

Dados do Projeto de Pesquisa	
▪ Título do Projeto de Pesquisa:	SISTEMA COMPUTACIONAL PARA MONITORAMENTO DA PRODUÇÃO E DA COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS GERADO EM REATORES UASB
Grande área/área segundo o CNPq (https://goo.gl/JB3tAs):	Engenharias/Engenharias I/ Engenharia Sanitária/Saneamento Ambiental/Controle da Poluição.
Grupo de Pesquisa vinculado ao projeto:	TECNOLOGIA, RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE NA REGIÃO DO CARIRI/CE
Linha de pesquisa do grupo de pesquisa vinculado ao projeto:	SANEAMENTO E QUALIDADE DE ÁGUA
Categoria do projeto:	<input type="radio"/> projeto em andamento, já cadastrado na PRPI <input type="radio"/> projeto não iniciado, mas aprovado previamente <input checked="" type="radio"/> projeto novo, ainda não avaliado
▪ Palavras-chave:	Reator UASB. Caracterização do biogás. Sistema de monitoramento. Arduino.

1. INTRODUÇÃO

A demanda por energia apresenta-se em constante ascensão no mundo, seja pelo crescimento acelerado dos países em desenvolvimento e seus bilhões de habitantes, seja pela mudança de hábitos que as tecnologias modernas têm proporcionado às populações de países desenvolvidos.

Contraposto a essa realidade observamos as instabilidades políticas e sociais dos países produtores de petróleo, cujas reservas, dentro de algumas décadas, entrarão em depleção (GOLDEMBERG, 2004). Somada a essa dificuldade, existem evidências de que o aquecimento global e, por consequência, o fenômeno das mudanças climáticas está efetivamente acontecendo nos mais distintos pontos do globo terrestre (GUARDABASSI, 2006).

No Brasil, com o intuito de diversificar a Matriz Energética brasileira e aumentar a segurança no abastecimento de energia elétrica, além de permitir a valorização das características e potencialidades regionais e locais, o governo Federal criou a Lei n 10.438/2002 que instituiu, sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). Este programa objetiva aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos concebidos com base em fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas no Sistema Elétrico Interligado Nacional. A criação deste programa também tem consequência direta sobre a questão ambiental, uma vez que contribui para a redução da geração de energia elétrica por meio de fontes que geram grande carga de poluentes e, conseqüentemente, degradação ambiental. A queima de combustíveis fósseis, por exemplo, gera resíduos como óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, dióxido de carbono, metano e monóxido de carbono. As grandes usinas hidroelétricas, por sua vez, necessitam da formação de grandes lagos que interferem no fluxo dos rios, realocação da população, resultando muitas vezes em problemas sociais e entraves judiciais (CLASSEN; LIER; STAMRS, 1999; COLDEBELLA et al, 2006, Silva et al, 2009).

Para a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2004), a médio e longo prazo, a exaustão de fontes não renováveis e as pressões ambientalistas poderão acarretar maior aproveitamento energético da biomassa como fonte alternativa. Atualmente, a biomassa vem sendo cada vez mais utilizada na geração de energia elétrica, principalmente em sistemas de co-geração e no suprimento de eletricidade para demandas isoladas de rede elétrica. Neste contexto, a produção de biogás como combustível a partir do uso de biodigestores, considerando a facilidade de obtenção de matéria prima (biomassa) para o processo e a flexibilidade de operar com geração constante ou variável, é uma alternativa promissora para complementar o abastecimento de energia do país.

O biogás obtido através do processo de digestão anaeróbia pode ser convertido em energia térmica ou elétrica, por meio da oxidação térmica do metano. A utilização de tal processo tem um viés ambientalmente sustentável e energeticamente econômico.

