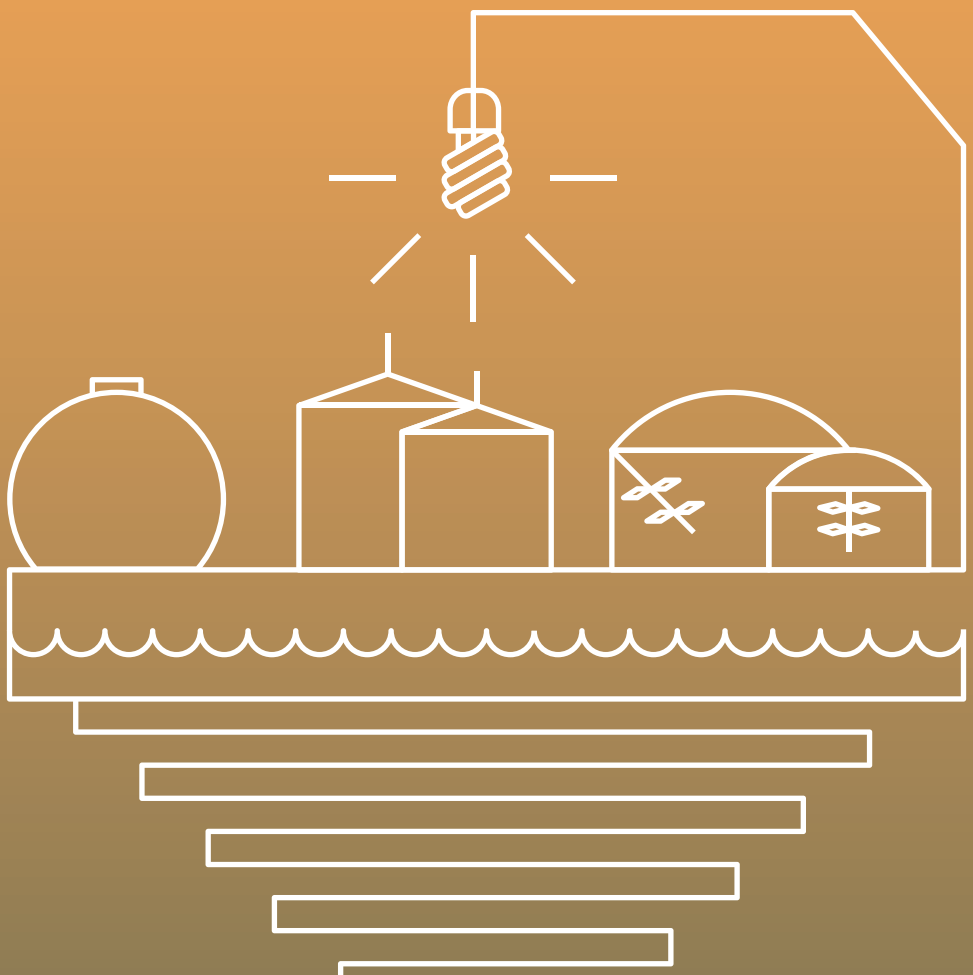
PROBIOGÁS



BIOGÁS

CATÁLOGO
DE TECNOLOGIAS
E EMPRESAS DE BIOGÁS

BIOGÁS

CATÁLOGO DE TECNOLOGIAS E EMPRESAS DE BIOGÁS

Coletânea de publicações do PROBIOGÁS
Série Desenvolvimento do Mercado de Biogás

1ª Edição
Ministério das Cidades
Brasília, 2015

República Federativa do Brasil
Presidenta da República
Dilma Vana Rousseff

Ministro das Cidades
Gilberto Kassab

Secretário Executivo do Ministério das Cidades
Elton Santa Fé Zacarias

Secretário Nacional de Saneamento Ambiental
Paulo Ferreira

Chefe de Gabinete
Gustavo Zarif Frayha

Diretor de Articulação Institucional
Ernani Ciríaco de Miranda

Diretor de Desenvolvimento e Cooperação Técnica
Manoel Renato Machado Filho

Diretor de Águas e Esgotos
Johnny Ferreira dos Santos

Apoio Técnico
Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH(GIZ).
Diretor Nacional: Wolf Michael Dio
Coordenador do Projeto: Wolfgang Roller

Informações legais

As idéias e opiniões expressas neste livro são dos autores e não refletem necessariamente a posição do Ministério das Cidades, da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental ou da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

A duplicação ou reprodução de todo ou partes (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que o projeto PROBIOGÁS seja citado como fonte da informação. Para outros usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento por escrito do Ministério das Cidades e da GIZ.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecário Responsável: Illy Guimarães B. Batista (CRB/DF 2498)

Brasil. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás.
Catálogo de tecnologias e empresas de biogás / Probiogás ; organizadores, Ministério das Cidades, DeutscheGesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) ; autores, Elisa Thieme ... [et al.]. – Brasília, DF : Ministério das Cidades, 2015.
190 p. : il. – (Desenvolvimento do mercado de biogás ; 1)

ISBN 978-85-7958-038-3

1.Biogás – aspectos tecnológicos. 2. Biogás – fornecedores. 3. Biogás – produção e utilização. 4. Energia – fontes alternativas. I. Ministério das Cidades. II. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ). III. Thieme, Elisa. IV. Título. V. Série.

CDD 665.776
CDU 662.767.2

PROBIOGÁS

Projeto Brasil – Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil

www.cidades.gov.br/probiogas

O Projeto Brasil-Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil – PROBIOGÁS – é um projeto inovador, fruto da cooperação técnica entre o Governo Brasileiro, por meio da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, e o Governo Alemão, por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ). Com o objetivo de contribuir para a ampliação do uso energético eficiente do biogás e, por conseguinte, para a redução de emissões de gases indutores do efeito estufa, o projeto conta com uma rede de parcerias nas esferas governamental, acadêmica e empresarial e possui vigência entre os anos de 2013 e 2017.

Para alcançar tais objetivos, o PROBIOGÁS desenvolve atividades em três linhas: (1) *condições-quadro*, atuando junto a órgãos governamentais em prol da melhoria das condições regulatórias relacionadas à produção de energia a partir do biogás; (2) *cooperação científica*, aproximando instituições de ensino e de pesquisa brasileiras entre si e das alemãs; e, (3) *cadeia de valor*, com o intuito de fomentar a indústria brasileira para produção nacional de tecnologia e de aproximar empresas brasileiras e alemãs para o intercâmbio de conhecimento. Além dessas atividades, o PROBIOGÁS busca capacitar profissionais brasileiros em diversos níveis, contemplando os atores que integram a cadeia de biogás e objetivando fortalecer o mercado de biogás no Brasil.

A realização da parceria Brasil-Alemanha possibilita a transferência do conhecimento e da experiência alemã sobre o aproveitamento do biogás gerado a partir do tratamento de efluentes e de resíduos, cuja expertise é reconhecida mundialmente. Neste contexto, o PROBIOGÁS assume papel relevante, indutor do desenvolvimento de tecnologias nacionais para o aproveitamento do biogás, possibilitando um retorno positivo para o setor saneamento básico no Brasil, em função do potencial de incremento na viabilidade técnica e econômica das plantas e instalações de tratamento de esgotos e de resíduos sólidos, a partir da geração de energia proveniente dos processos de biodegradação da fração orgânica.

Para melhor inserir o Projeto nas políticas nacionais foi criado um Comitê Gestor interministerial com a função de assegurar a integração entre as diversas áreas do Governo Federal com atuação no tema. O Comitê é formado pelos seguintes órgãos: Ministérios das Cidades, do Meio Ambiente, da Ciência, Teconologia e Inovação, das Minas e Energia, da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, assim como a GIZ.

Gilberto Kassab
Ministro das Cidades

cooperação alemã
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

giz

Ministério das Cidades

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

Coordenação do projeto PROBIOGÁS
Ernani Ciríaco de Miranda (Ministério das Cidades) e Wolfgang Roller (GIZ)

Publicado por

Projeto Brasil-Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil – PROBIOGÁS (Projeto de Cooperação Técnica Bilateral entre a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades – SNSA/MCidades e a Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável – GIZ)

Contatos

SNSA/MCidades
Setor de Autarquias Sul, Quadra 01, Lote 01/06, Bloco H, Ed. Telemundi II
CEP: 70070-010, Brasília – DF, Brasil. Telefone: +55 (61) 2108-1000
www.cidades.gov.br

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
SCN Quadra 1 Bloco C Sala 1501 – 15º andar Ed. Brasília Trade Center,
CEP: 70711-902, Brasília-DF, Brasil. Telefone: +55 (61) 2101-2170
www.giz.de/brasil

Expediente

Autores
Elisa Thieme (DBFZ), Elmar Fischer (DBFZ), Enrico Schuhmann (DBI), Josephine Hofmann (DBFZ), Leandro Janke (DBFZ), Mathias Stur (DBFZ), Robert Manig (DBI), Thomas Schmidt (DBFZ), Toni Raabe (DBI), Uwe Becher (Coordenador – Conoscope) e Walter Stinner (DBFZ)

Tradução
Christian Gonçalves

Coordenação do material
Wolfgang Roller (GIZ)

Editores
Hélinah Moreira (GIZ), Jens Giersdorf (GIZ), Luis Costa Jr. (GIZ), Roberta Knopki (GIZ) e Victor Valente (GIZ)

Capa, projeto gráfico e diagramação
Estúdio Marujo

PREFÁCIO

A Lei de diretrizes nacionais para o saneamento básico – Lei 11.445/2007 – estabelece que a prestação dos serviços terá a sustentabilidade econômico-financeira assegurada e, sob os aspectos técnicos, atenderá a requisitos que garantam a qualidade adequada. Por sua vez, a Lei que institui a política nacional de resíduos sólidos – Lei 12.305/2010 – estabelece a obrigatoriedade da coleta seletiva e determina que apenas os rejeitos devem ser encaminhados a aterros sanitários (regra que ficou conhecida no país como o "fim dos lixões"). Tais elementos reforçam o grande desafio, enfrentado pelo Brasil, de ampliar os níveis de tratamento dos esgotos sanitários e dos resíduos sólidos urbanos.

O Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab –, aprovado em dezembro de 2013, com um horizonte de 20 anos, destaca que um dos princípios fundamentais da política de saneamento diz respeito à matriz tecnológica que orienta o planejamento e a política setorial. Segundo o Plansab, planejar o saneamento básico no país, com um olhar de longo prazo, necessariamente envolve a prospecção dos rumos tecnológicos que o setor pode e deve trilhar. Cabe à política de saneamento básico identificar tendências, nacionais e internacionais, segundo as quais a matriz tecnológica do saneamento vem se moldando, o que supõe também procurar enxergar novos conceitos, ainda que sejam antigas formulações em novas roupagens, ou novos desafios que pressionam no sentido de mudanças paradigmáticas. Neste sentido, temas como a sustentabilidade, a gestão integrada das águas urbanas, o saneamento ecológico e o combate às mudanças climáticas globais podem ser evocados como exemplos.

Neste contexto, o PROBIOGÁS é um instrumento de grande importância para a implementação do Plansab. O aproveitamento energético do biogás nos processos de tratamento dos esgotos sanitários e dos resíduos sólidos urbanos, consagrado em diversos países, representa um pequeno esforço de modernização das instalações dos sistemas brasileiros com impactos altamente positivos na sustentabilidade econômico-financeira, na qualidade dos processos de tratamento e na melhoria do meio ambiente, contribuindo de forma efetiva para a redução dos gases de efeito estufa.

Espera-se que os resultados do PROBIOGÁS possibilitem a inserção do aproveitamento energético do biogás na pauta dos governos e prestadores de serviços de saneamento, de modo a fazer com que esta fonte renovável de energia seja utilizada em toda a sua potencialidade, dentro da realidade brasileira, contribuindo também para a geração distribuída de energia e a maior diversificação da matriz energética nacional.

Paulo Ferreira
Secretário Nacional de Saneamento Ambiental

Wolfgang Roller
Coordenador PROBIOGÁS

APRESENTAÇÃO DA COLETÂNEA

A Coletânea de Publicações do PROBIOGÁS é uma relevante contribuição governamental aos profissionais brasileiros que atuam em diferentes setores da infraestrutura, energia renovável, inovação tecnológica e, em especial, no setor de saneamento. Essa coletânea é composta por cadernos técnicos que tratam do biogás como tema central.

A coletânea é dividida em quatro séries, cada uma agrupando um conjunto de publicações que contribuem para uma determinada área do conhecimento e/ou de atuação no tema.

BIOGÁS

A primeira série é intitulada **Desenvolvimento do Mercado de Biogás**, abreviada como **BIOGÁS**, composta por publicações que tratam de aspectos tecnológicos da geração e utilização do biogás, do processo de licenciamento ambiental de plantas e instalações, da comercialização de co-produtos de plantas de biogás, entre outros tópicos pertinentes à estruturação da cadeia produtiva e à consolidação de um mercado nacional.

RSU

A segunda série aborda a utilização energética do biogás gerado a partir da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, questão extremamente atual no contexto técnico e institucional do saneamento ambiental brasileiro. Denominada **Aproveitamento Energético do Biogás de Resíduos Sólidos Urbanos** e abreviada simplesmente como **RSU**, esta série abordará, entre outros tópicos, a metodologia e tecnologia da metanização seca e estudos de viabilidade técnica e econômica.

ETE

A terceira série é chamada **Aproveitamento Energético de Biogás em Estações de Tratamento de Esgoto**, simbolizada pela sigla **ETE**, composta por publicações que tratam de aspectos técnicos, desde o projeto à operação, de estudos de viabilidade técnica e econômica, e de orientações para a licitação de sistemas de tratamento que contemplem o biogás.

RA

Finalmente, a quarta série abordará a utilização do biogás oriundo dos resíduos das atividades agrícolas, pecuárias e da agroindústria, que possuem um elevado potencial de aproveitamento no país. Intitulada **Aproveitamento Energético do Biogás de Resíduos Agrosilvopastoris**, abreviada simplesmente como **RA**, as publicações versarão sobre os resíduos da suinocultura, comercialização de biofertilizante, entre outros tópicos.

Por oportuno, informamos que todas as Publicações da Coletânea estão disponíveis para download na página do Projeto PROBIOGÁS, hospedado no site da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades: *www.cidades.gov.br/probiogas*

SUMÁRIO

15 1 INTRODUÇÃO

19 2 PRODUÇÃO DE BIOGÁS
19 2.1 Efluentes industriais
31 2.2 Resíduos Sólidos Urbanos e Gás de Aterros
70 2.3 Resíduos agropecuários e agroindustriais

86 3 UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS
86 3.1 Processamento do Gás para a qualidade de gás natural
120 3.2 Geração de energia elétrica e sua injeção na rede
138 3.3 Combustível veicular
156 3.4 Uso térmico em plantas industriais

169 4 TECNOLOGIA DE CONTROLE, AUTOMAÇÃO E SERVIÇOS
169 4.1 Automação
171 4.2 Perfil de empresas e produtos
175 4.3 Tecnologias para a redução de odores
186 4.4 Serviços, consultorias, substâncias auxiliares de processo e outros
188 4.5 Referências bibliográficas

LISTA DE FIGURAS

21 **2-1:** Estrutura de processos anaeróbios de tratamento de efluentes; modificado por [Bischofsberger]

23 **2-2:** Estrutura de um reator UASB (BIOPAQ® - System)

25 **2-3:** Estrutura de um reator IC (BIOPAQ® - System)

26 **2-4:** Reator tanque continuamente agitado com agitador de pá lateral e reservatório de membrana dupla

27 **2-5:** Logotipo da Paques bv

27 **2-6:** Paques CIRCOX na frente 140 m^3) e IC- (atrás, 385 m^3) Reatores de uma cervejaria no Brasil

28 **2-7:** Logotipo da Energie-Anlagen Röring GmbH

29 **2-8:** UDR-Digestor de leito fixo da Energie-Anlagen Röring

30 **2-9:** Logotipo da FARMATIC Anlagenbau GmbH

34 **2-10:** Digestor tipo garagem

35 **2-11:** Construção e esquema do processo do digestor Drancor

35 **2-12:** Estrutura do digestor de fluxo pistonado LARAN®

36 **2-13:** Construção e esquema do processo do digestor Drancor

37 **2-14:** Logotipo da empresa GICON - Großmann Ingenieur Consult GmbH

38 **2-15:** Esquerda: GICON-instalação de biogas em Cottbus II; A direita: Planta de biogás de resíduos orgânicos, 30.000 t/a Vancouver, Canada

38 **2-16:** Esquema do processo de biogas GICONs

39 **2-17:** Logotipo da empresa Eggersmann Anlagenbau

39 **2-18:** KOMPOFERM Instalação híbrida da empresa Eggersmann Anlagenbau

40 **2-19:** Logotipo da empresa OWS N.V. Organic Waste Systems

40 **2-20:** Saída cónica do processo DRANCO

41 **2-21:** Processo DRANCO da empresa OWS N.V. Organic Waste Systems

42 **2-22:** Logotipo da empresa Bekon

42 **2-23:** A tecnologia BEKON – Geração de biogás a partir da digestão seca

43 **2-24:** Planta de refe- rência da empresa BEKON (Steinfurt, 45.000 t/a de resíduos orgânicos, 2 digestores termofílicos, 6 boxes de decomposição, Gasômetro de 2x 527 kW) decomposição posterior coberta

44 **2-25:** Logotipo da STRABAG Umweltanlangen GmbH

45 **2-26:** Strabag LARAN® Digestor para a digestão úmida

46 **2-27:** Logotipo da BTA International GmbH

47 **2-28:** Gráfico do processo BTA® da empresa BTA International

48 **2-29:** Logotipo da BTS Biogas Srl/GmbH

49 **2-30:** Esquema de uma planta de biogásda série "waste to Power" da BTS Biogas Srl/GmbH

50 **2-31:** Logotipo da empresa ÖKOBIT GmbH

51 **2-32:** Logotipo da UTS Biogastechnik GmbH

51 **2-33:** Apresentação esquemática do separador UTS

52 **2-34:** Logotipo da empresa UTEC GmbH

52 **2-35:** Instalação de biogás em Las Palmas, Chile,da empresa UTEC GmbH

53 **2-36:** Logotipo da Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

53 **2-37:** Planta de biogás em Groningen/ Vierverlaten, Países Baixos da empresa Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

54 **2-38:** Exemplos para a instalação de sistemas de impermeabilização de superfícies em aterros

55 **2-39:** Quantidade total de resíduos depositados na Alemanha de 1996 até o ano de 2009 [2]

56 **2-40:** Exemplos de componentes para a captura e transporte de gás [1]

56 **2-41:** Exemplos de cogeradores para geração de eletricidade a partir de gás de aterro na Alemanha

57 **2-42:** Motor Stirling para aproveitamento de gás de aterro à esquerda e a turbina de gás da empresa „turbec" à direita [3]

59 **2-43:** Fechamento de aterros antigos e construção de aterros novos na Turquia [4]

59 **2-44:** Composição dos resíduos na Turquia. Resultados de análises de triagem

60 **2-45:** Central de geração de energia no aterro Odayeri em Istambul

61 **2-46:** Triagem, instalação de biogás e planta piloto para a pirólise de resíduos em Ancara

62 **2-47:** Logotipo da SEF-Energietechnik GmbH

62 **2-48:** Foto demonstrativa

63 **2-49:** Logotipo da empresa R & H Umwelt GmbH

64 **2-50:** Logotipo da empresa iwb Ingenieurgesellschaft GmbH

64 **2-51:** Central de geração de energia no aterro Odayeri em Istambul

65 **2-52:** Logotipo da eTÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH

66 **2-53:** Logotipo da GLS Bau und Montage GmbH

66 **2-54:** Foto demonstrativa

67 **2-55:** Logotipo da empresa LIOT Kunststofftechnik

67 **2-56:** Foto demonstrativa

68 **2-57:** Logotipo da empresa „The IuT Group“

68 **2-58:** Foto demonstrativa

70 **2-59:** Planta agrícola de biogás - digestão úmida e seca com processamento de gás (LPSA) na sede da Viessmann em Allendorf (Eder)

71 **2-60:** Digestor com com agitador lateral e telhado inflável para armazenamento de gás

71 **2-61:** Suprimento de ar para o armazenamento de gás

73 **2-62:** Logotipo da SAUTER BIOGAS GmbH

74 **2-63:** Representação esquemática do sistema da Sauter-biogás com irrigação do conteúdo do digestor

75 **2-64:** Logotipo da EnviTec

75 **2-65:** Equipamentos da EnviTec, que estão em operação em todo o mundo

76 **2-66:** Representação esquemática do sistema da Sauter-biogás com irrigação do conteúdo do digestor.

77 **2-67:** Logotipo da MT-Energie GmbH

77 **2-68:** Atividades Internacionais da MT-Energie GmbH

78 **2-69:** Digestão da silagem de milho, de capim e resíduos da indústria alimentícia na planta de co-digestão Barfoots / Herriard (Reino Unido), de MT-Energie

79 **2-70:** Logotipo da Schaumann Biotic Systems GmbH & Co. KG

79 **2-71:** Planta de biogás da Schaumann Biotic Systems no Gut Hülsenberg GmbH em Wahlstedt

80 **2-72:** Logotipo da ARCHEA Unternehmensgruppe

80 **2-73:** Representação esquemática de uma planta ARCHEA para a exportação

81 **2-74:** Logotipo da GNS - Gesellschaft für Nachhaltige Stoffnutzung mbH

82 **2-75:** Tratamento de resíduos da digestão após o processo ANAStrip® GNS

83 **2-76:** Seção vertical de um digestor VSP (digestor “grão de pimenta”), da AgroNet Gesellschaft für modernes Agrarmanagement und –technik mbH

83 **2-77:** Detalhes horizontais H_1-H_1 (destruição da camada flutuante) e H_2-H_2 (incorporação e aplicação da camada base de lodo) do digestor VSP

84 **2-78:** Digestor VSP; à esquerda planta de biogás Altkirchen (Alemanha); à direita planta de biogás Vanselow (Alemanha) em construção

86 **3-1:** Purificação do Biogás e alternativas de utilização

87 **3-2:** Beneficiamento de biogás

88 **3-3:** Beneficiamento de biogás em sua forma bruta para gás

92 **3-4:** Estação de adsorção com modulação de pressão da Schmack Carbotech GmbH em Schwandorf [2]

94 **3-5:** Malmberg – instalação COMPACT®

94 **3-6:** Lavagem orgânica-fisica BGV 1100 da BMF HAASE Energietechnik GmbH [24]

95 **3-7:** Estação de tratamento com aminas da MT-Biomethan GmbHem Malstedt com capacidade de injeção de 350 m^3 (i.N.)/h [5]

96 **3-8:** Principio da separação de substâncias utilizando a permeabilização [6]

100 **3-9:** Logotipo da empresa Malmberg Bioerdgastech GmbH

102 **3-10:** Estação de lavagem com água sob pressão da Malmberg Water AB em Könnern [3]

103 **3-11:** Logotipo da empresa Schmack Carbotech GmbH

103 **3-12:** Estação de adsorção com mudulação de pressão em Wüsting da Schmack Carbotech GmbH

105 **3-13:** Logotipo da empresa MT-BioMethan GmbH

105 **3-14:** Lavagem com aminas da MT-BioMethan GmbH em Karft [23]

106 **3-15:** Técnica de membrana da MT-BioMethan GmbH (acima: módulo de membrana com fibras ocas, embaixo: módulos montados) [25]

107 **3-16:** Logotipo da BMF HAASE Energietechnik GmbH

107 **3-17:** Lavagem-Genosorb® em Ronnenburg (Alemanha) [20]

109 **3-18:** Logotipo da empresa Greenlane Biogas Europa SV

109 **3-19:** Planta de tratamento de biogás da Greenlane em Güstrow (Deutschland) [21]

110 **3-20:** Logotipo da empresa LANXESS AG

110 **3-21:** Logotipo do Bayoxide® E 16 técnico

111 **3-22:** Logotipo da empresa HeGo Biotec GmbH

112 **3-23:** Equações de reações químicas da dessulfurização com hidróxido de ferro

112 **3-24:** Esquema dos processos químicos envolvidos no carregamento e regeneração da massa de dessulfurização

113 **3-25:** Logotipo da empresa Hermann Sewerin GmbH

114 **3-26:** Sistema de medição da Multitec® BioControl [22]

115 **3-27:** Logotipo da empresa Awite Bioenergie GmbH

115 **3-28:** Esboço da possível execução do dispositivo de medição da natureza do gás da Awite Bioenergie GmbH

120 **3-29:** Possibilidades de utilização do biogás (FNR 2014b)

123 **3-30:** Logotipo da General Electric Company

123 **3-31:** J620 Jenbacher motor a gás da GE Distributed Power (GE 2014b)

124 **3-32:** Logotipo da Dreyer & Bosse Kraftwerke GmbH (DB 2014a)

124 **3-33:** Motor a gás da Dreyer & Bosse Kraftwerke GmbH (esquerda) e construção com contêineres com instalação completa (direita) (DB2014b)

125 **3-34:** Princípio de funcionamento de um trocador de calor típico de gás de exaustão (DB 2014b)

127 **3-35:** Mudanças nas cargas da rede por Demand Side Management (FfE 2010)

130 **3-36:** Logotipo da Bilfinger GreyLogix GmbH e da subsidiária brasileira (GL 2014b)

131 **3-37:** Visão geral da central virtual com SmartGy (BGL 2014)

132 **3-38:** Reservatórios internos de biogás (EH 2006)

133 **3-39:** Reservatório de biogás externo, cilíndrico (esquerda: construção vertical, direita: construção horizontal) (EH 2014a)

134 **3-40:** Logotipo da Eisenbau Heilbronn GmbH (EH 2014b)

134 **3-41:** Tanque de gás de baixa pressão da Eisenbau Heilbronn GmbH (esquerda: estrutura esquemática, meio: fase de construção, direita: tanque pronto) (EH 2014a)

135 **3-42:** Logotipo da Lipp GmbH (LIPP 2014b)

135 **3-43:** Tanque feito de Verinox com sistema Lipp de dobra dupla (LIPP 2014b)

139 **3-44:** Frota de ônibus movidos a biogás [5]

140 **3-45:** Logotipo da MAN

140 **3-46:** Ônibus MAN Lion's City CNG movido a gás

141 **3-47:** Caminhão de carga movido a biogás da Scania [7]

142 **3-48:** Logotipo da Daimler Trucks

142 **3-49:** Econic NGT Euro IV

143 **3-50:** Logotipo da Iveco Magirus AG

143 **3-51:** Iveco Daily Natural Power

144 **3-52:** Logotipo da Scania

144 **3-53:** Scania P310 LNG

145 **3-54:** Trator com motor a biogás[8]

146 **3-55:** Logotipo da Valtra

146 **3-56:** Valtra N101

147 **3-57:** Logotipo daSteyr

147 **3-58:** Profi 4135 Natural Power

148 **3-59:** Automóvel movido a biogás[11]

149 **3-60:** Logotipo Volkswagen AG

149 **3-61:** VW Touran 1.4 Ecofuel

150 **3-62:** Logotipo Fiat Automóveis S.A.

150 **3-63:** Fiat Siena Tetrafuel

151 **3-64:** Posto de abastecimento de biogás em Jameln[14]

152 **3-65:** Exemplo de um posto de abastecimento de biometano [15]

153 **3-66**: Logotipo BAUER KOMPRESSOREN GmbH

153 **3-67:** Posto de abastecimento de biogás da BAUER KOMPRESSOREN GmbH

154 **3-68:** Logotipo da AGA

154 **3-69:** Posto de abastecimento de gás natural para ônibus da AGA

156 **3-70:** Plantas industriais de processos térmicos

159 **3-71:** Tecnologia de queimadores na indústria vidreira e cerâmica à base de gás natural (esquerda: chama de tipo difuso com jato livre e contato direto, direita: queimadores cerâmicos a irradiação) [10]

159 **3-72:** Diagrama Sankey de uma cuba de fusão de vidro [12]

161 **3-73:** Diagrama de fluxo de uma planta combinada de biogás e fabricação de cimento [21]

163 **3-74:** Logotipo da SAACKE GmbH

163 **3-75:** DDZG GT/GTA – Queimador para gases de escape de turbinas a gás da SAACKE GmbH

165 **3-76:** Logotipo da ERC Emissions-Reduzierungs-Concepte GmbH

165 **3-77:** Queimador Low-Nox (baixa emissão Nox) para biogás

170 **4-1:** Visualização no computador (Fotos embaixos) e painéis elétricos (acima) para o controle da planta de biogás © DBFZ

171 **4-2:** Logotipo da ORmatiC GmbH

172 **4-3:** Visualização do processo de plantas de biogás com monitoramento do software biOmatic da ORmatiC © ORmatiC GmbH 2014

173 **4-4:** Logotipo da Siemens AG

174 **4-5:** Logotipo da Awite Bioenergie GmbH

174 **4-6:** Sistema de análise de gás wiFLEXCool + © 2014 Awite Bioenergie GmbH

176 **4-7:** Armazenamento de substrato com cobertura que reduz as emissões © DBFZ

176 **4-8:** Alimentação de sólidos com bomba de alimentação. Os sólidos são alimentados a partir de um recipiente de armazenamento com um rosca sem fim a partir da parte de trás do tanque de aço inoxidável, onde são misturados com o substrato líquido (estrume líquido ou resíduo de fermentação recirculado) © DBFZ

177 **4-9:** Recipiente com rosca transportadora íngreme e rosca de pressão © DBFZ

178 **4-10:** (da esquerda para direita): dispositivo mecânico de sobre- e subpressão, dispositivo de subpressão no fermentador e em grande plano © DBFZ

178 **4-11:** Aparalho móvel de medição de gás (acima a esquerda), Conexão da membrana (acima a direita), Flange (embaixo a esquerda) e visor (embaixo a direita) © DBFZ

179 **4-12:** Plataforma móvel para serviços simples de manutenção e controle. Antes de cada subida em um novo local, as rodas devem estar bloqueadas por motivos de segurança © DBFZ

179 **4-13:** Detecção de fugas de metano em fermentadores usando imagens técnicas de medição por infravermelho. A fuga de gás é exibida na tela da câmera de gás como nuvem de fumaça escura. Os vazamentos podem ser acompanhados em tempo real e arquivados como filme ou imagem digital. © Systemtechnik Weser-Ems

181 **4-14:** Reservatório de resíduos de digestão com cobertura estanque (telhado inflável) com função de armazenamento de gás ©DBFZ

182 **4-15:** Tocha de emergência (flare) para a utilização de biogás © DBFZ

183 **4-16:** Logotipo da Netzsch Pumpen & Systeme GmbH

184 **4-17:** Logotipo da Hugo Vogelsang Maschinenbau GmbH

185 **4-18:** Logotipo da firma Biogaskontor Köberle GmbH

187 **4-19:** Logotipo da Biopract GmbH

187 **4-20:** Laboratório de aplicação da empresa Bio- prac GmbH (à esquerda) e a planta de 530kW em Ni- dderau/Hessem, Alemanha (à direita)

LISTA DE TABELAS

19 **2.1:** Áreas de aplicação do tratamento anaeróbio de efluentes industriais

20 **2.2:** Características de diferentes efluentes industriais e tecnologias utilizadas [Rajeshwari]; [Bischofsberger]

33 **2.3:** Resumo dos métodos de fermentação de resíduos

92 **3.1:** Visão Geral Método de separação CO_2 (de acordo com [7], [19] estendido)

101 **3.2:** Sortimento dos modelos de plantas da Malmberg Bioerdgastech GmbH

121 **3.3:** Comparação de motores de combustão de biogás em CHPs (FNR 2014a)

125 **3.4:** Linha “Vita” da Dreyer & Bosse Kraftwerke GmbH (DB 2014b)

133 **3.5:** Capacidades de diferentes armazenadores de energia elétrica (AEE 2012a)

157 **3.6:** Possíveis consequências de flutuações das características do gás em processos térmicos industriais [4]

158 **3.7:** Demanda térmica de diferentes processos metalúrgicos [5, 6, 8]

160 **3.8:** Passos do processo de combustão em diferentes faixas de temperatura [13]

160 **3.9:** Demanda média de calor na indústria de cerâmica de acordo com a quantidade de empregados [15]

1 INTRODUÇÃO

O Catálogo de Tecnologias e Empresas de Biogás visa apresentar uma gama de tecnologias de biogás reconhecidas internacionalmente bem como empresas fornecedoras de tais tecnologias, buscando fornecer uma perspectiva do estado da arte internacional, com o intuito de apoiar, por meio de acesso ao know-how, o estabelecimento de um mercado de Biogás no Brasil. O Catálogo foi dividido em dois grandes temas: Produção e Utilização de Biogás.

As tecnologias para a produção de biogás são apresentadas no Tópico 2, e abrangem tanto a questão de efluentes líquidos quanto resíduos sólidos. Já as tecnologias para o uso energético do biogás são exploradas no Tópico 3, abrangendo as três alternativas mais aplicadas: térmico, elétrico e substituição do gás natural. O tópico 4 traz uma visão sobre serviços em geral relacionados a plantas de biogás, além de algumas informações sobre o controle e automação de plantas e as tecnologias para redução de odores.

