

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE SANTA CATARINA – IFSC
CÂMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE
CURSO TÉCNICO EM AGROINDÚSTRIA INTEGRADO AO
ENSINO MÉDIO

GABRIELA SARAIVA
STÉFANY SUSANA SCHRODER RUSCHEL

**PRODUÇÃO DE BIOGÁS POR MEIO DA FERMENTAÇÃO
DE CASCAS DE UVA (*Vitis labrusca*)**

SÃO MIGUEL DO OESTE
2018

GABRIELA SARAIVA
STÉFANY SUSANA SCHRODER RUSCHEL

**PRODUÇÃO DE BIOGÁS POR MEIO DA FERMENTAÇÃO DE
CASCAS DE UVA (*Vitis labrusca*)**

Projeto apresentado à unidade curricular
Projeto Integrador do Curso Técnico em
Agroindústria Integrado ao Ensino Médio
do Instituto Federal de Educação, Ciência
e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC,
Campus São Miguel do Oeste.

Orientador: Me. Tiago Favero
Coorientador: Dr. Cíntia Ladeira
Handa

SÃO MIGUEL DO OESTE
2018

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 Objetivos.....	9
1.1.1 Objetivo geral	9
1.1.2 Objetivos específicos	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1 Características do biogás	10
2.2 Histórico do biogás no Brasil.....	11
2.3 Histórico do biogás em Santa Catarina.....	11
2.5 Economia	12
2.11 Aplicações do biogás e de biofertilizante.....	13
2.4 História da vitivinicultura brasileira.....	14
2.6 Tipos de uva	15
2.6.1 Uva Isabel.....	15
2.7 Sementes e cascas	16
2.8 Processos químicos e bioquímicos fermentativos do biogás	17
2.9 Leveduras presentes na uva.....	19
2.10 Características físico-químicas da matriz de entrada.....	19
2.12 Trabalhos sobre produção de biogás.....	21
3 METODOLOGIA	23
3.1 Matéria-prima de entrada e laboratórios utilizados	24
3.2 Caracterização físico-química da matriz de entrada e de saída	24
3.2.1 Atividade de água (a.w.).....	24
3.2.2 Acidez titulável e potencial hidrogeniônico (pH).....	24
3.2.3 Sólidos dissolvidos	25
3.2.4 Umidade.....	25
3.2.5 Cinzas.....	26
3.2.7 Carbono orgânico total	27
3.3 Montagem do biodigestor e alimentação para fermentação.....	27
3.3.1 Teste de estanqueidade.....	28
3.4 Planejamento dos experimentos	28
3.4 Estimativa da produção de gases biocombustíveis	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
4.1 Caracterização da matriz de entrada.....	31
4.2 Produção de biogás.....	33
4.2.1 Cálculo dos efeitos principais	36

4.3	Caraterização da biomassa	40
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
6	REFERÊNCIAS.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Inventário de produção de biometano-Santa Catarina.....	13
Tabela 2: Características do cacho e da baga da uva Isabel.....	20
Tabela 3: Caracterização físico-química da uva Isabel.....	20
Tabela 4: Composição das farinhas elaboradas com o resíduo do processamento de suco de uva em função da cultivar, expresso em g\100g.....	21
Tabela 5: Teores de umidade dos resíduos do processamento do suco de uva....	21
Tabela 6: Triagem dos fatores experimentais.....	29
Tabela 7: Matriz de bloco do planejamento experimental.....	30
Tabela 8: Parâmetros numéricos do planejamento experimental.....	30
Tabela 9: Resultado das análises da matriz de entrada.....	32
Tabela 10: Quantidade de biogás produzido por amostra.....	36
Tabela 11: Análises físico-químicas da biomassa.....	41
Tabela 12: Resultado de nitrogênio total por amostra.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fórmula estrutural plana do metano.....	10
Figura 2: Representação da estrutura espacial do metano.....	10
Figura 3: Histórico da produção de biogás conforme a SCGÁS.....	12
Figura 4: Uva Isabel.....	15
Figura 5: Diferentes camadas encontradas em cascas de uvas.....	16
Figura 6: Fluxograma da produção de biogás.....	18
Figura 7: Fluxograma de trabalho.....	23
Figura 8: Desenho esquemático do biodigestor.....	27
Figura 9: Esquema de montagem do sistema para medida do volume de biogás coletado em uma proveta.....	30
Figura 10: Amostra in-natura da casca de uva Isabel na análise de umidade.....	32
Figura 11: Amostra da casca de uva Isabel pós análise de umidade.....	32
Figura 12: Curva de secagem da matriz de entrada.....	32
Figura 13: Teste de estanqueidade.....	33
Figura 14: Preparo dos experimentos.....	34
Figura 15: Amostras para o teste de proveta invertida.....	34
Figura 16: Teste da proveta invertida em pequena escala.....	35
Figura 17: Teste da proveta invertida em grande escala.....	35
Figura 18: Gráfico de Pareto para volume de gás produzido.....	37
Figura 19: Gráfico de efeitos principais.....	38
Figura 20: Interação entre os fatores principais.....	39
Figura 21: Superfície de resposta estimada.....	39
Figura 22: Contornos de superfície da resposta estimada.....	40

1 INTRODUÇÃO

A produção de resíduos pelos seres humanos sempre foi inevitável, porém com o crescimento da população, a tendência é de aumento na geração de resíduos, com consequências de problemas ambientais (WILSON, 2007; WORRELL; VESILIND, 2011). Um dos principais tipos de resíduos gerados no Brasil é o orgânico, originado principalmente pelas agriculturas, pecuárias e produção industrial de alimentos, tendo como problema o efeito estufa, a contaminação das águas, a desertificação e a perda da biodiversidade.

Entre os resíduos orgânicos industriais produzidos na região Oeste de Santa Catarina, estão as cascas de uvas, provindas da produção de vinhos, sucos de uva e outros derivados. Na casca pode-se encontrar grandes quantidades de flavonoides, que estão divididos em catequina, epicatequina, procianidinas e antocianinas. Estão presentes também ácidos fenólicos e resveratrol que apresentam atividades funcionais (SATO et al., 2001).

Uma das alternativas para o tratamento de resíduos de cascas de frutas é a utilização como matriz de entrada para a geração de biogás, onde as bactérias presentes na matéria orgânica estimulam a degradação desses resíduos, gerando metano, dióxido de carbono e outros gases, a mistura desses gases é chamada de biogás (ASSIS, 2008).

Além das cascas de frutas o biogás pode ser gerado por meio de resíduos agrícolas, dejetos de animais, e a partir dos lixos orgânicos que na maioria das vezes o processo de biogás já é gerado em muitos dos aterros sanitários (BARRERA, 2003). Após a morte das matérias vivas, as mesmas se decompõem por microrganismos, que retiram da biomassa substâncias que são necessárias para sua sobrevivência. Durante esse processo as bactérias lançam na atmosfera gás e calor, dando origem ao biogás, uma fonte energética, barata e que não emite poluentes (BARRERA, 2003).

O termo biomassa compreende a matéria vegetal gerada a partir da fotossíntese e os seus derivados, como os resíduos agrícolas, florestais, e industriais. Na maioria das indústrias há produção de algum tipo de resíduo, com potencial de geração de energia, os com até 50-60% de umidade podem ser usados como energia térmica, já os com umidade superior podem ser

usados para produção de energia em biodigestão anaeróbia (NOGUEIRA; LORA, 2003). A biomassa também pode ser destinada a compostagem, segundo Reis (1997) o bagaço de uva, após processo de compostagem, pode ser utilizado em culturas agrícolas.

O presente projeto integrador discorre sobre a produção de biogás por meio da fermentação de cascas de uva *Vitis labrusca*, optou-se ainda em caracterizar a casca de uva, para melhor entendimento do processo de biodigestão anaeróbica.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

- Analisar o potencial de geração de biogás da casca da uva *Vitis labrusca*.

1.1.2 Objetivos específicos

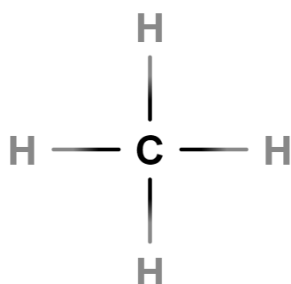
- Realizar a caracterização físico-química da matriz inicial do processo fermentativo;
- Proceder a fermentação com a casca da uva para produção do biogás;
- Estimar a produção de biogás, por meio do volume de gases gerados e qualitativamente pelo teste da chama para detecção de gases combustíveis gerados.
- Caracterizar a biomassa final, pós-processo fermentativo e avaliar o potencial de aplicação em adubação;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características do biogás

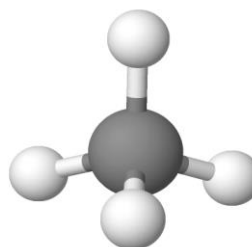
Biogás é mistura gasosa, constituída em média por 59% de gás metano (CH_4), pode-se observar sua estrutura plana e espacial nas figuras 1 e 2 abaixo, de 40% gás carbônico (CO_2) e de 1% de gases traço, entre eles o gás sulfídrico (H_2S). O biogás se forma pela degradação anaeróbica (em ausência de oxigênio) da matéria orgânica realizada por colônias mistas de microrganismos (Bley Jr., 2015). A matéria orgânica resultante da degradação feita pelos microrganismos é um excelente fertilizante e o gás produzido por elas é uma energia renovável.