O primeiro fator econômico a ser analisado é o da utilização de um gás combustível de baixo custo, uma vez que o biogás é um subproduto de um processo de digestão anaeróbia e que normalmente é desprezado, ora emitido diretamente na atmosfera, agravando o impacto ambiental por meio da emissão de gases que intensificam o efeito estufa, ora pela queima em “flares” para minimizar o impacto ambiental. Um outro aspecto refere-se ao fato do biogás poder ser utilizado como combustível tanto em unidades de tratamento anaeróbio de efluentes, como em aterros sanitários, apresentando diferentes perspectivas para cada um desses segmentos. No primeiro caso, este insumo pode contribuir sensivelmente para a diminuição do consumo de eletricidade em estações de tratamento de esgotos (ETEs), otimizando o uso dos recursos naturais, dada a estreita relação existente

entre a geração de eletricidade e os recursos hídricos nacionais. No segundo caso, o volume de biogás gerado pode permitir a geração de excedentes que podem ser comercializados, proporcionando uma receita adicional (COELHO et. al., 2003).

O biogás é uma mistura gasosa combustível, produzida através da digestão anaeróbia, processo fermentativo que tem como finalidade a remoção de matéria orgânica, a formação de biogás e a produção de biofertilizantes ricos em nutrientes. Seu potencial energético existe em função da quantidade de metano contida no gás, que determina o seu poder calorífico. A composição típica do biogás é cerca de 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de uma mistura de hidrogênio, nitrogênio, amônia, ácido sulfídrico, monóxido de carbono, aminas voláteis e oxigênio (WEREKO-BROBBY; HAGEN, 2000). Contudo, a proporção de cada gás que o constitui depende de vários fatores, entre eles o tipo de digestor e o substrato utilizado (SALOMON, 2007).

Dentre os diversos modelos de biodigestores existentes, os reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (upflow anaerobic sludge blanket – UASB) vem assumindo uma posição de destaque. Eles têm sido utilizados, com sucesso, no tratamento de uma grande variedade de águas residuárias domésticas e industriais (Silva et al., 2013; Puyol et al., 2009; Lettinga et al., 1980). O sucesso de sua aplicação se deve ao processo de formação do lodo granular anaeróbio que apresenta excelentes características de sedimentabilidade e elevada atividade metanogênica específica (Bhunja and Ghangrekar, 2008).

A formação de grânulos biológicos densamente compactados possibilita que o reator seja operado com reduzidos tempos de retenção hidráulica, o que implica em equipamentos de dimensões menores e, conseqüentemente, de menor custo. Outras vantagens importantes, clássicas de sistemas anaeróbios, são: baixa produção de lodo, não requer aeração e produz gás metano (VAN HAANDELL e LETTINGA, 1994; ISIK e SPONZA, 2005).

Dentre os principais parâmetros relacionados a geração de biogás destacam-se: impermeabilidade ao ar, uma vez que a decomposição da matéria orgânica na presença de oxigênio irá produzir apenas CO₂; natureza do substrato, que exerce uma importância fundamental sobre o processo de fermentação; composição dos resíduos, já que quanto maior a porcentagem de material orgânico no resíduo, maior o potencial de geração de metano e vazão de biogás; temperatura, cuja faixa ideal para a produção de biogás é de 32°C a 37°C (bactérias mesofílicas) e de 50°C a 60°C (bactérias termofílicas); o teor de água dentro do biodigestor, que deve variar de 60 a 90% do peso do conteúdo total; e o pH, que em biodigestores anaeróbios (processos contínuos) permanece neutro (pH ~ 7) (PECORA, 2006). Especificamente com relação a natureza do substrato, Gryscek and Belo (1983) afirmam que cada matéria prima ou fonte de resíduo possui um potencial de geração de biogás. Resíduos altamente fibrosos, como bagaço de cana e casca de arroz, considerados de baixa digestibilidade, apresentam um menor potencial para a produção do biogás. Já matérias ricas em amidos, proteínas, celulose e carboidratos, como grãos, gramíneas, restos de abatedouros e fezes, apresentam alto potencial de produção de biogás.

Dos gases que compõem o biogás, o gás carbônico e o gás sulfídrico devem receber atenção especial. São considerados como o principal problema na viabilização de seu armazenamento e na produção de energia, interferindo principalmente na qualidade do biogás, acarretando problemas de corrosão no sistema de condução do biogás até sua transformação como fonte de energia elétrica ou térmica, necessitando de processos de tratamento (MAGALHÃES, 1986).