Ao longo do catálogo são apresentados alguns fornecedores que se destacam no fornecimento de determinadas tecnologias. O último tópico "Lista de empresas por categoria" será apresentado em anexo em formato Excel e traz uma lista extensa, com mais de 700 fornecedores, agrupados de acordo com seus ramos de atividades.

Panorama sobre Biogás

O biogás é um gás combustível renovável, cuja atratividade é baseada por um lado na geração descentralizada de energia, e por outro lado na redução de impactos ambientais negativos.

No setor de energia, o biogás pode ser utilizado para a geração de energia elétrica e de calor. Além disso, a possibilidade de processamento para biometano, faz do biogás um recurso energético flexível. Isto é significativo no contexto brasileiro, devido à dependência do gás natural importado, dos limites espaciais da rede de gás, da grande e crescente frota de veículos a gás natural e o aumento da demanda doméstica de gás. Em termos de impactos ambientais podem-se citar vários aspectos relacionados à produção de biogás: a redução de emissões de gases de efeito estufa, que pode ocorrer pela redução da emissão de dióxido de carbono pela substituição dos combustíveis fosseis ou redução da emissão de óxido nitroso e metano, os quais são liberados quando tem-se um tratamento inadequado e não controlado de resíduos orgânicos.

Em três setores, o uso da tecnologia de biogás para a reciclagem de resíduos orgânicos é particularmente vantajoso: no tratamento de águas residuais, na agricultura/agroindústria e no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.

As razões para a diferença entre os potenciais e efeitos ambientais positivos, e a real implementação até então muito limitada são, além das restrições econômicas, a falta de conhecimento técnico específico. As tecnologias utilizadas atualmente no Brasil, como p.ex. lagoas cobertas na agricultura, não correspondem ao estado atual da arte em outros países.

Observa-se também, que já existem diversos fabricantes europeus de plantas e componentes de biogás atuando no Brasil, e que o interesse internacional em cooperar e estabelecer um mercado nacional está crescendo.

A identificação das tecnologias existentes e em paralelo, a divulgação de fornecedores e empresas com know how e interesse em ingressar e participar mais ativamente do mercado brasileiro é de grande valia, pois contribui com o acesso à informação para o setor de biogás, que ainda carece de informações mais detalhadas do mercado em desenvolvimento.

Contexto da produção de Biogás

O tópico 3: Produção de Biogás - Tecnologias, empresas e mercados disponíveis trata com detalhe, das tecnologias de produção de biogás a partir de diferentes substratos: efluentes industriais, resíduos sólidos urbanos, agrícolas e agroindustriais. Busca apresentar os processos de extração e preparação da fração orgânica utilizada para produção de combustível de alta qualidade, descrevendo os pré-requisitos e condições gerais de cada processo e tecnologia disponíveis.

No âmbito do tratamento de efluentes industriais, o tratamento anaeróbio é uma das alternativas existentes para redução da carga orgânica dos efluentes, que gera biogás naturalmente. O biogás produzido pode ser usado diretamente para cobrir a demanda de energia elétrica e térmica da planta, através de seu uso nas usinas de cogeração, podendo ser armazenado ou processado. Para o uso do biogás como fonte de energia para o sistema, torna-se necessário porém, um controle e monitoramento do processo, bem como de uma avaliação de sua produção em termos quantitativos e qualitativos.

Esse processo anaeróbio de tratamento de esgoto tem muitas vantagens: relativo baixo investimento; baixos custos operacionais do sistema e temperaturas de funcionamento ideais para as condições tropicais do Brasil.

No tratamento de efluentes são utilizadas diferentes tecnologias de reatores. O principal critério para a escolha do reator é o tipo de imobilização de microrganismos para o tratamento anaeróbio. Este capítulo apresentará com olhar crítico as vantagens e desvantagens dos tipos de reatores existentes, principalmente para o tratamento de efluentes industriais com elevada carga orgânica.

No âmbito da produção de biogás a partir de resíduos urbanos, pode-se diferenciar os resíduos industriais e os municipais. A composição desses resíduos é muito diferente e isto deve ser levado em conta na escolha da tecnologia apropriada para a produção de biogás. O critério mais importante é o conteúdo de matéria seca, que interfere na decisão entre a digestão úmida ou a seca. Os resíduos industriais normalmente têm uma estrutura relativamente homogênea, porém muito diversificada (resíduos da indústria alimentícia, frigoríficos, laticínios, etc.), o que expande as possibilidades das tecnologias elegíveis para a digestão. Os resíduos urbanos, em contraste, são compostos bastante heterogêneos e devem ser submetidos a uma triagem, a fim de gerar frações de resíduos uniformes, que serão tratadas posteriormente como substrato nas correspondentes plantas de biogás. A escolha da tecnologia utilizada, por sua vez, determina a utilização de reatores adequados para o processo de digestão. Os reatores mais comumente utilizados serão apresentados no capítulo 3.

Ainda nos anos 80, a Alemanha foi um dos primeiros países a capturar gás de aterro através de sistemas adequados e utilizá-lo energeticamente. Com o passar do tempo, o foco da gestão de resíduos foi modificado através de medidas legais, de forma que atualmente os resíduos passam por um pré-tratamento antes de seguir para os aterros. Este tem como objetivo extrair frações que podem ser valorizadas economicamente, como por exemplo recicláveis e orgânicos. Devido à redução da destinação de orgânicos para aterros, a produção, processamento e valorização energética de gás de aterro também reduziu significativamente na Alemanha. Isso levou ao fechamento de muitas plantas de geração de energia através desta fonte, mas também ao surgimento de ideias inovadoras para a eliminação dos gases residuais formados nos aterros sanitários. Ainda são produzidas na Alemanha, especialmente em grandes aterros, enormes quantidades de gases residuais e ainda existe um grande número de empresas especializadas em projetos e fornecimento de tecnologias e produtos nesta área.

Com relação a produção de biogás a partir de resíduos orgânicos agrícolas e industriais, este setor representa um enorme potencial no Brasil e pode ser, portanto, bastante interessante. Para a construção de plantas de biogás "abastecidas" com resíduos agrícolas existe um princípio simples: o grau da complexidade desses sistemas depende da porcentagem de dejetos de animais em forma líquida e do tamanho das plantas. O digestor para uso no setor agrícola é alimentado principalmente com substratos orgânicos úmidos, como p.ex. dejetos suínos, e tem uma concepção relativamente simples, com o reservatório de gás diretamente acima do digestor em forma de cúpula.

O que se observa nesse setor é uma grande variedade do nível tecnológico empregado. Principalmente para o tratamento de dejetos suínos, há uma série de sistemas de baixa tecnologia agregada, como é o caso das lagoas cobertas. Todavia, é possível observar também, ainda que em menor número, alguns sistemas que seguem o "Modelo Europeu" (tanques cilíndricos, agitados mecanicamente, com elevado grau de instrumentação e controle). Algumas alternativas intermediárias, chamadas de "Modelo Europeu Tropicalizado" (lagoas cobertas com agitação mecânica e aquecimento, e um grau mínimo de instrumentação) também já podem ser observadas.

Contexto da Utilização do biogás

O tópico 4: Utilização de Biogás - Tecnologias, empresas e mercados disponíveis, se encarrega de mostrar as alternativas para a aplicação energética do Biogás, apresentando e discutindo as tecnologias consolidadas de cada uso. Busca também, indicar as empresas do ramo e seus produtos e serviços mais difundidos no mercado.

O grande diferencial do Biogás é sua diversidade no uso: energia elétrica, térmica e substituição ao gás natural, podendo ser injetado na rede, o que o torna ainda mais atrativo para o mercado.

Para uso como combustível veicular e para injeção na rede de gás natural, o biogás deve ser transformado em biometano, pois somente através destes processos pode ser alcançada uma qualidade que corresponde à do gás natural.

Na Alemanha, os requisitos para utilização de biometano como um gás adicional ou de substituição, especialmente para a injeção na rede de gás, são regulamentados através de guias e de normas elaborados pela Deuts-

cher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. - DVGW, a associação alemã para Gás e Água, nos quais estão descritos as condições e os parâmetros mais importantes que devem ser atendidos, a fim de alcançar a qualidade exigida. As principais etapas do processamento do biogás para biometano são a dessulfurização, a remoção de dióxido de carbono, a secagem do gás, bem como outras medidas de ajuste do valor calorífico. Neste caso, a ordem dessas etapas pode variar de acordo com a composição do biogás produzido e com o tipo de processo de produção (de natureza física e bioquímica).

A utilização mais comum e que pode ser observada em muitos países é a aplicação do biogás em usinas de cogeração para geração de energia elétrica e térmica. As tecnologias necessárias para essa forma de aproveitamento do biogás já estão estabelecidas e muitas empresas europeias produzem e comercializam seus equipamentos nacional e internacionalmente.

A aplicação do biogás como combustível já pode ser observada no transporte público através de alguns projetos promissores já existentes. Estes projetos visam a circulação de ônibus, de veículos de passeio e, no caso do setor agrícola, a movimentação de tratores com biometano.

Recentemente no âmbito internacional, a geração de energia a partir de biogás está caminhando na direção do uso de células de combustível. Também para o uso energético nesses componentes é necessária a purificação do biogás, principalmente porque compostos de enxofre podem danificar as células de combustível. Em crescimento também está o conceito de "redes inteligentes", também conhecidas como soluções de gerenciamento "Smart Grid".

O biogás como fonte de energia, produzida e transformada eficientemente, aparece como uma alternativa promissora para a substituição de fontes de energia tradicionais para diferentes tipos de aplicação.

2 PRODUÇÃO DE BIOGÁS

2.1 Efluentes industriais

2.1.1 Processos anaeróbios para purificação de efluentes industriais

Os efluentes líquidos se diferenciam entre si de acordo com sua origem em efluentes domésticos ou industriais, mas principalmente em relação aos tipos e concentrações de substâncias, como seus poluentes e carga orgânica e a presença de substâncias recalcitrantes. Este capítulo concentra-se no tratamento anaeróbio de efluentes industriais com elevada carga orgânica, que em comparação com efluentes domésticos têm um maior potencial de produção de biogás.

Para o tratamento de efluentes utiliza-se processos aeróbios e anaeróbios, cujo principal objetivo é reduzir a carga orgânica e, conseqüentemente, alcançar a qualidade exigida para descarga em corpos d'água. Na maioria dos casos, utiliza-se uma combinação dos tratamentos aeróbio e anaeróbio para alcançar este objetivo.

Áreas de aplicação do tratamento anaeróbio de efluentes industriais

O tratamento anaeróbio de efluentes industriais varia muito com o tipo de indústria, que influencia diretamente na composição do efluente e sua periculosidade. A tabela 2-1 dá uma visão geral das áreas de aplicação do tratamento anaeróbio em diferentes setores e tipos de efluentes.

Tabela 2-1: Áreas de aplicação do tratamento anaeróbio de efluentes industriais

SETOR DA INDÚSTRIA	EXEMPLOS DE TIPO DE INDÚSTRIA/EFLUENTES
Indústria agroalimentícia	Indústria de açúcar, processamento de batata, fábricas de amido, levedura, pectina, produção de ácido cítrico, confeitaria, processamento de frutas e vegetais, produtos de panificação, frigoríficos, processamento de carnes, laticínios
Bebidas	Indústria de refrigerantes e sucos de fruta, processamento de café
Álcool	Destilarias, produção de etanol, cervejarias, produção de vinho
Papel e celulose	Papel reciclado, decomposição química ou mecânica de madeira, palha, bagaço
Outros	Química, farmacêutica, lixiviado de aterros, água de drenagem de minério

A composição dos efluentes industriais é muito diferente nos diferentes setores e abrange uma vasta gama de substâncias facilmente degradáveis e outras recalcitrantes (tabela 2-2), ou seja, de difícil degradação, o que influi diretamente na escolha da tecnologia de tratamento adequada. Somado a isso, o grau de tratamento almejado também influencia na escolha da tecnologia.

Tabela 2-2: Características de diferentes efluentes industriais e tecnologias utilizadas [Rajeshwari]; [Bischofsberger]

TIPO DE EFLUENTE	DQO (G/L)	OBS.	TECNOLOGIAS EMPREGADAS
Efluentes de abatedouros	5,2-11,4	Altos teores de sólidos suspensos, gorduras e proteínas	UASB, leito fixo, processo de lodos ativados, CSTR
Laticínios	1,1-3,3		UASB
Produção de queijo (soro de leite)	75	Alto teor de sal, ajuste do pH	UASB, leito fixo
Indústria açucareira	0,2-14	Alto teor de sal, ajuste do pH	Lodos ativados, UASB
Resíduos de destilarias	70-98	Características muito diferentes dependendo da matéria-prima (beterraba sacarina, trigo, etc.) eventualmente sazonalidade	UASB, EGSB, CSTR
Indústria de papel e celulose	0,9-220	Inibidores: taninos, ácidos de resina, enxofre, ácidos graxos, terpenos	UASB, EGSB, leito fluidizado
Indústria de sucos de fruta	4-7	Operação sazonal, flutuações do valor de pH, baixas concentrações de N e P	EGSB, UASB
Indústria de refrigerantes	1,2-60	Flutuações do valor de pH	UASB, EGSB
Cervejaria	1-7,7	Flutuações do valor de pH, das concentrações e carga	UASB, EGSB
Produção de amido	0,3-30	Risco de precipitação	UASB, leito fixo

TABELA DE ABREVIAÇÕES		
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket	Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente
CSTR	Continuous Stirred Tank Reactor	"Reator de Fluxo Contínuo"
EGSB	Expanded Granular Sludge Blanket	Manta de Lodo Granular Expandida
IC-Reaktoren	Internal Circulation Reactor	Reatores de Circulação Interna
UDR-Reaktoren	Upflow Downflow Reflow Reactor	Reatores de Fluxos Ascendente Descendente e de Recirculação

Quando há grande concentração de matéria orgânica no efluente, o tratamento anaeróbio é benéfico por várias razões, entre elas a possibilidade de produção de quantidades consideráveis de biogás e conseqüentemente, de energia. Esta energia pode ser utilizada no próprio processo fabril (eletrici-

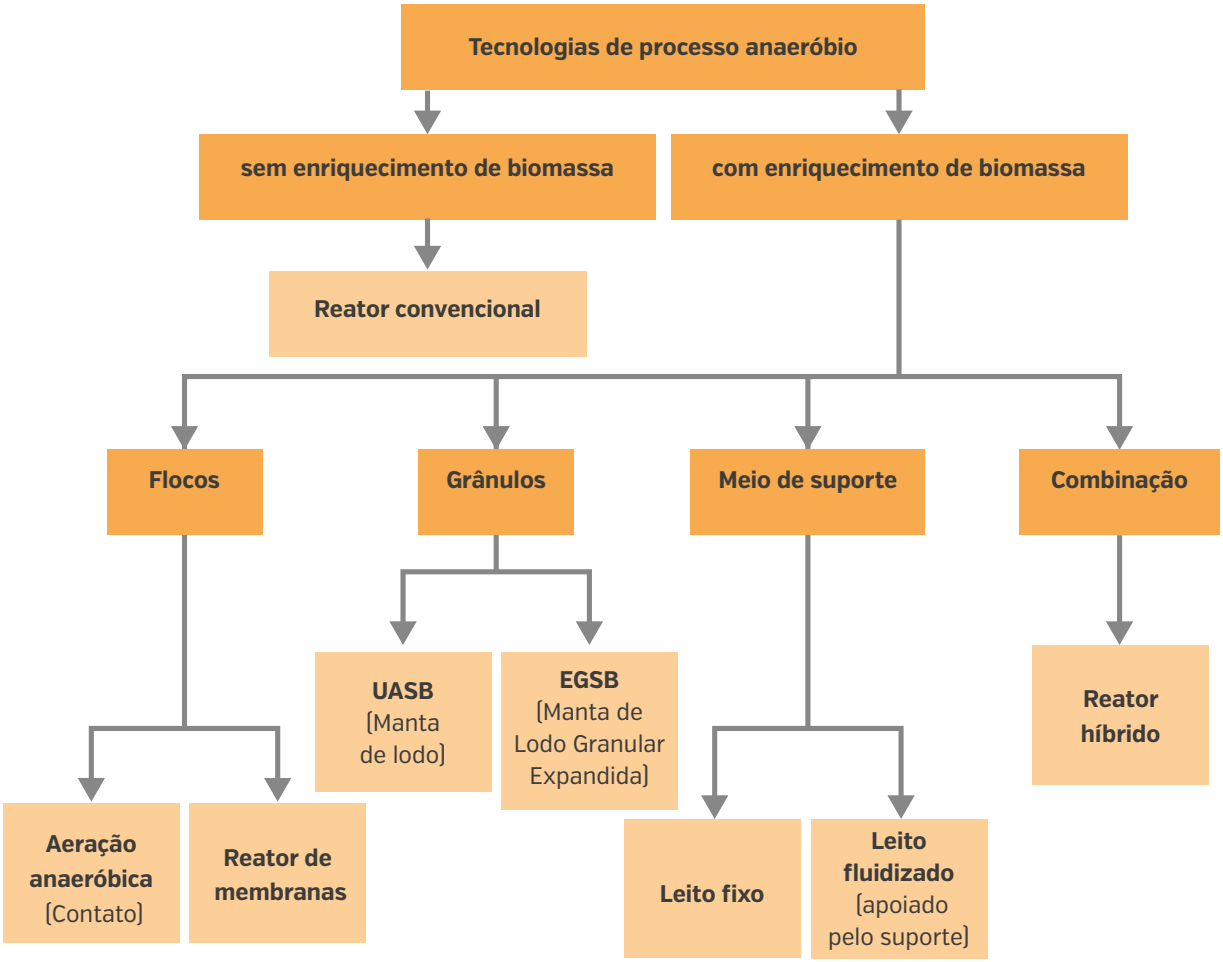
dade, calor, frio), reduzindo a necessidade de outras fontes de energia. Além disso, a demanda por oxigênio em processos aeróbios é muito alta, especialmente para o tratamento de efluentes com carga orgânica elevada, o que resulta em alto consumo de energia e uso de tecnologias mais complexas.

Em alguns casos, estes efluentes apresentam temperaturas elevadas (por exemplo, resíduos de destilaria com 70-90°C). Essa característica tem uma influência decisiva sobre a tecnologia, devido a necessidade de gerenciamento da temperatura e da demanda de energia para o aquecimento dos reatores.

2.1.2 Tecnologias de reatores

No tratamento anaeróbio de efluentes são utilizadas diferentes tecnologias de reatores. A maior parte delas é classificada de acordo com a natureza da imobilização dos microrganismos. Existem reatores em que não há imobilização, e outros, em que os microrganismos são retidos em uma estrutura de suporte (figura 2-1). O objetivo da imobilização é o aumento da atividade metanogênica nos reatores, o que resulta em taxas de fluxo mais elevadas e o volume necessário do reator pode ser menor. A estrutura adequada do reator depende da natureza dos efluentes. Basicamente, reatores no qual a biomassa apresenta-se sob a forma de pellets não são adequados para efluentes contendo níveis mais elevados de sólidos suspensos.

Figura 2-1: Estrutura de processos anaeróbios de tratamento de efluentes; modificado por [Bischofsberger]



É de suma importância que um sistema de tratamento anaeróbio mantenha no reatores uma biomassa adaptada, com elevada atividade microbiana e resistente a choques. Para monitorar e garantir a sua eficiência, é necessário acompanhar as características do lodo, durante o tratamento anaeróbio.

Atualmente são utilizados principalmente sistemas nos quais os microrganismos são imobilizados em forma de pellets. Uma vez que os reatores IC são associados ao processo de EGSB, este pode ser definido como o principal método de tratamento anaeróbio de efluentes.

Reatores UASB

O *Uplow Anaerobic Sludge Blanket*, abreviadamente designado reator UASB são amplamente difundidos na fermentação anaeróbia de efluentes. Em geral, a tecnologia UASB é um processo anaeróbio de reatores de manta de lodo, que apresenta inúmeras vantagens em relação aos processos aeróbios convencionais.

O elemento diferencial e mais característico do reator UASB é o separador de fases (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994), que subdivide em três zonas ou compartimentos o reator: a zona de digestão, a zona de sedimentação ou decantação e a zona de convergência e desprendimento do biogás. O fluxo ascensional ao atingir o separador trifásico deve ser composto idealmente por uma mistura de efluente líquido tratado, poucas partículas de lodo carreadas e bolhas de biogás geradas. Assim sendo, a razão de ser do dispositivo separador trifásico é o direcionamento independente das bolhas do biogás contidas na massa líquida, de tal forma que o fluxo líquido adentre em uma zona propícia à decantação, criada no extremo superior do reator (CHERNICHARO, 2007).

O substrato percorre então a manta de lodo de baixo para cima, e a purga é realizada pela parte superior do reator. Deste modo, a biomassa permanece no sistema e os resíduos tratados são descarregados. No entanto, microrganismos floculantes, filamentosos e dispersos, devido à densidade mais baixa, não descem tão rapidamente e são drenados muitas vezes do reator junto com a purga.

O lodo na região da manta deve ser bem adaptado, com alta atividade metanogênica específica (AME) e excelente sedimentabilidade. Se possível o lodo deverá ser granulado, uma vez que este tipo de lodo apresenta características bem melhores que as do lodo floculento.

Em reatores UASB, ocorre um fluxo rápido dos efluentes e os tempos de residência hidráulica são curtos. Impurezas de alta densidade, que dificilmente entram no fluxo ascendente afetam negativamente o processo. Durante o fluxo ascendente do substrato, os componentes orgânicos são convertidos em metano e dióxido de carbono.

A zona da separação trifásica deve ter altura suficiente para possibilitar a sedimentação completa das partículas de lodo. Portanto, reatores de manta de lodo são projetados com diâmetros reduzidos e maiores alturas.

O substrato utilizado na fase inicial deve ser livre de substâncias finas persistentes, apresentar baixas concentrações de MS e concentração de Ca^{2+} entre 150 e 300 mg/l. Como inoculo geralmente usa-se o excesso de lodo de reatores UASB ou lodo de esgoto de estações de tratamento.

A fim de assegurar a drenagem da biomassa incapaz de se estruturar na manta de lodo, é necessário que a operação hidráulica seja o mais constante possível, planejando um retorno proporcional do fluxo de efluentes tratados para o reator. Reatores UASB são aplicados para tratamento de muitos efluentes industriais, tais como na indústria de alimentos, no tratamento de efluentes de destilarias, na indústria de papel, têxtil, farmacêutica, de plásticos, de químicos e petroquímicos.

Como toda tecnologia, o reator UASB apresenta vantagens e desvantagens, como citado a seguir:

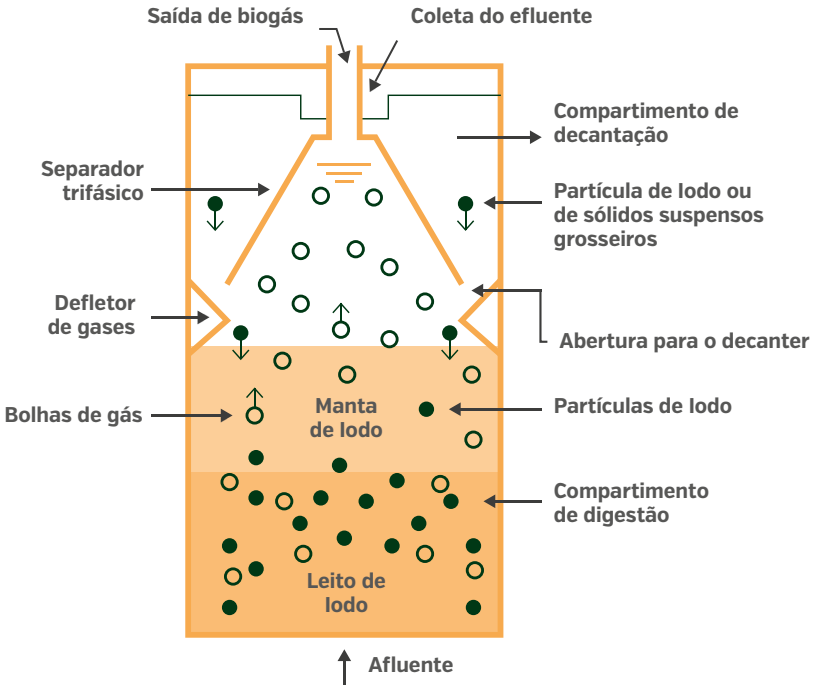


Figura 2-2: Estrutura de um reator UASB (BIOPAQ® - System)

Vantagens dos reatores UASB

- Devido ao alto teor de biomassa, normalmente pode-se alcançar um volume de carga de DQO de 8 até 15 kg/(m³.dia), ou seja, um sistema compacto e com bom custo-benefício.
- Sistema robusto e durável, considerando-se que não há peças móveis (por exemplo agitadores)
- Uma vez que é o tipo de reator mais comumente utilizado, tem-se experiência suficiente.
- O teor de biomassa pode ser determinado com relativa exatidão e, se for necessário, pode ser aumentado.
- Após um incidente (por exemplo, toxicidade) o desempenho pode ser rapidamente restaurado por inoculação (com o lodo excedente do próprio reator).
- Não há problemas de entupimento, se houver um pré-tratamento eficiente para efluentes sólidos.
- Como a circulação ocorre principalmente pela ascensão de gás, é necessária uma baixa demanda de energia (bomba de alimentação).
- A facilidade em se determinar a biomassa permite um melhor monitoramento da operação do sistema.

Desvantagens de reatores UASB

- Reatores UASB são sensíveis ao elevado teor de sólidos, de gordura e concentrações de cálcio nos efluentes.
- Devido aos baixos tempos de residência não há boa capacidade de tamponamento sobre picos de carga e componentes tóxicos.
- A transferência efluente-biomassa é pior do que dos reatores EGSB

Reatores EGSB e IC

A evolução do sistema UASB é o reator EGSB (Expanded granular sludge blanket). No reator EGSB um leito fluidizado granular é expandido verticalmente através de velocidades de fluxo mais elevadas. Ao intensificar o contato (melhor transferência de massa) entre a biomassa e o substrato, este tipo de reator é mais resistente e demanda, devido ao formato relativamente mais alongado e alto (até 27 m), de uma área menor do que o reator UASB. Diferenças significativas em relação ao UASB são a circulação maior do efluente, a entrada efetivamente distribuída e um melhor desempenho do separador trifásico.

Encontram-se aplicações do reator EGSB tecnicamente sofisticadas especialmente no tratamento de efluentes com altas concentrações de materiais orgânicos dissolvidos, os quais tem elevado potencial de biogás, como efluentes de cervejarias, da indústria de alimentos e papel, bem como resíduos industriais especiais das indústrias farmacêuticas e químicas.

Vantagens de reatores EGSB em comparação com reatores UASB

- Através da construção melhorada do separador pode-se alcançar alturas maiores dos leitos de lodo e assim, referente ao volume total, teores de biomassa mais elevados.
- As altas velocidades ascendentes na primeira unidade do reator possibilitam a transferência ideal de matéria e altas velocidades de conversão. Altas cargas volumétricas de 15-30 kg/(m^3*d) podem ser alcançadas.
- As altas velocidades ascendentes também permitem o tratamento de efluentes com baixas concentrações em volume e relativamente altas cargas.
- Bastante resistente a substâncias filtráveis na entrada uma vez que eles são lavados parcialmente devido ao aumento das velocidades ascendentes.
- A elevada taxa de recirculação permite o tratamento de efluentes concentrados como também a degradação gradual de compostos orgânicos muito complexos, tais como formaldeído, os quais também podem estar presentes em concentrações tóxicas antes da diluição.
- Pela recirculação, o bicarbonato também é reduzido a partir dos processos de degradação anaeróbia no reator, que resulta em um aumento da alcalinidade, reduzindo assim a necessidade de regulação do pH.
- A geometria do reator (pequenos diâmetros, grandes altitudes) requer pequenas áreas de construção e também permite uma vedação completa e barata, de modo que não há emissões atmosféricas. Um sistema de pressão com armazenamento integrado de gás é possível.

Desvantagens dos reatores EGSB em comparação com reatores UASB

- Custos de bombeamento mais elevados devido às taxas de recirculação superiores.
- A eficácia em termos de degradação das partículas é menor, onde praticamente apenas a DQO dissolvida é degradada.
- A qualidade do efluente tratado ainda pode exigir tratamento adicional para satisfazer as normas ambientais aplicáveis.
- Devido a sua altura elevada, a construção de concreto pode ser tecnicamente muito complexa (dependendo de tecnologias e *know-how* no local).

Outro reator com forma diferenciada é o IC (Internal circulation/circulação interna), que consiste de duas partes, similar a dois reatores UASB empilhados. Neste reator, os efluentes são tratados primeiramente em uma zona de alta carga (parte inferior do reator) e, em seguida, em uma zona de baixa carga (parte superior do reator). No reator IC, a taxa de fluxo no compartimento inferior é cerca de duas vezes mais alta do que na parte superior, assim, com os mesmos volumes, o tempo de residência no compartimento superior é a metade. O substrato entra por baixo na primeira unidade do reator, onde forma-se um leito granulado de lodo. O substrato é degradado com alta taxa de conversão e o biogás é produzido e capturado na parte superior desta unidade. A descarga é bombeada para a parte superior do reator para tratamento posterior e retorna para a parte inferior. A mistura do reator é feita por meio de distribuição do substrato e recirculação interna da descarga. Além disso, a reinjeção do biogás produzido no sistema para facilitar a mistura e aumentar a eficiência é possível.

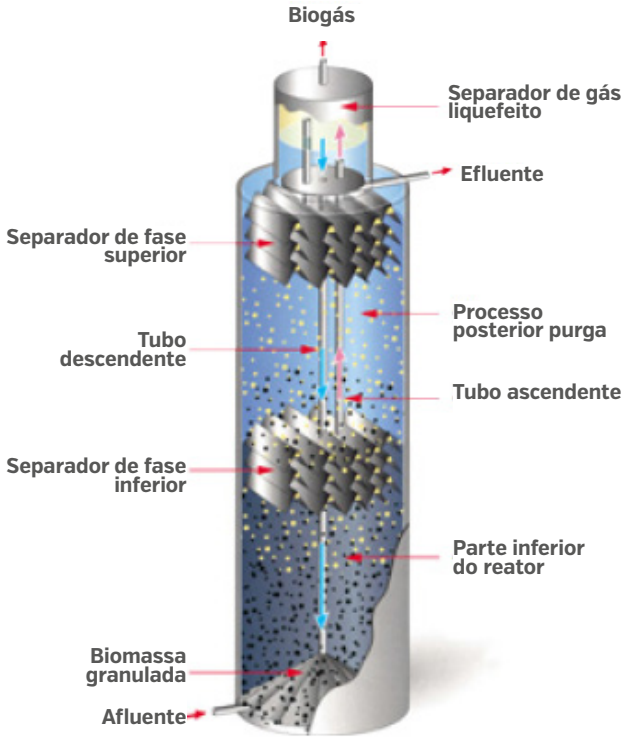
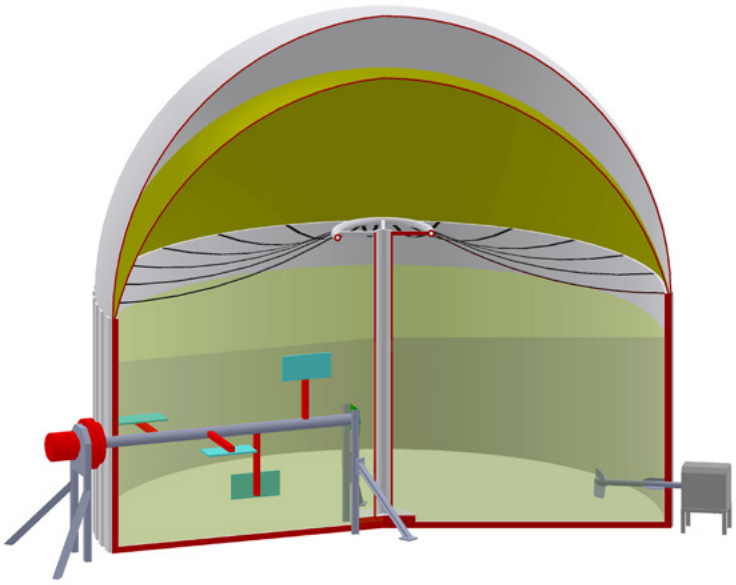


Figura 2-3: Estrutura de um reator IC (BIOPAQ® - System)

Continuously Stirred Tank Reactor (CSTR) - Reator de Fluxo Contínuo
O reator de fluxo contínuo é um agitador que não retém a biomassa e permite a corrente de curto-circuito, sendo adaptável a diferentes características do substrato.

Nesse sistema não é efetuada a imobilização específica, o que conduz a tempos de residência relativamente longos (15 até 25 dias) e, portanto, são necessários reatores grandes. Por esta razão, este tipo de construção é normalmente utilizada no tratamento anaeróbio de efluentes apenas em combinação com recirculação de lodos. É, entretanto, uma tecnologia padrão para substratos agrícolas e resíduos orgânicos industriais e será explicada detalhadamente no tópico 2.3, na sequência.



Figua 2-4: Reator tanque continuamente agitado com agitador de pá lateral e reservatório de membrana dupla

Fonte: *© Mathias Stur (DBFZ)*

A seguir, são apresentados algumas empresas que se destacam no fornecimento de determinadas tecnologias. O tópico 5 traz uma lista expandida, com mais de 700 fornecedores, agrupados de acordo com seus ramos de atividades, num formato de tabela Excel.