Figura 1: Fórmula estrutural plana do metano



Fonte: autoria própria

Figura 2: Representação da estrutura espacial do metano



Fonte: autoria própria

2.2 Histórico do biogás no Brasil

A produção de biogás no Brasil iniciou-se na década de 1970, com a entrada de novas tecnologias para a indústria de alimentos e o setor de confinamento animal (BLEY JR., 2015). Os biodigestores foram muito utilizados na produção de suínos no tratamento dos dejetos produzidos por estes. Porém o empreendimento dos biodigestores logo perdeu forças, principalmente pelo manuseio errôneo dos biodigestores, que recebiam os já diluídos dejetos dos animais e ainda a água fria das chuvas. Sendo que o biodigestor, para ter um bom funcionamento, precisa receber água quente e suja, para que os microrganismos que geram o biogás possam se desenvolver corretamente. A falta de informações sobre o funcionamento dos biodigestores pode ter levado a queda do uso deste durante esse período, (BLEY JR., 2015).

Nos anos 2000, o biogás passa de passivo ambiental para ativo energético e, de forma lenta e contínua, é reconhecido por suas características físico-químicas e biológicas, passa a ser visto como um combustível/ produto para geração de energia, logo encontraram-se aplicações para o biogás em energia elétrica, térmica e automotiva. E de forma gradativa o biogás começou a se consolidar como matriz energética de qualidade e disponibilidade no país, de forma a complementar a matriz brasileira já existente, (BLEY JR., 2015).

2.3 Histórico do biogás em Santa Catarina

De acordo com a companhia de gás de Santa Catarina (SCGÁS, 2015), o desenvolvimento da produção de biogás no estado aconteceu conforme ilustrado na figura 3.

Figura 3 - Histórico da produção de biogás conforme a SCGÁS.



Fonte: adaptada de SCGÁS

No mês de abril de 2017 o governo do estado de Santa Catarina e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) começaram os debates sobre o marco legal do biogás em Santa Catarina, com o objetivo de trazer tecnologias para a produção de biogás e para transformar um problema ambiental em uma fonte de renda para os produtores rurais.

2.5 Economia

De acordo com a associação brasileira de biogás e biometano (2015) ABIOGÁS o potencial brasileiro de geração de biogás no setor sucroenergético é de 39 bilhões de m³/ano, no setor de alimentos (bovinocultura, suinocultura e de avicultura) é de 9 bilhões de m³/ano, e no setor de saneamento é de 4 bilhões de m³/ano. A demanda de energia elétrica é de 473.395 GWh sendo que o biogás supre 24% dessa necessidade, também a demanda de combustível diesel é de 60 bilhões de litros e o biometano supre 44% da demanda.

As indústrias alimentícias e sucroalcooleiras asseguraram matéria prima para a produção de mais de 30 bilhões de metros cúbicos de biogás por ano, além do produzido com os dejetos animais (BLEY JR.,2015).

No Brasil o potencial na produção de biogás a partir de efluentes das indústrias, é no setor de vinho e vinagre de 514 mil m³ (ZANETTE, 2009).

A SCGÁS realizou um inventário da produção de biometano em Santa Catarina, sendo que o biometano é o biogás produzido e refinado utilizado como combustível para veículos motores, como descrito na tabela 1.

Tabela 1 - Inventário de produção de biometano – Santa Catarina

Fonte	Potencial Total (m³CH₄/dia)	Percentual(%)
Dejetos de Animais	2.480,738	85
Esgoto Sanitário	64.790	2
Resíduos Sólidos	297.156	1
Efluentes Industriais	75.423	0
TOTAL	2.918,107	3

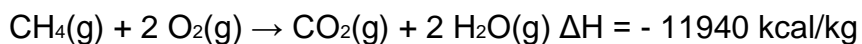
Fonte: SCGÁS, painel 3.

Segundo o IBGE (2017), na safra de 2017 foi produzido 1,7 milhões de toneladas de uva no país, sendo que 1,1 toneladas foram produzidas no sul do país.

Santa Catarina produziu 65 800 toneladas, baseado nisso, possivelmente há uma grande quantidade de resíduos que poderiam ser utilizados para a produção de biogás, trazendo mais sustentabilidade à região e ao estado.

2.11 Aplicações do biogás e de biofertilizante

Há várias formas para a utilização do biogás, sendo necessário apenas adaptar os injetores de gás e fazer as adaptações para ocorrer o correto funcionamento dos equipamentos, este pode ser utilizado em aquecimento de água, acionamento de geladeiras, motores e geradores, (LUCAS JUNIOR; SOUZA; LOPES, 2006). A reação de combustão do metano pode ser representada por:



O biofertilizante, efluente do biodigestor, pode ser utilizado como adubo nas propriedades rurais, na aplicação em solos de produção agrícola e pastagens, (BLEY JR., 2015).

Conforme a Comissão de Saúde e Meio Ambiente (2012), a fermentação do biofertilizante antes deste ser aplicado nas pastagens melhora sua absorção pelas plantas. Portanto, pode ser aplicado em lavouras como, cafezais, canaviais, entre outros, não deixando resíduos tóxicos nos alimentos e não causando possíveis doenças nos seres humanos. Também não atrai moscas e é livre de microrganismos patogênicos causadores de doenças em plantas, (LUCAS JUNIOR; SOUZA; LOPES, 2006).

2.4 História da vitivinicultura brasileira

As uvas foram introduzidas no Brasil pelo português Martim Afonso de Souza, em 1532, trazendo para São Paulo videiras de *Vitis vinífera labrusca*. No mesmo ano de cultivo não obteve sucesso, pois a corte portuguesa proibiu o cultivo de videiras (SOUZA, 1996).

No Rio Grande do Sul a vitivinicultura teve início quando os imigrantes italianos trouxeram castas europeias, eram da região de Veneto, que possuía uma cultura de produção de vinho muito forte. As condições climáticas gaúchas não favoreceram o cultivar dessa espécie, assim, a uva “Isabel”, de origem americana, deu impulso a vitivinicultura no Estado de Rio Grande do Sul (SOUZA, 1996).

A iniciativa para produção de uvas finas em regiões semiáridas foi no Nordeste, marcando a viticultura tropical nacional. Surgindo novos pontos nas regiões Norte do Pará, Noroeste de São Paulo e Norte de Minas Gerais, dando destaque para as uvas finas de mesa (LEÃO; POSSÍDIO, 2000; PROTAS et al., 2006).

Até a metade do século XX as viníferas eram plantadas apenas nos quintais das fazendas, direcionada apenas para o consumo doméstico, sendo que pequena parte era destinada as áreas rurais mais próximas.

Com a chegada do português José Cabral de Noronha e Menezes, sendo contratado pela Comissão do Vale de São Francisco (CVSF), começou aplicar práticas mais plausíveis de cultivo, como por exemplo, poda, o uso de

fertilizantes, tratamentos fitossanitários que as protegiam de ataque de pragas e doenças, desbastes dos cachos de uva, entre outros (LEÃO; POSSÍDIO, 2000). Posteriormente, surgem interesses públicos e privados que investem na vitivinicultura que está presente até hoje no Brasil (LEÃO; POSSÍDIO, 2000).

2.6 Tipos de uva

Dentro do gênero *Vitis* há mais de 30 espécies de uvas, a espécie *labrusca* está entre uma das principais cultivares de valor econômico (GOMES, 1976). Há outras de menor valor econômico e que são empregadas para criação de híbridos, já que são oriundas de regiões quentes da América setentrional e central, são as espécies *shuttleworthii*, *smalliana*, *gigas* e *tiliaefolia* (GOMES, 1976).

2.6.1 Uva Isabel

Produzida tradicionalmente no Sul do Brasil a *Vitis labrusca* 'Isabel' é uma cultura de uva-tinta, fértil e rústica. Seu sabor é característico às labruscas, cujo o uso das mesmas são: uva de mesa, elaboração de vinhos brancos, rosados e tintos, que na maioria das vezes são usados para a destilação e preparação de vinagre, composição de geleias, doces e sucos, a imagem 4 abaixo retrata um cacho de uva Isabel.

Figura 4 – Uva Isabel



Fonte: Embrapa, 2010

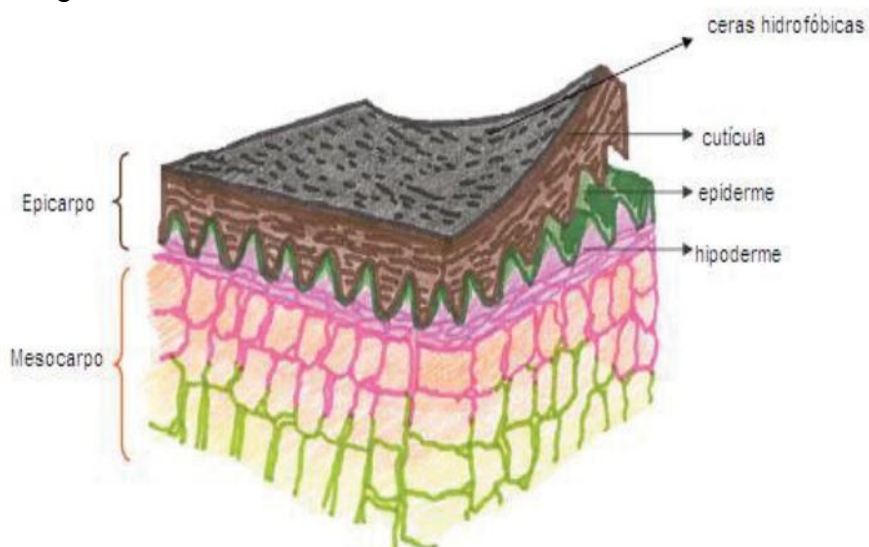
É um dos cultivares mais comuns do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Aponta boa eficiência aos climas tropicais do país, com resultados favoráveis que foram comprovados no noroeste de São Paulo, no Triângulo Mineiro, em Goiás e no Mato Grosso (EMPRAPA UVAE VINHO,2010).

2.7 Sementes e cascas

As cascas são subdivididas em três camadas, sendo elas, a cutícula, que é a camada mais externa composta por ácidos graxos hidroxilados, coberta por ceras hidrofóbicas que são naturais. Obtém-se também a camada intermediária, que é composta por uma ou duas camadas que se encontram como uma ala regular na célula, e por último a camada mais próxima da polpa, chamada hipoderme, é composta por muitas camadas celulares e é onde encontramos a maior massa de fenólicos (LECAS; BRILLOUET, 1994), assim como a figura 5 apresenta.