Em condições adequadas de funcionamento, os biodigestores apresentam boa estabilidade operacional, impactando positivamente na geração do biogás, tanto em termos qualitativos quanto quantitativos, e, em consequência, no seu desempenho. Contudo, para que sejam alcançadas e mantidas as condições ótimas de funcionamento, é necessário que seja realizado o monitoramento constante da estabilidade operacional, por meio das análises

de temperatura, pH, alcalinidade, ácidos graxos voláteis e composição do biogás, e da eficiência de remoção de poluentes, ao se determinar o comportamento, por exemplo, dos sólidos e da matéria orgânica ao longo do sistema, bem como a produção do biogás. Para BOHRZ (2010), quando estes fatores são devidamente monitorados, podem contribuir para a otimização da atividade bacteriana, aumentando assim a produção de metano. Além desse aspecto, é importante ressaltar que o biogás produzido em biodigestores anaeróbios, por conter metano e outros compostos em sua composição, ao entrarem em contato com o oxigênio do ar, podem criar uma atmosfera com riscos de explosão. Portanto, o monitoramento dos gases gerados no processo é importante não apenas para avaliar a atividade bacteriana que interfere na eficiência do processo de tratamento de esgoto, mas também para promover a segurança do local, evitando riscos de explosão. Vazamentos podem ser verificados através do monitoramento, por exemplo, das concentrações de metano e gás sulfídrico em pontos estratégicos dos biodigestores.

Contudo, na prática, os planos de monitoramento de muitas estações de tratamento de esgotos não são executados de forma eficiente, principalmente com relação a avaliação da produção e da composição do biogás. Este fato se deve, dentre outros fatores, aos elevados custos para realização das análises dos efluentes líquidos, do lodo e de forma mais intensa do biogás. Como resultado, verifica-se que muitas ETEs operam em condições inadequadas.

De fato, Silva et al. (2013), ao avaliar o desempenho operacional de plantas operando em escala real, constituídas tanto por tanques sépticos combinados com filtros anaeróbios quanto por reatores UASB, verificaram que o gerenciamento destas plantas precisava ser melhorado, notadamente no quesito manutenção. O que os conduziu a essa conclusão foi o fato dos resultados obtidos terem evidenciado variação da remoção bacteriana e picos nas concentrações de matéria orgânica e de sólidos nos efluentes tratados. Ainda de acordo com Silva et al. (2013), existe a necessidade de aumentar os investimentos para melhorar a manutenção e a operação de ETEs, incluindo o treinamento de pessoal.

Uma alternativa para otimizar o monitoramento da produção de biogás em reatores UASB, em tempo real e de forma remota, é a utilização de sensores baseados na espectroscopia na região do infravermelho, interligado a uma placa de aquisição e transferência de dados a uma unidade de processamento remota, através da tecnologia Wi-Fi. Este tipo de monitoramento implicaria no deslocamento da equipe de manutenção apenas quando necessário, resultando em menores custos operacionais para seus operadores, promovendo, assim, economia de tempo e de recursos.

Para JANTSCH & MATTIASSON (2004), um sistema de monitoramento e controle ideal deve ser capaz de detectar uma instabilidade e estabelecer contramedidas para compensar esta instabilidade. Um sistema de monitoramento eficiente deve ser *online*, automatizado e robusto, detectando os primeiros indícios de instabilidade no processo, otimizando tempo e custo para realizar a caracterização do biogás produzido.

Neste sentido, a tecnologia que utiliza sensores baseados na espectroscopia na região do infravermelho tem diversas vantagens sobre os sensores químicos e eletroquímicos, pois são mais estáveis e bastante seletivos em relação ao gás alvo e, como não interagem de forma direta com a amostra, podem suportar altos índices de umidade, poeira, sujeira e outras condições severas, geralmente presentes no biogás gerado em digestores anaeróbios. Por esses motivos, têm uma vida útil consideravelmente maior do que outros sensores de mesmo propósito (SCHAEFFER, 2004).