2.1.3 Perfil de empresas e produtos

TRATAMENTO DE ÁGUA E GÁS – PAQUES BV

Figura 2-5: Logotipo da Paques bv

Uma tecnologia da Paques para tratamento de efluentes especialmente adequada para climas (sub)tropicais e, portanto interessante para o Brasil, é o processo BIOPAQ®UBOX. O BIOPAQ®UBOX combina a degradação e a conversão de compostos orgânicos com uma etapa anaeróbia na primeira fase e, na segunda fase do tratamento, uma etapa anaeróbia em um reator compacto.

Figura 2-6: Paques CIRCOX na frente 140 m³) e IC- (atrás, 385 m³) Reatores de uma cervejaria no Brasil

UDR-TECNOLOGIA DE LEITO FIXO – ENERGIE-ANLAGEN RÖRING GMBH

Figura 2-7: Logotipo da Energie-Anlagen Röring GmbH

A Röring GmbH, com sede em Vreden em Münsterland, é uma das empresas mais inovadoras da Alemanha no campo da engenharia de instalações e energias renováveis. Desde 2004, a Energie-Anlagen Röring desenvolve plantas com soluções integradas que são particularmente bem equilibradas em termos de tecnologia, funcionalidade e economia.

A gestão interna de qualidade controla permanentemente o alto padrão. Em cooperação com parceiros selecionados são oferecidos os seguintes serviços na área de instalações de energia:

- Estudos de viabilidade
- Concepção de plantas
- Processo de aprovação
- Construção de plantas e instalações
- Comissionamento
- Serviço para plantas e otimizações

A Energie-Anlagen Röring Röring GmbH opera em vários países europeus no ramo de equipamentos e sistemas de eficiência energética, bem como no ramo da tecnologia ambiental. Elementos centrais são:

- UDR Filtro anaeróbio de leito fixo
- PlurryMaxx - Desintegração
- CelsiMaxx –Gestão de calor
- CircumMaxx –Tecnologia de agitador eficiente
- Dialogo –Tecnologia de controle e automação

No que diz respeito ao tratamento anaeróbio de efluentes, o digestor UDR de leito fixo merece atenção especial. A característica marcante da tecnologia UDR de leito fixo é a alta taxa de conversão e é aplicada em empreendimentos agrícolas, estações de tratamento de esgoto, para o tratamento de resíduos industriais orgânicos ou para otimizar as plantas de biogás existentes. O conceito de sistema modular UDR é flexível e expansível.

Figura 2-8: UDR-Digestor de leito fixo da Energie-Anlagen Röring

As novas plantas compactas de biogás de Röring contam com as vantagens da tecnologia patenteada UDR. O sistema UDR, „upflow“ significa fluxo ascendente do leito fixo, “Down Flow” é o fluxo descente e “reflow” é a recirculação da biomassa.

Com o UDR-MonoTube, as três funções mencionadas são realizadas ineditamente em um único recipiente. Os principais benefícios para empreendimentos agrícolas são altos níveis de metano e rendimentos máximos de gases.

Devido à alta concentração de bactérias ativas, esta tecnologia é muito potente. A digestão ácida ocorre intensamente em menor espaço e tempo. O composto resultante da digestão pode ser utilizado ou comercializado como adubo, devido a suas propriedades e a baixa emissão de odor.

Com diâmetro de cerca de três metros e uma altura de cerca de 15 metros, o digestor com reservatório integrado de pressão de gás permite uma construção compacta. Todos os outros componentes necessários, tais como bombas, trocadores de calor, controle e o motor CHP são instalados sobre uma base de cerca de 4 x 10 m.

TRATAMENTO ANAERÓBIO DE EFLUENTES E RESÍDUOS – FARMATIC ANLAGENBAU GMBH

Figura 2-9: Logotipo da FARMATIC Anlagenbau GmbH

A FARMATIC Anlagenbau GmbH é uma empresa de tradição há 50 anos atuando no mercado, baseada na construção modular de tanques. A FARMATIC tem, desde o início dos anos 90, projetado e implementado estações de tratamento de efluentes, sendo a pioneira da tecnologia de biogás na Alemanha.

Com base no know-how de engenheiros e técnicos experientes, a FARMATIC planeja e fabrica plantas completas de biogás "chave-na-mão" (turn-key). Através da gestão rigorosa da qualidade e consistente inovação tecnológica, a FARMATIC é hoje o parceiro mundialmente mais procurado para plantas de biogás.

Os produtos e serviços oferecidos pela FARMATIC podem ser resumidos nos seguintes:

- Planejamento, engenharia e construção de plantas de biogás "chave-na-mão"
- Construção de tanques especiais (digestores, tanques de esgoto, água potável e tanques para a indústria química)
- Sistemas térmicos de armazenamento para refrigeração e aquecimento industrial
- Componentes (misturadores, processamento de gás, flares de biogás etc) para plantas de biogás

Com mais de 3.000 tanques construídos em todo o mundo, mais de 20 plantas de biogás de larga escala e mais de 100 projetos de plantas de biogás concluídos, a FARMATIC pode apresentar muitas referências.

2.1.4 Referências bibliográficas

[Springer] Springer J., GICON-Verfahren: Trocken-Nassfermentation, Vortrag im Rahmen der International Biomass Conference, IBC Leipzig, 5.-7. Juni 2013

[Bischofsberger] Bischofsberger, W. et al.: Anaerobtechnik; Springer, 2004, 2. vollst. überarb. Aufl. 2005, [ISBN: 3540068503]

[FNR] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Abt. Öffentlichkeitsarbeit: Leitfaden Biogas - Von der Gewinnung zur Nutzung; Gülzow, 2013, 6. ed., [ISBN: 3-00-014333-5]

[Rajeshwari] Rajeshwari K.V. et al.: State-of-the-art of anaerobic digestion technology for indus-trial wastewater treatment; Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 4 [2000], pp. 135–156

[Yu] Yu, H..; Tay, J..; Fang, H.H..: The roles of calcium in sludge granulation during uasb reactor start-up; Water Research, vol. 35 [2001], no. 4, pp. 1052–1060, [doi:10.1016/S0043-1354[00]00345-6]

VAN HAANDEL, A.; LETTINGA, G. Tratamento anaeróbio de esgoto. Um manual para regiões de clima quente. Campina Grande, Brasil, Universidade Federal da Paraíba. 1994.

CHERNICHARO, C. A. L. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias – Reatores anaeróbios. Departamento de engenharia sanitária e ambiental – DESA/ UFMG, Belo Horizonte, v. 5, 2ª edição, 380 p., 2007.

2.2 Resíduos Sólidos Urbanos e Gás de Aterros

2.2.1 Digestão de resíduos sólidos orgânicos

Assim como o tratamento de efluentes líquidos, a produção de biogás a partir de resíduos sólidos pode ser dividida em duas áreas: resíduos municipais e resíduos industriais. Resíduos municipais são normalmente caracterizados por altos níveis de impurezas (vidro, areia, plástico, etc.) e por uma grande heterogeneidade e sazonalidade, diferentemente dos resíduos orgânicos industriais, que incluem resíduos das indústrias alimentícias e da produção de bioetanol, e que se caracterizam por apresentarem uma composição mais homogênea.

Diferentes resíduos (municipais, industriais, agrícolas) podem ser digeridos em conjunto (co-digestão), possibilitando um aumento de eficiência para o processo. No entanto, deve-se atentar para o pré-tratamento de matérias-primas de difícil digestão e, sobretudo, para uma boa gestão da higiene. Isto inclui não só uma tecnologia apropriada para a higienização, mas também uma boa gestão do fluxo de substratos. Para reduzir riscos de contaminação e perda da qualidade de substratos, deve-se evitar fluxo de materiais e pessoas no sentido "área de substratos não-higienizados" para "área de substratos higienizados ou sem necessidade de higienização".

A seguir, há um detalhamento das principais diferenças no processamento de resíduos sólidos, sejam eles urbanos ou industriais, e uma apresentação das principais tecnologias e fornecedores para a produção de biogás a partir de resíduos sólidos.

Resíduos industriais orgânicos

Embora a composição de um determinado resíduo industrial seja muito homogênea (quando comparado a resíduos municipais), a diferença de composição entre diferentes resíduos industriais é muito maior do que, por exemplo, diferenças de composição dos resíduos municipais. Por exemplo, podem ocorrer teores de matéria seca entre 2, 5 [% MS] até 92 [% MS]. Devido a essas variações é vasta a gama de tecnologias para produção de biogás a partir destes resíduos.

Nota-se que alguns resíduos apesentam sazonalidade (por exemplo, da indústria de bioetanol, produção de vinho, do processamento de frutas) enquanto outros são produzidos uniformemente ao longo do ano (por exemplo, processamento de leite, processamento de carne). Na maioria das experiências na Alemanha, diferentes resíduos industriais são digeridos juntos numa mesma instalação, complementados por estrume ou esterco. Isso é feito visando uma melhoria das propriedades reológicas (conteúdo de MS, a capacidade de mistura e bombeamento), bem como de propriedades físico-químicas e de processo (taxa de hidrólise, conteúdo de proteína e de micro e macronutrientes, redução do risco de inibição).

Resíduos sólidos urbanos

A composição não homogênea dos resíduos municipais pode requerer um pré-tratamento (p. ex. isolamento da fração orgânica) dependendo da opção tecnológica adotada. Já são empregadas na Alemanha tecnologias robustas para tratamento de resíduos sólidos urbanos que são pouco sensíveis a materiais inorgânicos (vidros, pedras, etc.). Um exemplo típico é a digestão destes substratos em digestores tipo garagem.

Todavia, se é empregada uma tecnologia diferente das garagens, substâncias inorgânicas devem ser removidas do fluxo de alimentação dos digestores através de tecnologias de separação. Do ponto de vista técnico, procura-se deixar uma máxima fração orgânica no substrato. Após a digestão, o resíduo desse processo é submetido, em muitos casos, à compostagem, cujo produto pode ser empregado como fertilizante, húmus, substituto de turfa rico em nutrientes e como cobertura para aterros sanitários.

2.2.2 tecnologia de reatores

A digestão de resíduos está sujeita a uma ampla gama de substratos com diferentes propriedades, o que leva a uma diversificação de tecnologias. Um parâmetro primordial para a escolha da tecnologia mais adequada é o conteúdo de matéria seca dos substratos e o respectivo teor de fibras. Com base nessas características as várias tecnologias de digestão são classificadas em dois grandes grupos: seca ou úmida.

Tabela 2-3: Resumo dos métodos de fermentação de resíduos

MÉTODO	EMPRESA	TRH [D]	COV [KG_{OTS} M^{-3} D^{-1}]	FAIXA DE TEMPERATURA	OBS.
Processos "secos" monofásicos, contínuos					
Dranco	Organic Waste Systems	15 até 30	5	termofílico	
LARAN-fermentação seca	Strabag	25	8 até 12	termofílico	Antiga LINDE-KCA
Kompogas	Axpo	20	Sem detalhes	termofílico	Ehemals Bühler
Valorga	Valorga	18 a 25	Sem detalhes	mesofílico	
Processos bifásicos contínuos sem retenção de biomassa (na metanogênese)					
BRV	Linde	25	8	mesofílico	Hidrólise micro-aerofílica + reator de fluxo pistonado
Schwarting-Uhde	Schwarting Biosystems	5 a 7	6	termofílico	Cooperação com GICON
Processos bifásicos continuos com retenção de biomassa (na metanogênese)					
Biopercolat	Wehrle Umwelt GmbH	Sem detalhes	10	Sem detalhes	"Seco" - "Úmido"
BTA	BTA International	Sem detalhes	15	mesofílico	"Úmido" - Úmido"
Processos discontínuos					
Bekon	Bekon	28	Sem detalhes	mesofílico	monofásico Di-gestor de baia
BioFerm	Schmack (Viess-mann Gruppe)	25	Sem detalhes	mesofílico	monofásico Di-gestor de baia
GICON	GICON	Sem detalhes	Sem detalhes	Sem detalhes	Híbrido
KompoFerm	Eggersmann	21	Sem detalhes	mesofílico	monofásico Di-gestor de baia
TNS	**Helector**	**20 a 25**	**Sem detalhes**	**mesofílico**	**monofásico Digestor de baia**

2.2.2.1 Digestores de baia ou tipo garagem

O digestor de baia tem uma forma muito simples e robusta (Figura 2-10) e opera e maneira descontínua (bateladas). A operação não envolve agitação ou circulação de resíduos. O digestor (vazio ou com uma porção de substrato já fermentado para inoculação), é alimentado com os resíduos sólidos urbanos, sem adição de água. Por esse motivo, este processo é chamado de fermentação seca. Os digestores são estanques a gás e a operação é iniciada com a adição de ar, para que haja um aumento da atividade microbiana e consequentemente de temperatura no interior do digestor. Ao atingir a temperatura ideal, o fornecimento de ar é cessado e o processo anaeróbio iniciado. Alternativamente, o aquecimento pode ser feito através de paredes ou pisos com aquecimento, ou ainda através da percolação de líquidos para inoculação aquecidos. No entanto estes processos são mais caros.

Através de um sistema de percolação acontece a inoculação do substrato. O líquido a ser percolado é proveniente de fermentações anteriores, e contém as bactérias anaeróbias em condições ideais para produzir biogás. O gás gerado é conduzido através de uma tubulação de gás para um gasômetro. No final do processo de digestão, a percolação é interrompida e o processo anaeróbio finalizado com fornecimento de ar. O gás bruto é retirado e filtrado em biofiltros até atingir uma mistura de ar atmosférico no digestor. O processo de digestão em batelada é, então, concluído e se repete. Como citado anteriormente, uma estratégia de inoculação empregada por alguns fornecedores é não esvaziar completamente o reator, com o intuito de misturar uma parcela do material digerido com substrato fresco. Vale ressaltar que, dependendo das condições ambientais, o sistema deve ser equipado com aquecimento do piso ou paredes e um bom sistema de isolamento térmico.

Figura 2-10: Digestor tipo garagem

Fonte: *© Bioferm GmbH (Viessmann Group)*

As empresas BEKON Energy Technologies GmbH & Co. KG [www.bekon.eu], Helector GmbH [www.helector-germany.de], Eggersmann (http://www.kompoferm.com/de/) e Bioferm (Viessmann Group) (http://www.bioferme-nergy.com) são importantes fornecedoras de digestores tipo garagem e estão listadas mais detalhadamente no ítem 5 – Lista de Empresas por Categoria”

2.2.2.2 Reatores de fluxo pistonado (Plugflowreactor)

Este tipo de digestor/reator pode ser classificado em dois grupos: horizontal e vertical. O reator em posição vertical é comumente empregado em digestões úmidas, sendo raramente usados para a digestão seca. As duas figuras seguintes mostram a estrutura dos digestores verticais.

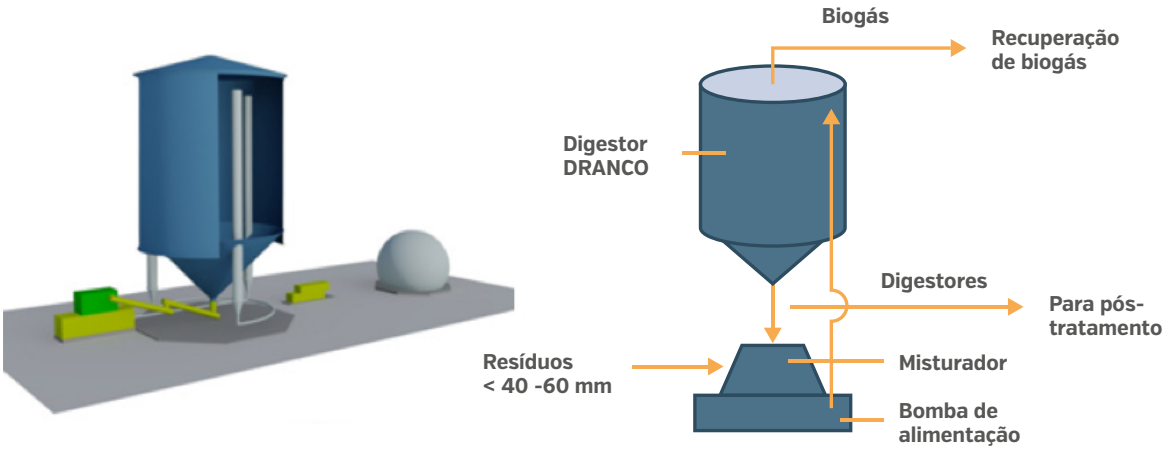


Figura 2-11: Construção e esquema do processo do digestor Dranco

Fonte: *© OWS N.V.*

O tipo mais instalado de reator é o tipo horizontal. Neste princípio, análogo aos dos dois exemplos acima mencionados, tira-se proveito do efeito de bombeamento do substrato para obter um fluxo em forma de pistão ao longo da direção do fluxo. O substrato é introduzido no digestor através de um sistema de alimentação e, no final do digestor, os resíduos da digestão são retirados. Ao contrário dos reatores verticais, o horizontal pode e deve ser operado com baixos teores de matéria seca.

Visando evitar o aparecimento de zonas de estagnação, o digestor horizontal deve ser agitado e isto pode se dar de duas maneiras. A primeira consta de um agitador de carretel com mancal contínuo instalado no sentido do fluxo e na segunda há um arranjo de vários agitadores de pás transversais à direção do fluxo (figura 2-12). A construção com os agitadores montados na transversal requer investimentos mais elevados, devido ao eixo mais curto e, a consequente maior resistência às forças de cisalhamento, e à necessidade de teores mais elevados da matéria seca no substrato.

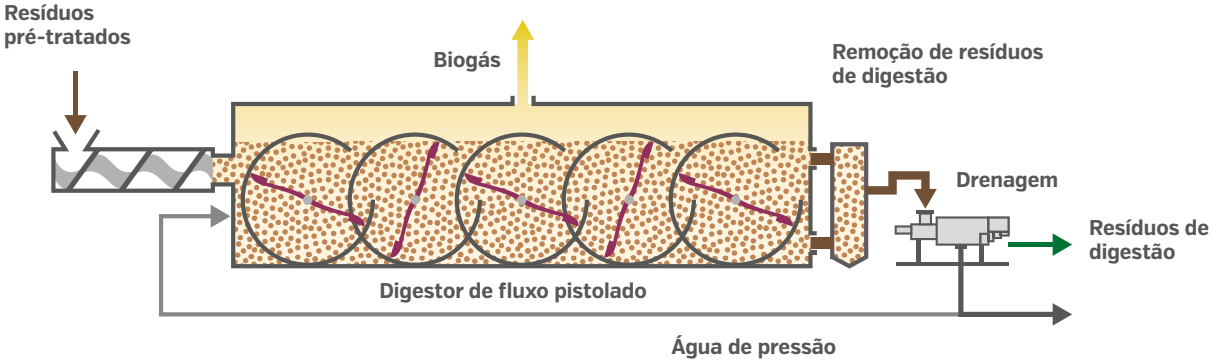


Figura 2-12: Estrutura do digestor de fluxo pistonado LARAN®

Fonte: *© STRABAG-Umweltanlagen*

2.2.2.3 Reatores contínuo de mistura completa – CSTR

CSTR é um reator agitado, sem retenção de biomassa e com possibilidade de uma corrente de curto-circuito. Este efeito pode ser minimizado através da ligação em cascata de vários reatores ou um regime operacional adequado. A operação em reatores com agitadores é limitada apenas a substratos bombeáveis e, portanto, a carga orgânica volumétrica máxima diminui em comparação com reatores do tipo PFR. A estrutura de um CSTR, baseada no agitador é muito versátil e adaptável às diferentes características do substrato. A figura 2-13 mostra dois reatores estruturalmente idênticos, cada um com um agitador central, concentricamente arranjado e com cobertura fixa de aço, ou seja, sem teto flexível para o armazenamento de gás. Esta construção tem a vantagem de um fluxo muito uniforme e precisamente definível em um chamado fluxo circular. Isto significa que a partir do agitador central cria-se um impulso do substrato para baixo, de modo que o substrato bate no fundo e nas paredes e flui para cima novamente pelas laterais. As velocidades de rotação dos agitadores são moderadas, visto que é inadequada uma alta força de cisalhamento sobre os diversos microrganismos. Ao optar-se por motores externos ao digestor, a manutenção pode ser feita sem a abertura deste e os motores não ficam expostos às influências do processo de digestão (temperatura, pH, compostos corrosivos). Esta opção é especialmente vantajosa para operações termofílicas (temperaturas acima de 50°C). A desvantagem, em comparação com motores submersos, é o custo mais elevado. Também deve-se ter em mente que não é possível a instalação de gasômetros em digestores agitados centralmente, sendo necessário um gasômetro externo adicional. Por estas razões, digestores agitados centralmente se encontram quase que exclusivamente em instalações de grande escala, especialmente no ramo da digestão de resíduos orgânicos industriais.

Figura 2-13: Reator CSTR do DBFZ.

Fonte: *DBFZ*

A seguir, são apresentadas algumas empresas que se destacam no fornecimento de determinadas tecnologias. O tópico 5 traz uma lista expandida, com mais de 700 fornecedores, agrupados de acordo com seus ramos de atividades, num formato de tabela Excel.

2.2.3 Perfil de empresas e produtos

MÉTODO GARAGEM - GICON –GROSSMANN INGENIEUR CONSULT GMBH

Figura 2-14: Logotipo da empresa GICON - Großmann Ingenieur Consult GmbH

O Grupo GICON é uma parceria de empresas de engenharia e consultoria independentes com sede em Dresden e escritórios em toda a Alemanha. A GICON também atua internacionalmente e tem escritórios em vários países.

No setor de biogás a GICON oferece mundialmente a seguinte gama de serviços para seus clientes:

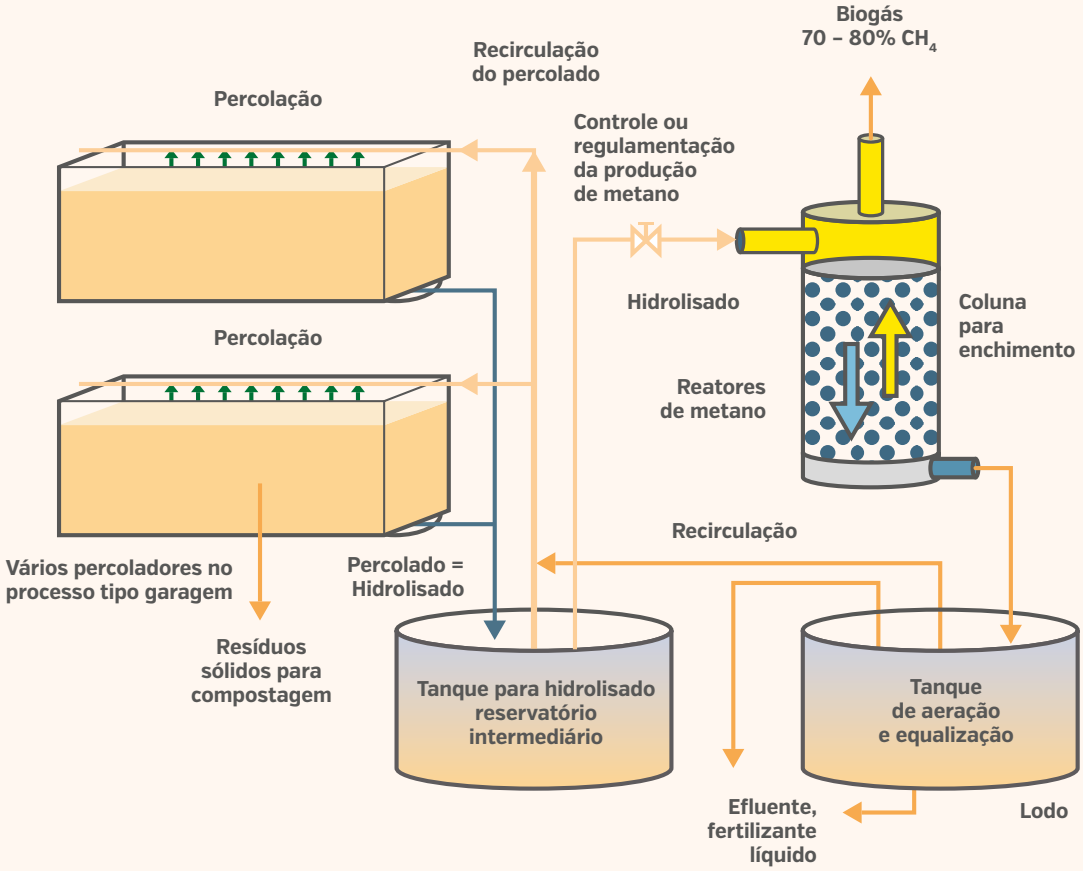
- Desenvolvimento de projetos
- Planejamento geral (engenharia para planejamento, gestão da construção, comissionamento)
- Seguro de Rendimento de biogás (seguro para instalações projetadas pela GICON)
- Otimização das operações e serviços de engenharia para instalações de biogás
- Tecnologia patenteada de digestão seca: método GICON
- Tecnologias de digestão úmida de culturas energéticas, resíduos industriais e urbanos
- Estudos de viabilidade
- P&D e otimização de processos de bioenergia
- Teste em planta piloto própria para avaliação do projeto
- Instalação e entrega da planta completa

Como o grupo GICON é formado por diversas empresas, uma vasta gama de serviços pode ser oferecida. Nos últimos cinco anos, a GICON tem mais de 40 referências no planejamento e construção de plantas de biogás e 12 referências no planejamento e construção de instalações de injeção de biogás na rede de gás.

O método GICON visa amenizar uma das mais importantes fontes de GEE no mundo: o tratamento e a deposição de resíduos orgânicos. A valorização energética da matéria orgânica dos resíduos através da digestão resulta em um balanço energético positivo, apesar dos altos teores de água. A tecnologia é adequada e capaz de cumprir com as propostas de reciclagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos. Os sistemas podem ter tamanhos variados, podendo ser utilizado por grandes e pequenos municípios.

Figura 2-15: esquerda: GICON-instalação de biogas em Cottbus II; A direita: Planta de biogás de resíduos orgânicos, 30.000 t/a Vancouver, Canada

Figura 2-16: Esquema do processo de biogas GICONs



Fonte: *®GICON*

Figura 2-17: Logotipo da empresa Eggersmann Anlagenbau

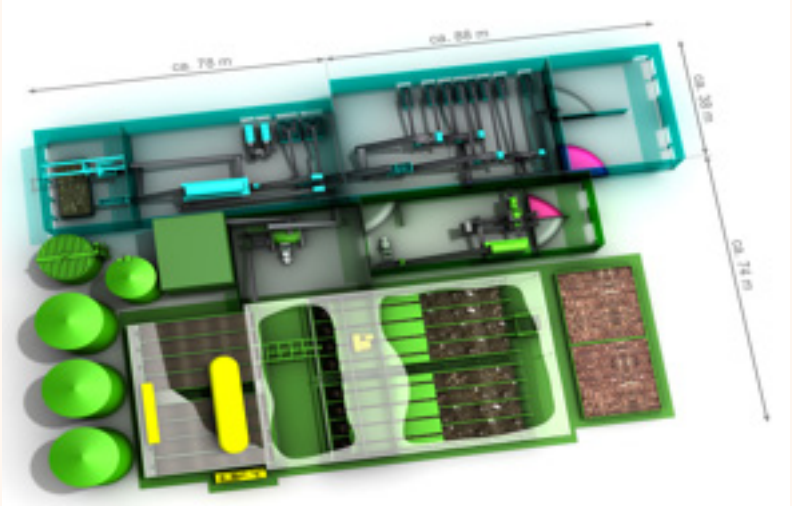
A Eggersmann Anlagenbau, uma empresa do grupo Eggersmann Gruppe, oferece soluções completas em vários setores da tecnologia ambiental e de reciclagem, entregando para clientes em todo o mundo projetos "chave-na--mão", como plantas de reciclagem e biogás. Instalações de reciclagem e biogás já foram construídas pela empresa em diversos países, inclusive em lugares com realidades distintas da europeia, como Cazaquistão, Turcomenistão e Iraque. Além disso, a América Latina, e o Brasil em particular, é vista como um importante mercado futuro para a Eggersmann Anlagenbau. Visando se inserir neste mercado, a empresa já está atuante e uma primeira planta de tratamento mecânico-biológico (TMB) de resíduos urbanos com produção de biogás está sendo implementada no interior do estado de São Paulo.

Atualmente a Eggersmann Anlagenbau tem uma ampla gama de serviços e opera internacionalmente. Além da unidade principal em Marienfeld, há escritórios em Bad Oeynhausen e na cidade polonesa de Wagrowiec.

O sistema KOMPOFERM garante um ótimo tratamento mecânico-biológico de resíduos orgânicos. A produção de combustíveis derivados de resíduos (CDR) e seu uso em usinas de energia - especialmente em fábricas de cimento - pode trazer uma contribuição significativa para a proteção do meio ambiente.

A integração de diferentes processos biológicos de tratamento de resíduos torna possível a produção de biocombustível (biogás) e de composto altamente rico em nutrientes (fertilizante). Outra vantagem é o seu conceito modular, que permite a diversificação e a ampliação de suas plantas facilmente.

Figura 2-18: KOMPOFERM Instalação híbrida da empresa Eggersmann Anlagenbau



Fonte: *©Eggersmann*

REATORES DE FLUXO PISTONADO (PROCESSO DRANCO)
OWS N.V. ORGANIC WASTE SYSTEMS

Figura 2-19: Logotipo da empresa OWS N.V. Organic Waste Systems

A OWS tem desenvolvido vários processos de digestão e oferece serviços de laboratório e de consultoria para diversos clientes dos setores público e privado. A empresa já está presente no Brasil e a procura de parceiros em potencial.

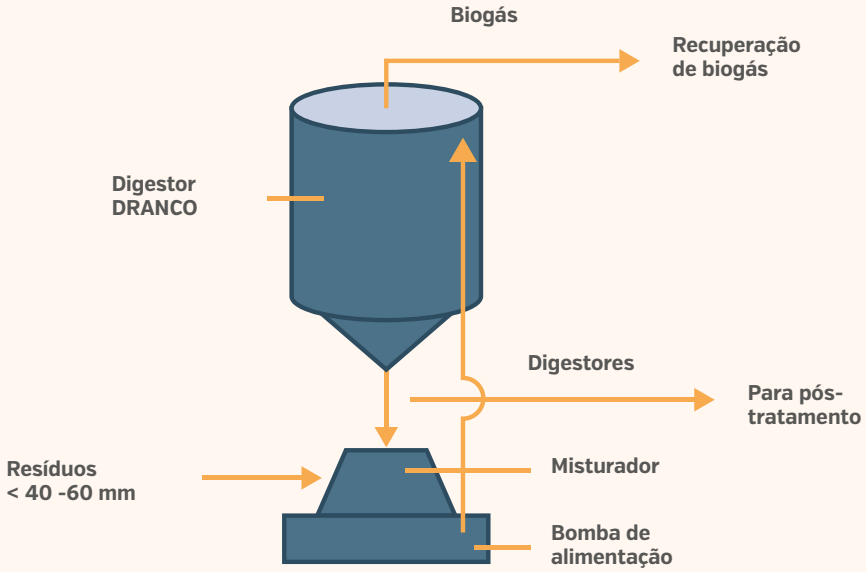
O processo patenteado DRANCO para a digestão anaeróbia seca de resíduos domésticos orgânicos e substratos orgânicos puros é o produto de maior renome da empresa. O processo DRANCO foi implementado em cerca de 30 projetos em todo o mundo.

Em adição à disposição vertical, a ausência de agitação mecânica e os altos teores de matéria seca suportados são diferenciais do processo DRANCO. O substrato é alimentado a partir da parte superior do fermentador e os resíduos da digestão são removidos ao longo da saída cônica no fundo do equipamento. O processo DRANCO é um processo de estágio único, podendo ser operado em condições mesofílicas ou termofílicas, com alta formação de gás devido a uma mistura intensa gerada pela recirculação do material presente no digestor e este processo garante uma digestão seca de alta performance e com alta produtividade de biogás.

Figura 2-20: Saída cónica do processo DRANCO

Fonte: ® *OWS N.V. Organic Waste Systems*

Figura 2-21: Processo DRANCO da empresa OWS N.V. Organic Waste Systems



A tecnologia de digestão DRANCO aplica-se principalmente para o tratamento de resíduos mistos e da fração orgânica. Na digestão dos resíduos, teores de matéria seca de até 40% podem ser alcançados. A versatilidade do método DRANCO, garante que resíduos orgânicos coletados separadamente, bem como resíduos verdes e resíduos de alimentos possam ser usados como substratos.

Devido ao alto teor de sólidos, a fermentação seca possibilita altas taxas de carga orgânica volumétrica, volumes pequenos de digestores e altas produtividade de biogás. Além disso, pode-se evitar a formação de crostas e sedimentação.

Por ser um processo de estágio único, ele tem baixa complexidade, ou seja, não há mistura, agitação ou injeção de gás, reduzindo as necessidade de manutenção e evitando falhas operacionais. “Estágio único”, aqui, significa que as diferentes reações de degradação (hidrólise, acidogênese e metanogênese) ocorrem em apenas uma etapa do processo.

