engineering studies: Production enhancement by ultrasound treatment**. *Journal of Biotechnology*, 136, Supplement(0), p.S507, 2008.

QUEIROZ, R.J.N. **Implantação de um centro de operação em tempo real de um agente de transmissão do sistema interligado nacional**. Rio de Janeiro, RJ. UFRJ, 2010.

RAINONE, F. **Programação Orientada a Aspectos Dinâmicos**, 2005. Disponível em: <<https://www.ime.usp.br/~leliane/MAC5701/2005-oSem/PlanosMonografias/Flavia.pdf>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2015.

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

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

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

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

SOUZA, V. A. **O Protocolo modbus**. Disponível em: < <http://www.cerne-tec.com.br/Modbus.pdf>> Acesso: 11 de janeiro de 2015.

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.

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

VAN DEN BROEK, R., FAAIJ, A., VAN WIJK, A. **Biomass combustion for power generation**. Utrecht, The Netherlands: *Biomass and Bioenergy*, 11(4), 271–281, 1996.

VIANNA, W.S. **Sistema SCADA supervisório**. Campos dos goytacazes RJ. IFF, 2008.

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

ZANCHET, E.. 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 Fevereiro de 2014.

WARD, A. J., BRUNI, E., LYKKEGAARD, M. K., FEILBERG, A., ADAMSEN, A. P. S., JENSEN, A. P., POULSEN, A. K. **Real time monitoring of a biogas digester with gas chromatography, near-infrared spectroscopy, and membrane-inlet mass spectrometry**. *Bioresource Technology*, 102(5), pp.4098–4103, 2011.