A pesquisa, objeto de estudo deste projeto, será realizada em parceria com a Faculdade de Tecnologia CENTEC – FATEC Cariri, localizada na cidade de Juazeiro do Norte e com o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus* Juazeiro do Norte.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver um sistema computacional (*hardware e software*), por meio de sensores que utilizam a tecnologia de espectroscopia de infravermelho (NDIR), para o monitoramento remoto da produção e da composição do biogás gerado em reatores UASB, de forma contínua e *in situ*. A ideia é tornar possível a redução do tempo de obtenção de dados referentes à produção e a composição do biogás, contribuindo, assim, para que intervenções no sentido de melhorar o desempenho operacional destes reatores possa ocorrer de forma mais célere, uma vez que a estabilidade e o desempenho operacional de reatores UASB estão associados a produção do metano. Outro aspecto a ser considerado é que o monitoramento remoto contribui para a redução dos custos com as coletas e análises laboratoriais de amostras.

2.2 Objetivos específicos

- a) Projetar e construir uma placa eletrônica de aquisição de dados para monitorar a composição e a produção de biogás em reatores UASB.
- b) Implementar o sensoriamento remoto das atividades dos reatores através de protocolo internet.
- c) Desenvolver uma interface amigável ao usuário para processamento numérico e gráfico dos dados.
- d) Coletar dados eletrônicos referentes a produção e composição do biogás gerado nos reatores, alimentados com diferentes tipos de águas residuárias.
- e) Determinar a estabilidade operacional dos reatores UASB, alimentados com diferentes tipos de águas residuárias, por meio das análises de temperatura, pH, alcalinidade, ácidos graxos voláteis e composição do biogás.
- f) Avaliar os desempenhos operacionais dos reatores UASB, alimentados com diferentes tipos de águas residuárias, por meio da determinação das eficiências de remoção de matéria orgânica e de sólidos e da determinação da produção do biogás.
- g) Comparar os resultados das determinações das composições do biogás obtidas por meio eletrônico (uso de sensores) com as obtidas por meio da análise química em laboratório.

3. METODOLOGIA

3.1 Aparato e procedimento experimental

Esta pesquisa será realizada em dois reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (reator UASB), instalados nas dependências do Laboratório de Saneamento da Universidade Federal do Cariri - UFCA, *Campus* Juazeiro do Norte – Ce, que se diferenciam quanto a configuração do elemento de separação de fases. Os dois reatores foram construídos com canos de Policloreto de Vinila (PVC). Um dos reatores possui uma configuração convencional, caracterizado pela presença de um dispositivo de separação de fases na forma de uma campânula (Figura 1), enquanto que no segundo reator o separador de fases se constitui em um braço acoplado ao corpo cilíndrico do reator, formando um ângulo de 45° (parte inclinada) (Figura 2). O ponto onde o braço é conectado ao reator UASB dista 0,90 metros da sua base inferior.



Figura 1 - Reator UASB tipo Y.



Figura 2 - Reator UASB convencional.

Cada reator possui capacidade para reter 20 litros de esgoto e as seguintes dimensões: 1,2 m de altura e 0,148 m de diâmetro do corpo cilíndrico. O diâmetro do braço do reator tipo Y é de 0,100 m.

Os reatores serão alimentados com diferentes tipos de águas residuárias, após serem submetidas ao tratamento preliminar (gradeamento e desarenação): água residuária proveniente de um abatedouro bovino e água residuária proveniente de um abatedouro suíno. Após serem coletadas e transportadas para o sistema experimental, as águas residuárias serão armazenadas em um tanque de reservação (Figura 3 a e b), com capacidade para 500L, instalado a 1m acima dos topos dos reatores, para, posteriormente, por ação da gravidade, alimentar dois reservatórios menores (de 20 litros), que objetivam equalizar as vazões. Destes reservatórios menores, instalados a 0,5m acima dos topos dos reatores, as águas residuárias, também pela ação da gravidade, e com vazões constantes, serão conduzidas até os reatores UASB por meio de dispositivos de entrada (tubos de 1/4" de diâmetro). Estes dispositivos lançarão os esgotos nas partes centrais dos reatores, a 0,18m de sua base, visando favorecer a um maior contato entre a matéria orgânica afluyente e a biomassa presente nas zonas de digestão dos reatores.