A entrada mínima de calor permite um controle rígido de temperatura termofílica e, com isso, altos rendimentos de biogás podem ser alcançados, bem como patógenos podem ser eliminados.

A capacidade dos digestores atinge até 60.000 toneladas de resíduos domésticos orgânicos por ano.

DIGESTÃO SECA – BEKON

Figura 2.22 – Logotipo da empresa Bekon

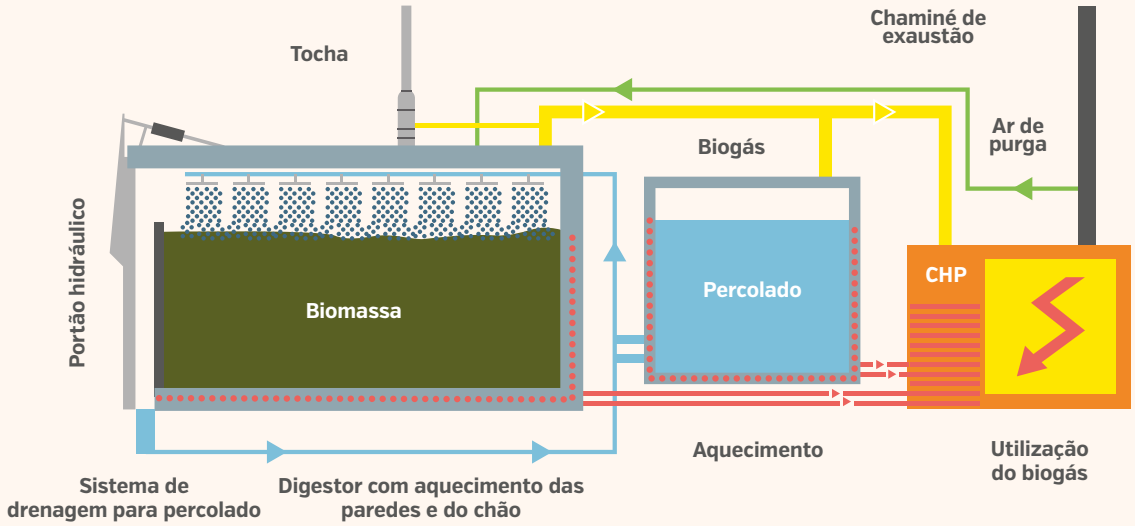
A BEKON permite a utilização de todo o potencial dos resíduos orgânicos ou biomassa dos municípios e da agricultura. Após digerido, o material orgânico é compostado e processado para produzir adubo orgânico de alta qualidade.

A tecnologia BEKON é um processo de estágio único de digestão em batelada.

Como produtos, tem-se não só a produção de composto de qualidade, mas também o uso de energia do potencial energético dos resíduos. Algumas das características desse tecnologia são listada a seguir:

- Tecnologia robusta, madura e simples
- Baixos custos de investimentos e operação
- Alto rendimento e qualidade de gás
- Altos padrões de segurança e emissões
- 100% de disponibilidade do sistema
- Alta rentabilidade devido às vantagens adicionais em termos de custos.

Figura 2-23: A tecnologia BEKON – Geração de biogás a partir da digestão seca



Fonte: *©BEKON*

Até hoje, a BEKON construiu e opera 20 plantas de digestão seca com capacidades de 10.000 a 50.000 toneladas/ano. A planta mais antiga tem 11 anos de operação e demonstra a durabilidade e a confiabilidade da tecnologia BEKON.

A BEKON oferece opcionalmente a operação termofílica do equipamento, possibilitando a higienização dos resíduos ainda no digestor.

Figura 2.24: Planta de referência da empresa BEKON (Steinfurt, 45.000 t/a de resíduos orgânicos, 2 digestores termofílicos, 6 boxes de decomposição, Gasômetro de 2x 527 kW) decomposição posterior coberta

Em 2013, a BEKON construiu uma estação de tratamento de resíduos orgânicos para a empresa de disposição de resíduos municipais em Steinfurt. Esta planta termofílica produz, a partir de 45.000 t/a de resíduos orgânicos, aproximadamente 9.000.000 kWh de energia elétrica e uma mesma quantidade de energia térmica. Através da compostagem dos resíduos da digestão são produzidos anualmente 20.000 toneladas de composto de alta qualidade. A BEKON forneceu o sistema completo, incluindo o digestor, compostagem, cogerador de eletricidade e calor (CHP), galpões e tratamento de ar de exaustão. O período de construção foi de 12 meses.

Fonte: *©BEKON 2014*

DIGESTÃO ÚMIDA E SECA (PROCESSO LARAN®)
STRABAG UMWELTANLANGEN GMBH

Figura 2-25: Logotipo da STRABAG Umweltanlangen GmbH

Nas áreas de compostagem, biogás e tratamento mecânico biológico de resíduos, a STRABAG Umweltanlagen GmbH tem mais de 100 plantas como referência.

A STRABAG planeja e implementa:

- Estações mecânico biológicas de tratamento de resíduos (TMB)
- Plantas de compostagem
- Plantas de digestão e geração de biogás
- Plantas de codigestão
- Plantas de pré-tratamento e triagem
- Equipamentos para a produção de combustíveis alternativos
- Plantas para a secagem / estabilização biológica
- Equipamentos para o tratamento mecânico úmido e condicionamento anterior à digestão
- Plantas para processamento de resíduos

e atua nas seguintes áreas de serviço:

- Empreiteira de plantas “chave-na-mão”
- Componentes de engenharia, fornecimento, instalação e comissionamento de plantas, tanto em partes como plantas completas
- Serviços de consultoria, planejamento e engenharia
- Atendimento de longa duração através de contratos de serviços
- Gestão de plantas
- Conceitos de financiamento

Além da digestão seca apresentada na figura 2-23, a Strabag oferece também um processo úmido para a digestão de resíduos orgânicos em um ou dois estágios, dependendo das características de entrada dos resíduos e das condições locais. Esse processo pode ser realizado em operação mesofílica ou termofílica. O processo bifásico é composto por uma série de hidrólises, opcionalmente de forma intermitente ventilada, e subsequente metanização. Este processo patenteado garante alta estabilidade.

Os resíduos pré-tratados são misturados com adição de água para possibilitar o bombeamento. Esta mistura passa por uma etapa de remoção de materiais indesejados, na qual materiais leves e pesados ainda presentes na mistura são separados por sedimentação.

A mistura, então, entra em um tanque de tamponamento e hidrólise, que é usado para equilibrar as quantidades de recepção de resíduos e a alimentação

do reator, podendo ser configurado, se necessário, com hidrólise ventilada. A partir deste recipiente, a mistura é transportada até o reator de metanização.

Neste reator patenteado de circuito fechado, a agitação acontece através de injeção de gás por uma tubulação localizada no centro do reator, que pode também ser utilizada para a adição de calor. A remoção biológica do H_2S ocorre integrada no reator, sem adição de produtos químicos, através de dosagem de ar. Os resíduos digeridos suspensos são drenados por um "decanter". Os restos de digestão drenados podem ser reciclados ou submetidos a um tratamento adicional. A fase líquida resultante é redirecionada para o processo.

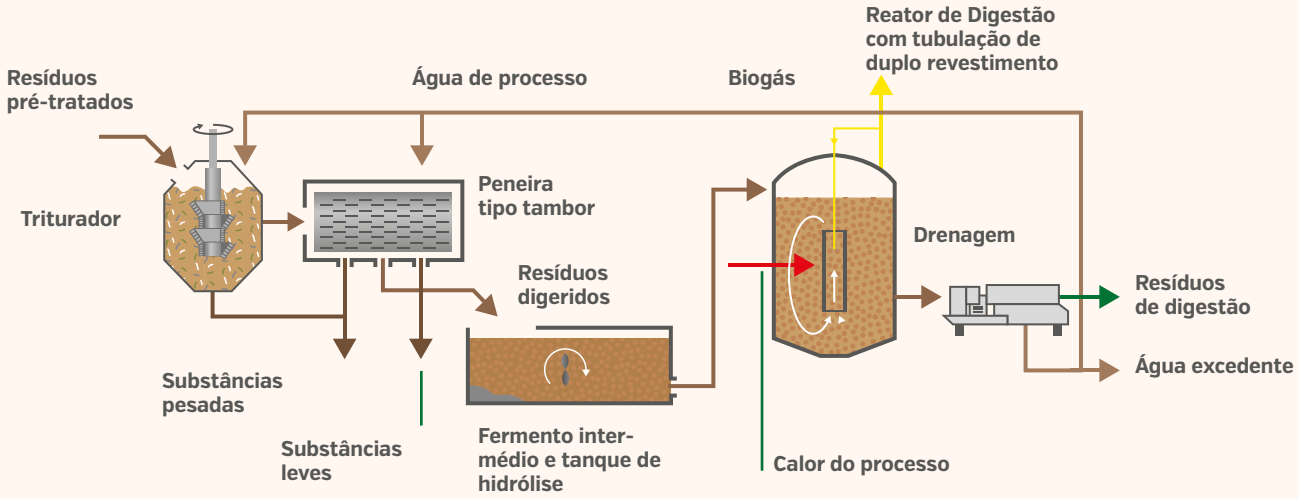


Figura 2-26: Strabag LARAN® Digestor para a digestão úmida

Fonte: © *STRABAG Umwel-tanlangen GmbH*

DIGESTÃO DE RESÍDUOS QUE CONTÉM MATERIAIS INDESEJADOS
BTA INTERNATIONAL GMBH

Figura 2-27: Logotipo da BTA International GmbH

A BTA International GmbH é um fornecedor de equipamentos para processamento hidromecânico de resíduos orgânicos que contém materiais indesejados, com posterior digestão úmida da suspensão orgânica separada para produção de biogás e composto de alta qualidade.

Com 30 anos de experiência e 44 plantas instaladas, a BTA International GmbH oferece:

- Sistemas de processamento mecânico úmido altamente eficientes
- Plantas de digestão para resíduos domésticos, orgânicos, de alimentos e comerciais
- Reparação de plantas em operação

Por meio de parcerias, a BTA Internacional atua como um parceiro de tecnologia responsável, dentro dos limites do processo BTA®, pelo processo de digestão. Oferece aos parceiros um pacote de serviços, incluindo a engenharia do processo, apoio e supervisão de detalhamento de projetos e compras, planejamento e a supervisão de comissionamento. Além disso, a BTA Internacional oferece um pacote com componentes-chave do processamento hidromecânico BTA ®, de digestão e controle.

Como pode ser observado no gráfico da figura 2-28, o processo BTA ® consiste em duas etapas principais:

- O pré-tratamento hidromecânico BTA ® (tratamento mecânico úmido dos resíduos) e o processo biológico subseqüente para a digestão anaeróbia da suspensão orgânica
- O pré-tratamento hidromecânico BTA® permite a separação eficiente de contaminantes, resultando em uma suspensão orgânica digerível. Esse processo se utiliza de dois componentes principais: um desagregador de resíduos "BTA ® Abfall Pulper" e um sistema de remoção de areia "BTA® Gritabscheidung".

No desagregador de resíduos, os materiais de partida são misturados com esgoto e as diferentes frações do resíduo misto são separadas por flutuação e sedimentação. Além disso, os constituintes orgânicos insolúveis são triturados por meio de cisalhamento e colocados em suspensão, de modo que uma elevada taxa de desintegração pode ser alcançada. Dessa maneira, materiais pesados são depositados e materiais leves são removidos.

Após passar pelo desagregador de resíduos, a fração orgânica contém ainda areia e impurezas finas. Para a remoção de areia, o sistema de remoção de areia BTA ® é utilizado, protegendo assim os componentes subsequentes no que diz respeito ao desgaste, assoreamento, sedimentação e entupimentos.

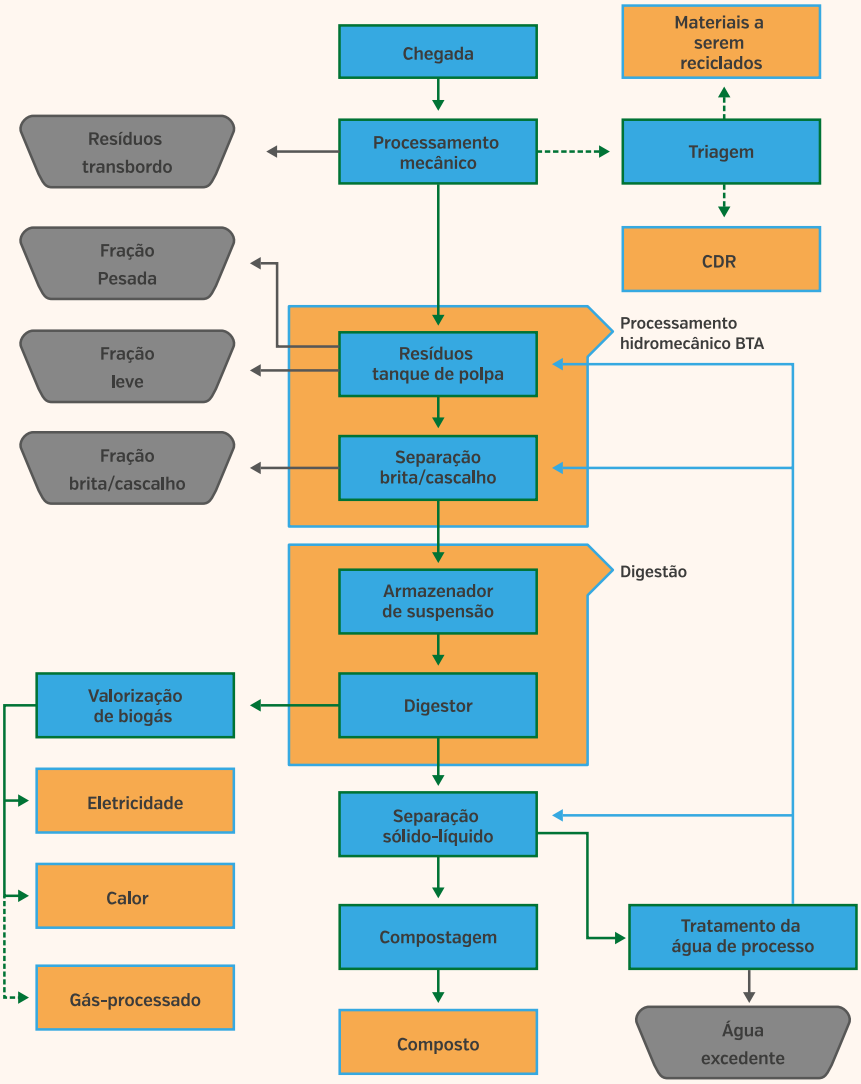


Figura 2-28: Gráfico do processo BTA® da empresa BTA International

O material retirado por suspensão (não dissolvido), é armazenado em um tanque de suspensão provisório no qual o material a ser digerido é segregado, de modo que sua introdução no digestor pode ser feita de forma independente dos ritmos de recepção de resíduos.

A digestão desse material orgânico é feita em digestores totalmente mistos, geralmente de estágio único e com digestão mesofílica (entre 35-38°C). O design do digestor e seu funcionamento dependem do tipo de material de entrada e dos requisitos específicos de projeto para a degradação microbiológica, visando o bom rendimento de produção de biogás.

O tratamento posterior do material digerido pode ser adaptado ao projeto e em geral opta-se por uma separação sólido-líquido em centrífugas ou prensagem continua. Os restos drenados da digestão (MS 30%) são ideais para produção de composto de qualidade. O resíduo líquido resultante é usado principalmente como água de processo, reduzindo a necessidade adição de água.

WASTE TO POWER – BTS BIOGAS SRL/GMBH

Figura 2-29: Logotipo da BTS Biogas Srl/GmbH

A BTS Biogás oferece aos seus clientes consultoria e suporte técnico. Um laboratório próprio em Porto Mantovano (Itália), se dedica integralmente às análises de biogás, que permite a BTS Biogás realizar todas as análises necessárias para assegurar a qualidade de seus processos.

As instalações de biogás são constantemente monitoradas por uma equipe composta por engenheiros e biólogos.

Até meados de 2014, a BTS construiu na Europa 176 plantas, com capacidade instalada de cerca de 136 MWel.

Especificamente na Alemanha, a BTS Biogás dedica-se a construção de novas plantas e à otimização de plantas em operação.

A BTS Biogás oferece uma vasta gama de opções para plantas de biogás, que incluem módulos de 50 kW até mais de 1,5 MW que podem ser combinados flexivelmente. Há também a possibilidade de uso de vários tipos de biomassa, seja resíduo orgânicos urbanos, culturas energéticas ou resíduos agrícolas.

Todos os componentes de uma planta de biogás são oferecidos pela BTS Biogás e há parcerias estratégicas com profissionais da área de estruturas de concreto de reservatórios e com fornecedores de motores a gás. Assim, a BTS Biogás pode oferecer unidades de biogás "chave-na-mão". Para digestão de resíduos a série "Waste to POWER" é de particular interesse, pois foi projetada especialmente para o uso de resíduos orgânicos. Esta série é uma maneira de reciclar resíduos orgânicos de forma eficiente e rentável.

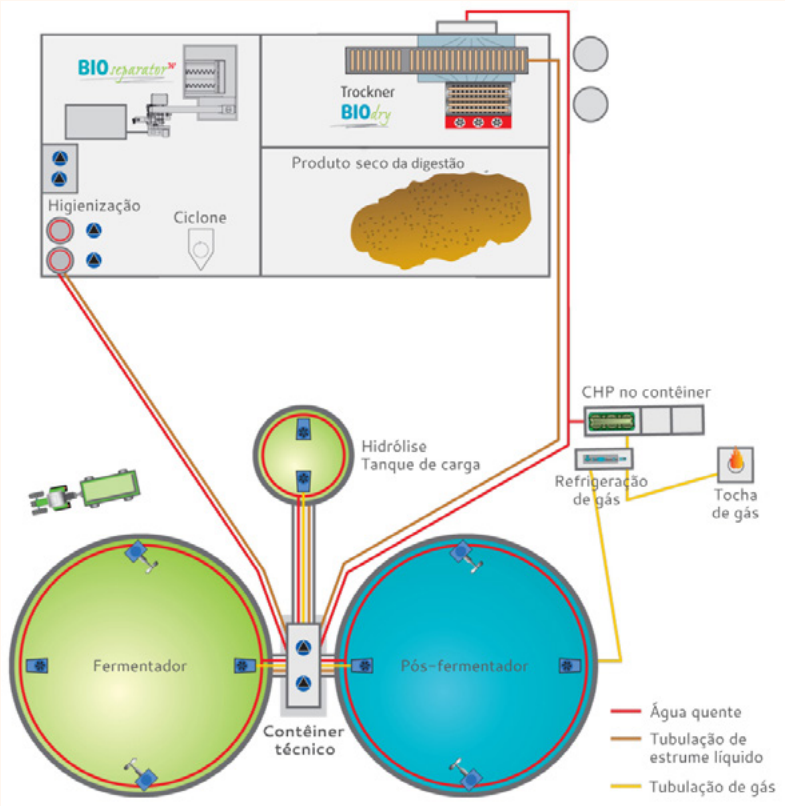


Figura 2-30: Esquema de uma planta de biogás da série “waste to Power” da BTS Biogas Srl/GmbH

CONCEITOS FLEXÍVEIS DE TECNOLOGIA – ÖKOBIT GMBH

Figura 2-31: Logotipo da empresa ÖKOBIT GmbH

Como fabricante e planejador de instalações de biogás, a ÖKOBIT se baseia em conceitos de tecnologia comprovados e extremamente flexíveis e garante uma implementação segura.

O portfólio da ÖKOBIT abrange, entre outros, as áreas de:

- Consultoria
- Estudos de Viabilidade
- Avaliação de projetos
- Treinamentos
- Análises e testes da digestão
- Planejamento (engenharia básica e de detalhamento)
- Preparação de propostas
- Colaboração na elaboração de contratos
- Monitoramento e supervisão da construção
- Documentação
- Comissionamento
- Monitoramento durante a operação da planta
- Entrega de componentes e equipamentos

Com mais de 140 projetos, a ÖKOBIT tem uma vasta experiência e demonstra interesse no mercado brasileiro.

É citada como referência a instalação de biometano em Willinghausen, que produz anualmente 9,1 milhões de Nm^3 de biogás e 3,5 milhões de Nm^3 de biometano, reduzindo assim a emissão de 13.200 toneladas de CO_2. Todas as etapas desde o planejamento, aprovação até a construção da planta foram realizadas pela ÖKOBIT GmbH.

PLANEJAMENTO, IMPLEMENTAÇÃO E TECNOLOGIAS INOVADORAS UTS BIOGASTECHNIK GMBH

Figura 2-32: Logotipo da UTS Biogastechnik GmbH

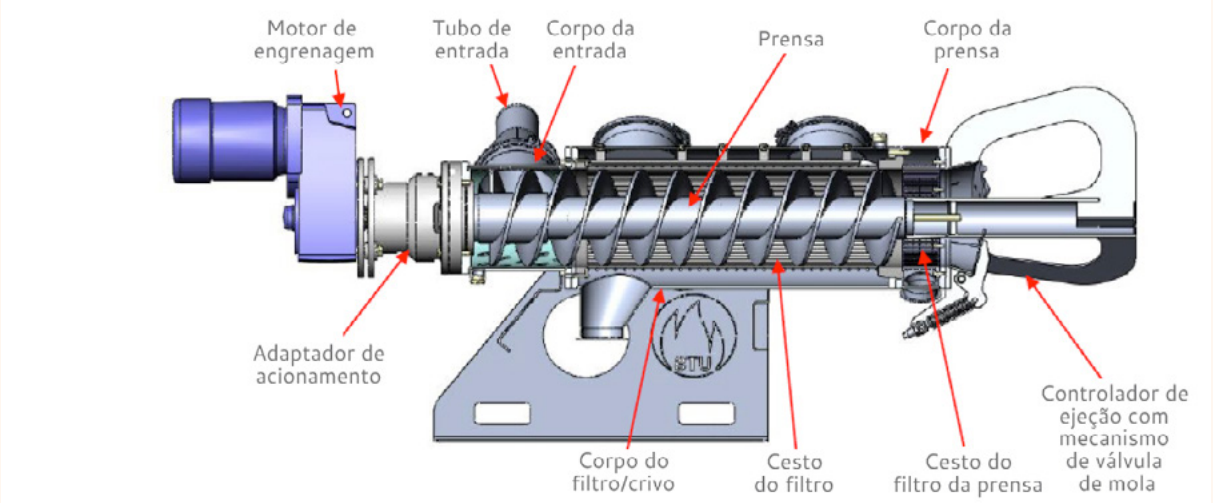
A área de atuação do grupo UTS inclui o planejamento, a fabricação, o fornecimento e a instalação de equipamentos, até a realização de projetos integrados de biogás. O grupo é composto por duas empresas com focos distintos. O foco da UTS Biogás GmbH está no planejamento e na implantação de plantas de biogás, enquanto que o foco da UTS Products está no desenvolvimento, fabricação e instalação de equipamentos para as plantas. O portfólio inclui técnicas especiais de bombeamento e agitação, bem como uma série de tecnologias de separação para a indústria de biogás, agroindústria e indústria alimentícia.

Com mais de 1.600 plantas com equipamentos do grupo e mais de 170 plantas completas de biogás instaladas no mundo, a UTS Biogastechnik GmbH tem interesse em atuar no mercado brasileiro como fornecedor ou em projetos de engenharia.

Os produtos inovadores da UTS são destinados ao bombeamento, agitação e separação sólido-líquido e podem ser encontrados na forma de contêineres compactos (ProCon) e de boxes de serviços (Pro&Classic).

Outro exemplo de produto inovador é o separador UTS, uma prensa compacta tipo rosca com filtro para a separação de materiais suspensos e lodos fibrosos estruturados como: dejetos líquidos, restos de fermentação, resíduos de destilado e esgoto. O separador processa material de entrada com teores de matéria seca de cerca de 0,5 a 15%, e atinge, em média, um teor de matéria seca de 25 a 35%. Dependendo da aplicação, pode-se atingir níveis acima de 50%.

Figura 2-33: Apresentação esquemática do separador UTS



ESCRITÓRIO DE ENGENHARIA PARA DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS AMBIENTAIS - UTEC GMBH

Figura 2-34: Logotipo da empresa UTEC GmbH

A UTEC é um escritório de engenharia independente, especializado em energia e meio ambiente, com foco em energia renovável e eficiência energética.

Os serviços oferecidos incluem análises, projetos, consultoria, estudos de viabilidade, planejamento de serviços, treinamento nas áreas de biogás (agricultura, municípios, indústria, esgoto) cogeradores CHP e gestão de resíduos. A UTEC participou da construção de 50 instalações de biogás, instalou 75 centrais de cogeração com capacidades variando entre 20 kW e 2 MW, mais de 20 parques eólicos e criou mais de 100 projetos de energia de todos os tamanhos. Há interesse no mercado brasileiro, sob a forma de projetos de engenharia como consultora ou em um joint venture/parceria de empresas.

A Utec já conta com operações na América Latina. Como exemplo é citada uma planta de biogás implementada em Las Pampas, Chile. Nela, um reator contínuo de mistura completa (CSTR) de 5.000 m³ utiliza dejetos de suínos, esterco sólido e bagaço de azeitona (atualmente em teste) para geração de 400 kWe. O comissionamento da planta ocorreu em novembro de 2013.

Figura 2-35: Instalação de biogás em Las Palmas, Chile,da empresa UTEC GmbH

Quanto ao Brasil, em um projeto previsto para implementação na região sul, a UTEC participou nas etapas de planejamento e detalhamento. O planejamento foi iniciado em 2011/2012 e previu-se a instalação de dois digestores de 6.500 m³ cada, e um digestor secundário com capacidade de 4.000 m³, todos empregados para a separação, armazenamento e produção de biogás a partir de dejetos suínos e resíduos orgânicos. Como uso para o biogás está prevista a produção de 450 m³/h de biometano.

PLANEJAMENTO E CONSTRUÇÃO DE PLANTAS DE BIOGÁS E BIOMETANO KRIEG & FISCHER INGENIEURE GMBH

Figura 2-36: Logotipo da Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

O escritório de engenharia Krieg & Fischer Ingenieure GmbH tem experiência no planejamento e construção de plantas de biogás.

Os produtos e serviços incluem:

- Pré-planejamento e seleção do método do processo
- Aprovação
- Planejamento, licitação e controle de ofertas
- Supervisão da obra e controle de custos
- Comissionamento, serviços técnicos, otimização, inspeções de segurança
- Estudos, laudos judiciais, laudos periciais entre outros para seguros e bancos, avaliação de instalações, inspeções de segurança

A empresa já possui parcerias em países como Japão, Polônia, França, Bulgária, Canadá, Espanha, Coréia, Irlanda, Itália, Grécia e Sérvia e tem interesse no mercado brasileiro para atuar como uma empresa de engenharia. Mundialmente, a Krieg & Fischer Ingenieure GmbH possui 150 plantas de biogás instaladas.

A planta de biogás VIERVERLATEN é uma referência. O comissionamento da usina de biogás foi realizado em 2012, visando a digestão de resíduos do processamento de açúcar e batata. No total, 116.200 t de resíduos podem ser digeridos, gerando cerca de 16,7 milhões m³ de biogás anualmente.

Figura 2-37: Planta de biogás em Groningen/ Vierverlaten, Países Baixos da empresa Krieg & Fischer Ingenieure GmbH

2.2.4 Gás de aterro

A produção de gás de aterro na Alemanha

As primeiras atividades para a captura e recuperação de gás de aterro na Alemanha são datadas do início da década de 80 e foram financiadas pelo Ministério Federal de Pesquisa e Tecnologia.

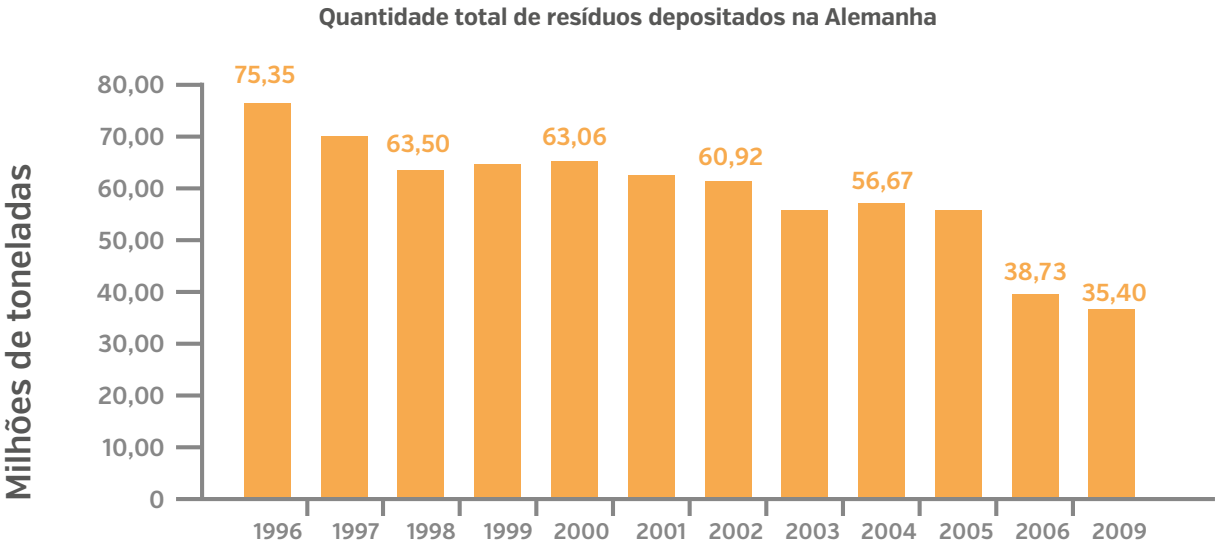
A necessidade de capturar e eliminar o gás de aterro foi regulamentada obrigatoriamente com as instruções técnicas relativas a resíduos urbanos de 14 de Maio de 1993 e em regulamentos sucessores. A legislação obrigou os operadores e proprietários de aterros a tomar medidas para a captura segura e ecologicamente correta do gás de aterro. Para assegurar uma adequada utilização desse gás, a instrução técnica ainda instituiu um requisito visando o seu uso energético. Devido às questões de custo-benefício, sistemas de geração de energia a partir de gás de aterro somente começaram a ser instalados em quantidade significativa após a garantia de remuneração regulamentada pela lei alemã de energias renováveis (EEG) e pelo estabelecimento de um programa subsequente.

Um forte impacto para o declínio do uso energético de gás de aterros na Alemanha foi a alteração do modelo de gestão de resíduos sólidos urbanos. Uma mudança na legislação alemã alterou o foco dado ao tratamento de resíduos e estabeleceu que a reciclagem de resíduos tem prioridade sobre a utilização de energia. A proibição de deposição de resíduos não tratados entrou em vigor na Alemanha em 1 de Junho de 2005 e desde então podem ser depositados em aterros apenas restos da incineração de resíduos bem como resíduos inertes após tratamento. Esta mudança teve consequências consideráveis para a geração de energia de gás de aterros sanitários, uma vez que as frações depositadas passaram a ser pobres em matéria orgânica e não possibilitaram mais a formação significativa de gás para a geração de energia. Além disso, após a desativação, cada vez mais aterros foram equipados com um sistema de impermeabilização da superfície que impede a entrada de água nas células e a longo prazo contribui para a redução do processo de degradação de orgânicos.

Figura 2-38: Exemplos para a instalação de sistemas de impermeabilização de superfícies em aterros

As leis e condições gerais supracitadas provocaram na Alemanha uma tendência decrescente da utilização energética de gás de aterros. Anos antes da proibição de deposição verificou-se uma redução significativa da quantidade de resíduos depositados, sendo que em 2009, a maior fração de resíduos depositados (cerca de 20 milhões de toneladas) era resíduos de construção civil e demolição.

Figura 2-39: Quantidade total de resíduos depositados na Alemanha de 1996 até o ano de 2009 [2]



Fonte: *Statistisches Bundesamt, Fachserie 19 Umwelt, Reihe 1*

Apesar da mudança de paradigma, ainda formam-se grandes quantidades de gás residual, especialmente em grandes aterros na Alemanha. Além disso, devido ao longo tempo de uso, os sistemas de captura de gás existentes precisam ser substituídos ou atualizados.

2.2.4.1. Sistemas instalados para captação e utilização de gás de aterro na Alemanha

Captura de gás

Na Alemanha, para a captura de gás de aterro, prevalece como padrão o sistema com poços verticais de gás interligados que levam às estações de gás utilizando tubos de polietileno (PE). Nessas estações, a quantidade de gás recuperada pode ser ajustada em função da qualidade do gás. A partir das estações até o local de aproveitamento do gás, utiliza-se tubos de PE com diâmetro maior. Para retirar a água formada por condensação no interior dos tubos, toda a tubulação deve possuir declive constante e faz-se necessário pontos de drenagem em recipientes fechados.