A casca também está presente no bagaço que após a prensagem da uva restam apenas casca, engaço e semente. O bagaço contém de 60 a 70% de água, sendo que o restante dos compostos está dividido em álcoois, celulose, sais minerais, proteínas, polifenóis e taninos.

Figura 5 - Diferentes camadas encontradas em cascas de uvas



Fonte: adaptada de Pinelo et al., 2006

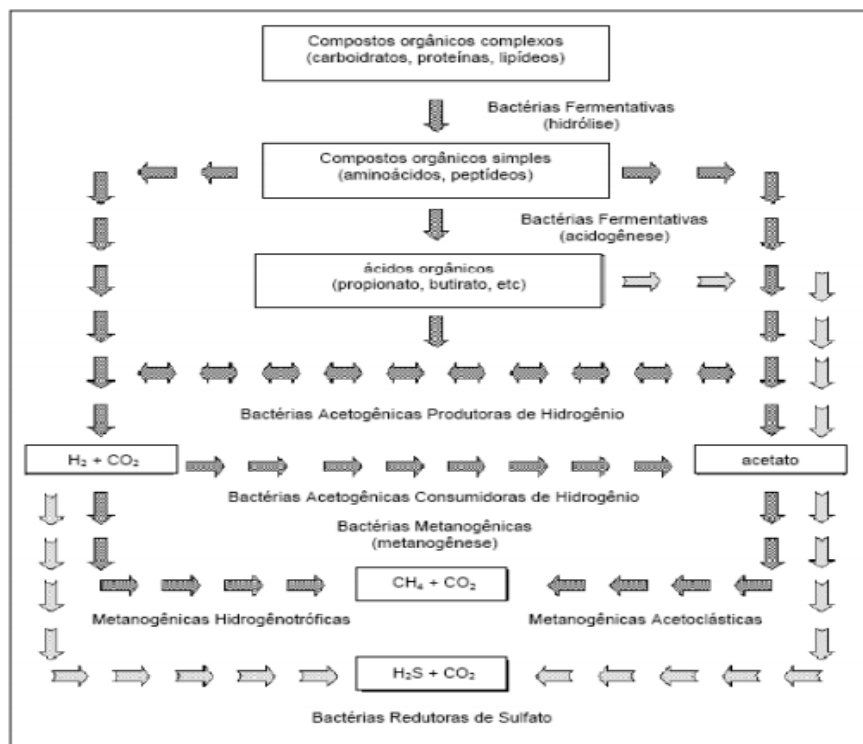
2.8 Processos químicos e bioquímicos fermentativos do biogás

De maneira geral, os processos de fermentações generalizados originam-se na aplicação de microrganismos para a transformação da matéria orgânica por enzimas. Dentre os microrganismos estão as leveduras, dentre as quais mais de 350 espécies são conhecidas, sendo que o principal levedo é a *Scaccharomyces cerevisiae*, que é muito importante para a produção de vinhos. As leveduras são ricas em sais minerais, carboidratos, proteínas e vitamina B, são também fungos unicelulares de formas variáveis, que é uma caracterização eucariótica. Alguns levedos são cultivados com a intenção direcionada para a fermentação (SIQUEIRA et al., 2007a).

Convivemos com a fermentação desde 5.000 a.C. para a obtenção de queijos, derivados de leite, vinhos, dentre outros (WARD, 1991). Atualmente os processos fermentativos não estão ligados apenas nos alimentos, mas também nas produções farmacêuticas e químicas. (WARD, 1991).

A fermentação tem processos contínuos, semicontínuos, descontínuo-alimentados e descontínuos, ocorrendo variação entre estes (WARD, 1991; BORZANI, 2001). Para o processo metabólico as influências são as seguintes: caudal de alimentação, carga orgânica, pH, temperatura, composição e concentração de compostos intermediários (FANTOZZI et al., 2005), conforme a figura 6.

Figura 6 - Fluxograma da produção de biogás



Fonte: Chernicharo, 1997

A figura 4 também apresenta intervenções de diversos tipos de microrganismos. A digestão anaeróbica de proteínas, hidratos de carbono e lipídeos ocorrerá através de 4 etapas importantes, sendo elas:

1. Hidrólise, com o objetivo de modificar matéria orgânica complexa em matéria orgânica simples, diminuindo seu peso molecular e deixando-as solúveis. Mas para este processo ocorrer precisará da libertação de exoenzimas por meio das bactérias hidrolíticas. Assim, originará das proteínas, aminoácidos, os carboidratos degeneram-se em açúcares solúveis e os lipídios serão convertidos em ácidos graxos de cadeia longa de Carbono (C₁₅ à C₁₇). As temperaturas precisam ser superiores a 20 °C, caso contrário a conversão de lipídios será pouco eficiente (O'ROUE1968).

2. Acidogênese, resultados da hidrólise serão absorvidos pelas bactérias fermentativas, e depois da acidogênese serão segregados como ácidos graxos voláteis, álcoois, ácido láctico, CO₂, H₂, NH₃, H₂S, entre outros compostos minerais. Um grupo pequeno de bactérias consegue fazer fermentação acidogênica, mas a maioria das bactérias precisa ser anaeróbia.

3. Acetogênese, nesse processo os produtos de acidogênese são transformados em acetato, hidrogênio e carbono, esses compostos são indispensáveis para a produção de gás metano. A maioria dos produtos serão convertidos em ácido acético, enquanto a demasia formara hidrogênio ou dióxido de carbono. Isso dependerá das condições de oxidação que o material orgânico a ser digerido se encontra.

4. Metanogênese é a parte mais vagarosa do processo, a hidrólise também pode ser limitativa, dependendo de sua temperatura que desfavorece o processo se for abaixo de 20°C (GUJER; ZEHNDER, 1983). O gás CH₄ pode ser elaborado através de duas vias, via do acetato na qual o ácido acético é reduzido, com as arqueas metanogênicas acetotróficas fazendo transferência de elétrons interespecies. A segunda via é por meio de hidrogênio, as arqueas metanogênicas hidrogenotróficas utilizam hidrogênio na diminuição do dióxido de carbono (GUJER; ZEHNDER, 1983).

2.9 Leveduras presentes na uva

Existem mais de 350 espécies de leveduras conhecidas, sendo que o principal levedo é a *Saccharomyces cerevisiae*, que é muito importante para a produção de vinhos. As são ricas em sais minerais, carboidratos, proteínas e vitamina B, são também fungos unicelulares de formas variáveis, que é uma caracterização eucariótica. Alguns lêvedos são cultivados com a intenção direcionada para a fermentação (SIQUEIRA et al., 2007a).

2.10 Características físico-químicas da matriz de entrada

A uva possui formas variáveis: esférica, globulosa, elipsoide, elipsoide alongada, ovoide, oval ou alongada. Pode conter até 4 sementes ou ser desprovida destas. Suas cores variam entre brancas, verdes, rosadas, amarelas, vermelhas, azuladas e pretas (GOMES, 1976).

A cada 100 litros de vinho tinto, são produzidos 25 kg de resíduos, dos quais 17 kg são de bagaço de uva (CAMPOS, 2005).

A tabela 2 traz os resultados da caracterização física da uva Isabel na região do Carrapato a 12 km da zona urbana de Boa Vista/RR, os valores obtidos para (RSD) são altos, segundo os autores.

Tabela 2 - Características do cacho e da baga da uva Isabel

Variáveis	Média (RSD)*
Massa do cacho (g)	82,70 (14,76)
Número de bagas/cacho	30,67 (20,75)
Massa do engaço (g)	1,63 (22,37)
Massa do engaço/massa do cacho (%)	2,01 (31,07)
Massa da baga (g)	3,05 (20,80)
Comprimento da baga(cm)	1,85 (3,81)
Largura da baga (cm)	1,62 (3,70)
Comprimento/largura da baga	1,14 (0,33)
Número de sementes/baga	1,37 (18,40)
Massa da semente (g)	1,37 (18,40)
Massa da semente/massa da baga (%)	3,00 (0,08)

Fonte: adaptado de Becker; Mendes; Júnior, 2014.

*RSD = desvio padrão relativo.

A tabela 3 traz a caracterização físico- química da uva Isabel, obtida aleatoriamente nos mercados do município de Petrolina – PE.

Tabela 3 - Caracterização físico-química da uva Isabel

Variáveis	Uva in natura	Uva desidratada
Sólidos solúveis totais (°Brix)	11,17	45,00
Acidez Titulável (%)	0,73	1,34
Umidade (%)	85,65	21,75
Atividade de água	0,90	0,66

Fonte: adaptado de Santos et al., 2010.

Na tabela 4 estão expressos os valores de cinzas, atividade de água, pH, acidez titulável e Brix, da farinha de resíduo do processamento do suco de uva Isabel. Os resíduos da produção de suco de uva, foram obtidos de produtores artesanais do município de Jales-SP.

Tabela 4 - Composição das farinhas elaboradas com o resíduo do processamento de suco de uva em função da cultivar, expresso em g\100g

Variável	Cultivar de uva
	<i>Isabel Precoce</i>
Cinzas	2,26
Atividade de água	0,36
pH	3,49
Acidez titulável (% ac. tartárico)	2,14
(°Brix)	46,75

Fonte: adaptado Natividade, 2010.

A tabela 5 traz o valor da umidade dos resíduos do processamento do suco de uva.

Tabela 5 - Teores de umidade dos resíduos do processamento do suco de uva, g\100g.