As coletas dos efluentes do reator UASB tipo convencional será realizada através de uma canaleta com vertedores triangulares localizada na parte superior do reator. No reator tipo Y, a coleta será realizada por meio de seu braço inclinado. O biogás, em ambos os reatores, fluirá, a partir das interfaces líquido-gás, por meio de mangueiras plásticas, até o módulo de aquisição de dados do biogás proposto neste trabalho. Os pontos de descarga do lodo estão situados ao lado dos pontos de entrada dos afluentes e possuem um registro em PVC, com curva e 3/4 "diâmetro (Figura 3 a e b).

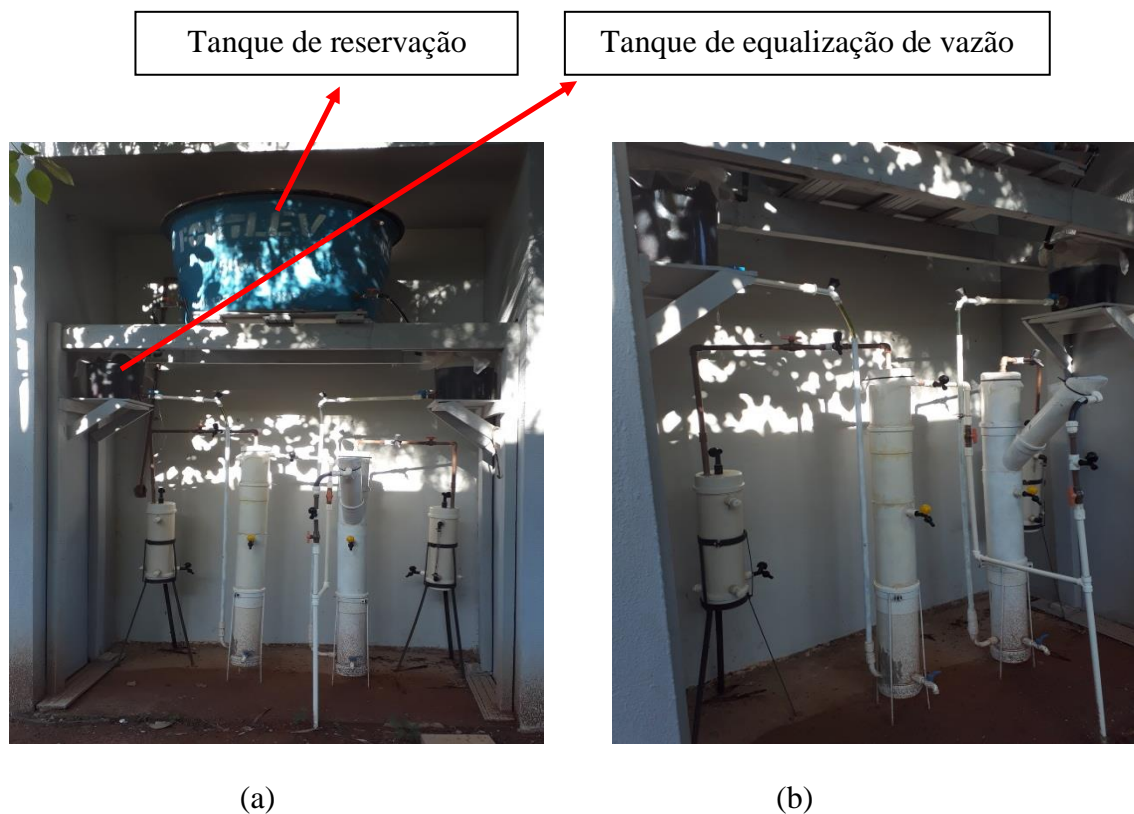


Figura 3 – Aparato experimental montado com reatores UASB: (a) Vista Frontal, (b) Vista Lateral.