Figura 2-40: Exemplos de componentes para a captura e transporte de gás [1]

Figura 2-41: Exemplos de cogeradores para geração de eletricidade a partir de gás de aterro na Alemanha

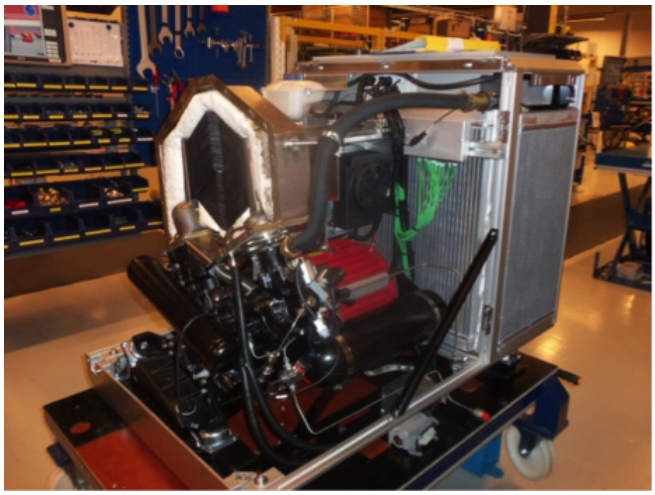
Aproveitamento de gás de aterro

O aproveitamento de gás de aterro mais usual na Alemanha ocorre através de motores de cogeração a gás (CHP) instalados em contêineres móveis. As usinas de cogeração possuem capacidades que variam de 100 kWel até 2,0 MWel, sendo que plantas com potência muito grande são mais raras, pois o uso de módulos menores é mais vantajoso para aterros devido a maior flexibilidade. A utilização do calor residual das plantas de cogeração CHP acontece, no entanto, apenas em casos individuais ou em proporções pouco significativas.

Em plantas de cogeração em aterros pequenos ou mais antigos também são usados motores com ignição a compressão, cuja faixa de potência varia de 50 kWel até 250 kWel. Uma opção é injetar uma pequena quantidade de diesel ou biodiesel para possibilitar a geração de energia a partir de gás de aterro com baixas concentrações de metano ou com quantidades muito pequenas de gás. Recentemente turbinas a gás entraram no mercado e também são adequadas para a utilização com gases de aterro. A vantagem das turbinas a gás é a sua necessidade muito baixa de manutenção e maior tolerância aos

poluentes existentes no gás de aterro. Altos teores de silício ou frações de sulfeto de hidrogênio muitas vezes causam problemas em motores de combustão interna, nos quais a utilização do gás de aterro somente é possível após purificação. No entanto, uma desvantagem considerável das plantas com turbinas a gás é a baixa eficiência, bem como a indisponibilidade de instalações com potência elétrica mais elevada. Para aumentar o rendimento de sistemas com motores de combustão interna, nos últimos anos utiliza-se cada vez mais plantas ORC (ciclo orgânico de Rankine), que podem gerar adicionalmente eletricidade a partir do calor residual do motor por meio de um processo cíclico. No entanto, a eficiência de cerca de 20% e os custos de investimento mais elevados permitem uma operação economicamente viável apenas nos casos de investimento a longo prazo. Uma novidade no mercado alemão são sistemas pequenos com motores Stirling que permitem a conversão em eletricidade com fluxos muito baixos de gás residual.

Figura 2-42: Motor Stirling para aproveitamento de gás de aterro à esquerda e a turbina de gás da empresa „turbec“ à direita [3]



2.2.4.2 A geração de gás de aterro no Mundo

Ao contrário do mercado alemão, as atividades para a implementação de sistemas de captura e aproveitamento de gás de aterro aumentaram ao redor do mundo. A seguir tem-se alguns critérios que vigoram mundialmente, apesar das metas de mudanças climáticas acordadas:

- Melhoria da situação ambiental e condições locais, especialmente nos países em desenvolvimento
- Cumprimento de acordos nacionais e internacionais
- Aumento da demanda de energia elétrica a partir de fontes renováveis, devido à falta de estruturas (países em desenvolvimento) ou à necessidade em assegurar percentuais da energia renovável (países industrializados)
- Melhoria da infraestrutura e fornecimento de energia através da instalação de redes isoladas (países em desenvolvimento)
- Geração e venda de certificados de CO_2 (projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo – MDL) (países emergentes e em desenvolvimento)

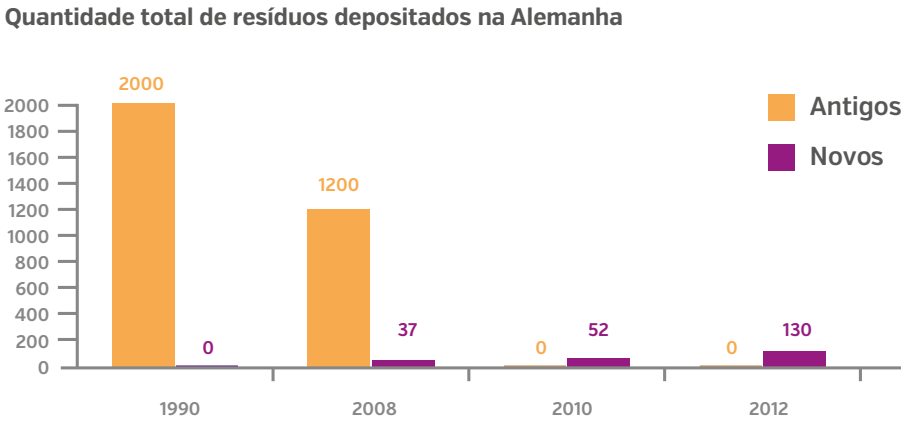
Não é possível apontar uma visão geral de todo o mercado internacional de gás de aterro. Dessa forma, uma visão será dada apenas com base em exemplos selecionados de alguns projetos. Pode-se considerar que em muitos países da Europa Ocidental, como Inglaterra, Itália e França e nos Estados Unidos os padrões e condições são semelhantes aos da Alemanha, ou seja, a maioria dos aterros sanitários são equipados com sistemas de captura e utilização do gás de aterro. No entanto, a proibição geral de deposição de resíduos sem tratamento é considerada um caso excepcional, ou seja, basicamente somente a Alemanha possui tal diretriz. Em muitos países do leste europeu, África, América Latina e Ásia, os processos de introdução de uma gestão regulamentada de resíduos, construção de aterros sanitários modernos com sistemas de vedação de base e ventilação adequada estão apenas no início. Na Índia, por exemplo, apesar do enorme potencial, atualmente não existe nenhum grande projeto de planta de geração de energia de gás de aterro. No entanto, são feitos cada vez mais esforços (contando com a pressão da população) no setor de resíduos para implementar projetos adequados.

Um incentivo geral para o maior desenvolvimento de projetos internacionais foi lançado a cerca de 8 anos atrás, pela introdução do comércio de certificados de CO_2, como resultado do protocolo de Kyoto, que entrou em vigor em 2005. Devido à instabilidade desse mercado, a remuneração a partir desses certificados não é uma fonte de renda confiável para o financiamento de grandes projetos. Isso foi particularmente problemático no contexto da implementação do projeto concluído em 2013 de uma planta de desgaseificação do aterro em Dubai. No início do projeto, a remuneração para os certificados de CO_2 era de 5 vezes superior ao valor após a conclusão do projeto. Incentivos mais seguros para esses projetos seriam medidas nacionais adequadas para a remuneração da eletricidade gerada a partir de resíduos.

O exemplo da Turquia

O desenvolvimento desse mercado nos países em desenvolvimento pode ser comprovado através do exemplo da Turquia, que tem projetos de geração de energia a partir de gás de aterro. Depois de muito debate, no final de 2010 foi implementada a lei relativa à alimentação da rede de eletricidade que paga, mediante certificação, 13,3 US-Cent/kWh. Há cerca de 10 anos prioriza-se também a construção de aterros sanitários centrais e modernos, com operações de longo prazo, e a desativação de plantas antigas, criando condições ideais para a instalação de sistemas de captura e utilização de gás de aterro. O gráfico abaixo mostra a tendência de fechamento de aterros antigos e a construção de novos aterros nos últimos anos.

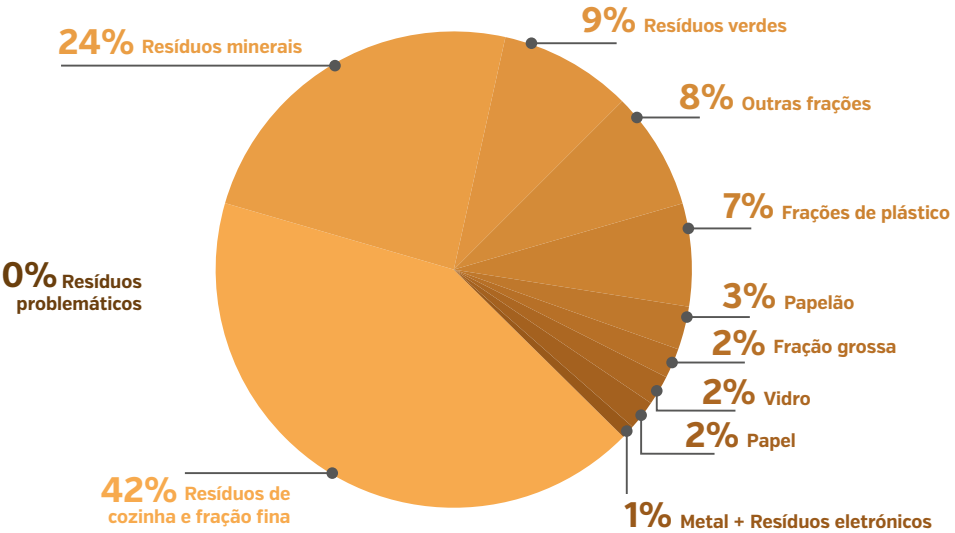
Figura 2-43: Fechamento de aterros antigos e construção de aterros novos na Turquia [4]



Com o início dessa mudança, novos projetos para a captura e conversão energética de gás de aterro se concretizaram. Antes desse período, não havia nenhum projeto significativo com conversão em eletricidade. Atualmente há cerca de 80 MWel instalados em aterros sanitários na Turquia. Além disso, há instalações que geram eletricidade a partir da digestão de frações específicas de resíduos. Uma estimativa do potencial de geração de eletricidade a partir de gás de aterro na Turquia resultou em uma potência de cerca de 170 até 200 MW até o ano 2015. Esta estimativa de 2010 foi confirmada pela tendência do mercado atual e mostra o efeito positivo dos incentivos para o mercado.

Figura 2-44: Composição dos resíduos na Turquia. Resultados de análises de triagem

A composição dos resíduos domésticos é fortemente influenciada pelo padrão de vida do país. A seguir pode-se observar o exemplo da composição dos resíduos na Turquia.



De acordo com as conclusões da SEF energy GmbH, o teor de matéria orgânica nos resíduos domésticos ou nas frações aterradas está aumentando continuamente em muitos países em desenvolvimento. Este aumento não se deve apenas ao possível aumento no padrão de vida da população, mas também devido ao aumento da triagem de resíduos recicláveis (plásticos, papéis, alumínio, etc.) anterior a deposição.

2.2.4.3 Considerações gerais do estado da arte dos resíduos

A necessidade de gestão de resíduos e a captura e utilização adequada de gás aterro ocorre nos países em desenvolvimento e emergentes não só pelas condições acima mencionadas, mas principalmente pelo forte crescimento populacional, que leva a um aumento correspondente do volume de resíduos.

Além desta tendência de desenvolvimento, em muitos casos há uma forte concentração do fluxo de resíduos em aterros centrais. Por exemplo, os resíduos de toda a grande cidade de Istambul são depositados em apenas dois aterros. A quantidade total de resíduos domésticos diariamente depositado do lado europeu no aterro "Odayeri" é de cerca de 10.000 toneladas. A energia elétrica atualmente obtida a partir destas frações de resíduos é de cerca de 20 MWel, com tendência crescente.

Figura 2-45: Central de geração de energia no aterro Odayeri em Istambul

Um problema semelhante pode ser observado em quase todos os outros países em desenvolvimento ou emergentes. Por exemplo, os aterros indianos (Mumbai, Bangalore), africanos (Nairobi) e paquistaneses (Karachi) se encontram sobrecarregadíssimos, devido ao rápido crescimento da população, apesar dos esforços para melhorar a gestão de resíduos.

O que representa um problema para a gestão de resíduos em geral, significa ao mesmo tempo um enorme potencial de crescimento e campo de trabalho para os próximos anos e décadas no setor de produção e utilização de gás de aterro. A forte concentração ou centralização permite, por exemplo, a aplicação de normas adequadas para a eliminação apropriada dos resíduos e para o correto tratamento do lixiviado. Além disso, fluxos mais volumosos de materiais estimulam a implementação de centrais de triagem e reciclagem. O calor gerado na conversão do gás em eletricidade pode ser usado para a operação de equipamentos de secagem ou aquecimento de estufas, por exemplo.

O desenvolvimento de plantas "waste to energy/resíduos para energia" é, portanto, observado cada vez mais nos mercados internacionais. Além da triagem normal (manual ou mecânica), procura-se, através da separação de materiais e do processamento de resíduos, obter diferentes frações

de resíduos, os quais podem ser usados separadamente para a produção de energia. Materiais pouco contaminados e ricos em matéria orgânica podem ser digeridos e aproveitados em plantas de biogás. As frações de alto valor calorífico servem para a produção de combustível alternativo (combustível de resíduo – CDR) e para a geração de gás de pirólise. Este gás pode ser usado diretamente (ainda requer o desenvolvimento) ou após a combustão para geração de energia. Além disso, há uma porção que pode ser reciclada, retornando ao ciclo produtivo como matéria-prima e os resíduos restantes, em seguida, podem ser depositados de forma adequada em aterros sanitários com sistemas completos de captura do gás de aterro.

Um sistema completo de gestão de resíduos foi implementado em um aterro sanitário em Ancara. A triagem eficaz dos resíduos era uma prioridade e, devido à quantidade de resíduos (3.000 m³/h de resíduos domésticos), novos padrões foram estabelecidos.

Figura 2-46: Triagem, instalação de biogás e planta piloto para a pirólise de resíduos em Ancara

Como resultado da análise dos mercados internacionais, observa-se um potencial significativo no que se refere à captura e utilização de gás de aterro, ao contrário do ocorrido na Alemanha. O depósito de resíduos não tratados é de fato regulado em alguns países, ou seja, existem diretrizes para a redução a longo prazo da deposição da fração orgânica dos resíduos, mas a médio prazo espera-se teores orgânicos significativos e, consequentemente, o processo de geração de gás.

A seguir, são apresentadas algumas empresas que se destacam no fornecimento de determinadas tecnologias. O tópico 5 traz uma lista expandida, com mais de 700 fornecedores, agrupados de acordo com seus ramos de atividades, num formato de tabela Excel.

2.2.5 PERFIL DE EMPRESAS E PRODUTOS

PLANEJAMENTO E CONSTRUÇÃO DE PLANTAS DE GÁS DE ATERRO SEF ENERGIETECHNIK GMBH

Figura 2-47: Logotipo da SEF-Energietechnik GmbH

Os serviços oferecidos pela SEF Energietechnik GmbH, além dos projetos com gás de aterro, têm como destaque a tecnologia de cogeração de energia e eficiência energética. A oferta de serviços de tecnologia de energia inclui atividades para aumentar a eficiência energética em empresas e edifícios municipais e o planejamento de turbinas eólicas. Em Zwickau, desde 1993 a empresa também produz os próprios cogeradores de energia (CHP) em forma de módulos compactos para uso com gás natural.

Figura 2-48: Foto demonstrativa

O portfólio de serviços inclui ainda previsões de geração de gás de aterro e avaliações de potencial, planejamento da captura e utilização de gás de aterro, análise de poluentes no gás de aterro, planejamento de sistemas passivos de desgaseificação e processamento de gás de aterro e injeção na rede de eletricidade.

CONSULTORIA PARA GÁS DE ATERRO – R & H UMWELT GMBH

Figura 2-49: Logotipo da empresa R & H Umwelt GmbH

Na área de aterros, a P & H Umwelt GmbH oferece diversos serviços, dentre os quais exploração das áreas com potencial de extensão, avaliação de riscos ambientais, planejamento de desativação aterros como também recuperação e reutilização das antigas áreas de aterros (por exemplo, geração de energia fotovoltáica).

Além disso, o monitoramento das águas subterrâneas, de percolação e da superfície, como também do gás de aterro é realizado tanto durante a operação como após a desativação.

PLANEJAMENTO DE PLANTAS DE GÁS DE ATERRO
IWB INGENIEURGESELLSCHAFT GMBH

Figura 2-50: Logotipo da empresa iwb Ingenieurgesellschaft GmbH

A iwb Ingenieurgesellschaft GmbH oferece um portfólio de serviços de planejamento e gerenciamento de projetos, avaliações, estudos e serviços de consultoria para quase todas as áreas da construção e da indústria imobiliária.

O portfólio de serviços abrange todas as áreas da engenharia, infraestrutura, obras e terraplenagem, geotecnia, engenharia ambiental, engenharia de aterro e da construção civil.

Os serviços da iwb Ingenieursgesellschaft mbH abrangem, na área de tecnologia de aterro, a impermeabilização e a recuperação de aterros, além da remediação e saneamento de áreas contaminadas. Os seguintes serviços são fornecidos: planejamento individual e geral, gestão de projetos (gerenciamento de projetos, gestão de contratos, controle técnico), consultoria, relatórios e estudos de viabilidade.

Figura 2-51: Central de geração de energia no aterro Odayeri em Istambul

CONSULTORIA PARA GÁS DE ATERRO
TÜV RHEINLAND LGA BAUTECHNIK GMBH

Figura 2-52: Logotipo da eTÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH

A TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH oferece os seguintes serviços: testes, treinamento e formação avançada, consultoria e certificações.

A TÜV Rheinland LGA Grundbauinstitut não só realiza a consultoria geotécnica e supervisão, mas também aconselha operadores de aterros de forma intersetorial sobre desativação e recuperação de aterro. Os serviços incluem acompanhamento da obra, relatórios sobre impermeabilização alternativa da superfície, conceitos sustentáveis de desativação e recuperação, conceitos de segurança para aterros antigos, cálculos hidrogeológicos, consultoria para a construção de estruturas em aterros e projetos de pesquisa e desenvolvimento. Além disso, a empresa realiza um seminário sobre aterros para treinamento e educação contínua em Nuremberg.

A área de consultoria geotécnica inclui tópicos tais como impermeabilização do fundo e superfície, sistemas alternativos, cálculos de estabilidade e relatórios sobre o local (barreira geológica, hidrogeologia, etc.).

CONSTRUÇÃO E PROJETOS DE PLANTAS DE GÁS DE ATERRO
GLS BAU UND MONTAGE GMBH

Figura 2-53: Logotipo da GLS Bau und Montage GmbH

A GLS Bau und Montage GmbH atua nas áreas de construção de gasodutos, vias de transporte, engenharia de proteção contra água e infiltrações, edifícios e estruturas de aço.

A construção de impermeabilizações de fundo e coberturas de aterros com camadas vedantes minerais e medidas associadas para a correta drenagem de águas e gases de aterro são realizadas pela GLS Bau und Montage GmbH no mais alto nível.

Figura 2-54: Foto demonstrativa

PEÇAS PARA POÇOS DE GÁS – LIOT KUNSTSTOFFTECHNIK

Figura 2-55: Logotipo da empresa LIOT Kunststofftechnik

A empresa LIOT (LIenz Ost Tirol) Kunststoff- und Rohrleitungsbau GmbH possui know-how abrangente nas mais diversas áreas inovadoras de engenharia de plásticos e construção de tubulações.

A LIOT fabrica componentes plásticos para sistemas de água potável, tanques, construção de tubulações, de plantas, além de revestimento de estruturas e produtos sob medida.

Figura 2-56: Foto demonstrativa

A LIOT atua há alguns anos na construção de aterros e já implantou aterros de diferentes tamanhos. Para esta área, a LIOT produz os seguintes produtos: poços de gás; barramentos para as estações centrais de gás; percursos de medição; acessórios e equipamentos especiais; tanques de condensado; tanques de água de percolação; captura de gás com separador de condensado e revestimento de reservatórios de água da percolação.

PLANEJAMENTO E CONSTRUÇÃO DE PLANTAS DE GÁS DE ATERRO THE IUT GROUP; IUT GMBH

Figura 2-57: Logotipo da empresa „The IuT Group“

“The IuT Group” reúne empresas que planejam, constroem e operam sistematicamente plantas de gestão e tratamento de resíduos. A IUT GmbH é a principal empresa do Grupo IUT e tem experiência com tecnologias de triagem e processamento de resíduos, bem como manutenção de aterros e produção de energias alternativas.

Figura 2-58: Foto demonstrativa

O IUT Group oferece as seguintes tecnologias de aterros: concepção e construção de novos aterros ou fases de aterros de acordo com o padrão europeu inlcuindo todas as instalações auxiliares necessárias; desgaseificação de aterros e uso de gases para geração de energia; manutenção sustentável dos aterros. Na construção de novos aterros, os serviços do IUT Group incluem a escolha do local, a avaliação geológica e hidrogeológica, bem como o design e a engenharia detalhada para a construção completa do aterro. Além disso, a operação do aterro pode ser gerenciada pelas empresas do grupo.

Na operação de aterros, os seguintes serviços são abordados: exploração preliminar do aterro; estudo de viabilidade e conceito de segurança; logística, escavação, transporte; abertura do aterro, separação e caraterização química; tratamento e eliminação de resíduos não perigosos.

Para a utilização energética do gás de aterro, testes preliminares e cálculos de previsão são realizados e a planta de reciclagem é construída.

2.2.6 Referências bibliográficas

[Springer] Springer J., GICON-Verfahren: Trocken-Nassfermentation, Vortrag im Rahmen der International Biomass Conference, IBC Leipzig, 5.-7. Juni 2013

[FNR] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Abt. Öffentlichkeitsarbeit: Leitfaden Biogas - Von der Gewinnung zur Nutzung; Gülzow, 2010, 5. ed., (ISBN: 3-00-014333-5)

[Van Lier] Van Lier, J.B.: High-rate anaerobic wastewater treatment: diversifying from end-of-the-pipe treatment to resource-oriented conversion techniques; Water Science & Technology, vol. 57 (2008), no. 8, p. 1137, (doi:10.2166/wst.2008.040)

[Yu] Yu, H..; Tay, J..; Fang, H.H..: The roles of calcium in sludge granulation during uasb reactor start-up; Water Research, vol. 35 (2001), no. 4, pp. 1052–1060, (doi:10.1016/S0043-1354(00)00345-6)

[FNR] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Abt. Öffentlichkeitsarbeit: Leitfaden Biogas - Von der Gewinnung zur Nutzung; Gülzow, 2010, 5. ed., (ISBN: 3-00-014333-5)

[Schreier] Schreier, W. 2011: Untersuchung ausgewählter Biogasanlagen hinsichtlich Gasleckagen an den Fermentern, Nachgärern, abgedeckten Gärrestlagern und Rohrleitungen. Hrsg.: Sächsisches Landesministerium für Umwelt und Landwirtschaft. Dresden.

[1] Seyfert, Arnd. SEF Energietechnik GmbH. 2013

[2] Statistisches Bundesamt (Destatis): Fachserie 19 Reihe 1 - Abfallentsorgung 2011: Umwelt. URL: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Abfallentsorgung.html – Überprüfungsdatum 2013-11-08

[3] Ansaldo Energia S.p.A. URL: www.turbec.com – Überprüfungsdatum 2013-11-08

[4] Germany Trade & Invest: Abfallentsorgung in der Türkei wird ausgebaut: sowie Angaben türkische Staatsregierung. URL: www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/maerkte,did=533982.html

[5] Bundestag und Bundesrat: Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen(TA Siedlungsabfall) (in Kraft getr. am 14. 5. 1993 (BAnz. Nr. 99a vom 29. 5. 1993) (idF v. 1. 6. 1993 (Außerkrafttreten am 16. 7. 2009)). URL: www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/tasi_ges.pdf – Überprüfungsdatum 2013-11-08

[6] Bundestag und Bundesrat: Verordnung über Deponien und Langzeitlager(DepV) (in Kraft getr. am 27. 4. 2009) (idF v. Zuletzt geändert durch Art. 5 Abs. 28 G v. 24. 2. 2012 I 212). URL: www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/depv_2009/gesamt.pdf – Überprüfungsdatum 2013-11-08

[7] Statistisches Bundesamt: Angaben Statistisches Bundesamt 2007. URL: http://www.destatis.de/DE/Publikationen/Umwelt /2007 – Überprüfungsdatum 2007

[8] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). URL: www.thema-energie.de/energie-erzeugen/blockheizkraftwerke/alternative-energieträger/bioenergiepotenziale-fuer-bhkw

2.3. Resíduos agropecuários e agroindustriais

A digestão desses resíduos pode ser complexa, dependendo do tipo de resíduo, quantidade de matéria seca, carga orgânica e impurezas. Por esse motivo, na maioria dos casos, opta-se pela co-digestão de diferentes resíduos em uma mesma planta. Essa opção pode levar à viabilização técnico-econômica da usina de biogás.

Figura 2-59: Planta agrícola de biogás - digestão úmida e seca com processamento de gás (LPSA) na sede da Viessmann em Allendorf (Eder)

Fonte: *© Schmack Biogas GmbH (Viessmann Group)*

O processo de digestão desses resíduos pode ser simplificado com a utilização concomitante de dejetos líquidos. Isto proporciona tanto a melhoria das propriedades hidráulicas como a obtenção de vantagens cinéticas no processo (efeito tampão, fornecimento de nutrientes, inoculação). Dessa forma, elevadas quantidades de dejeto líquido simplificam a operação do sistema, desde que certas particularidades sejam observadas no manejo dos animais, especialmente o uso de antibióticos e desinfetantes, produtos de limpeza na pecuária, etc.

Todas as tecnologias aqui apresentadas são adequadas para a digestão de resíduos, exigindo em alguns casos complementações e adaptações técnicas (por exemplo, higienização de resíduos críticos). Essas adaptações podem ser oferecidas, em princípio, por todas as empresas listadas.

2.3.1 Tecnologias para a digestão de resíduos agrícolas

Como a distinção de plantas de digestão de resíduos agrícolas e industriais é difícil, aqui são mencionadas informações e empresas que também podem ser observadas no capítulo sobre a digestão de resíduos urbanos, principalmente para as que trabalham com sistemas de tanque agitado (CSTR). Em princípio pode se dizer que a simplicidade das plantas é diretamente proporcional a quantidade de dejetos líquidos utilizados e inversamente proporcional ao tamanho das mesmas.

Também durante a digestão de resíduos agrícolas há uma variedade de opções de equipamentos e configurações que permitem uma grande quantidade de combinações diferentes. Em princípio, todas essas combinações estão difundidas no mercado (Maiores informações no Guia Prático do Biogás: Geração e Utilização, capítulo 3. Tecnologia de Usinas para a Produção de Biogás).

Construção de digestores

Devido a questões econômicas, se encontram no setor de digestão de resíduos agrícolas, geralmente digestores planos construídos com agitadores laterais (misturadores submersíveis ou com passagem de eixo lateral). Nesses casos, o armazenamento de gás é realizado diretamente na parte superior do digestor, servindo também como tampa do equipamento. Em equipamentos maiores, por razões de segurança, esta cobertura deve ser feita como um telhado de membrana dupla (geralmente inflável). Para equipamentos menores ou em locais muito protegidos de vento, telhados de membrana simples tensionados por cabos são suficientes. Em um telhado inflável, entre a película flexível interna, que faz o armazenamento de gás, e a externa que está sempre esticada para proteger do vento forte, é injetado constantemente ar por um soprador (figura 2-60 e figura 2-61). Se a quantidade de gás armazenada no interior da membrana aumenta, o volume inferior aumenta e a membrana interna expele o ar para fora do espaço entre as duas membranas.

Figura 2-60: Digestor com com agitador lateral e telhado inflável para armazenamento de gás

Figura 2-61: Suprimento de ar para o armazenamento de gás

Foto: © *Jan Gutzeit (DBFZ)*

Foto: © *Jan Gutzeit (DBFZ)*

Para plantas menores que operam principalmente com dejeto líquido, estão disponível digestores menores horizontais ou verticais com agitação central. Estes exigem armazenamento de gás externo ou um digestor secundário com telhado de armazenamento de gás.

Equipamentos

Maior simplicidade implica em um menor grau de automação e equipamentos com configuração mais simples e de menor agregação tecnológica na medição. Por exemplo, são instaladas pás operadas manualmente ao invés de pás pneumáticas, que são controladas através da central de controle. Lagoas de dejeto líquido podem ser usadas, se necessário, como depósito de resíduos de digestão.

A configuração da planta pode exigir complementação de equipamentos, caso se planeje adicionar outros substratos além do dejeto líquido. Dependendo do tamanho da planta e das características do resíduo, podem ser necessárias tecnologias de medição e controle mais avançadas. Um exemplo é a utilização de quantidades significativas de resíduos com alta taxa de degradabilidade (baixo teor de fibras), que exige maior controle do processo.

Por outro lado, quando grandes quantidades de substratos ricos em fibras são co-digeridos, atenção maior deve ser dada à adequação do sistema hidráulico. Isso afeta o equilíbrio de matéria seca, o processo de mistura, a tecnologia de bombeamento e a construção do gasoduto. Este último, em particular, na maioria dos casos é planejado no Brasil e produzido por empresas locais, enquanto as tecnologias de digestão, incluindo os equipamentos, são oferecidos em grande número por empresas europeias. Cuidados devem ser tomados com o dimensionamento adequado dos dutos, principalmente para substratos ricos em fibras. Deve-se evitar curvas acentuadas e estreitamentos, nos quais possam ocorrer entupimentos. Para se evitar grandes problemas, empurradores devem ser instalados em quantidade suficiente. Uma característica importante para evitar a ruptura do tubo é que a resistência à pressão deve ser de pelo menos duas a três vezes maior do que a acumulação máxima de pressão correspondente da bomba ligada à área do tubo.

Plantas de digestão de resíduos agrícolas apenas, ou seja, sem co-digestão, são tratadas de maneira especial. Pequenas plantas, tais como de digestão de dejetos de aves, podem ser oferecidas prontas, em contêineres, e serão listadas separadamente.

A seguir, são apresentados algumas empresas que se destacam no fornecimento de determinadas tecnologias. O tópico 5 traz uma lista expandida, com mais de 700 fornecedores, agrupados de acordo com seus ramos de atividades, num formato de tabela Excel.

2.3.2 Perfil de empresas e produtos

ASPERSÃO AO INVÉS DE AGITAÇÃO -SAUTER BIOGAS GMBH

A SAUTER Biogás GmbH é especializada em substratos hidraulicamente difíceis e em plantas robustas, de fácil operação. Oferece serviços de adaptação e modernização de plantas em operação, principalmente com

Figura 2-62: Logotipo da SAUTER BIOGAS GmbH

problemas técnicos de agitação ou alto consumo de energia. Diferentes tecnologias podem ser utilizadas, tais como lagoas profundas, recipientes cilíndricos e altos de concreto ou aço.

A característica principal do sistema Sauter Biogas é a aspersão do conteúdo do digestor, ao invés da agitação habitual. A mistura não é completamente homogeneizada, mas os diversos processos de digestão são realizados em diferentes zonas do digestor. Nestas zonas, através da intensidade controlada da aspersão, a digestão pode ser regulada. Partículas ativas de biomassa estão principalmente localizadas na região superior do digestor, enquanto que a descarga do material quase totalmente degradado ocorre na parte inferior do equipamento. Deste modo, um alto rendimento de gás é conseguido com apenas um digestor.

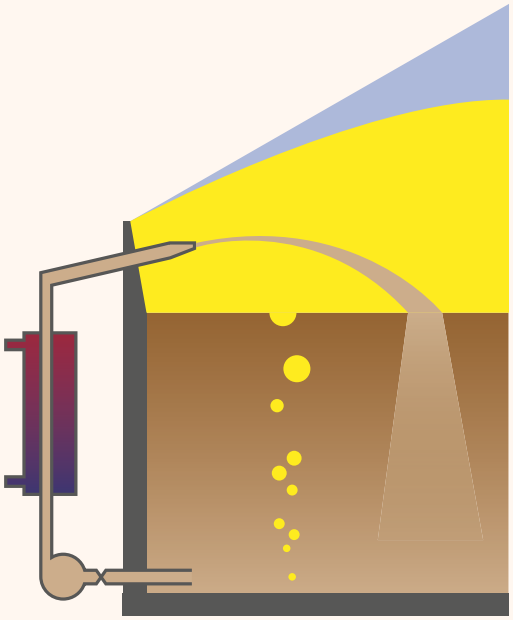


Figura 2–63: Representação esquemática do sistema da Sauter-biogás com irrigação do conteúdo do digestor

Foto: *©SAUTER biogás GmbH*

A homogeneização do procedimento oferece a possibilidade de construir digestores muito grandes. Para plantas superiores a 1.000 kW é recomendado a construção de tanques enterrados, recobertos com membranas, nos quais todas as forças atuantes são absorvidas pelo solo. O revestimento com película resistente à corrosão assegura a vedação. Devido à elasticidade nenhum problema é causado por fissuras. Estes sistemas são personalizados para as condições locais e substratos utilizados.

Atuante no mercado alemão, com 22 plantas instaladas, a SAUTER BIOGAS também está interessada em tornar-se ativa no mercado brasileiro.