Variável	Cultivar de uva
	<i>Isabel Precoce</i>
Umidade %	76,75

Fonte: adaptado natividade, 2010, p. 123

2.12 Trabalhos sobre produção de biogás

Segundo Ozair Souza que efetuou o trabalho Biodegradação de resíduos lignocelulósicos gerados na bananicultura e sua valorização para a produção de biogás, teve como objetivo qualificar o potencial de uso dos mesmos como substrato do processo de metanização. Os compostos da bananeira *Musa Cavendishii* foram biodegradados a 30 °C e com pH 7,2 em volumes diferentes, empregou o biodigestor com frascos de Erlenmeyer, garrafas plásticas e biorreator de bancada. A composição ideal do substrato para a metanização foi definida como: 50% m m⁻¹ de cascas, 25% de folhas e 25% de pseudocaule. O engaço não foi utilizado em conjunto com os outros resíduos por ter uma baixa velocidade de biodegradação. Seu maior problema com a produção de biogás foi com a hidrólise ácida prévia do substrato que conduziu à formação de H₂S no biogás originado, e inibiu a formação de CH₄. O rendimento máximo em biogás, obtido em biodigestor de bancada empregando-se substrato in natura, foi de 244 LCNTP kg⁻¹ST com 66,8% v v⁻¹ de CH₄.

De acordo com Sawazaki (1985), em seu estudo o pH e a temperatura na produção de biogás a partir de casca de arroz, tratou previamente a casca de arroz com NaOH a 5,10% e 15% e após incubado a temperatura de 40 e 60°C, com 250g de esterco bovino. O material ficou incubado durante 55 dias e constatou-se que a casca de arroz não foi completamente digerida, não levando a produção de metano. Por falta de ácidos graxos de cadeia curta, que são os utilizados pelas bactérias metanogênicas na produção de metano, sendo assim a casca de arroz não é uma boa matéria prima para a produção de biogás.

No trabalho A valorização do bagaço de uva: avaliação do potencial de produção de biogás, Oliveira (2011), com o objetivo de avaliar o potencial do bagaço de uva. Devido sua umidade o bagaço de uva teve de ser seco numa estufa a 47°C durante 24h de forma a obter um peso constante. Seguidamente, foi moído num moinho com um molde de 2,0 mm. Foi peneirado durante 1h com crivos com uma abertura de malha de 0,25 e 0,4 mm para se obter um produto com características uniformes. Foi armazenado em sacos de plástico selados para não haver entrada de umidade. Para melhores resultado, foram utilizados 2 inóculos, lama mista e um desenvolvido em laboratório, foi utilizado também um meio de cultura. O potencial de produção de biogás foi em média, ao final de 28 – 30 dias de ensaio, mais elevado para a granulometria Ø 0,40 mm e 1 g enriquecida com glucose (106,8 mL biogás / (gSSV • d)).

O trabalho Biodigestão anaeróbica de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato, teve como objetivo avaliar o potencial do esterco suíno variando seus níveis de temperatura e agitação. Para isso, utilizou-se esquema laboratorial, constituído de 24 digestores com volume total de 14 L, sendo cada um abastecido com dejetos de suínos em fase de terminação, diluídos em água, perfazendo 10 L de volume útil de substrato com concentração inicial de sólidos totais de 6%. Formou-se três grupos constituído por oito desses biodigestores que foram expostos a três temperaturas (25; 35 e 40°C) e a dois níveis de agitação (com e sem) do substrato. A análise da fase de partida foi feita com base na produção média acumulada de biogás, num período de 71 dias. Os resultados demonstraram que a agitação não interferiu e que o melhor desempenho, inclusive o menor tempo gasto para atingir determinado nível de produção de biogás, foi verificado na temperatura de 35 °C (CHERNICHARO, 1997). As temperaturas de 35 e 40 °C favoreceram a partida dos biodigestores, pois resultaram em maior produção acumulada de biogás sendo 115,48 e 113,74 L, respectivamente.

3 METODOLOGIA

As etapas do projeto incluem a coleta do resíduo da casca de uva e sua caracterização físico-química, a montagem do biodigestor, a produção do gás que inclui o processo fermentativo e a caracterização da biomassa resultante da fermentação. A produção do biogás será avaliada qualitativamente por meio do teste de chama. Com os dados obtidos será realizada comparativo com a literatura sobre produção de biogás a partir de outras matérias-primas de entrada diferentes da casca da uva, como soro de leite e dejetos suínos.

Figura 7 - Fluxograma de trabalho



Fonte: Autoria própria

3.1 Matéria-prima de entrada e laboratórios utilizados

Os resíduos da vinificação utilizados foram a casca de uva, as sementes e o engaço da uva isabel (*Vitis labrusca*) denominado nesse trabalho como matriz de entrada. Estes resíduos foram adquiridos da vinícola Marx na cidade de Iporã do Oeste. Os espaços utilizados no Câmpus compreendem os laboratórios de química e bromatologia para as caracterizações físico-químicas, leites e derivados para armazenamento e preparo de amostras e laboratório de eletromecânica para a montagem do biodigestor.

3.2 Caracterização físico-química da matriz de entrada e de saída

As determinações analíticas realizadas na matriz de entrada (casca da uva) serão repetidas na biomassa final (matriz de saída) para comparação de resultados e inferência dos processos que ocorreram durante a fermentação, como por exemplo, consumo de matéria orgânica (carbono). Para as medidas de pH, acidez titulável e sólidos dissolvidos, a amostra de cascas será triturada em água, na proporção de 1:2 (m/m) efetuando-se filtração e as medidas realizadas a partir do extrato filtrado das cascas.

3.2.1 Atividade de água (a.w.)

A determinação de atividade de água foi realizada de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008). Utilizou-se o equipamento Lab Master- aw, da marca Novasina, seguindo as orientações do fabricante. Para a atividade de água utilizou-se 2g de amostra, sendo feita a medição diretamente do resíduo de casca de uva.

3.2.2 Acidez titulável e potencial hidrogeniônico (pH)

As análises seguintes foram realizadas de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008). Para o procedimento prévio da acidez total titulável pesou-se 1,0 kg de resíduo úmido e refrigerado da vinificação em balança eletrônica digital. Posteriormente colocou-se o resíduo misturado com 2 L de água destilada dentro do liquidificador de marca Spolu. A mistura foi processada e transferida para um béquer com uma peneira onde procedeu-se com a filtração inicial, após a extração do líquido passado por um

funil de vidro forrado com papel de filtração, o líquido foi filtrado até a obtenção de aproximadamente 50 mL, sendo está a segunda filtração. Da segunda filtração foi realizado uma diluição de 10:100 do líquido, pipetou-se 10 mL do líquido em balão volumétrico de 100 mL, completando até o menisco com água destilada. O líquido resultante foi utilizado para as análises de pH, acidez total titulável e sólido solúveis dissolvidos.

Posteriormente foi feita a titulação com NaOH, sendo sua concentração de 0,01 mol/L, e usou-se também o indicador Fenolftaleína 1%. Após realizou-se a titulação até atingir seu ponto de equivalência. A titulação foi feita em triplicata.

Para a determinação de pH utilizou-se o equipamento medidor de pH de bancada portátil, de modelo MA-522P, marca MARCONI, seguindo as orientações do fabricante. Foi medido o pH do líquido extraído na filtração do extrato das cascas de uva.

3.2.3 Sólidos dissolvidos

A análise de sólidos dissolvidos foi realizada de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008), utilizando o equipamento Milwaukee-MA871 *refractometer*. Seguindo as orientações do fabricante, mediu-se os sólidos dissolvidos do líquido extraído na filtração do extrato das cascas de uva.

3.2.4 Umidade

Pesou-se o vidro de relógio e anotou-se seu peso exato. As amostras foram homogeneizadas e então pesadas 5 g de amostra para cada vidro de relógio, que foram dispostos em estufa a 105°C, retirou-se os a cada 30 minutos, em seguida foram resfriados em dessecador, após os vidros de relógios foram pesados até que suas massas se tornaram constantes. Após os seus valores foram anotados para realizar o cálculo de umidade em porcentagem, e construção de curva de secagem. (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008)

3.2.5 Cinzas

Pesou-se o cadinho e anotou-se seu peso exato. Pesou-se aproximadamente 2 g de amostra de casca de uva, colocou-se os cadinhos com a amostra na mufla com 550 °C. A cada 2 horas observou-se a cor do resíduo no cadinho. Quando o resíduo atingiu a coloração clara (tom de cinza), desligou-se a mufla, retirando os cadinhos, resfriando-os no dessecador e procedeu-se com a pesagem. A análise foi realizada em triplicata. (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

3.2.6 Nitrogênio total pelo método de Kjeldahl

Para o procedimento prévio a amostra seca, que passou pela análise de umidade, foi triturada em moinho analítico de marca IKA A11 Basic e após armazenada em um recipiente plástico e guardada dentro do dessecador.

A análise de nitrogênio foi realizada segundo o método de Kjeldhal, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008). Para digestão foram pesadas 0,2g de amostra seca em balança analítica dentro de um papel de pesagem a colocando dentro do tubo digestor, pesou-se 1g de mistura catalítica que foi transferida para o tubo digestor. Em seguida, pipetou-se 5mL de ácido sulfúrico concentrado no tubo digestor, o procedimento foi realizado em triplicata. Para o tubo de ensaio, colocou-se apenas o papel de pesagem, a mistura catalítica, e o ácido sulfúrico no tubo digestor, realizado em duplicata.

Após foi feita a digestão em bloco digestor de marca Solab, modelo SL- 25/40, Após 3 horas de digestão a solução apresentou um tom esverdeado límpido a quente. Após resfriados os tubos, adicionou-se 10 mL de água destilada aos mesmos por meio de uma proveta antes de os conduzir para o processo de destilação.

Na etapa da destilação pipetou-se 10mL de ácido bórico a 2% em um erlenmeyer e adicionou-se 3 gotas do indicador misto, após o frasco foi conectado ao aparelho de destilação. O destilado foi titulado com solução de HCl 0,02M, até a coloração verde passar para rósea claro.