3.2 Monitoramento da produção de biogás

O módulo de monitoramento da produção e composição do biogás será composto por um sensor que utiliza a tecnologia de espectrometria de infravermelho para realizar a leitura da concentração dos dois principais gases que compõem o biogás (CH_4 e CO_2). Este será instalado na linha de saída do biogás. Também serão instalados um sensor de temperatura e um sensor de pH submersos ao substrato permitindo, assim, uma análise em tempo real entre os parâmetros ambientais no interior do reator. A interligação e leitura dos dados emitidos pelos sensores será feita através da plataforma de prototipagem Arduino composta por microcontrolador, circuitos e portas necessárias para o funcionamento do sistema.

Para o monitoramento dos gases alvo será utilizado o módulo MH-Z92 Dual Gás (CO_2/CH_4), que utiliza a tecnologia de espectrometria de infravermelho não dispersivo (NDIR), para leitura das concentrações do dióxido de carbono (CO_2) até a concentração máxima de 50% do volume total da mistura e leitura do gás metano (CH_4) até a concentração máxima de 100%. Considerando que o biogás é composto principalmente por esses dois gases e o metano é o gás alvo por determinar o poder calorífico da mistura, a faixa de concentração do sensor se mostra satisfatória para a o seu monitoramento.

Em conjunto com o sensor MH-Z92 será utilizado um kit de bomba e filtros modelo CM-0111. Este kit contém os acessórios necessários para uma melhor utilização do sensor, com mangueiras, filtros e bomba de diafragma compatíveis com o sensor escolhido.

Os resultados obtidos eletronicamente por meio do sistema computacional desenvolvido nesta pesquisa serão validados através dos dados obtidos por meio do método analítico colorimétrico.

3.3 Monitoramento da estabilidade e desempenho operacional dos reatores UASB

Para o monitoramento da estabilidade e desempenho operacional dos reatores UASB serão analisadas as variáveis listadas na Tabela 1. Nesta tabela também constam as metodologias a serem utilizadas em cada análise, os pontos e a frequência de amostragem. Com exceção das análises de ácidos graxos voláteis, de alcalinidade total e de suas frações (alcalinidade devido aos ácidos voláteis e alcalinidade de bicarbonato), que serão determinadas pelo método de Kapp (1984), descrito por Cavalcanti e van Haandel (2000), às demais análises serão utilizados os procedimentos analíticos descritos em APHA et al. (2012).

Todas As análises laboratoriais serão realizadas no Laboratório de Saneamento da Universidade Federal do Cariri – Campus Juazeiro do Norte.

Variáveis	Unidade	Metodologia	Pontos de amostragem	Frequência de amostragem
Estabilidade operacional				
Temperatura (T)	° C	Termômetro com filamento de mercúrio	Afluente e Efluente	diária
Potencial hidrogeniônico (pH)	-	Eletrométrico		2 vezes/semana
Ácidos graxos voláteis (AGV)	mgHAc.L ⁻¹	Titulação potenciométrica		
Alcalinidade total (AT)	mgCaCO ₃ .L ⁻¹	Titulação potenciométrica		
Alcalinidade por ácidos voláteis (AAV)	mgCaCO ₃ .L ⁻¹	Titulação potenciométrica		
Alcalinidade de bicarbonato (AB)	mgCaCO ₃ .L ⁻¹	Titulação potenciométrica	Linha de saída do biogás	
Composição do biogás	%	Colorimétrico		
Eficiência de tratamento				
Sólidos totais suspensos (STS)	mg L ⁻¹	Gravimétrico	Afluente e Efluente	2 vezes/semana
Sólidos sedimentáveis	mL/L	Sedimentação em cone Imhoff		diária
Demanda química de oxigênio (DQO)	mg L ⁻¹	Refluxação fechada		2 vezes/semana
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	mg L ⁻¹	Frascos padrões de DBO a 20°C, 5 dias		semanal
Produção de biogás	m ³ /d	Volumétrico	Linha de saída do biogás	diária

Tabela 1 - Variáveis analisadas durante o monitoramento do reator UASB.

4. PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS DA PROPOSTA

Um aspecto relevante apresentado nesta pesquisa diz respeito a inovação tecnológica associada ao uso de sensores baseados na espectroscopia na região do infravermelho para a caracterização do biogás gerado em reatores UASB. Estes sensores têm diversas vantagens sobre os sensores químicos e eletroquímicos, pois são mais estáveis e bastante seletivos em relação ao gás alvo e, como não interagem de forma direta com a amostra, podem suportar altos índices de umidade, poeira, sujeira e outras condições severas, geralmente presentes no biogás gerado em digestores anaeróbios. Por esses motivos, têm uma vida útil consideravelmente maior do que outros sensores de mesmo propósito.

Outro aspecto relevante diz respeito ao fato do monitoramento eletrônico, e de forma remota, do biogás gerado em reatores UASB, permitir maior celeridade nas intervenções no sentido de otimizar o desempenho operacional destes reatores, possibilitando em uma maior produção de metano.

Neste aspecto, é importante destacar que o metano pode ser considerado como uma estratégica fonte de energia alternativa. Sob o aspecto estratégico, a geração de energia pode ser descentralizada, próximo aos pontos de carga, não necessitando de investimentos em linha de transmissão. Como vantagens econômicas pode-se destacar a utilização de combustível disponível no local, e de baixo custo, e a dinamização do setor de máquinas e equipamentos no país. No âmbito ambiental, destaca-se a utilização de energia renovável (biomassa), com menores emissões de poluentes e com balanço de carbono negativo (contribuindo para redução de efeito estufa).

Por fim, o presente trabalho visa aprimorar a tecnologia de tratamento de esgoto via biodigestor UASB para sua aplicação, em maior escala, em comunidades rurais, conjuntos habitacionais, condomínios e municípios de pequeno porte, contribuindo, dessa forma, para a sustentabilidade sócio econômica e ambiental. É importante salientar que o aprimoramento da tecnologia UASB além de contribuir para a redução da disposição inadequada de esgotos no meio ambiente, também aumenta a produção de metano, que pode ser utilizado como uma fonte alternativa de energia limpa e sustentável, constituindo-se assim, por exemplo, em um sistema economicamente viável para microgeração de energia elétrica e importante fonte econômica e de desenvolvimento ambiental e social para estas comunidades.

5. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

As atividades a serem desenvolvidas encontram-se nos Quadros 1 e 2.

ATIVIDADES	Meses de vigência do projeto											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
- Revisão de literatura	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
- Projetar e construir a placa eletrônica de aquisição de dados para monitorar a produção e a composição de biogás		x	x	x	x	x						
- Testar e calibrar todos os sensores utilizados no projeto				x	x	x	x					
- Efetuar testes de comunicação de dados entre os sensores e a placa eletrônica de aquisição de dados							x	x	x			
- Implementar o sensoriamento remoto das atividades dos reatores através de protocolo internet.									x			
- Desenvolver uma interface amigável ao usuário para processamento numérico e gráfico dos dados									x			
- Funcionamento dos reatores, tratando água residuária proveniente de um abatedouro bovino , com o sistema de aquisição de dados devidamente instalados			x	x	x	x	x	x	x	x		
- Coleta e tratamento dos dados provenientes do sistema de aquisição de dados			x	x	x	x	x	x	x	x		
- Coletas e análises laboratoriais de amostras dos afluentes, dos efluentes e da linha de biogás dos reatores para avaliação das estabilidades e eficiências operacionais			x	x	x	x	x	x	x	x		
Elaboração de artigos para publicação											x	
Elaboração e envio de relatório das atividades desenvolvidas no primeiro ano de vigência do projeto.												x

Quadro 1 - Atividades a serem desenvolvidas durante o primeiro ano de vigência do projeto.