CADEIA DE VALOR COMPLETA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS ENVITEC BIOGAS AG

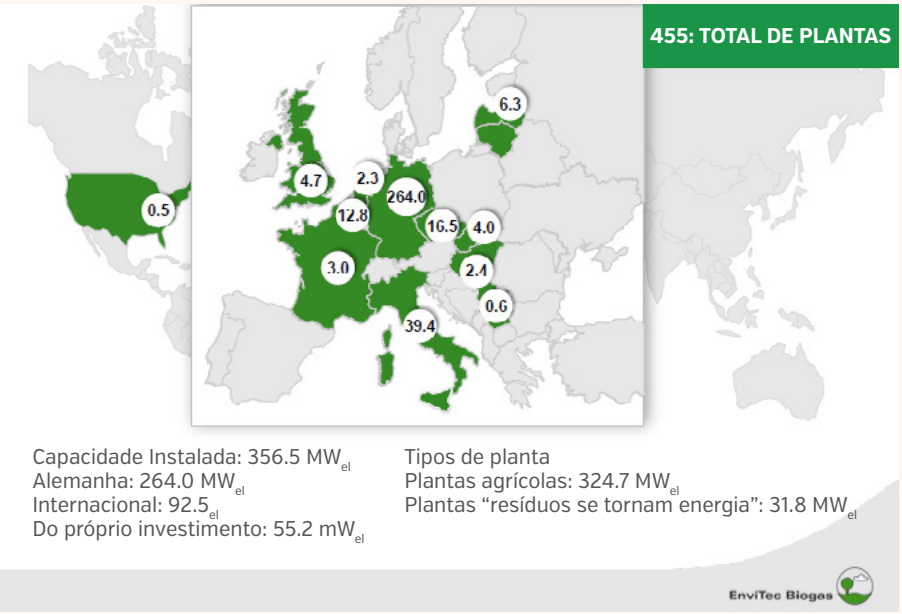
Figura 2-64:
Logotipo da EnviTec

A EnviTec Biogas AG abrange toda a cadeia de valor para a produção de biogás, incluindo o planejamento e a construção "chave-na-mão" de plantas de biogás e plantas de processamento de biogás. O comissionamento, serviços biológicos e técnicos, bem como toda a gestão da planta e sua operação são serviços também oferecidos pela empresa.

Além disso, a EnviTec opera suas próprias plantas de biogás. Em 2011, a EnviTec Biogas e a EnviTec Energy GmbH & Co. KG juntamente com a filial EnviTec Stromkontor GmbH & Co. KG expandiram seus negócios e iniciaram a comercialização direta de biometano processado, entrando no mercado de eletricidade verde. A EnviTec Biogas AG é agora representada em 20 países em todo o mundo. Em 2012 a EnviTec gerou uma receita de 190,5 milhões de euros e um EBIT (lucro sem taxas) de 1,3 milhões de euros. O Grupo EnviTec possui atualmente 359 empregados. Desde julho de 2007 a EnviTec está listada na bolsa de valores de Frankfurt.

As usinas operadas pela empresa em todo mundo são apresentadas na figura 2-65.

Figura 2-65: Equipamentos da EnviTec, que estão em operação em todo o mundo



A planta de referência é a planta de biogás Saerbeck na Alemanha:

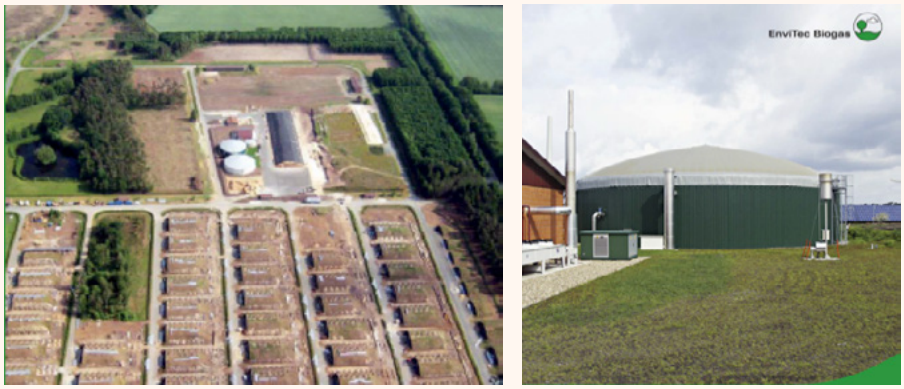


Figura 2-66: Representação esquemática do sistema da Sauter-biogás com irrigação do conteúdo do digestor.

Foto: *©SAUTER biogás GmbH*

As duas centrais de cogeração geram juntas mais de 1 MW. Um dos CHP é equipado com um módulo de secagem que realiza a secagem dos resíduos da digestão. Secos, os resíduos são comercializados como fertilizante.

Através da secagem e peletização dos resíduos da digestão, estes se tornam mais facilmente transportáveis e podem ser vendidos em áreas de solo pobre em nutrientes. Além do CHP, o grande digestor de 4.090 m³ e os dois grandes reservatórios de digestão de 5.600 m³, que fornecem uma capacidade de armazenamento por 240 dias integram o coração da planta. Como insumos para a planta são utilizadas matérias-primas renováveis, como silagem de capim e milho, bem como dejeto líquido de bovinos e suínos, que são fornecidos pelos agricultores da região, de modo que todo o valor da produção de matéria-prima e operação da planta permanece na região de Saerbeck.

As silagens de capim e milho são removidas do silo e enviadas a uma placa de pressão de 120 m³. Através de tecnologia de rosca EnviTec, as substâncias chegam ao dissolvedor helicoidal. Juntamente com dejeto líquido de bovinos e suínos, armazenados em um reservatório intermediário de 520 m³, elas são misturadas, trituradas e transportadas através de bombas para o digestor.

BIOMETANO E MATERIAIS RESIDUAIS – MT-ENERGIE GMBH

Figura 2-67: Logotipo da MT-Energie GmbH

A MT-Energie GmbH é uma fabricante líder de plantas de biogás completas de todos os tamanhos e também de componentes especiais para biogás. O portfólio de serviços inclui:

- Planejamento e construção de plantas "chave-na-mão"
- Entrega de tecnologias e sistemas de biogás
- Serviços técnicos
- Assistência para o processo técnico
- Expansão / reativação de plantas
- Venda de componentes

Pela MT-BioMethan GmbH, o grupo MT também oferece tecnologia de processamento e alimentação de gás para a produção de biometano. Em 2006 a empresa iniciou sua expansão em nível internacional, abrindo uma série de filiais em muitos países europeus. A MT-Energie oferece não apenas os conceitos de matérias-primas renováveis, mas também a proposta de reciclagem dos materiais residuais do processo.

A MT-Energie já implementou mais de 600 projetos de biogás. A capacidade elétrica instalada de todos os sistemas do MT é de, no total, 350 megawatts. O mapa na figura 2-68 apresenta as atividades internacionais do MT-Energie.

A empresa já possui uma primeira planta instalada com sucesso próximo a Curitiba-PR e tem interesse em expandir seus negócios no Brasil.

Fonte: *@ 2014 MT-energia*

A planta de referência selecionada é a planta de co-digestão BARFOOTS em Herriard / Basingstoke, Reino Unido, colocada em operação em 2014, com uma capacidade instalada de 1,2 MW. Qualquer tipo de resíduos de alimentos é processado mecanicamente e usado juntamente com silagem de milho e capim como substrato. A entrada de sólidos ocorre pela MT-Alligator Plus (57 m³) com o MT-MixBox. Além do separador, a planta tem higienização e uma estação desempacotadora para lidar com os fluxos de resíduos. A figura 2-69 mostra o digestor de 24x6 m e um tanque de resfriamento para o material higienizado da planta.

Figura 2-69: Digestão da silagem de milho, de capim e resíduos da indústria alimentícia na planta de co-digestão Barfoots / Herriard (Reino Unido), de MT-Energie

Foto: *© 2014 MT-energia*

MONOFERMENTAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO BOVINO SCHAUMANN BIOTIC SYSTEMS GMBH & CO. KG

Figura 2-70: Logotipo da Schaumann Biotic Systems GmbH & Co. KG

A empresa Schaumann Biotic Systems GmbH & Co. KG planeja, constrói e otimiza plantas de biogás. A equipe de profissionais possui quase 20 anos de experiência e a empresa já instalou mais de 170 plantas.
O portfólio de produtos pode ser resumido da seguinte forma:

Planejamento de plantas de biogás

- Implementação de processo de aprovação
- Construção de plantas completas
- Expansão e reativação
- Serviço e Manutenção
- Documentação técnica
- Especialização em eletrônica

Há interesse em atuar também no mercado brasileiro, principalmente em cooperação com empresas brasileiras para a prestação de serviços de fornecimento, engenharia e licenciamento.

Como planta de referência, pode-se citar a planta de biogás da Gut Hülsenberg GmbH em Wahlstedt, construída e comissionada pela Schaumann Biotic Systems em dezembro de 2013. A planta de biogás foi construída como planta para pesquisa e é usada para otimização de processos de engenharia e biológicos.

A nova planta foi projetada para utilizar exclusivamente dejeto líquido bovino como substrato e tem capacidade instalada de 75 kW. Este tipo de planta é particularmente interessante para os agricultores: por um lado os dejetos são utilizados, e, por outro, são fornecidas novas oportunidades de negócio. Na planta de pesquisa de biogás, novas soluções técnicas são testadas em condições reais e os efeitos são especificamente analisados para o tamanho desta planta. Juntamente com o ISF Schaumann Forschung, os peritos da Schaumann Biotic Systems GmbH & Co. KG estudam questões técnicas relacionadas à digestão de estrume/dejetos e à recuperação de calor.

Figura 2-71: Planta de biogás da Schaumann Biotic Systems no Gut Hülsenberg GmbH em Wahlstedt

CONCEITOS FLEXÍVEIS DE PLANTAS - ARCHEA UNTERNEHMENSGRUPPE

Figura 2-72:
Logotipo da ARCHEA Unternehmensgruppe

A ARCHEA Unternehmensgruppe atua no campo da tecnologia de biogás e abrange toda a cadeia de valor desse produto. A ARCHEA acompanha o desenvolvimento do projeto, financiamento, construção, comissionamento, operação e manutenção de plantas de biogás.

A ARCHEA oferece vários tipos de plantas, dentre as quais se destacam as seguintes:

- Plantas de biogás de dejeto líquido: Utilização de pelo menos 80% de dejeto líquido ou sólido (esterco, fezes, etc.)
- Plantas de biogás de resíduos orgânicos: Utilização de 100% de resíduos da produção de alimentos (legumes, frutas, gorduras, restos de comida, etc.) ou resíduos da produção de combustíveis (glicerol, etc.)
- Plantas de biogás com co-digestão: Utilização de resíduos e dejeto líquido ou lodo de depuração.
- Plantas de biogás Waste to Energy: Utilização de até 100% de resíduos orgânicos municipais, incluindo resíduos domésticos.
- Plantas de biogás de exportação: plantas de biogás especialmente desenvolvidas para exportação
- Plantas contêiner de biogás: Plantas de biogás modulares em contêineres.

Figura 2-73: Representação esquemática de uma planta ARCHEA para a exportação

Foto: © *ARCHEA*

Tecnologias especialmente adequadas para a digestão de substratos ricos em nitrogênio (por exemplo, esterco de galinha)
Substratos com altos teores de nitrogênio, tais como esterco de aves e resíduos de matadouros, apresentam desafios específicos para o processo de biodigestão se empregados como monosubstratos. Na degradação das proteínas se produz amônio e isto provoca inibição, especialmente quando em taxas de carga mais elevadas. Por uma questão de logística, muitas vezes não é economicamente viável ter uma compensação através da mistura com outros substratos. Uma solução que pode ser avaliada é a diluição com lixiviado de resíduos. No entanto, uma desvantagem dessa prática é a questão econômica, pois ao injetar o lixiviado, a produção de biogás é reduzida. Além disso, a água tem de ser aquecida para atingir a temperatura do processo. As medidas corretivas oferecem métodos em que o nitrogênio é naturalmente separado, sob a forma de sulfato de amônio. Estas práticas são oferecidas, pela GNS-Gesellschaft Nachhaltige Stoffnutzung mbH e também pela empresa A & E Anlagenbau und Umwelttechnik mbH & Co.KG (www.au-anlagenbau.de, b.schmitz@au-anlagenbau.de)

PROCESSO ANASTRIP® - GNS - GESELLSCHAFT FÜR NACHHALTIGE STOFFNUTZUNG MBH (SOCIEDADE PARA USO SUSTENTÁVEL DE MATERIAIS)

Figura 2-74: Logotipo da GNS- Gesellschaft für Nachhaltige Stoffnutzung mbH

A GNS-Gesellschaft für Nachhaltige Stoffnutzung Gesellschaft mbH como uma empresa de pesquisa e desenvolvimento atua na área de desenvolvimento de processos e consultoria.

A pesquisa e desenvolvimento do uso energético e material da biomassa e resíduos envolve o desenvolvimento de processos e registro de patentes, a construção e operação de instalações laboratoriais, a construção e operação de usinas-piloto e de demonstração e atividades de engenharia (projeto químico, projeto básico, engenharia de autoridades).

A GNS-Gesellschaft für Nachhaltige Stoffnutzung mbH possui experiência em processos térmicos, termo-químicos, termo-físicos e bioquímicos de conversão de biomassa. São elaborados estudos especializados, avaliações de processo, testes de laboratório, simulação de processos, engenharia, concepção científica e acompanhamento de projetos.

O tratamento de resíduos digeridos através do processo ANAStrip®, no qual a amônia é removida dos resíduos utilizando-se o calor residual gerado na CHP, sem adição de ácidos ou bases, pode ser observado em 3 plantas:

- Planta piloto Barnstädt (2003)
- Planta de grande escala ANAStrip® no complexo de BENAS Bremen (2007)
- Planta em série ANAStrip® no complexo em Röblingen (2012)

A captura do amoníaco permite a produção da solução concentrada de sulfato de amônio e cal como fertilizantes minerais reconhecidos. Os demais resíduos da digestão são inofensivos em termos de emissões e usados de forma variável.

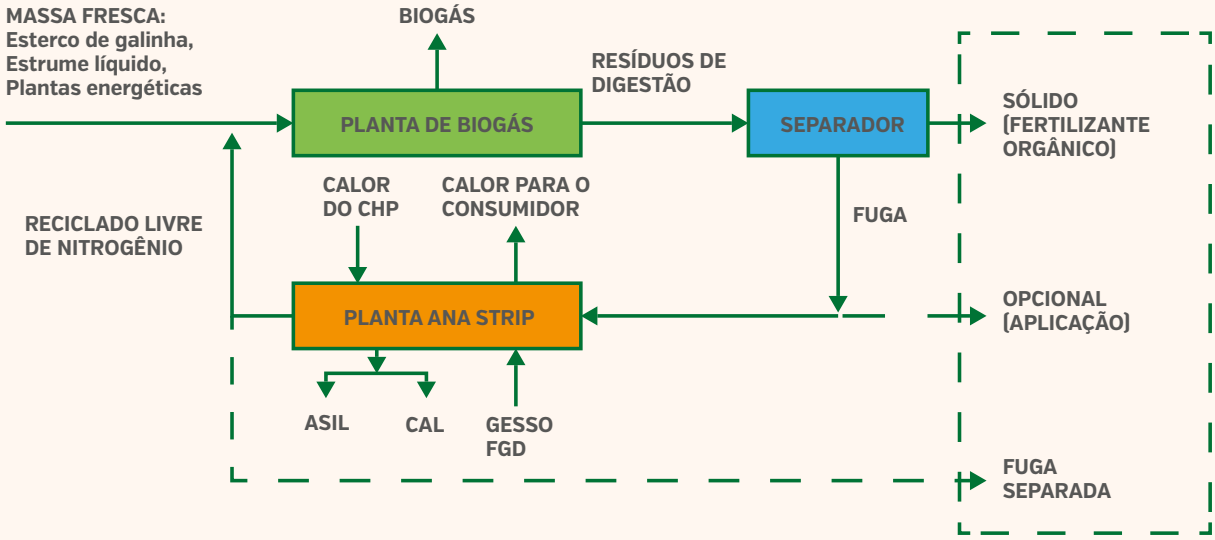


Figura 2-75: Tratamento de resíduos da digestão após o processo ANAStrip® GNS

Foto: *© GNS-Gesellschaft für Nachhaltige Stoffnutzung mbH*

Tecnologias especialmente adequadas para substratos hidraulicamente simples, por exemplo, dejeto líquido com baixas proporções de substratos problemáticos

Para o tratamento do dejeto líquido, como substrato hidráulica e cineticamente simples, mesmo se houver pequenas proporções de co-substratos, a técnica chamada de digestor grão de pimenta é particularmente apropriada. Neste caso, o digestor cilíndrico vertical é dividido em um anel externo e outro interno. Os anéis estão interligados abaixo do líquido e a aspiração do gás (geralmente feita por uma das câmaras) pode ser interrompida com o uso de válvulas. Se a válvula de gás da câmara fechar, tem-se uma pressão mais elevada nesta câmara, que faz com que o nível de líquido da outra câmara seja aumentado. Há uma certa diferença de altura entre as válvulas, que permite que o líquido passe de uma câmara para a outra sem necessidade de energia externa. O princípio de funcionamento é descrito de forma esquemática a seguir (figura 2-76 e figura 2-77). A figura 2-78 mostra duas plantas de referência do digestor VSP "grão de pimenta" da empresa Agro-Net für modernes Agrarmanagement und -technik mbH.

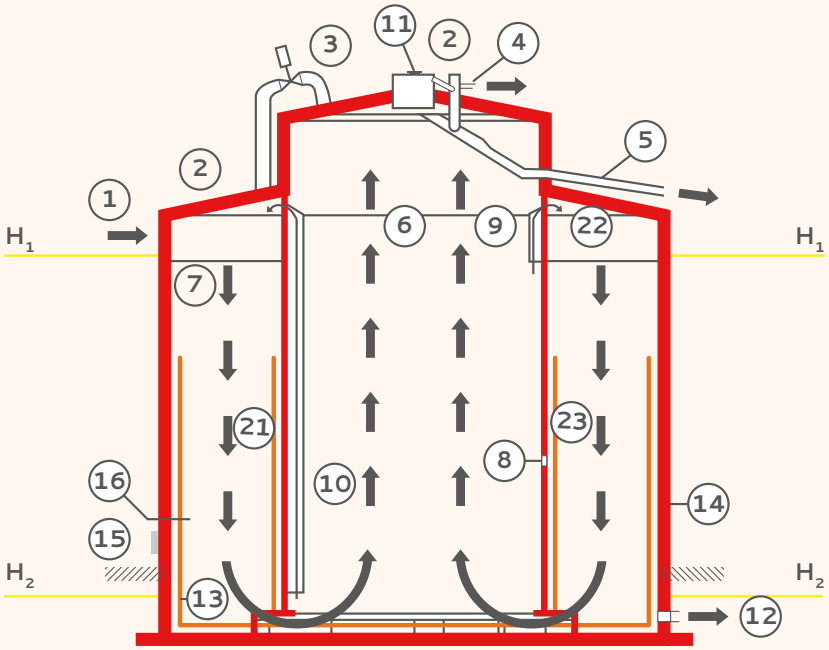


Figura 2-76: Seção vertical de um digestor VSP (digestor "grão de pimenta"), da AgroNet Gesellschaft für modernes Agrarmanagement und –technik mbH

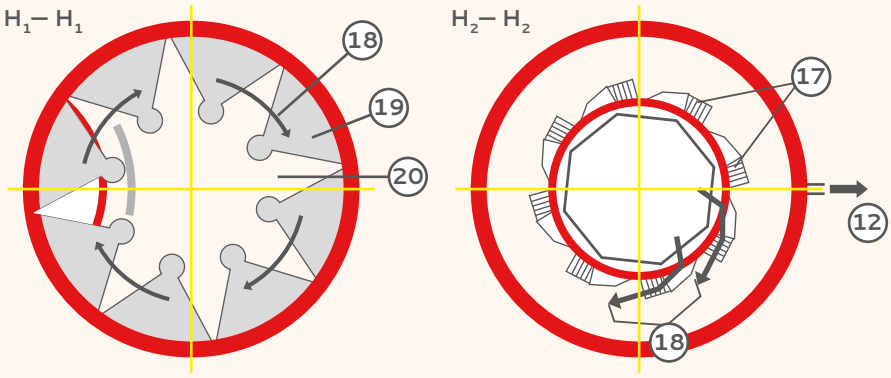


Figura 2-77: Detalhes horizontais H_1-H_1 (destruição da camada flutuante) e H_2-H_2 (incorporação e aplicação da camada base de lodo) do digestor VSP

LEGENDA DAS FIGURAS 2-18 E 2-19			
1	Alimentação	**13**	Aquecedor do fermentador
2	Medição de pressão	**14**	Isolamento do tanque
3	Válvula pneumática de gás	**15**	Passagem de inspeção
4	Tubulação de extração de gás	**16**	Medição de temperatura
5	Tubulação de dejeto líquido	**17**	Camada flutuante umedecida
6	Espelho de repouso	**18**	Bicos de mistura no fundo do tanque
7	Espelho pressionado	**19**	Rotação da massa de digestão na câmara principal
8	Limite das camadas flutuantes	**20**	Sombra de pulverização
9	Poço curto de mistura	**21**	Caminho do substrato na câmara principal de digestão (sempre de cima para baixo)
10	Poço longo de mistura	**22**	Fluxo câmara de pós-digestão – câmara principal através de bicos curtos de mistura
11	Tampa de controle na abertura central	**23**	Fluxo câmara-principal / câmara de pós-fermentação através de poços longos de transporte de retorno com bico misturador
12	Aspiração do lodo base		

Figura 2-78: Digestor VSP; à esquerda planta de biogás Altkirchen (Alemanha); à direita planta de biogás Vanselow (Alemanha) em construção

Foto: *©2013 AgroNet Gesellschaft für modernes Agrarmanagement und -technik mbH*

As maiores vantagens são a quase ausência de desgaste da tecnologia e o baixo consumo de energia. Por outro lado, o investimento para construção é maior se comparado com outras tecnologias. O armazenamento de gás deve ser realizado em um equipamento separado (como cobertura de folha ou armazenador externo de gás). Provedores de tais métodos são as empresas Gesellschaft für modernes Agrarmanagement und -technik mbH (http://www.agronet-vsp.de) e, em particular para plantas menores a Bio-4Gas EXPRESS GmbH, uma empresa internacional, fundada em 2010, com filiais na Alemanha, Áustria, França, Suíça, Itália, Grã-Bretanha e África do Sul (http://www.bio4gas.eu).

2.3.3 Referências bibliográficas

[AgroNet] AgroNet Gesellschaft für modernes Agrarmanangement und –technik mbH: VSP-Fermenter, Internetpräsenz: http://www.agronet-vsp.de, Stand: 30.07.2014

[Archea] Archea Biogas N.V., Internetpräsenz: http://www.archea-biogas.de; http://www.archea-biogas.de/biogasanlagen/anlagentypen/index.htm, Stand: 10.07.2014

[EnviTec] EnviTec Biogas AG: EnviTec Biogas – Wie geben Biogas!; Internetpräsenz: http://www.envitec-biogas.de/unternehmen/unternehmensprofil.html, Stand: 07.07.2014

[GNS] GNS Gesellschaft für Nachhaltige Stoffnutzung mbH: ANAStrip®-Verfahren zur Gärrestaufbereitung, Internetpräsenz: http://www.gns-halle.de/leistungen/anastrip, Stand: 09.07.2014

[MT-Energie] MT-Energie GmbH: MT-Energie – der führende Anbieter von Biogasanlagen, Internetpräsenz: http://www.mt-energie.com, Stand: 11.07.2014

[SAUTER] SAUTER BIOGAS GmbH: Beregnen statt Rühren, Internetpräsenz: http://www.sauter-biogas.de/Biogasanlage/Verfahren/biogas_verfahren_beregnen.php, Stand: 10.07.2014

[Schaumann] Schaumann Biotic Systems GmbH & Co. KG, Internetpräsenz: http://www.schaumann-systems.de/, Stand: 10.07.2014

[Springer] Springer J., GICON-Verfahren: Trocken-Nassfermentation, Vortrag im Rahmen der International Biomass Conference, IBC Leipzig, 5.-7. Juni 2013

3 UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS

3.1 Processamento do Gás para a qualidade de gás natural

De acordo com o uso projetado para o gás, o mesmo necessita passar por processos de purificação até atingir as características especificadas para sua aplicação. Este capítulo focará no benefeciamento do biogás ao nível de biometano, para sua injeção na rede de gás garantindo sua equiparidade com o gás natural.

A figura 3-1 indica as características da composição do biogás para diferentes possibilidades de utilização.

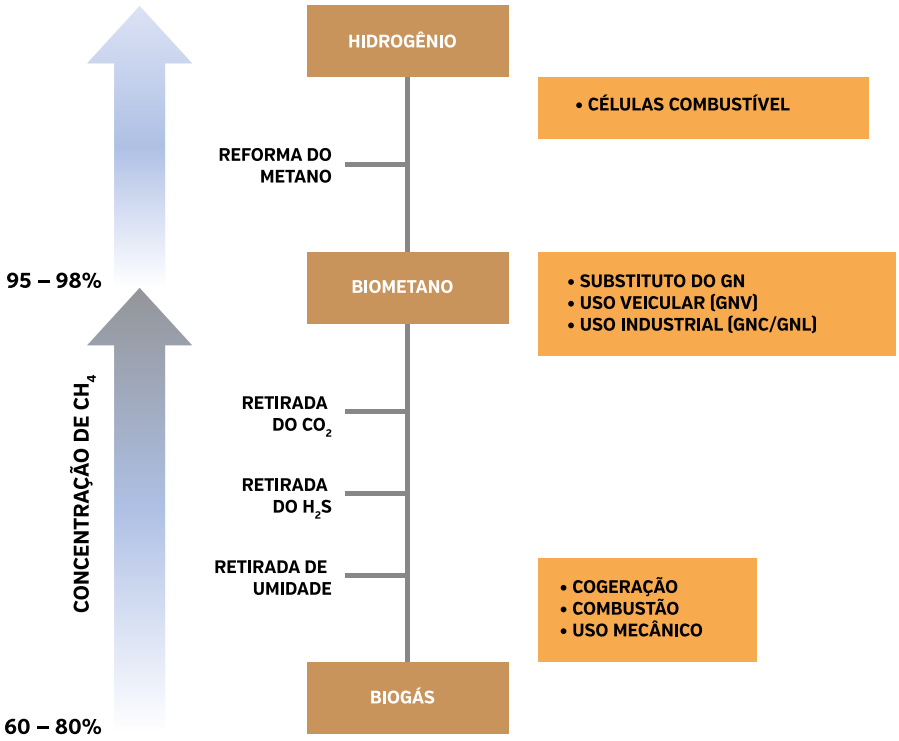


Figura 3-1: Purificação do Biogás e alternativas de utilização

Foto: *Adaptado de BTE, IFEU e ISA 2004.*

Se o biogás for injetado na rede de gás natural, isto exige um beneficiamento mais rigoroso, e no caso da Alemanha, deve atender aos requisitos das normas DVGW. Essas normas refletem as regras técnicas reconhecidas (aRT), ou seja, especificações que são consideradas como corretas na ciência e comprovadas na prática. A Associação Alemã de Gás e Água (DVGW) prepara e emite essas regulações para o abastecimento de gás e água.

O gás tratado é injetado como gás adicional ou substituto. A quantidade máxima de gás adicional é limitada pela exigência do comportamento semelhante da mistura de gás de queima. Se o biogás processado mostrar um comportamento semelhante ao do gás primário, ele é chamado de gás de troca.

Os seguintes requisitos para a injeção do gás de troca são resultado dos Guias Técnicos G 260 e G 262 da DVGW [8], [9]:

Dióxido de carbono:	max. 10 Mol.-% (Redes de gás natural) max. 5 Mol.-% (Redes de gás)
Oxigênio:	max. 3 Mol.-% (MOP[1] < 16 bar) max. 0,001 Mol.-% (MOP > 16 bar)
Sulfeto de hidrogênio:	max. 5 mg/m³ (em casos excepcionais de curto prazo 10 mg/m³)
Teor de água:	Pressão≤ 10 bar: max. 200 mg/m³ Pressão> 10 bar:max. 50 mg/m³

1. MOP – Maximum Operating Pressure / Pressão máxima de operação

Outras regulações e procedimentos importantes relacionados ao tema estão apresentados em anexo.

A injeção de biogás processado como um gás de troca requer a separação do dióxido de carbono, dessulfurização, secagem do gás e, eventualmente, um ajuste do índice de Wobbe e do poder calorífico. No entanto, as etapas do processo podem ser conduzidas numa ordem diferente. Na maioria dos casos isto depende do processo de separação de CO_2 utilizado. O biogás processado a qualidade de gás natural é referido como biometano.

No momento, os processos mais difundidos de remoção de CO_2 na Alemanha são: a lavagem com água sob pressão (DWW), a adsorção com modulação de pressão (PSA), a lavagem química (aminas), lavagem física (Genosorb ®) e o processo de membrana [10]. A figura 3-2 mostra os caminhos possíveis de tratamento para a PSA, DWW, Genosorb ®- e a lavagem com aminas.

Figura3-2: Beneficiamento de biogás

Na figura 3-2 pode se observar que, por exemplo, uma dessulfurização grossa e fina assim como a secagem são essencialmente necessárias para o PSA, para se assegurar o desempenho da separação do adsorvente. Ao contrário, na lavagem com água sob pressão a dessulfurização antes do enriquecimento do metano não é imprenscindível. Este passo pode ocorrer simultaneamente com a separação do dióxido de carbono. A secagem do gás, bem como uma possível dessulfurização fina, ocorre em seguida.

Para o correto funcionamento da lavagem Genosorb® deve ser feita a compressão do gás bruto antes da sua injeção na coluna de absorção. Na absorção do tratamento com aminas, no entanto, não há necessidade de

pressurização (dessorção com cerca de 1 a 2 bar (g)), de modo que há uma compressão para a injeção, após a separação do CO_2.

Uma alta vazão de injeção de ar deve ser evitada durante o processamento do gás bruto para biometano. Por um lado, se elevam os custos de condicionamento com o aumento do aquecimento, mas por outro, podem ocorrer corrosões devido ao oxigênio injetado no biometano.

A seguir serão abordados com mais detalhes os processos de tratamento como também variantes do método.

3.1.1 Dessulfurização

O sulfeto de hidrogênio é produzido durante o processo de formação de biogás, devido a diferentes reações bioquímicas [11]. Se a composição do biogás produzido excede os limites de H_2S acima mencionados, uma dessulfurização se faz necessária. Para realizar a dessulfurização, são usados de forma geral três tipos de processos: biológicos, químicos e físicos.

Por razões econômicas, para elevados e possivelmente oscilantes concentrações do sulfeto de hidrogênio, a remoção se dá em duas etapas. Numa primeira etapa, há uma dessulfurização grossa que remove o sulfeto de hidrogênio em grandes quantidades do biogás. Na etapa subsequente, é então utilizada a dessulfurização fina, a fim de alcançar os baixos níveis de sulfeto de hidrogênio. Na sequência, as tecnologias de ambos os casos utilizados são apresentadas.

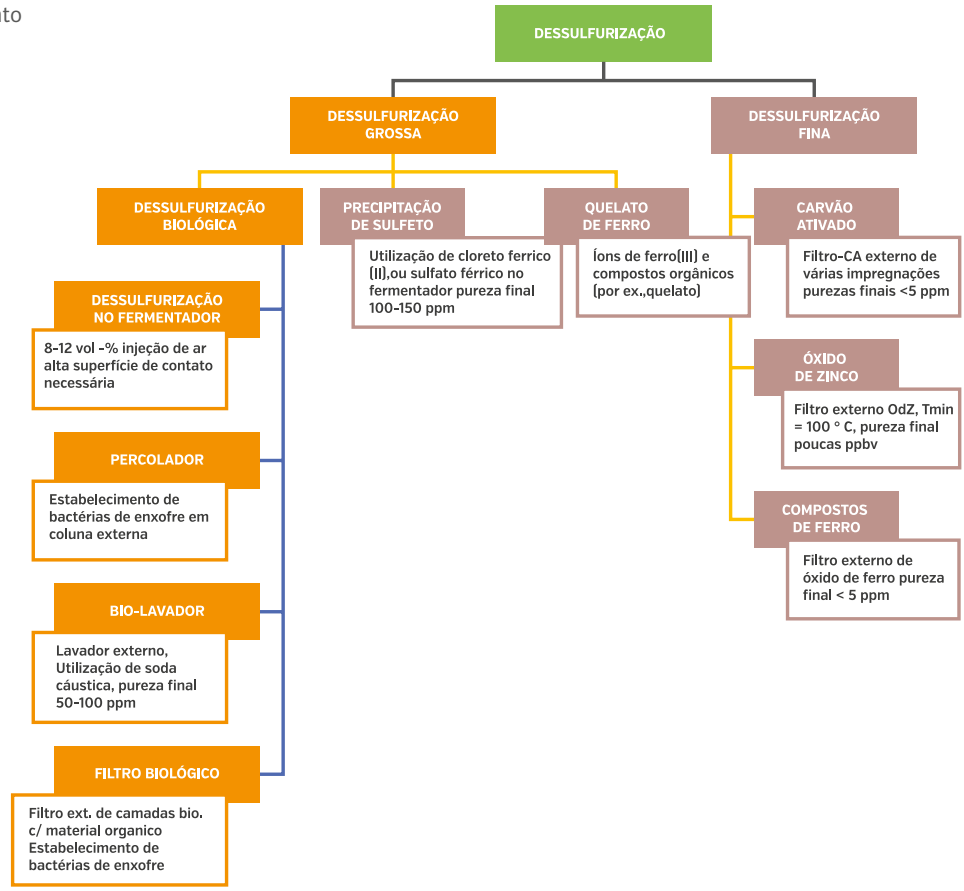


Figura 3-3: Beneficiamento de biogás em sua forma bruta para gás

Dessulfurização grossa
Aconselha-se a dessulfurização grossa a partir de poucas centenas de ppm de sulfeto de hidrogênio no biogás bruto, caso contrário, podem haver problemas nos processos seguintes da planta, como na usina de cogeração para a produção de eletricidade. A dessulfurização pode ser realizada durante a produção de biogás ou a jusante, ou seja, fora do biodigestor. Os métodos mais comumente utilizados são descritos a seguir.