3.2.7 Carbono orgânico total

A estimativa da quantidade de carbono total foi feita indiretamente por meio de cálculo matemático, conforme a expressão matemática:

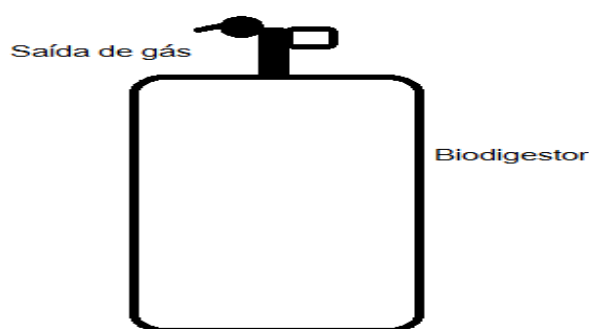
$$\% \text{carbono} = 100 - (\% \text{nitrogênio} + \% \text{cinzas})$$

3.3 Montagem do biodigestor e alimentação para fermentação

Para a montagem dos biodigestores foram utilizados os seguintes materiais:

- 5 garrafas pet de 1,5 litros;
- 1 garrafa pet de 500 ml;
- 6 torneiras plástica;
- Fita Veda Rosca;
- Resina epóxi;

Figura 8 - Desenho esquemático do biodigestor.



Fonte: autoria Própria

A Confecção do biodigestor foi baseada no modelo de Guedes et al. (2015), as garrafas foram limpas e higienizadas, então colocou-se o resíduo de uva nas suas devidas proporções. Após as torneiras foram acopladas as garrafas e passou-se a resina epóxi para juntar as duas partes.

As garrafas foram então levadas a câmara incubadora *BOD* (*Biochemical Oxygen Demand*) para fermentarem em temperatura constante com período de retenção de 29 dias, ao término do período, fez-se o teste da proveta invertida e o teste

de chama que avaliou o potencial de produção de biogás para a matéria-prima analisada.

3.3.1 Teste de estanqueidade

Para o teste de estanqueidade utilizou-se 2 garrafas de 500 mL, na qual foi acoplado uma torneira e vedada com resina epóxi. Após a resina estar seca as garrafas foram mergulhadas e totalmente submersas durante 1 hora em uma cuba de 30L. Ao termino do período fez-se a verificação do teste de estanqueidade para verificar se havia entrada de água.

3.4 Planejamento dos experimentos

A condução do processo fermentativo, conforme abordado na literatura, depende de muitos fatores. Dessa forma realizou-se uma triagem para decidir quais fatores seriam fixos e quais seriam variáveis nessa pesquisa, bem como os valores, conforme tabela 6.

Tabela 6- Triagem dos fatores experimentais.

Temperatura	pH	Moagem	Inóculo	Tempo	Proporção Matriz/H₂O
28°C	3,5- 7,0	Moída	Esterco suíno	30 dias	1:2 1:3
Fixo	Variável	Fixo	Fixo	Fixo	Variável

Fonte: autoria Própria

Dos seis principais fatores que poderiam influenciar a produção de biogás, quatro ficaram fixos: moagem para aumento da superfície de contato, inóculo de esterco suíno pela microbiota presente, temperatura e tempo de retenção. Os outros 2 constituíram as variáveis experimentais: diluição (relação entre g de casca e g de água) e pH (3,5 que é o natural da casca, e 7,0 a partir da neutralização com NaOH).

Dessa forma, realizou-se um planejamento estatístico pelo método fatorial de dois níveis (superior e inferior) e duas variáveis quantitativas, ou contínuas resultando em um 2². A variável resposta foi escolhida a quantidade de gases gerados na fermentação em mL, medidas no teste da proveta invertida. Não foram previstas replicadas para este experimento.

Tabela 7- Matriz de bloco do planejamento experimental.

Experimento	Proporção/H₂O	Potencial Hidrogeniônico (pH)
1	+	+
2	-	-
3	+	-
4	-	+

Fonte: autoria Própria

A tabela 8 ilustra a proporção de água e o pH utilizado em cada amostra e a codificação utilizada nos experimentos.

Tabela 8- Parâmetros numéricos do planejamento experimental.

Amostra	A - Proporção/H₂O	B- Potencial hidrogeniônico
1235	1:2	3,5
1270	1:2	7,0
1335	1:3	3,5
1370	1:3	7,0

Fonte: autoria Própria

Além disso, foram preparadas duas amostras de controle sem inóculo para verificar a influência desse parâmetro. Para a análise dos resultados, foi utilizado o software Statgraphics 5.1.

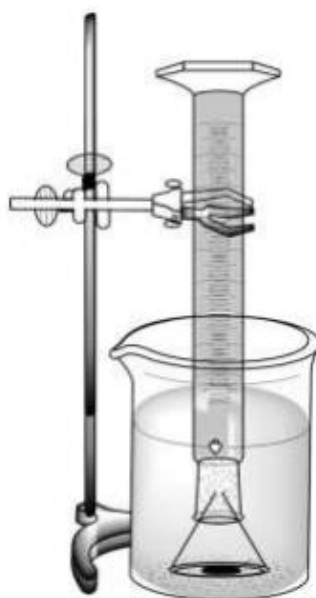
3.5 Preparo da Matriz de entrada

A casca de uva foi moída e preparada com as diluições 1:2 (267g casca de uva e 533 g de H₂O), 1:3 (200g casca de uva e 600 g H₂O), pH 3,5 e 7,0 o pH 7,0 foi obtido adicionando-se 42 mL de hidróxido de sódio 0,2 M nas amostras 1270 e 1370 estas foram as variáveis modificadas nas amostras. As variáveis fixas foram moagem em liquidificador industrial de 5 L, inóculo no qual se utilizou 16g de esterco suíno, tempo e temperatura.

3.4 Estimativa da produção de gases biocombustíveis

A estimativa da quantidade de biogás produzido foi realizada com o teste da proveta invertida, adaptada de Xavier (2015) para a análise foi utilizada uma proveta de 500 mL, um béquer de 2 L, um suporte universal, uma garra, mangueira de silicone e as amostras. Inicialmente encheu-se o béquer com água até atingir $\frac{3}{4}$ de sua capacidade máxima e emborque a proveta de 500 mL com $\frac{3}{4}$ de água. Fixou-se a proveta verticalmente utilizando uma garra e suporte universal. De acordo com o desenho.

Figura 9 - Esquema de montagem do sistema para medida do volume de biogás coletado em uma proveta.



Fonte: Xavier, 2015

Utilizou-se o teste de chama para verificar qualitativamente a presença de gases combustíveis, indicadores da produção de biogás, onde se cronometrou o tempo da queima do biogás, (SILVA, 2015) e (FARIA; BIFARON; BRACALENTE, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização da matriz de entrada.

A tabela 9 traz todos os resultados obtidos nas análises físico-químicas da matriz de entrada.

Tabela 9 - Resultado das análises da matriz de entrada

Análises	Resultados
Atividade de água	0,97 ± 0,003
Sólidos solúveis (°Brix)	1,9 diluído - 1,2 concentrado ± 0,49
pH	3,5 ± 0,07
Acidez titulável ác.tartárico	0,03% ± 0,11
Umidade (%)	72,50 ± 0,41
Cinzas	8,76 ± 1,03
Nitrogênio (%)	2,09 ± 0,34
Carbono (%)	87,02

Fonte: autoria própria

Para as análises físico-químicas realizadas na matriz de entrada, foram encontrados os seguintes resultados. Atividade de água foi realizada em duplicata resultando na média de 0,9745, resultado superior ao encontrado por Santos et al., (2010) que encontrou para atividade de água o resultado de 0,90 para a uva Isabel in-natura.

Na análise de sólidos solúveis para o líquido diluído encontrou-se 1,9 (°Brix) e para o líquido concentrado encontrou-se 1,2 (°Brix). Já Santos et al., (2010) obteve um resultado superior para sólidos solúveis 11,17 (°Brix), na uva in-natura, já Araújo *et al.*, (2011) encontrou em diferentes porta-enxertos para a uva 'Isabel precoce' valores entre 14,4 e 15,8 (°Brix). Para o pH obteve-se 3,5.

A média da análise de acidez foi de 0,03%, conforme Araújo et al., (2011) que encontrou valores superiores em diferentes porta-enxertos para a uva 'Isabel precoce' resultados entre 0,46 e 0,51% para acidez em ácido tartárico.

Para a umidade encontrou-se o valor de 72,50% de umidade, resultado menor que o obtido por Santos et al., (2010) que obteve 85,65% de umidade para a uva in-natura. As imagens 10 e 11 demonstram as cascas de uva in-natura e pós análise de umidade.

Figura 10 – Amostra in- natura da casca de uva Isabel na análise de umidade



Fonte: autoria própria

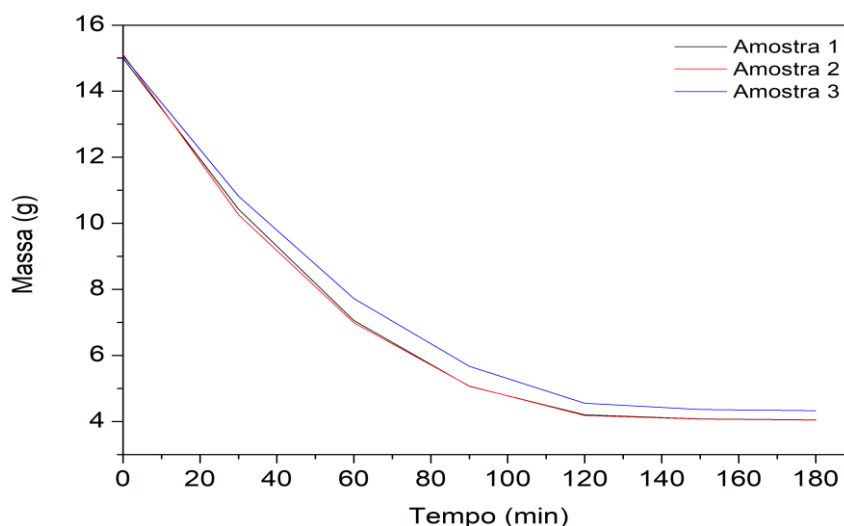
Figura 11 – Amostra da casca de uva Isabel pós análise de umidade



Fonte: autoria própria

Após realizou-se a curva de secagem, como mostrado no gráfico abaixo, que demonstra a perda de massa em função do tempo para cada amostra.