ATIVIDADES	Meses de vigência do projeto											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
- Revisão de literatura	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
- Manutenção do sistema de aquisição de dados	x	x	x	x	x	x	x	x				
- Funcionamento dos reatores, tratando água residuária proveniente de um abatedouro suíno , com o sistema de aquisição de dados devidamente instalados	x	x	x	x	x	x	x	x				
- Coleta e tratamento dos dados provenientes do sistema de aquisição de dados	x	x	x	x	x	x	x	x				
- Coletas e análises laboratoriais de amostras dos afluentes, dos efluentes e da linha de biogás dos reatores para avaliação das estabilidades e eficiências operacionais	x	x	x	x	x	x	x	x				
Elaboração de artigos para publicação									x	x		
Elaboração e envio de relatório das atividades desenvolvidas no primeiro ano de vigência do projeto.											x	x

Quadro 2 - Atividades a serem desenvolvidas durante o segundo ano de vigência do projeto.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – Aneel **Resolução Normativa nº 89**, de 25 de outubro de 2004.
- APHA - American Public Health Association. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**, 22th ed., New York, 2012.
- BOHRZ, Gabrieli Irrigaray. **Geração de metano em lagoa anaeróbia: um estudo de caso em abatedouro de bovinos**. 2010. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- Bhunia, P.; Ghangrekar, M.M. —Statistical modeling and optimization of biomass granulation and COD removal in UASB reactors treating low strength wastewatersl. **Bioresource Technology**, 2008, 99, 4229–4238.
- BRASIL. **Lei nº. 10.438, de 26 de Abril de 2002**. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2002/L10438.htm>
- COELHO, S.T.; VELÁZQUEZ, S.M.S.G.; SILVA, O.C.; VARKULYA JR. A.; PECORA, V. (2003). Biodigestor Modelo UASB. V. Relatório de Acompanhamento. CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa. São Paulo, 2003.
- COLDEBELLA, A.; SOUZA, S. N. M.; SOUZA, J.; KOHELER, A. C. **Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bovinocultura de leite**. Encontro de Energia no Meio Rural, 2006.
- GOLDEMBERG, J. The Case for Energy Renewables. In: International Conference for Renewable Energies, 2004, Bonn. Thematic Background Paper, Alemanha, 2004.
- GRYSCHKE, J. M.; BELO, F. R. Produção e uso de gás metano na agricultura e agro-industria. Piracicaba, 1983.
- GUARDABASSI, P. M. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia: perspectivas para países em desenvolvimento**. 2006. 132 f. Dissertação (Mestrado em Energia)-Universidade São Paulo, São Paulo, 2006.
- Isik, M. and Sponza D. T. —Effects of Alkalinity and Co-substrate on the Performance of an Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Reactor Through Decolorization of Congo Red Azo Dye. **Bioresource technology**, 2005, 96, 633 – 643.
- JANTSCH, Tor Gunnar; MATTIASSON, Bo. An automated spectrophotometric system for monitoring buffer capacity in anaerobic digestion processes. **Water Research**, [s.l.], v. 38, n. 17, p.3645-3650, out. 2004. Elsevier BV.
- Kretzschmar, R., W. P. Robarge, and A. Amoozegar, Filter efficiency of three saporites for natural clay and iron oxide colloids, Environ. Sci. Technol., 28, 1907-1915, 1994.
- MAGALHÃES, Agenor Portelli Teixeira. **Biogás: um projeto de saneamento urbano**. São Paulo: Nobel, 1986. 120 p.
- PECORA, V. **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP – Estudo de Caso**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Energia). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.
- SILVA, F. J. A. da et al. Septic tank combined with anaerobic filter and conventional UASB: results from full scale plants. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, [s.l.], v. 30, n. 1, p.133-140, mar. 2013. FapUNIFESP (SciELO).

- SCHAEFFER, R. D. **Estudo e desenvolvimento de um sensor de CO₂ de baixo custo.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2004.
- Lettinga, G., Van Velsen, A.F., Hobma, S.W., Zeeuw, W., Klapwy, A. —Use of the upflow sludge blanket (USB) reactor concept for biological wastewater treatment especially for anaerobic treatment. *Biotechnol. Bioeng.*, 1980, 22, 699–734.