Dessulfurização biológica
A dessulfurização biológica pode ser realizada dentro ou fora do biodigestor, em um filtro biológico, em um lavador biológico ou em um percolador. Como se trata de um processo microbiológico, é necessário para todos os processos uma temperatura entre 10-40°C, uma umidade de no mínimo 90%, um pH em ambiente ácido e um suprimento de oxigênio adequado.

Dessulfurização no biodigestor
Bactérias de enxofre (p.ex. Sulfobacter oxydans), estão normalmente presentes em todo substrato do biodigestor. Através da injeção de ar adicional, pode se conseguir uma dessulfurização biológica durante o processo de digestão sem a necessidade do acréscimo de microorganismos especiais. Em geral, é necessária uma alta dosagem de ar (8-12 vol -%)[11]. O desempenho da dessulfurização é altamente dependente da superfície de contato disponível. Se for prevista a injeção do biogás produzido na rede de gás natural existente, este método de dessulfuração não é recomendado, uma vez que as altas concentrações de nitrogênio e oxigênio dificilmente podem ser eliminadas, o que piora as propriedades comburentes do gás.

Filtro biológico
Um filtro biológico corresponde a uma estrutura de um filtro de camadas, com espessuras da camada de 1 a 3 metros. O biogás flui através de um leito orgânico umido de turfa, palha, aparas de madeira ou semelhantes. Para proporcionar aos microorganismos condições de vida ideais, acontece uma umidificação, por exemplo, por meio de um sistema de aspersão. No substrato se encontram as bactérias de enxofre, as quais, sob a presença de oxigênio, processam o sulfeto de hidrogênio no biogás. Além disso, o material orgânico do filtro é lentamente reduzido pelos microrganismos. A contínua remoção de materiais do filtro, no entanto, aumenta a proporção de partículas finas e, por conseguinte, há perda de pressão. Por isso, a troca de filtro é necessária depois de alguns anos.

Lavador biológico de gás (depurador)
Na lavagem biológica do gás a dessulfurização ocorre em 2 estágios. O sistema é composto de uma coluna de lavagem recheada (absorção do H_2S por meio de solução de soda cáustica diluída), um biodigestor (regeneração da solução de lavagem com oxigênio do ar) e um separador de enxofre (remoção do enxofre elementar). Na primeira etapa o sulfeto de hidrogênio no biogás é dissolvido em uma solução de lavagem, geralmente diluída com 20% de soda cáustica, que é inserida contracorrente ao gás em uma coluna de lavagem recheada, e transformado biologicamente sob fornecimen-

to de oxigênio em enxofre elementar e sulfato. A solução também contém bactérias e nutrientes. Ao longo do tempo, a solução de soda cáustica é consumida e deve ser regenerada. Isto é feito em uma segunda etapa, que consiste em um reator, no qual as bactérias de enxofre (Thiobacillus) estão estabelecidas em cima de um material de base e entram em contato com a água de lavagem. Com o fornecimento de oxigênio, esses microrganismos regeneram a solução de lavagem e formam hidróxido de sódio. O oxigênio é introduzido numa coluna separada, que não compõe mais o biogás. O teor final de enxofre no biogás é de 50 a 100 ppm.

Filtro Percolador
Ao contrário da dessulfurização biológica no biodigestor, nesta tecnologia de processamento de gás a conversão biológica dos poluentes acontece em um sistema externo. O filtro percolador (também reator biológico de leito percolador) consiste principalmente de um material filtrante inerte, no qual as bactérias de enxofre se estabelecem. O material do filtro inerte geralmente não pode armazenar umidade e também não é decomposto biologicamente. Deste modo ele tem uma vida útil muito longa. As bactérias de enxofre se localizam tanto nos filtros biológicos como também suspensas no percolador e na solução circulante. Os nutrientes necessários, por exemplo, para cobrir a demanda de nitrogênio ou fósforo, são fornecidos adicionalmente, através da dosagem de uma solução nutriente.

Precipitação de sulfeto
Este tipo de dessulfurização se baseia na reação química entre o sulfeto de hidrogênio dissolvido e sais de ferro, sendo realizada no biodigestor. Íons de sulfeto, resultantes da dissociação do sulfeto de hidrogênio, reagem com os íons de ferro (II) para formar sulfeto de ferro de difícil solubilidade, que flocula como sal preto. Com a ajuda desta tecnologia se alcança tipicamente um teor final de enxofre no biogás de 50 a 150 ppmv (podendo ser até menor) [12].

Dessulfurização com quelato de ferro
Neste caso, numa reação redox, o sulfeto de hidrogênio é convertido em enxofre elementar. Quelato de ferro é uma substância química que consiste em íons de ferro (III) (Fe3+) e de compostos orgânicos (L) (por exemplo, quelato). Na reação do quelato com H_2S os íons de ferro (III) são reduzidos a íons de ferro (II). Este método, que é conhecido na prática como "LO CAT" atinge 99% de dessulfurização [13].

Dessulfurização fina
A DVGW (Associação Alemã de Gás e Água) – Guia Técnico G 260 – exige para a injeção de biogás tratado como um gás de troca um teor máximo de sulfeto de hidrogênio de 5 mg/m³ (em casos excepcionais de curto prazo 10 mg/m³) [9]. A fim de poder satisfazer esses valores com segurança, apenas uma dessulfurização grossa geralmente não é suficiente, se fazendo necessária uma dessulfurização fina adicional. Para a dessulfurização fina podem ser usados o carvão ativado, óxido de zinco ou compostos de ferro.

Carvão ativado
O carvão ativado tem uma estrutura altamente porosa e uma grande superfície interna, que é adequada como adsorvente para a dessulfurização do biogás. O carvão ativado atua como um catalisador que efetua a transformação do sulfeto de hidrogênio com oxigênio em água e enxofre elementar, à baixas temperaturas. Sem este efeito catalítico esta reação química não ocorreria à temperatura ambiente, mas somente a uma temperatura acima de 200°C [14]. O enxofre resultante é adsorvido pela superfície interior do carvão ativado. . O produto da reação, a água, é eliminada com o fluxo volumétrico de biogás. Através da impregnação do carvão ativado, a capacidade de carga de enxofre, bem como a velocidade da reação química podem ser aumentadas.

Óxido de zinco
O óxido de zinco (OdZ) é um outro adsorvente para a dessulfurização de sulfeto de hidrogênio. Os adsorventes à base de OdZ são tipicamente empregados a temperaturas elevadas, porque com o aumento da temperatura a capacidade de carga, que é de cerca de 0,025 kg / kg a 100°C e de cerca de 0,22 kg / kg a 350°C. No entanto, uma vez que a reação entre o OdZ e H_2S ocorre apenas a partir de cerca de 100°C a uma velocidade suficiente, o uso de óxido de zinco puro não é apropriado à temperatura ambiente. O adsorvente gasto não pode ser regenerado no local e tem, por conseguinte, que ser substituído e descartado. As vantagens da remoção de sulfeto de hidrogênio por meio do óxido de zinco são o método isento de oxigênio e as purezas finais alcançáveis de poucos ppbv.

Compostos de ferro
Para a remoção de sulfeto de hidrogênio a partir de gases, vários óxidos de ferro tal como hidróxido de ferro (III) são usados. O H_2S reage com estas substâncias e forma sulfeto férrico. A quantidade de ferro presente é consumida de forma contínua, no entanto, uma regeneração periódica no local é possível.

3.1.2 Remoção de CO_2

Na maioria das instalações de biogás com cogeração (CHP) se dispensa geralmente um enriquecimento de metano ou a remoção de CO_2, porque para estas aplicações os teores de metano de 50 a 70 vol -% são suficientes. Para uma injeção na rede de gás natural (como um gás de troca), são necessárias concentrações de metano elevadas para atender as exigências da G DVGW – Guia Técnico G260 (índice de Wobbe) [9]. Por esta razão, o dióxido de carbono, o qual dependendo da composição do biogás está contido num volume de 25 a 55 -%, e representa portanto, a substância concomitante mais importante do biogás, tem que ser separado.

Processos para a separação de CO_2 são; a adsorção, a absorção física e a química, a separação por membranas e processos criogênicos.

Esses métodos diferem não só no que diz respeito à tecnologia utilizada, mas também em termos de qualidade alcançável do gás, à gestão do processo e da experiência anteriormente adquirida no campo do tratamento de biogás. A tabela 3-1 mostra uma visão aproximada.

Tabela 3-1: Visão Geral Método de separação CO_2 [de acordo com [7], [19] estendido]

TIPO DE SEPARAÇÃO	PROCESSO	PRINCÍPIO DE AÇÃO	TEOR FINAL DO METANO	OUTROS DADOS
Adsorção	Adsorção com modulação de pressão(PSA)	Adsorção com CO_2 em uma peneira molecular	> 96 Vol.-%	Elevado consumo de eletricidade [0,20-0,25 kWh/m³(BG,i.N.], não exige calor, escape de metano elevado(1-5 %), não utiliza processos químicos
Absorção física	avagem sob pressão de água	Solução de CO_2 em água em alta pressão	> 96 Vol.-%	Elevado consumo de eletricidade [0,20-0,30 kWh/m³(BG,i.N.]), não exige calor, escape de metano elevado[0,5-2 %), não utiliza processos químicos
	Processos Selexol®-, Genosorb®- Rectisol®-, Purisol®	Solução de CO_2 em solvente especial	> 96 Vol.-%	Consumo de energia elétrica muito elevado [0,23-0,33 kWh/m³(BG,i.N.]), exige pouco calor [~0,3 kWh/m³(BG,i.N.]), escape de metano elevado(1-4 %), utiliza grande quantidade de solução de lavagem
Absorção química	Tratamento com aminas	Reação química de CO_2 com MEA, DEA, MDEA e outros	> 99 Vol.-%	Baixo consumo de energia elétrica [0,06-0,15 kWh/m³(BG,i.N.]), Exige muito calor [0,5 0,8 kWh/m³(BG,i.N.]], [0,1 %), utiliza grande quantidade de solução de lavagem
Separação por membranas	Separação de gás de membrana de polímero (seco)	Permeabilidade da membrana H_2S e CO_2 mais elevado do que CH_4	> 80 Vol.-%	Consumo de energia elétrica muito alto [0,18-0,25 kWh/m³ (BG,i.N.]), não exige calor, escape de metano elevado [2-8 %), não utiliza processos químicos
	Separação de gás de membrana (seco)		> 96 Vol.-%	
Processos criogênicos	Separação a temperaturas baixas	Separação de fases do CO_2 líquido e CH_4 gasoso	> 99,9 Vol.-%	Consumo de energia muito alto [0,18-0,33 kWh/m³(BG,i.N.]], escape de metano muito baixo, não utiliza processos químicos

Adsorção com modulação de pressão (PSA)

A adsorção com modulação de pressão (inglês: Pressure Swing Adsorption/PSA) é um processo que pode separar, através do carvão ativado, como também peneiras moleculares de zeólitos, peneiras moleculares de carbono, o dióxido de carbono entre outros componentes como nitrogênio ou água do biogás. O princípio de processo é baseado na diferença da adsorção do metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), com pressão elevada no adsorvedor. Em comparação com o metano, o dióxido de carbono se liga mais rápido e mais fortemente ao adsorvente.

Figura 3-4: Estação de adsorção com modulação de pressão da Schmack Carbotech GmbH em Schwandorf [2]

Um tipo de adsorção com modulação de pressão usado com frequência é o de peneira molecular de carbono. O método de separação do CO_2 está descrito mais detalhadamente a seguir. No começo do PSA acontece uma compressão do gás, a geralmente 6 a 10 bar. É importante certificar-se que a compressão ocorre de preferência isenta de óleo, para evitar contaminações com hidrocarbonetos de cadeia longa no gás e com isso, prejuízos na adsorção. Em caso de forte exposição a contaminantes, um filtro deve ser instalado para remover os hidrocarbonetos de cadeia longa, poeira, etc. Na compressão acontece um aquecimento forte do gás. Uma vez que a capacidade de adsorção aumenta com a diminuição da temperatura, torna-se interessante utilizar o compressor a jusante da refrigeração. Dessa forma, tem-se temperaturas de adsorção típicas entre 10° e 30°C. O condensado resultante é separado. Uma pré-secagem a ponto de orvalho de 3 até 5°C também deve ser feita para evitar a condensação nos componetes posteriores do sistema, bem como a corrosão. Dependendo da duração dos ciclos da adsorção, relaxamento, evacuação e acúmulo de pressão, a estação de adsorção com modulação de pressão esta equipada com 3 ou 4 colunas de adsorção em paralelo, sendo na prática o mais frequente com 4 adsorvedores. Com estes tipos de planta se obtem um metano de pelo menos 96% - vol [1], [2], [7]. As perdas de metano são geralmente menores que 4%-vol.

Lavagem com água sob pressão

Na Europa, o processo de lavagem com água sob pressão é o processo mais usado para o enriquecimento do metano, e respectivamente, para a separação do CO_2 do biogás [15]. O tratamento com lavagem com água sob pressão é realizado em quatro etapas:

- Filtragem: Para separação de impurezas e gotículas de água do biogás
- Compressão: Com um compressor de duas fases, ocorre a compressão do biogás bruto de 3 a 9 bar [7]. Assim o gás é aquecido até cerca de 100°C, o que faz necessário um resfriamento subsequente (tabela 3-1).
- Absorção: Absorção do CO_2 e H_2S na água de lavagem da coluna de absorção. O CH_4, devido a baixa solubilidade, quase não é absorvido na água e portanto fica no gás purificado.
- Regeneração: Em 2 etapas no tambor Flash e desorvedor com ajuda de um gerador de relaxamento e remoção de ar.

Por meio da lavagem com água sob pressão se obtém rendimentos de metano de pelo menos 96% - vol [1], [2], [7]. As perdas de metano são geralmente menores que 4 vol -%.

Figura 3-5: Malmberg – instalação COMPACT®

Processo selexol (lavagem) - Genosorb®

Selexol , ou seja, Genosorb® é uma mistura química de éter dimetílico e glicol polimetileno. Este solvente fisicamente eficaz tem capacidade significativamente melhor do que a água, para remover o CO_2 da fase gasosa. Devido à baixa pressão de vapor do Selexol (Genosorb) se permite a remoção do vapor de água do biogás e também se faz a secagem até cerca de 0,07 g / m^3 [12].

Além disso no Selexol, H_2S e oxisulfeto de carbono (COS) são muitas vezes melhor dissolvidos e removidos do que em água. Devido a esta caraterística, precisa-se de significativamente menos produto de lavagem e menos energia (desempenho da bomba) do que para a lavagem com água sob pressão. (ver demanda de eletricidade na tabela 3-1). Por meio da lavagem com água sob pressão se obtém rendimentos de metano de pelo menos 96% - vol [1], [2], [7]. As perdas de metano são geralmente menores que 4%-vol. Para a regeneração dos produtos de lavagem por sua vez se necessita de calor (tabela 3-1).

Figura 3-6: Lavagem orgânica-fisica BGV 1100 da BMF HAASE Energietechnik GmbH [24]

Tratamento com aminas

O tratamento com aminas é um processo químico de absorção despressurizado, no qual além da absorção de determinados componentes do gás ocorre uma reação química com a solução de lavagem. Em comparação com a lavagem exclusivamente física, a química apresenta uma maior a capacidade de carga e maiores purezas do gás produzido.

Os meios de lavagem normalmente utilizados são monoetanolamina e dietanolamina (MEA, DEA), diglycolamina (DGA), disopropanolamina (DIPA) e metildietanolamina (MDEA) [7]. Estas substâncias têm, além do grupo amina, também um grupo hidróxilo. O grupo amina lava as substâncias com propriedades alcalinas, o que possibilita a absorção de componentes ácidos do gás. Na qual, com a reação com o CO_2 e o H_2S se formam bicarbonato e sulfeto de hidrogênio. Esta reação química é reversível, o que permite a regeneração. O grupo hidróxilo por outro lado leva ao aumento das características da solubilidade em água bem como a pressões mais baixas de vapor. Este tratamento com aminas também é capaz de desumidificar gases. São atingidas concentrações de metano no gás produzido de até 99,5%vol. com perda de metano de 0,1%vol. [5],[7]. Um pós-tratamento de gás de escape portanto não é necessário.

Figura 3-7: Estação de tratamento com aminas da MT-Biomethan GmbH em Malstedt com capacidade de injeção de 350 m³ [i.N.]/h [5]

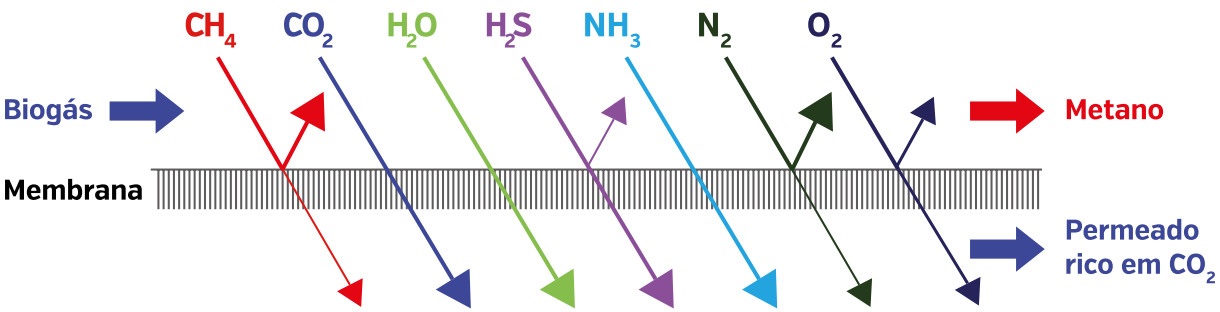
A demanda de energia elétrica desse tipo de sistema é baixa, mas exige calor para a recuperação da solução de lavagem. (tabela 3-1)

Processo de membranas

O princípio básico da separação por membranas é a difusão de alguns componentes do biogás através de membranas finas (pequenos µm) e a retenção de outros (maiores).

A transferência de substância depende fortemente da permeabilidade dos componentes individuais. Este processo de separação é causado por uma diferença de pressão de ambos os lados da membrana. Para se alcançar uma elevada eficiência de separação, a seletividade da membrana e a diferença na permeabilidade das substâncias têm que ser elevadas. Por causa do seu tamanho reduzido, a molécula de metano se difunde mais rapidamente do que o dióxido de carbono e o sulfeto de hidrogênio pela maioria das membranas.

Figura 3-8: Principio da separação de substâncias utilizando a permeabilização [6]



Junto com a dessulfurização é possível fazer a secagem simultânea do biogás bruto. Os componentes separados são descarregados na corrente de permeado, enquanto o gás limpo (retido) sai do sistema com elevado teor de metano. Buscando elevar a concentração de metano no gás produzido, pode ser aumentado o tamanho da planta ou o número de plantas interligadas.

Por meio do processo de membranas se obtém geralmente rendimentos de metano de pelo menos 80% vol [6], [7]. As perdas de metano são geralmente menores que 4% vol. Por causa das altas pressões do processo (de 5 a 10 bar) a demanda de energia elétrica é muito alta (tabela 3-1).

Processo criogênico

O processo criogênico visa a separação do dióxido de carbono e do metano a temperaturas muito baixas.

Em princípio, dois procedimentos podem ser descritos. O primeiro é a separação por liquefação (retificação) de gás, no qual o CO_2 passa para a fase líquida e o metano fica ainda na forma gasosa. É importante observar que a queda da tempertura não fique na área de vapor-sólidos de misturas de CO_2-CH_4, porque isto pode levar à obstrução devido a formação de gelo. Um segundo método é o congelamento do dióxiodo de carbono. Aqui se trabalha conscientemente na área de vapor-sólido de misturas de CO_2-CH_4. Ambos os métodos têm em comum alcançar altos rendimentos de metano (>98%Vol.) assim como uma baixa perda de metano (< 0,1%Vol) e purezas finais de até 99%vol [7]. Além disso tem-se CO_2 com alto teor final de pureza, o que torna possível uma outra utilização comercial (por exemplo na área de alimentos). A demanda de energia elétrica de uma instalação deste tipo é na maioria das vezes muito alta (tabela 3-1).

3.1.3 Secagem do gás

O vapor d'água deve ser removido do biogás a fim de proteger os componentes de processamento de gás contra desgaste e danos, e para atender às exigências dos estágios de purificação seguintes.

A retirada de água do biogás pode ser feita de diferentes formas:

- Secagem por adsorção (com gel de sílica ou carvão ativado)
- Secagem por absorção (desidratação por glicol)
- Secagem por condensação

Secagem por adsorção

Esses processos de secagem de gás usam as propriedades de adsorção de gel de sílica, óxido de alumínio e zeólitos.

Os zeólitos apresentam, em comparação com os outros dois adsorventes, furos exatamente definidos na grade de cristal. Assim, é possível obter maior seletividade no processo de adsorção bem como obter teores de água mais baixos no gás. Deste modo, a obtenção de pontos de orvalho de até -90°C, é alcançável [16]. Desvantajoso, no entanto, é o esforço de regeneração mais elevado em comparação com gel de sílica.

Devido a sua alta capacidade de carga, o gel de sílica é adequado para a secagem de gases úmidos. Os pontos de orvalho atingidos situam-se a -60°C. O processo de adsorção acontece geralmente à temperatura ambiente e entre pressões de 6-10 bar. A princípio também é possível operação com apenas alguns bar de sobrepressão [17].

Após o processo de adsorção deve ser efetuada uma regeneração, na qual a água absorvida pelo gel de sílica será liberada. As regenerações acontecem sob pressão reduzida e, se for o caso, evacuação. Adicionalmente pode se realizar uma lavagem por meio de gás (gás de purga). Muitas vezes é usado um fluxo de gases secos como gás de purga, o qual passa na corrente contrária do adsorvedor. O gás de purga úmido é, então, normalmente descartado e não fornecido de volta ao circuito. Na prática são utilizados processos regeneradores a frio (sem aquecimento do gás de purga) e a quente (temperaturas entre 120 a 150°C) [17].

Para ambos os processos deve-se notar que para o modo de operação contínuo são necessários no mínimo dois adsorvedores, os quais são carregados e regenerados alternadamente.

Secagem por absorção

O processo de secagem por absorção mais frequente é a desidratação com glicol. Uma solução de glicol ou trietileno é usada como absorvente, a qual, sob pressões de 20 a 40 bar e temperatura ambiente pode remover através da fisisorção tanto o vapor d'àgua quanto os hidrocarbonetos superiores do fluxo de volume do gás bruto e pode atingir pontos de orvalho de -100°C.

A regeneração subsequente necessária ocorre a temperaturas de 200°C [18]. Tal como muitos outros processos de absorção, este processo, devido ao elevado custo do equipamento, geralmente só economicamente viável para fluxos de volume acima de 10.000 m³/h. No setor de biogás este método atualmente não tem nenhum significado prático.

Secagem por condensação

Esta tecnologia baseia-se na separação do condensado através do resfriamento do gás abaixo do ponto de orvalho. A refrigeração necessária para isso é normalmente fornecida por água fria ou a temperatura do solo (tubulações enterradas).

Além do vapor contido no condensado do biogás também são eliminadas substâncias como gases solúveis em água e aerossóis. A vantagem é que esse processo já é utilizado ao longo de décadas, sendo indicado para qualquer fluxo volumétrico.

3.1.4 Condicionamento

As propriedades comburentes do biometano injetado e do gás natural existente devem ser equivalentes. Para compará-los, são utilizados o poder calorífico superior, a densidade relativa e o índice de Wobbe. O ajuste desses parâmetros pode ocorrer pela adição de ar ou de GLP.

A quantidade de GLP adicionada é limitada, por um lado, pelo risco de reliquefação em equipamentos de alta pressão conectados à rede de distribuição (reservatórios, postos de abastecimento de GNV), e por outro, pelas determinações do Guia Técnico da DVWG.

3.1.5 Odorização

Para possibilitar o reconhecimento fácil de riscos em caso de vazamento de gás natural na rede pública de fornecimento de gás, o gás inodoro tem que ser odorizado. Os mesmos princípios se aplicam para o biometano injetado. No entanto a odorização pode ser omitida, quando for injetada em redes de gás, onde o gás natural também não estiver odorizado, ou quando o biometano for injetado como gás adicional. Uma instalação de odorização é composta em geral de um recipiente de odorização, uma bomba de dosagem, um bocal de injeção, bem como tecnologia de medição e controle.

Os requisitos para a odorização e a substância odorante constam nos regulamentos G 280-1 e G 281. Substâncias odorantes podem ser subdivididas, em princípio, em sulfurosos, tais como tetraidrotiofenos (THT) e isentos de enxofre, feito à base de acrilato. Comum a todos é a alta intensidade de odor e o efeito de advertência. A concentração odorante está definida no G 280-1, que estabelece um mínimo disponível por volume de gás. Na prática, no entanto, são adicionadas muitas vezes dosagens duas a três vezes mais altas.

3.1.6 Compressão

Para a injeção de biogás nas redes de gás natural, é necessário um ajuste de pressão ligeiramente acima da pressão da rede. Os diferentes níveis de injeção são as redes de baixa pressão (0,1bar), média pressão (0,1a 1 bar) e alta pressão (a partir de 1 bar). Para compressão são utilizados principalmente compressores de pistão ou de parafuso. Em muitos processos, especialmente com métodos de separação de CO_2, como por exemplo, a lavagem com água sob pressão ou a lavagem-Genosorb®, o biogás tratado já sai com a pressão operacional de 5 a 10 bar, dispensando uma estação de compressão adicional conforme a pressão da rede.

3.1.7 Medição da composição do gás

A finalidade deste dispositivo técnico é, tanto capturar as características de combustão, tais como poder calorífico, a densidade relativa e o índice de Wobbe, quanto detectar a composição do gás. Na composição do gás os teores de metano, dióxido de carbono, oxigênio, componentes de enxofre são determinados. Da mesma forma, o ponto de orvalho da água, respectivamente os pontos de condensação dos hidrocarbonetos são determináveis.

Dependendo da aplicação, são determinados todos os parâmetros mencionados ou apenas os de interesse.

No entanto, a determinação da qualidade do gás é duplamente importante. Por um lado, como prova legal de que o biometano injetado corresponde às respectivas especificações (por exemplo, G 260) e por outro para o controle das condições operacionais do sistema. Além disso, para a determinação do preço do gás, o poder calorífico é importante (G 685).

Como instrumentos de medição podem ser utilizados para esta finalidade cromatógrafos a gás, calorímetros, espelhos resfriados, sensores de umidade, e vários instrumentos individuais de medição (como sensores de H_2 e O_2). Para serem utilizados para a determinação do gás, os medidores de gás também devem ter uma certificação especial da autoridade de aferição. Para esse efeito, a orientação técnica G14 "Medidores de gás", do Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) deve ser seguida.

Um resumo dos métodos de teste e medição também está na G 488 ("Teste da natureza do gás") e G 261 ("Equipamento para medição da natureza do gás - planejamento, construção, operação"). Além disso, a norma DIN EN ISO 13686 "Gás Natural / Determinação da natureza" deve ser observada.

A seguir, são apresentados algumas empresas que se destacam no fornecimento de determinadas tecnologias.O tópico 5 traz uma lista expandida, com mais de 700 fornecedores, agrupados de acordo com seus ramos de atividades, num formato de tabela Excel.

3.1.8 Perfil de empresas e produtos

SEPARAÇÃO DE CO_2 – MALMBERG BIOERDGASTECH GMBH

A Malmberg Bioerdgastech GmbH é uma empresa sueca, que está presente tanto no mercado interno quanto no internacional. O foco inclui as áreas de biogás, geotérmica, processamento de água e perfuração.

Figura 3-9: Logotipo da empresa Malmberg Bioerdgastech GmbH

Há quase 15 anos a empresa é lider de mercado no setor de processamento de biogás. A gama de serviços abrange o desenvolvimento, fabricação, montagem, comissionamento, monitoramento, serviço, manutenção e treinamento. As estações de tratamento são projetadas pela própria empresa. Os mercados atuais estão na Alemanha, Suécia, Áustria, Luxemburgo, Finlândia, Dinamarca, Inglaterra e China. Atualmente existem cerca de 40 plantas de tratamento de biogás da empresa na Alemanha.

Há interesse no mercado brasileiro como fornecedor. As futuras vendas no Brasil provavelmente serão cobertas pela empresa-mãe Malmberg Água AB.

Malmberg COMPACT®é uma instalação padronizada para o processamento de biogás em um edifício de contêineres especial. As instalações de processamento estão disponíveis em capacidades de 100 até 3000 m^3 (i.N.)/h, e separam ao mesmo tempo CO_2 e H_2S. Após o processamento, a perda de metano é de no máximo 1%. Dependendo dos requisitos da rede de gás o conteúdo de biometano pode ser ajustado para um valor de cerca de 98%.
Devido ao seu design compacto, o sistema requer pouco espaço. A instalação pode ser colocada em operação dentro de um curto período de tempo e condições de funcionamento flexíveis são possíveis. O sistema não requer

Tabela 3-2: Sortimento dos modelos de plantas da Malmberg Bioerdgastech GmbH

TIPO DA PLANTA MALMBERG COMPACT®	CAPACIDADE DE PROCESSAMENTO DE GÁS BRUTO			ETAPAS DE COMPRESSÃO	COMENTÁRIO
	Mínimo Nm³/h	FAIXA DE POTÊNCIA NM³/H	MÁXIMO NM³/H	SOPRADOR / COMPRESSOR QUANTIDADE / % CAP.	
GR BAS 1	100	130 - 270	300	0 / 1	Ver descrição técnica
GR BAS 2	150	180 - 360	400	0 / 1	Ver descrição técnica
GR BAS 3	250	250 - 500	550	0 / 1	Ver descrição técnica
GR 6	350	350 - 700	750	1 / 1	
GR 14R	350	500 - 1000	1100	2x70% / 2x70%	
GR 14	350	700 - 1400	1500	2x50% / 2x50%	
GR 14 XL	750	750 -1400	1500	2x50% / 3x50%	Compressão redundante
GR 20R	700	900 - 1800	2000	2x70% / 3x75%	
GR 20	700	1200 - 2400	2500	2x50% / 4x27,5%	
GR 28	1000	1400 - 2800	3000	2x50% / 4x25%	

produtos químicos ou calor de processo. Através da reutilização de águas residuárias o consumo de água é baixo. A aceitação do sistema é otimizada por interfaces definidas. A planta construída de aço inoxidável é padronizada e produzida em escala industrial.

Para poder atender as diferentes áreas de aplicação a Malmberg Bioerdgastech GmbH desenvolveu um sistema de processo que pode produzir tanto o gás L quanto o gás H.

A seguir (figura 3-10) é apresentada, a título indicativo, a estação de tratamento em Könnern (Alemanha):

- Comissionamento: 2007
- Uso do substrato: matéria prima agrícola (50.000 t/a), como estrume, grãos e silagem de milho
- Input de biogás: carga nominal de aproximadamente 8.650.000 m³ (IN)/a (cerca de 47,6 milhões de kWh/a); rendimento máximo 10,4 milhões de m³ (em)/a (aprox. 57,2 milhões de kWh/a)
- Biometano: 1.250 m³(i.N.)/h assim o abastecimento de cerca de 190.000 casas na proximidade
- Perda de metano: < 1 %
- Qualidade do gás: DVGW G260 und G262(gás natural H, gás de troca sob mistura com gás liquefeito)
- Nível de pressão: PN 16

Figura 3-10: Estação de lavagem com água sob pressão da Malmberg Water AB em Könnern [3]

SEPARAÇÃO DE CO_2 - SCHMACK CARBOTECH GMBH

Figura 3-11: Logotipo da empresa Schmack Carbotech GmbH

A Schmack Carbotech GmbH é responsável pela limpeza industrial de gás e produção de vários gases biogênicos e industriais no Grupo Viessmann. Além do processamento do biogás, a Schmack Carbotech GmbH tem experiência em outros processos industriais de limpeza e produção de gás, por exemplo, para a produção de nitrogênio a partir do ar ambiente. As plantas de biogás da Schmack Carbotech GmbH operam em muitos países europeus, como a Alemanha, Suíça e Suécia.