Figura 12 - Curva de secagem da matriz de entrada



Fonte: autoria própria

Para cinzas em base úmida encontrou-se 7,45% da média entre as triplicatas realizou-se o mesmo em base seca e encontrou-se 8,76%.

Para a análise de nitrogênio a média das triplicatas foi de 2,09%. Já Schaffer (2015) encontrou de nitrogênio total no bagaço de uva Isabel 1,27% e no engaço

0,73% de nitrogênio total, valor inferior ao encontrado no presente projeto. A porcentagem de carbono correspondeu a 87,02%, valor superior ao encontrado por Schaffer (2015) que obteve 39% no bagaço de uva Isabel e 32% no engaço.

4.2 Produção de biogás

Para confirmar a utilização do modelo de biodigestor projetado, realizou-se o teste de estanqueidade para verificar a conformidade quanto a vazamento de gases durante o processo fermentativo. Como mostrado nas figuras abaixo.

Figura 13 – Teste de estanqueidade



Fonte: autoria própria

O modelo de biodigestor mostrou-se eficaz, não apresentando vazamentos ou a formação de bolhas quando foi mergulhado em água, o resultado do teste foi utilizado para a decisão do modelo de biodigestor a ser utilizado.

As amostras foram preparadas nas diluições 1:2 e 1:3, para correção de pH 7,0 nos experimentos 1270 e 1370 utilizou-se 42 mL de NaOH 0,2 mol, em todos os experimentos inoculou-se 16 g de esterco suíno. A imagem abaixo demonstra as amostras dos experimentos.

Figura 14 – Preparo dos experimentos



Fonte: autoria própria

A matriz de entrada ficou no biodigestor durante o período de 30 dias, então realizou-se o teste da proveta invertida como demonstram as imagens abaixo.

Figura 15 - Amostras para o teste de proveta invertida



Fonte: autoria própria

A imagem 16 abaixo demonstra o sistema da proveta invertida, porém o sistema por ser de pequena escala não foi suficiente para fazer a medida de biogás total das amostras, então fez-se um sistema em escala maior, como demonstra abaixo a imagem 17.

Figura 16 - Teste da proveta invertida em pequena escala



Fonte: autoria própria

Figura 17 - Teste da proveta invertida em grande escala



Fonte: autoria própria

Realizou-se também o teste de chama, onde verificou-se a presença de gases combustíveis na mistura do biogás. Entretanto, a chama não se propagou devido a presença de outros gases, não combustíveis, provavelmente CO₂ e N₂.

A tabela 10 traz a quantidade de biogás produzido por cada amostra durante o tempo de retenção.

Tabela 10- Quantidade de biogás produzido por amostra.

Amostras	Total de biogás produzido em mL
1235	0
1270	1400
1335	1440
1370	120
Controle 1	0
Controle 2	0

Fonte: autoria Própria

A casca de uva inoculada com esterco suíno produziu em 30 dias na amostra 1270 5,2 L/kg de biogás, para 1335 foram 7,2 L/kg de biogás, e 1370 produziu 0,6 L/kg de biogás, de acordo com Winrock International Brazil (2008 apud PEREIRA et al,

2015), 1 Kg de dejetos suínos produz 75 L/kg de biogás, com 1 kg de dejetos de bovinos de leite 49 L/kg de biogás e para bovinos de corte 40 L/kg de biogás, valores superiores aos encontrados no presente projeto, porém a utilização da casca de uva para produção de biogás pode servir para a redução da contaminação do meio ambiente, já que trata de forma adequada os rejeitos que antes poderiam ser descartados de forma incorreta, e causando danos ambientais.

4.2.1 Cálculo dos efeitos principais

Para os cálculos de produção de biogás utilizou-se as equações descritas em Andrade et al. (2000), considerou-se que o limite de precisão da proveta de medição era ± 20 mL. Sendo as variáveis, E = efeitos principais, Y+ = média dos efeitos para o nível superior, Y- = média dos efeitos para o nível inferior, B^a = número de amostras 2².

Fórmula geral

$$E = \frac{2(\sum y^+ - \sum y^-)}{b^a}$$

Efeito da diluição (A)

$$E(\text{diluição}) = \frac{2[(0 + 1400) - (1440 - 120)]}{2^2}$$

$$E(\text{pH}) = -80$$

Ao passar do nível (+) em direção ao (-), ou seja, da diluição 1:2 para a 1:3 (com menos biomassa), a produção de biogás aumentou 80 mL.

Efeito do pH (B):

$$E(\text{pH}) = \frac{2[(1400 + 120) - (1440 - 0)]}{2^2}$$

$$E(\text{pH}) = 40$$

Ao passar do nível (-) para o nível (+), ou seja, do pH 3,5 para o 7,0, a produção de biogás aumentou 40 mL.

Formula geral do efeito da interação pH e diluição (AB)

$$E_{interação} = \frac{2(\sum y^{++} + \sum y^{--}) - (\sum y^{-+} + \sum y^{+-})}{b^a}$$

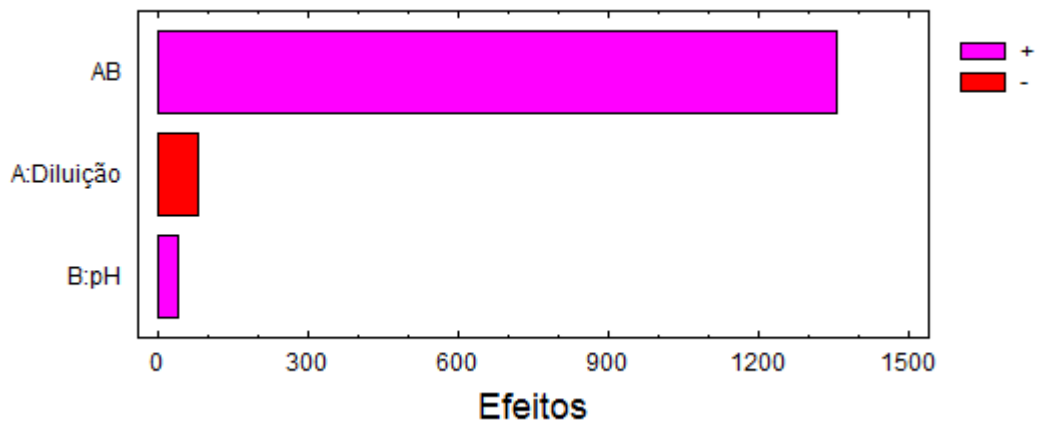
Efeito da interação pH e diluição (AB)

$$E_{(AB)} = \frac{2(1440 + 1400) - (120 + 0)}{2^2}$$

$$E_{(AB)} = 1360$$

Ou seja, pela interação das variáveis pH e diluição, o efeito na resposta foi a produção de biogás em 1360 mL. Como a condução dos experimentos não previu replicatas, não há graus de liberdade no planejamento. Dessa forma não há como calcular erro nem desvios e portanto, não se pode afirmar se as variáveis são significativas, entretanto, observa-se tendência nos gráficos dos efeitos da interação entre as variáveis serem dependentes.

Figura 18 - Gráfico de Pareto para volume de gás produzido

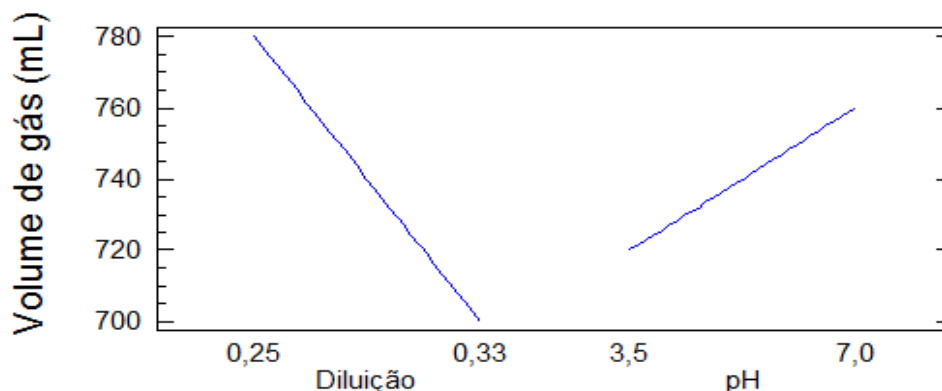


Fonte: autoria própria

O gráfico de Pareto demonstra os efeitos do pH e diluição, variando apenas o pH na amostra o efeito é de 40 mL de gás produzido, e variando apenas a diluição há produção de apenas 80 mL de gás produzido, porém a combinação dos dois fatores

produz 1360 mL de biogás, sendo que o efeito da diluição é levemente superior ao do pH, nas condições testadas.

Figura 19 - Gráfico de efeitos principais



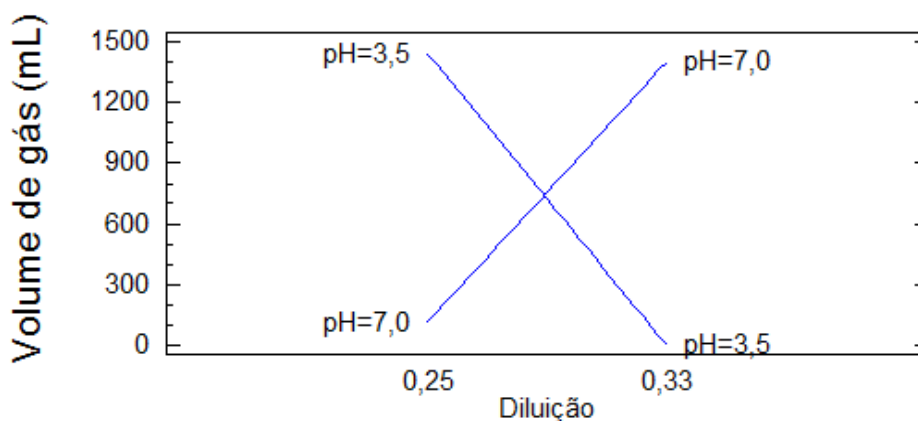
Fonte: autoria própria

O gráfico acima demonstra em qual diluição e pH houve maior produção de biogás, em 0,25 ($\frac{1}{4}$ de casca) que representa a diluição 1:3 houve maior produção de biogás. A reta é crescente na direção da diluição 1:3 portanto há indícios que na condição mais diluída se produz mais gás. Isso pode ser atribuído ao aumento da atividade de água no sistema. Na diluição 1:3 nos dois pH, os valores são 1440 e 120 mL, uma média de 780 mL, conforme o gráfico.

Em 0,33 que representa a diluição 1:2 ($\frac{1}{3}$ de casca) tem-se a menor produção de biogás, nos dois pH os valores de produção foram zero e 1400, uma média de 700 mL. Para a variável pH a reta é crescente na direção do pH 7,0, o que indica que mais próximo do neutro a produção é melhor. Sabe-se que o crescimento microbiano é facilitado em pH neutro em relação ao básico e os dados conformam uma tendência esperada.

Já para o pH a maior produção foi em pH 7,0 e a menor em pH 3,5. Para o pH 3,5 nas duas diluições os valores de produção de biogás são zero e 1440 mL, uma média de 720 mL. Para o pH 7,0 os valores são de 1400 e 120 mL, uma média de 760 mL.

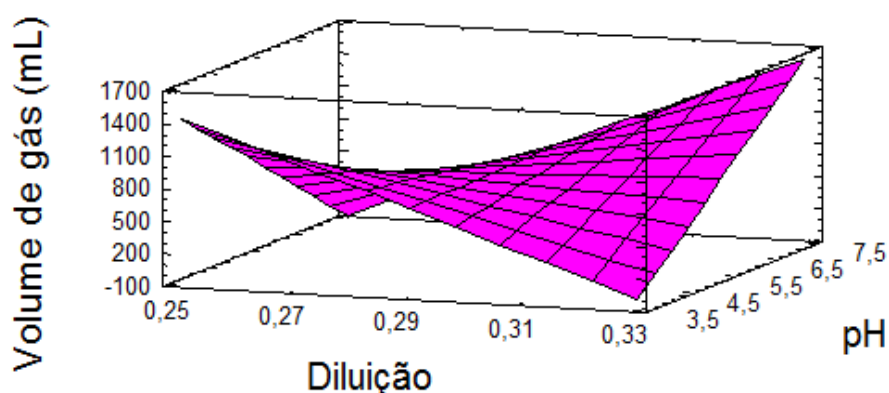
Figura 20 - Interação entre os fatores principais



Fonte: autoria própria

O gráfico acima demonstra a interação entre pH e diluição, sendo que a maior produção biogás está em pH 7,0 e diluição 0,25. Nesse gráfico nota-se visualmente que há interação entre as variáveis pH e diluição. As linhas se cruzam, indicando esse fenômeno. No eixo x tem-se a diluição e a variável resposta nas ordenadas. Ao passar da diluição 1:3 para 1:2, no pH fixo 7,0, há aumento na produção de biogás. No sentido contrário, ao passar da diluição 1:2 para 1:3 no mesmo pH (3,5) a produção aumenta. Isso mostra a dependência das duas variáveis, nas condições experimentais utilizadas.

Figura 21 – Superfície de resposta estimada

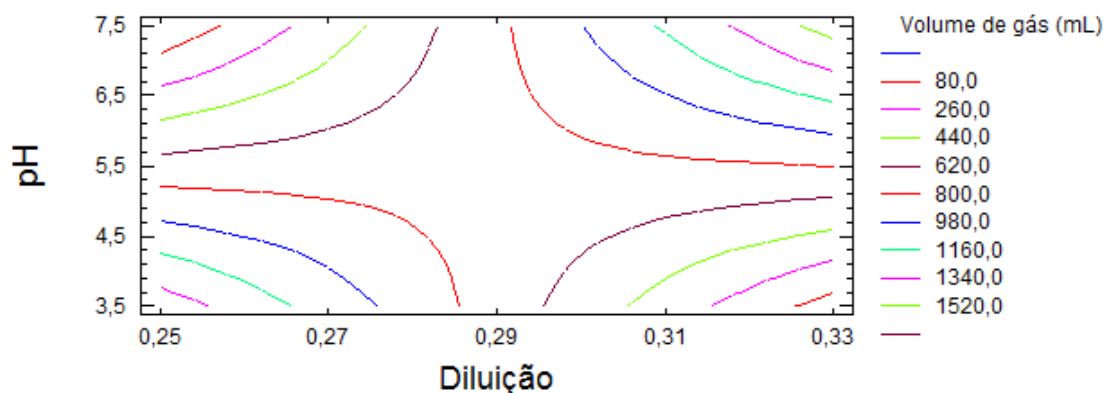


Fonte: autoria própria

Como indicado no gráfico a superfície de resposta aponta para duas direções (há um dobramento na superfície) na produção de gás, diluição 1:3 e pH mais próximo do neutro. Indica que não encontramos propriamente um ponto ótimo, e novo

planejamento experimental poderia ser delineado em busca de novas respostas. Esse avanço seria na direção de pH maior e biomassa mais diluída.

Figura 22 – Contornos de superfície da resposta estimada



Fonte: autoria própria

No gráfico acima os contornos nada mais são que uma representação planificada da superfície de resposta, os pontos ótimos estão distribuídos nas extremidades do diagrama, indicando que o planejamento fatorial poderia ser deslocado, pois os melhores resultados estão ao centro do gráfico.

4.3 Caracterização da biomassa

A tabela 11 traz as médias para as análises físico- químicas da biomassa, sendo está o resíduo pós fermentação anaeróbica.

Tabela 11: Análises físico- químicas da biomassa.

Análises	Resultados (%)
Umidade	92,72 ± 1,05
Cinzas	7,26 ± 0,41
Nitrogênio	6,30 ± 0,41
Carbono Total	87,38
Sólidos Solúveis	0 < 0,1

Fonte: autoria própria

Após retirou-se do biodigestor uma amostra da matriz de saída para as análises físico-químicas de umidade, cinzas, nitrogênio e carbono total respectivamente. Os resultados para a análise de umidade da amostra 1235 foi de

91,64%, da amostra 1270 foi de 92,05%, da amostra 1335 foi de 93,28%, da amostra 1370 foi de 93,92%.

Para a análise de pH obteve-se para o experimento 1235 4,6, 4,9 para 1270, no experimento 1335 encontrou-se 4,6 e obteve-se 4,8 para o experimento 1370. Nota-se que os valores de pH em 1235 e 1335 são iguais, apesar de possuírem diferentes diluições seu pH original era o mesmo e após a fermentação teve-se um aumento porem os dois experimentos variaram em conjunto. Já para os experimentos 1270 e 1370 que tiveram seu pH original modificado para 7,0 ocorreu a diminuição de seu pH após a fermentação. De acordo com Silva, Oliveira, (2017) que encontrou em biofertilizante com diferentes matérias primas, entre elas farelo de Mamona e folhas, galhos de mata, pH entre 4,7 e 5,9. Segundo Bomfim, (2016) os microrganismos são afetados por pH ácidos, o que resulta em uma microbiota menor, segundo o autor os microrganismos preferem meios mais perto da neutralidade e alcalino, pH entre 7 e 8 favorecem esse crescimento.

A análise de sólidos solúveis obteve resultados abaixo de zero conforme o equipamento refratômetro apresentou. A análise de acidez não foi efetuada pela dificuldade em se observar o ponto de viragem do indicador.

Para a análise de nitrogênio total foi feita a duplicata de cada experimento, resultando em 8 amostras e um branco. Como mostra a tabela 12 a seguir.

Tabela 12: Resultado de nitrogênio total por amostra

Amostras	Nitrogênio Total %
1 a	5,83
1 b	6,75
2 a	5,75
2 b	6,57
3 a	5,93
3 b	6,64
4 a	6,23
4 b	6,71

Fonte: autoria própria

Em 168 horas de fermentação Silva, Oliveira, (2017) encontrou em seu fertilizante 3,21% de nitrogênio, e Nascimento, et al., (2018) encontrou 1,71% no biofertilizante feito com 50% de esterco, e 50% matéria verde fresca, extraídos de plantas e árvores, valores inferiores aos obtidos no presente projeto. Observando a quantidade total de nitrogênio produzido, a biomassa pode ser utilizada como adubo nitrogenado, já que fertilizantes como ureia possuem (45% de N), sulfato de amônio

(20% de N), nitrato de cálcio (14% de N) e nitrato de amônio (34% de N), (BORGES; BRASIL, 2014).

A estimativa de carbono total foi realizada de acordo com a equação:
 $\% \text{carbono} = 100 - (\% \text{nitrogênio} + \% \text{cinzas})$ resultando em 87,38% de carbono nos experimentos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista dos resultados apresentados, conclui-se que a análise do potencial de geração de biogás da casca de uva *Vitis labrusca* inoculada com esterco suíno por meio da fermentação anaeróbica, é viável tecnicamente, pois houve produção de gases com estimativa de 0,00296 m³, porém não pode se distinguir o gás gerado pois o teste de chama não apresentou queima.

Verificou-se que o pH e a diluição da matriz de entrada influenciam o processo e os dados apontam para aumento na produção do biogás em pH próximo ao neutro e em amostras mais diluídas.

Na caracterização da biomassa, observou-se um aumento dos resultados obtidos nas análises de umidade, cinzas, nitrogênio, carbono e pH que obteve variação de valores nas amostras em função da adição de NaOH. Já para sólidos solúveis obtemos resultados abaixo de zero. Já a análise de atividade de água não foi realizada pois houve adição de água para a fermentação, e a análise de acidez não foi efetuada, pela dificuldade em se observar o ponto de viragem do indicador.

A biomassa também apresentou altos teores de nitrogênio, o que a viabiliza a aplicação como biofertilizante, podendo ser utilizada em pastagens e em solos de produção agrícola.

Para trabalhos futuros, sugere-se fazer replicatas das amostras para comprovar se as variáveis são significativas, com pontos centrais como pH neutro ou alcalino 8, sendo que esse é o ponto ótimo dos microrganismos para produção de biogás e diluições superiores a 1:3, como 1:4 e 1:5. Sugere-se também trabalhar com escalas maiores de produção piloto.

6 REFERÊNCIAS

ABIOGÁS. **Potencial brasileiro de biogás**. Disponível em: <<https://www.abiogas.org.br/setor-no-brasil>>. Acesso em: 04 de maio de 2018.

ARAÚJO *et al.* **Qualidade das uvas ‘ isabel precoce ’ e ‘ cora ’ sobre diferentes porta-enxertos nas condições do submédio do vale do são francisco : quarto ciclo produtivo**. p. 422–425, 2011.

BARRERA, P. **Biodigestores**: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. 2. ed. São Paulo: Ícone, 2003, 106 p.

BECKER, M.M; MENDES, T.M.F.F; JUNIOR, C.A.S. Teores de Elementos Minerais e Caracterização Física da Uva Isabel (*Vitis labrusca* L.) Produzida em Boa Vista/RR. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, v.6, n.2, p. 82-86, abr./jun.2014.

BLEY JR, C. Biogás a energia renovável. 2.ed. Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2015. 231p.

BORGES, A. L.; BRASIL, E. C. Sistema de produção de banana para o Estado do Pará. p. 1–11, 2012.

BOMFIM, C.A. **Biofertilizante Hortbio®**: características microbiológicas e efeito na qualidade da alface. Dissertação. Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília. Brasília, 136p., 2016.

BORZANI, W. Ethanol Yields during the feeding phase in fed-batch fermentation of sugar-cane blackstrap molasses. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**. 12 (4): 415-416, 1996.

CAMPOS, L.M.A.S.DE. **Obtenção de extratos de bagaço de uva cabernet sauvignon (*vitis vinifera*): parâmetros de processo e modelagem matemática**. 2005. 121. Dissertação (Engenharia de Alimentos) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade federal de santa catarina, Florianópolis, 2005.

CAMARGO, U. A. **‘Isabel Precoce’**: alternativa para a vitivinicultura brasileira. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. 4 p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 54).

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: Volume 5 - Reatores Anaeróbios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFMG), 1997. v. 5. 245 p.

COMISSÃO DE SAÚDE E MEIO AMBIENTE. **Agricultura ecológica**: princípios básicos. Porto Alegre: Corag, 2012. 73 p.

DALLANHOL, H. **Fapesc começa debates sobre legislação para produção de biogás em SC**. Disponível em: <http://www.sc.gov.br/index.php/noticias/temas/desenvolvimento-economico/fapesc-comeca-debates-sobre-legislacao-para-producao-de-biogas-em-schighlight=WyJiaW9nYXMiXQ>>. Acesso em: 14 de maio de 2018.

EIRAS, Sebastião De Paula; COSCIONE, Aline Renée; ANDRADE, João Carlos De. Métodos de Otimização em Química. p. 1–18, 2000. Disponível em: <www.chemkeys.com>.

FANTOZZI F., Costarelli I., Buratti C. (2005). **Laboratory scale anaerobic digestion at the Italian Biomass Research Centre**. Biomass Research Centre - University of Perugia.

FARIA, F.H.O.V; BIFARONI, R.G; BRACALENTE, J. **Biodigestor caseiro para produção de biogás a partir de lixo orgânico**. Disponível em: <http://www.ib.unicamp.br/dep_biologia_animal/sites/www.ib.unicamp.br/dep_biologia_animal/files/CONSTRUT_Biodigestor%20Caseiro%20Biog%2B%C3%ADs_.pdf>. Acesso em: 24 de maio de 2018.

GALBIATTI et al. **Estudo quali-quantitativo do biogás produzido por substratos em biodigestores tipo batelada**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola E Ambiental. Joao Pessoa Pb: Universidade Federal da Paraíba (UFPB) Ccsa, v. 14, n. 4, p. 432-437, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/40681>> Acesso em: 16 de outubro de 2018.

GOMES, R.P. **Fruticultura brasileira**. São Paulo: Nobel, 1900-1976. 443 p.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/6/lspa_pesq_2017_jan.pdf>. Acesso em: 11 de maio de 2018.

LAÍLA, Ana *et al.* **Qualidade das uvas ‘ isabel precoce ’ e ‘ cora ’ sobre diferentes porta-enxertos nas condições do submédio do vale do são francisco** : Quarto ciclo produtivo Material e Métodos Resultados e Discussão. p. 422–425, 2011.

LEÃO, P. C. de S.; POSSÍDIO, E. L. de. Histórico da videira. In: LEÃO, P. C. de S.; SOARES, J. M. (Ed.). **A Viticultura no semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-árido, 2000. p. 13-17.

LECAS, M.; BRILLOUET, J.M. 1994. **Cell wall composition of grape berry skins**. *Phytochemistry* v.35, p.1241-1243.

LUCAS JÚNIOR, J; SOUZA, C. F; LOPES, J. D.S. **Construção e operação de biodigestores**. Viçosa: CPT, 2006. 158p.

NASCIMENTO, Et al. **Uso de Diferentes Tipos de Biofertilizantes na Produção Jambu (*Acmella oleracea*) na Região de Humaitá - AM**. p. 21–28, 2018.

NATIVIDADE, M.M.P. **Desenvolvimento, caracterização e aplicação tecnológica de farinhas elaboradas com resíduos da produção de suco de uva**. 2010. 190f. Dissertação (mestrado em concentração em Ciência dos Alimentos) – Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

NOGUEIRA, L.A.H; LORA, E.E.S. **Dendroenergia: Fundamentos e aplicações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 195 p.

O'Rourke J. (1968). **Kinetics of anaerobic waste treatment at reduced temperatures**. Ph. D.thesis, Stanford University, California.

PEREIRA, M.S *et al.* Energias renováveis : biogás e energia elétrica provenientes de resíduos de suinocultura e bovinocultura na UFSM Renewable energy : biogas and electricity from pig and cattle waste in UFSM. v. 19, p. 239–247, 2015.

POLESE, C. **Painel 3: A inserção da indústria nacional no mercado de renováveis**. Disponível em:< <http://institutoideal.org/wp-content/uploads/2015/06/04-COSME-POLESE.pdf>>. Acesso em: 11 de maio de 2018.

PROTAS et al. **Embrapa Uva e Vinho novas cultivares brasileiras de uva: Um pouco de história da Vitivinicultura brasileira**. Rio Grande do Sul: Bento Gonçalves, 2006. 14 p.

REIS, M. M. D. **Compostagem e caracterização de resíduos vegetais para utilização como substratos hortícolas**. 1997. 327 f. Tese (Doutorado ciências Agrárias) - Curso de ciências Agrárias, Universidade do Algarve, Faro, 1997.

SANTOS, E. H. B. et al. Secagem e caracterização Físico-Química da uva isabel (*Vitis labrusca*). In: Congresso norte-nordeste de pesquisa e inovação, 5, 2010, Maceió. **Anais...** Maceió: CONNEPI, 2010.

SATO, M.; BAGCHI D.; TOSAKI, A.; DAS, D.K. Grape seed proanthocyanidin reduces cardiomyocyte apoptosis by inhibiting ischemia/reperfusion-induced activation of JNK-1 and C-JUN. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v.31, n.6, p.729–737, 2001.

SAWAZAKI, H. E; TEIXEIRA, J. P. F; MORAES, R. M. DE. **O pH e a temperatura na produção de biogás a partir de casca de arroz**. Bragantia, v.44, n.2, p.715-721, 1985.

SCHAFFER, N. **Caracterização De Resíduos Vitivinícolas E Compostos Orgânicos Comerciais Da Serra Gaúcha**. p. 76, 2015.

SILVA, Z.R. **Manual didático do biodigestor**. 2015. 159 f. Dissertação (Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) - Curso de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SIQUEIRA, G. R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. et al. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.789-798, 2007a.

SILVA, J.; OLIVEIRA, D. R. **Caracterização química de diferentes receitas de biofertilizantes tipo Bokashi líquido**. v. 13, 2017.

SOUZA. **Embrapa Uva e Vinho novas cultivares brasileiras de uva: Um pouco de história da Vitivinicultura brasileira**. Rio Grande do Sul: Bento Gonçalves, 1996. 14 p.

SOUZA, O, et al. **Biodegradação de resíduos lignocelulósicos gerados na bananicultura e sua valorização para a produção de biogás**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n.4, p. 438–443, 2010.

WARD, O. **Biotechnologia de la fermentacion**. Zaragoza: Editora Acribia, 1991.

WILSON, D.C. (2007) **Development drivers for waste management**. Waste Management & Research, v. 25, n. 3, p. 198-207.

XAVIER, F. R. Química inorgânica. p. 75, 2015.

ZANETTE, A.L. **Potencial de aproveitamento energético do biogás no Brasil.** 2009. 97f. Dissertação (mestrado em ciências em planejamento energético) - Curso de Pós-Graduação ciências em planejamento energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (org.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005. 1020 p.