Além das fábricas na Alemanha fazem parte do grupo, empresas da França, Canadá, Polônia, Hungria, Áustria, Suíça e China. Há organizações de distribuição em 37 países, bem como mais de 120 escritórios de vendas em todo o mundo.

O interesse no mercado brasileiro está atualmente no planejamento de cinco projetos. No final de 2014, quatro plantas de processamento de biogás, gás de esgoto ou gás de aterro devem estar operando, com capacidades de 3.000 a 20.000 m³ (i.N.)/h.

Mais de 50 plantas de processamento de biogás operam em todo o mundo. A título indicativo, a figura 3-12 apresenta uma estação em Wüsting/Oldenburg (Alemanha)

Figura 3-12: Estação de adsorção com mudulação de pressão em Wüsting da Schmack Carbotech GmbH

- Comissionamento: 08/2009
- Tipo da planta: BGAA1200
- Substrato usado: Matérias primas renováveis
- Gás bruto: 1.200 m³(i.N.)/h
- Biometano: 635 m³(i.N.)/h
- Qualidade do gás: DVGW G260 und G262

- Funcionamento da planta: automático, monitoramento à distância, atendimento no local pelo operador da planta de biogás
- Manutenção: duas vezes por ano (compressores, bombas, sensores de detecção de gás, analisadores, troca de carvão ativado,H_2S)

O biogás é comprimido e, primeiramente, o sulfeto de hidrogênio (H_2S) é cataliticamente removido sobre carvão ativado, posteriormente a água é removida através de resfriamento moderado.

O biogás condicionado atravessa um crivo molecular de carbono (filtro), que recebe outras impurezas (CO_2, H_2O, H_2S restantes, siloxanos, NH_3, substâncias odoríferas, em partes N_2, O_2, etc).

Depois de determinados intervalos de tempo, o sistema muda para um filtro diferente e o anterior é de novo completamente regenerado pelo vácuo. O controlador lógico programável (CLP) e análise de gases on line garantem uma operação automática.

Comparado com outros métodos, não requer água de processo, condicionamento de água ou pré-tratamento das águas residuais. Além disso, não são necessários produtos químicos, de modo que não há resíduos contaminados.

Opcionalmente, o sistema ZETECH4®- da empresa Schmack Carbotech GmbH pode ser integrado. ZETECH4® significa "Zero Emission Technology" (Tecnologia de emissões zero). Ele permite um processo de tratamento de biogás livre de emissões. Além disso, o rendimento do produto gasoso aumenta e a eficiência global melhora.

SEPARAÇÃO DE CO_2 - MT-BIOMETHAN GMBH

Figura 3-13: Logotipo da empresa MT-BioMethan GmbH

A MT-BioMethan GmbH oferece a gama completa de processamento e técnicas de injeção do biogás, com qual o biogás é refinado a qualidade de gás natural e, em seguida, injetado na rede pública. Até o final de 2013 um total de 31 plantas de processamento de gás foram colocadas em operação. Com isso se pode assegurar uma cota de mercado atual de 30 por cento na Alemanha.

Para aumentar o teor de metano do biogás bruto a MT BioMethanAnlagentechnik oferece dois métodos de processamento: tratamento com aminas MT (lavagem química controlada termicamente) e tecnologia de membrana MT (permeação de gás transportado por corrente à base de membrana). Como fornecedor de sistemas completos integrados, a MT-BioMethan GmbH projeta e constrói plantas de condicionamento e injeção de biogás. Assim, por interfaces de construção de plantas, as perdas por fricção são reduzidas. Faz parte do portfólio também a venda direta de biometano e energia térmica.

O interesse no mercado brasileiro se reflete na forma de uma planta de biogás já construída no Brasil. Dependendo dos regulamentos aduaneiros, as licenças são concedidas ou as plantas são produzidas na Alemanha e, em seguida, exportadas.

A MT-BioMethan GmbH oferece plantas de biogás nos tamanhos 125, 250, 500, 700, 1000, 1.400 und 2.000 m³(i.N.)/h Biogas.

Figura 3-14: Lavagem com aminas da MT-BioMethan GmbH em Karft [23]

Para o tratamento com aminas em Karft são citados os seguintes dados:

- Comissionamento: 2011
- Tipo da planta: 1.000
- Substrato utilizado: resíduos
- Biogas Gás bruto: 1.000 m³(i.N.)/h
- Biometano: 650 m³(i.N.)/h

» Qualidade do gás: DVGW G260 e G262
» Nível de pressão: 16 bar

A técnica da MT-BioMethan GmbH é monitorada através de um contrato de manutenção. Se houver necessidade de ação, uma série de medidas podem ser tomadas antes que ocorra uma falha no sistema. Se a planta tiver que ser desligada em curto prazo, estará totalmente disponível novamente após 15 minutos. A manutenção, substituição e melhoria da solução de lavagem é oferecida como parte do contrato de manutenção para todas as instalações.

A MT-BioMethan fornece com a tecnologia de membrana MT um processo de tratamento de biogás em classes de desempenho conforme as necessidades. Para a produção de biometano, o biogás bruto é secado e dessulfurizado de forma eficiente e com baixo gasto energético, o dióxido de carbono que reduz o poder calorífico, é separado através da permeação de gás à base de membrana. Para este efeito, são usados módulos de membra-Green SEPURAN® da Evonik. Eles consistem de várias milhares de fibras ocas finas, as quais são empacotadas em resina nas extremidades em tubos de aço inoxidável.

Figura 3-15: Técnica de membrana da MT-BioMethan GmbH (acima: módulo de membrana com fibras ocas, embaixo: módulos montados) [25]

REMOÇÃO DE CO_2 – BMF HAASE ENERGIETECHNIK

Figura 3-16: Logotipo da BMF HAASE Energietechnik GmbH

BMF HAASE Energietechnik GmbH

A BMF HAASE Energietechnik GmbH surgiu em 2012 através da aquisição do HAASE Energietechnik AG & Co. KG pelo grupo BMF (Büren). A empresa está sediada em Neumünster (Schleswig-Holstein). Em particular, o portfólio de produtos inclui equipamentos e componentes de processo técnico nas áreas de biogás, gás de aterro, gás de esgoto, gás natural e água de percolação. Além da construção das plantas, a empresa também oferece serviço e apoio correspondentes, por exemplo, através de reparação, manutenção, monitoramento ou treinamento. A BMF HAASE Energietechnik GmbH tem mais de 1.000 referências na Alemanha, Europa, Ásia e África.

Há interesse no mercado brasileiro não só devido à EEG (Lei alemã de energias renováveis) alterada em 2014 mas também devido ao interesse de expansão de novos mercados. Em outra área de empresa (osmose reversa de 4 fases altamente combinadas para tratamento de efluentes), o primeiro contrato no Brasil já foi adquirido (São Gonçalo perto do Rio de Janeiro).

Figura 3-17: Lavagem-Genosorb® em Ronnenburg (Alemanha) [20]

ABMF HAASE Energietechnik GmbH oferece atualmente cinco diferentes tamanhos de módulos para o amplificador de biogás (referentes ao biogás bruto): BGV 500 (310-500 m^3(i.N.)/h), BGV 700 (460-700 m^3(i.N.)/h), BGV 1.100 (720-1.100 m^3(i.N.)/h), BGV 1.400 (910-1.400 m^3(i.N.)/h), BGV 2.000 (1.300-2.000 m^3(i.N.)/h).O método se baseia na lavagem Genosorb®.

Os dados de sistema para a planta de tratamento do biogás em Ronnenburg estão apresentados a seguir:

- Comissionamento: 2008
- Tipo da planta: Intensificador de biogás
- Adição de substrato usado: Silagem de milho e trigo
- Biogás bruto: 600 m³(i.N.)/h
- Biometano: 300 m³(i.N.)/h
- Qualidade do gás: DVGW G260 e G262 (gás naturalL)
- Nível de pressão: 2 bar

REMOÇÃO DE CO_2 – GREENLANEBIOGAS EUROPA SV

Figura 3-18: Logotipo da empresa Greenlane Biogas Europa SV

A Greenlane Biogas Europa SV (Arnheim) é uma filial europeia da Greenlane e vende plantas de tratamento de biogás, com base na lavagem com água sob pressão e adsorção com modulação de pressão. A empresa foi fundada em 1986 na Nova Zelândia, como Flotech e tem hoje sua sede em Auckland. A Greenlane tem cerca de 70 plantas instaladas em 15 países, como por exemplo, Japão, Espanha, França, Suécia, Alemanha e Reino Unido. O foco do tratamento de biogás da Greenlane está no uso de biometano como combustível. Como empresa internacional há interesse no mercado brasileiro. O gerenciamento de projetos é realizado através do centro de assistencia técnica.

A Greenlane oferece atualmente modelos de cinco diversos tamanhos: Kanuka (50-300 m^3(i.N.)/h), Rimu (250-750 m^3(i.N.)/h), Matal (400-1.100 m^3(i.N.)/h), Totara (650-1.800 m^3(i.N.)/h) e Totara+ (1.000-2.500 m^3(i.N.)/h).

O objeto-modelo da Greenlane é a atualmente maior planta de tratamento de biogás do mundo em Güstrow (Alemanha). Ela é composta por 5 módulos Totara com capacidade total de gás natural de 10.000 m^3(IN)/h e 22 MWh (el).

Figura 3-19: Planta de tratamento de biogás da Greenlane em Güstrow (Deutschland) [21]

Os dados de sistema para a planta de tratamento do biogás em Güstrow estão apresentados a seguir:

- Comissionamento: 06/2009
- Tipo de planta: 5 x Totara (lavagem com água sob pressão)
- Substrato: Materias primas renováveis
- Biogás bruto: 10.000 m^3(i.N.)/h
- Biometano: ca. 5.000 m^3(i.N.)/h
- Qualidade do gás: DVGW G260 e G262 (gás naturalH)
- Nível de pressão: 25 bar

DESSULFURIZAÇÃO DO BIOGÁS – LANXESS AG

Figura 3-20: Logotipo da empresa LANXESS AG

A LANXESS AG é um dos líderes mundiais de produtos químicos especiais, em 2012 ela atingiu um volume de vendas de 9,1 bilhões de euros e apresenta 17.500 funcionários em 31 países. A empresa está presente no mundo todo atualmente com 52 unidades de produção. O negócio central está voltado para o desenvolvimento, fabricação e comercialização de plásticos, borracha, produtos intermediários e químicos especiais.

Bayoxide ® E 16 é um óxido de ferro de ferro (III)-hidróxido de ferro, que é adequado para a dessulfurização do biogás. Este é um composto químico inorgânico tendo a composição de FeO(OH). Pertence ao grupo dos hidróxidos de ferro ou ferro (III)-hidratos de óxidos, que se diferem no seu grau de hidratação. O produto é usado para dessulfurização em plantas de biogás. Bayoxide ® E 16 se baseia no goetite, um mineral natural comum e é preparado através de um processo especial.

É fornecido em forma de pó e pode ser adicionado diretamente ao biodigestor da planta de biogás. A adição na forma de um saco fechado é uma opção de dosagem muito fácil e livre de poeira. Devido ao alto teor de ferro a reatividade tal como a rotatividade se mostram altas. As aplicações práticas demonstraram que, em um biodigestor típico de 700 kW, a dosagem de poucos kg de FeO(OH) por dia leva a uma remoção quase completa do sulfeto de hidrogênio. O Bayoxide ® E 16 remove o sulfeto de hidrogênio no biodigestor de modo tão eficaz que o biogás resultante geralmente pode ser utilizado diretamente. Para a injeção na rede pública, o teor residual de sulfeto de hidrogênio já é tão baixo que pode ser feita uma dessulfurização fina do biogás através de uma lavagem do gás com carvão ativado com custos bem reduzidos. O produto tem um elevado grau de pureza e é fabricado sob condições estritamente controladas. Assim, fica assegurada a qualidade constante e os requisitos dos regulamentos relativos a fertilizantes são cumpridos. O óxido de ferro não é um material perigoso e pode ser tratado através de meios simples e sem instalações caras de dosagem. Danos de corrosão na planta não ocorrem. O armazenamento especial e a formação de pessoal de acordo com o regulamento de substâncias perigosas não são necessários.

- **Fórmula molecular:** FeO(OH)
- **Grupo de produtos:** Óxidos Técnicos
- **Forma de embalagem:** O produto está disponível em sacos ou sacos a granel

Figura 3-21: Logotipo do Bayoxide® E 16 técnico

DESSULFURIZAÇÃO DE BIOGÁS - HEGO BIOTEC GMBH

Figura 3-22: Logotipo da empresa HeGo Biotec GmbH

A empresa HEGO Biotec GmbH foi fundada em 1990 e desde então atua com o comércio de "produtos ativos para proteger o meio ambiente." Estes são principalmente substâncias para o tratamento de efluentes líquidos e lodos como purificação de gás. Uma atenção especial é dada ao reagente em pó à base de hidróxido de ferro, que é utilizado para a ligação do sulfeto de hidrogênio em processos anaeróbios. Outros campos de aplicação na área de biogás incluem o controle e prevenção de espuma, monitoramento do processo biológico e ativa influência nos processos de degradação no bioreator.

A empresa está sempre aberta para novos mercados. Já existem contatos para a América do Sul e a princípio há interesse de atuar futuramente como fornecedor e/ou emissor de licenças no mercado brasileiro.

A dessulfurização do biogás é necessária antes da utilização do gás para evitar a corrosão e para resolver os problemas de odor e problemas técnicos de segurança. Além de vários processos, tais como a dosagem de oxigênio ou a adição de sais de ferro, a empresa Biotec GmbH HEGO desenvolveu massas de hidróxido de ferro para a utilização direta no biodigestor.

Na primeira reação, o ferro trivalente é reduzido anaerobicamente a ferro bivalente. Aqui, o sulfeto de hidrogênio já pode ser oxidado a enxofre elementar. Em uma etapa posterior, o ferro bivalente reage com sulfeto de hidrogênio, formando o sulfito de ferro finamente disperso, percebido com o escurecimento do resíduo da fermentação. No uso do FerroSorp DG ®, praticamente não há ânions adicionais no sistema de fermentação. Os compostos de cálcio contidos no FerroSorp ® DG provocam o aumento da capacidade de tamponamento do substrato da fermentação e, assim, combatem a acidificação. A precipitação de elementos-traço com sulfeto de hidrogênio formado é prevenida de forma segura. Assim, pode se executar a metanogênese, que se manifesta em um rendimento ótimo de biogás e altos níveis de metano. A adição de FerroSorp ® DG pode ser feita em instalações de digestão sem problemas, juntamente com a alimentação do substrato na estação de recepção. Um total de cerca de 1.700 plantas já estão operando desta forma.

O FerroSorp® DG é considerado "não perigoso para a água", e em termos de suas propriedades químicas considerado como "inofensivo". Não existem instruções específicas em relação ao manuseio e armazenamento.

Figura 3-23: Equações de reações químicas da dessulfurização com hidróxido de ferro

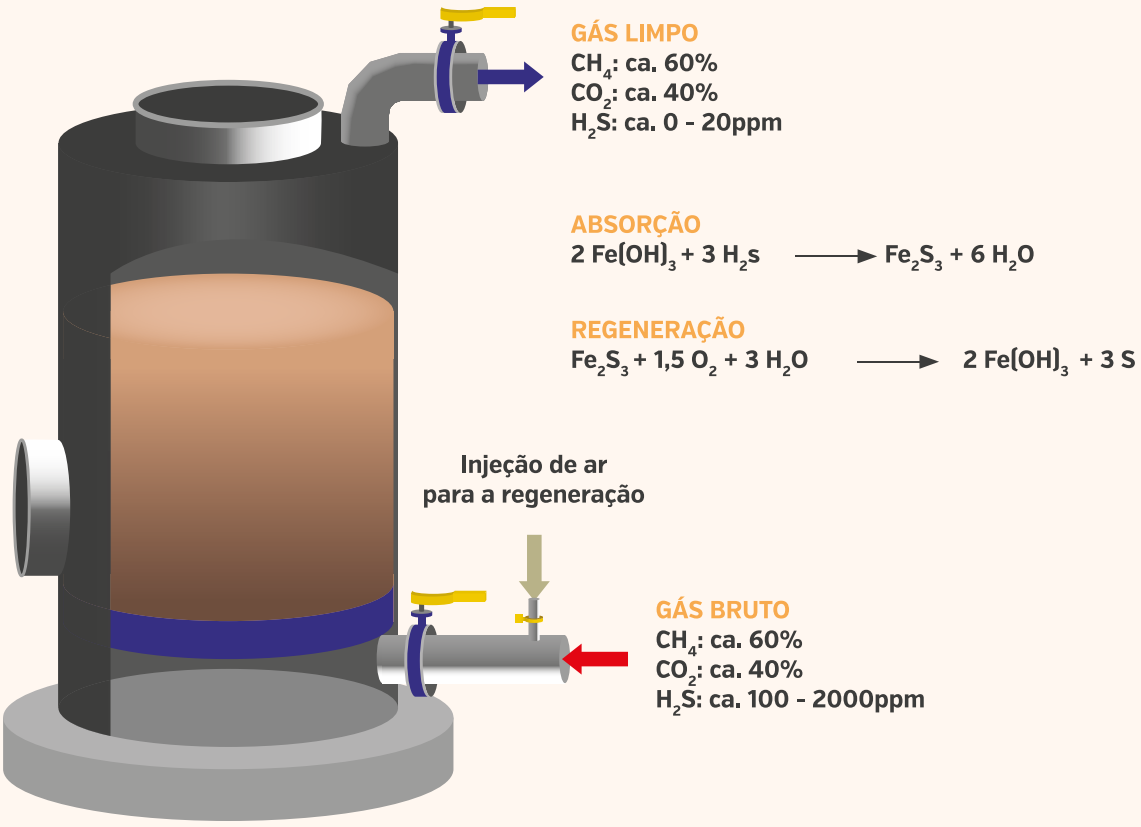
Redução do hidróxido (III) de ferro: $2\ Fe(OH)_3 + H_2S \rightarrow 2\ Fe(OH)_2 + S + 2H_2O$

Precipitação de sulfureto: $Fe(OH)_2 + H_2S \rightarrow FeS\downarrow + 2H_2O$

Se a dessulfurização fora do biodigestor for necessária, a HeGo Biotec GmbH oferece uma massa de purificação, o FerroSorp®. Através da utilização, o sulfato de hidrogênio é quimicamente ligado e desta maneira permanentemente removido. O oxigênio dosado leva a uma regeneração contínua da massa. Deste modo, elevadas taxas de carga de mais de 50% de peso, com base no produto comercial, são alcançadas. O biogás contendo sulfeto de hidrogênio é conduzido através de um reator cilíndrico de dessulfurização que contém a massa de purificação de gás. Através da reação química do sulfeto de hidrogênio gasoso com o hidróxido de ferro da massa de dessulfurização forma-se sulfeto de ferro sólido. Uma dosagem de oxigênio comumente praticada resulta na regeneração contínua da massa de purificação de gás e forma enxofre elementar. Isto assegura a carga máxima do produto FerroSorp ®.

Este processo de dessulfurização é especialmente apropriado para plantas de biogás agrícolas, biogás de digestão de resíduos, gases de tratamento anaeróbio de efluentes industriais, gases de aterro, gases combustíveis e gases de síntese, estações de tratamento de águas residuais bem como para ar de exaustão contendo sulfato de hidrogênio. Eventuais compostos de siloxano existentes também são separados. Até agora, quase 300 plantas são operadas com FerroSorp ® S.

Figura 3-24: Esquema dos processos químicos envolvidos no carregamento e regeneração da massa de dessulfurização



MEDIÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE GÁS — HERMANN SEWERIN GMBH

Figura 3-25: Logotipo da empresa Hermann Sewerin GmbH

A Hermann Sewerin GmbH é uma empresa internacional, tecnicamente inovadora, com sede em Gütersloh. Com seus produtos e serviços *premium*, a empresa é líder em tecnológica de mercado e faz parcerias com indústria de gás e abastecimento de água. Possui mais de 85 anos de experiência no desenvolvimento de instrumentos de medição e um corpo técnico especializado.

A Hermann Sewerin GmbH oferece, além de vendas de dispositivos e serviços de medição através das equipes de detecção de gás e água, serviços fixos e móveis de equipamentos, veículos para serviços de permanência e conserto, manutenção e reparação de instalações em residências. Além disso, um amplo programa de seminários com a sua própria pista de teste complementa a gama de serviços. O interesse no mercado brasileiro foi confirmado através uma planta já em funcionamento. A entrega dos produtos acontece através de sua subsidiária Sewerin Iberia SL, Madrid, sendo as licenças entregues para o GAIATEC Comercio e Serviços de Sistemas e Automação do Brasil Ltda. Na Alemanha, cerca de 100 plantas estão equipadas com produtos estacionários da Hermann Sewerin GmbH.

O sistema Multitec ® BioControl é adequado para aplicação de gás tanto fixo quanto móvel. A fim de otimizar o processo da produção de biogás, de esgoto e gás de aterro em termos de eficiência e reduzir ao máximo os componentes nocivos, o monitoramento constante da composição do gás bruto é necessário. Apenas a detecção precoce de alterações pode evitar danos a longo prazo. Por exemplo, o operador pode proteger o motor contra falhas quando o H_2S exceder seu valor limites.

O sistema apresenta uma combinação de uma unidade fixa, o Multitec ® BioControl, e o instrumento de detecção de gás móvel Multitec ® 540. A estrutura modular oferece ao usuário um alto grau de flexibilidade e facilidade de operação. Dependendo da variante do produto pode se adquirir dados em até oito pontos de medição automaticamente e monitorá-los através do Live View. Além da composição do gás acontece também uma medição da quantidade de gás. Os resultados dos valores de medição obtidos sequencialmente são transmitidos através de uma interface para o Multitec® BioControl.

Pontos de medição também pode ser configurados opcionalmente para a medição móvel. Para este efeito, o dispositivo de medição deve ser retirado do carregador. Os dados gravados serão armazenados sob o respectivo nome do ponto de medição e transferidos e exibido automaticamente em uma nova reconexão com o carregador. Assim, os pontos de medição distantes na área exterior podem ser integrados facilmente e de forma confiável ao sistema sem provocar custos adicionais.

Com o Multitec®BioControl, quantidades de biogás bruto podem ser medidas de maneira confíavel e duradoura. Transmissores de fluxo e temperatura certificados pela ATEX estão opcionalmente a disposição e podem ser instalados em ambientes externos.

Graças à leitura inteligente de pressão, temperatura, umidade e composição do gás, a quantidade de biogás bruto pode ser registrada e avaliada de forma precisa e confiável.

Além da exibição do fluxo atual e acumulado dos pontos de medição, a energia de gás associada também é apresentada.

A Multitec ® BioControl tem uma grande touchscreen colorida, no qual se pode ter em vista todas as leituras importantes. Em conjunto com uma estrutura de menu bem estruturado é possível uma operação particularmente simples e intuitiva. O dispositivo é configurado individualmente, dependendo do perfil de exigência e todos os ajustes são protegidos por senha. Durante a operação, o dispositivo realiza auto testes contínuos.

Além disso, todos os componentes relevantes são resistentes aos gases agressivos. Independente do operador, todos os valores medidos e configurações são regularmente armazenados em um pendrive para evitar perda de dados. O dispositivo pode ser adicionalmente controlado e diagnosticado a distância pela internet.

Figura 3-26: Sistema de medição da Multitec® BioControl [22]

MEDIÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO GÁS — AWITE BIOENERGIE GMBH

Figura 3-27: Logotipo da empresa Awite Bioenergie GmbH

A Awite Bioenergie GmbH desenvolve, fabrica, vende e oferece manutenção a sistemas individuais de análise de processo para uma variedade de plantas de tratamento biológico. Os sistemas são usados, entre outros, para análise do biogás, o monitoramento da injeção na rede de gás natural, o controle de aplicações de células de combustível, do comércio de biogás bruto, aplicações de MDL, bem como a aquisição de tarefas de controle adicionais.

A gama de serviços inclui também a automação e visualização de plantas de biogás, estações de tratamento de esgoto e plantas piloto. Cerca de 50% dos produtos vendidos são comercializados internacionalmente, resultando num total de 850 sistemas até agora. Atualmente são operacionalizadas cerca de 150 plantas por ano.

Os produtos AwiFLEX Cool+ e AwiECO para a medição da composição do gás estão descritos a seguir:

- Modo de operação: análise de sistema de gás descontínuo e/ou contínuo,
- calibração automática possível
- Processamento do gás: separador de condensado, resfriador de gás integrado AwiCool, filtro
- Entrada de gás: 1 até 4 pontos de medição no dispositivo mais de 4 pontos de medição com computador externo
- Display: tela touchscreen colorida de 7 polegadas, resolução: 800 x 480 px curso de leitura gráfico e tabelado
- Saídas analógicas de dados interface Ethernet 10 / 100 Mbit Profibus, Profinet, USB RS 232 / RS 485
- Proteção contra explosões categoria 3 do dispositivo para uso na zona II opcionalmente possível, categoría do dispositivo II 2
- Segurança aprovada pelo TUV (instituto de inspeção técnica)UL/CSA

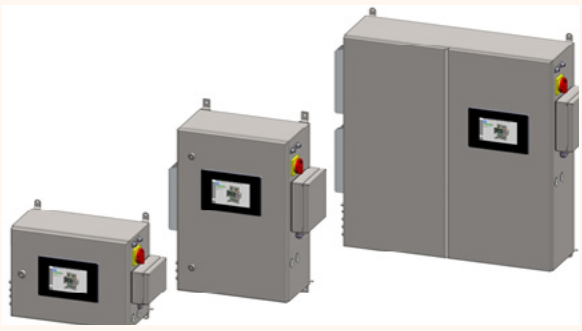


Figura 3-28: Esboço da possível execução do dispositivo de medição da natureza do gás da Awite Bioenergie GmbH

3.1.9 Referências bibliográficas

[1] SCHULTE-SCHULZE BERNDT, A.: Gasaufbereitung mittels Druckwechseladsorption. URL http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_83index.htm. – Aktualisierungsdatum: 2008-03-25 – Überprüfungsdatum 2013-11-05

[2] Schmack Carbotech GmbH: Biogas-Aufbereitungsanlage Schwandorf II. URL http://www.carbotech.info/de/Referenzen/BGAA_Schwandorf_II.html. – Aktualisierungsdatum: 2013-08-14 – Überprüfungsdatum 2013-11-06

[3] Malmberg Water AB: Gasreinigungsanlage zur Einspeisung - Könnern. URL http://www.malmberg.se/de/biogas_1/referenzen/referenzen_biogas_de/gasreningsanlaggning_till_konnern_tyskland_3 – Überprüfungsdatum 2013-11-06

[4] HAASE Energietechnik GmbH: Biogas-Verstärker. URL http://www.haase.de/produkte/gastechnik/biogas-verstaerker/ – Überprüfungsdatum 2013-11-06

[5] MT-ENERGIE GmbH: MT Biomethan Biogasaufbereitung: Malstedt. URL http://www.mt-biomethan.com/de/referenzen/projekte/malstedt.html – Überprüfungsdatum 2013-11-06

[6] Energiesysteme der Zukunft: Biogas – Innovative Ansätze für die Netzeinspeisung, 2006

[7] FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE: Leitfaden Biogas : Von der Gewinnung zur Nutzung. 6. Aufl. Gülzow-Prüzen, 2013

[8] Technische Regel Arbeitsblatt G 262. September 2011. Nutzung von Gasen aus regenerativen Quellen in der öffentlichen Gasversorgung

[9] Technische Regel Arbeitsblatt G 260. März 2013. Gasbeschaffenheit

[10] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Plattform Biogaspartner: Projektliste Deutschland. URL http://www.biogaspartner.de/einspeiseatlas/projektliste-deutschland.html – Überprüfungsdatum 2013-10-25

[11] POLSTER, Andreas ; BRUMMACK, Joachim: Verbesserung von Entschwefelungsverfahren in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. 2005

[12] URBAN, W. ; GIROD, K. ; LOHMANN, H.: Technologien und Kosten der Biogasaufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz. Ergebnisse der Markterhebung 2007-2008. 2009

[13] Merichem Gas Treating: LO-CAT Hydrogen Sulfide Removal. URL http://www.merichem.com/technologies/LO-CAT/index.php – Überprüfungsdatum 2013-11-05

[14] GUDERIAN, Joachim ; HORN, Christian: Imprägnierte Adsorbentien. 2001

[15] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Branchenbarometer Biomethan: Daten, Fakten und Trends zur Biogaseinspeisung. URL http://www.biogaspartner.de/fileadmin/biogas/documents/Branchenbarometer/Branchenbarometer_Biomethan_1_2013.pdf. – Aktualisierungsdatum: 2013-07-09 – Überprüfungsdatum 2013-10-11

[16] RAMESOHL, S. ; HOFMANN, F. ; URBAN, W. ; BURMEISTER, F.: Analyse und Bewertung von Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse : Studie im Auftrag von BGW und DVGW. 2006

[17] Silica Verfahrenstechnik GmbH: Trocknung durch Adsorption. URL http://www.silica.de/pdf/Prospekt_Trocknung.PDF. – Aktualisierungsdatum: 2009-11-24 – Überprüfungsdatum 2013-11-05

[18] WEILAND, P.: Notwendigkeit der Biogasaufbereitung, Ansprüche einzelner Nutzungsrouten und Stand der Technik (Workshop “Aufbereitung von Biogas”). Essen, 17./18. Juni 2003

[19] FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE: Biomethan. 2012

[20] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Plattform Biogaspartner: Projektliste Deutschland. URL http://www.biogaspartner.de/einspeiseatlas/projektbeispiele-deutschland/ronnenberg.html – Überprüfungsdatum 2014-06-12

[21] Greenlane: Projekte. URL http://greenlanebiogas.com/de/portfolio-item/5-x-totara-gustrow-germany – Überprüfungsdatum 2014-06-12

[22] Hermann Sewerin GmbH: Multitec BioControl. URL http://www.sewerin.com/cms/fileadmin/redakteure/Prospekte/pro_multitec_biocontrol_de.pdf – Überprüfungsdatum 2014-06-12

[23] MT-BioMethan GmbH: MT BioMethan Biogasaufbereitung: Karft. URL http://www.mt-biomethan.com/de/referenzen/projekte/karft.html– Überprüfungsdatum 2014-06-12

[24] bte, IFEU, ISA 2004. Ökobilanzielle Bewertung neuartiger Energieversorgungssysteme für Kläranlagen unter besonderer Berücksichtigung der Wasserstofftechnologie; Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Auftrag des MUNLV NRW, AZ IV – 9 – 042 426, Dezember 2004.

3.1.10 Regulações e normas relacionadas

Normas técnicas

DVGW G 213 (A), Anlagen zur Herstellung von Brenngasgemischen:
Plantas para a produção de misturas de gás combustível

DVGW G 260 (A), Gasbeschaffenheit: Características de gás

DVGW G 261 (A), Prüfung der Gasbeschaffenheit: Testes das características de gás

DVGW G 263 (A), Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe durch Brenngase und wässrige Kondensate: Avaliação de risco de corrosão dos materiais metálicos por gases combustíveis e condensados aquosos

DVGW G 280-1(A),Gasodorierung:Odorização

DVGW G 290 (M), Rückspeisung von eingespeistem Biogas bzw. Erdgas in vorgelagerte Transportleitungen: Recuperação de biogás injetado ou gás natural em tubos de transporte a montante

DVGW G 462 (A), Gasleitungen aus Stahlrohren bis 16 bar Betriebsdruck – Errichtung: Tubulações de gás feitos de aço com até 16 bar de pressão operacional-construção

DVGW G 486 (A),Realgasfaktoren und Kompressibilitätszahlen von Erdgasen – Berechnung und Anwendung: Fatores de gás real e dados de compressibilidade dos gases naturais -Cálculo e aplicação

DVGW G 488 (A), Anlagen für die Gasbeschaffenheitsmessung – Planung, Errichtung, Betrieb: Instalações para a medição das características de gás-planejamento, construção, operação

DVGW G 491 (A), Druckregelanlagen für Eingangsdrücke bis einschließlich 100 bar – Planung, Fertigung,Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme und Betrieb: Sistemas de controle de pressão de alimentação de até 100 bar – Planejamento, construção,avaliação, comissionamento e operação

DVGW G 492 (A), Gas-Messanlagen für einen Betriebsdruck bis einschließlich 100 bar – Planung, Fertigung, Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung: Sistemas de medição de gás para pressões operacionais de até 100 bar Planejamento, fabricação,construção, testes, comissionamento, operação e manutenção

DVGW G 685 (A), Gasabrechnung: Medição, especificação e faturamento de gás

DVGW G 2000 (A), Mindestanforderungen bezüglich Interoperabilität und Anschluss an Gasversorgungsnetze: Requisitos mínimos para a interoperabilidade e conexão com redes de abastecimento de gás

DVGW VP 265-1, Anlagen für die Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in Erdgasnetze – Teil 1: Fermentativ erzeugte Gase – Planung, Fertigung, Errichtung, Prüfung und Inbetriebnahme Instalações para o tratamento e injeção de biogás em redes de gás natural:
Parte 1: Gases produzidos por fermentação - planejamento, fabricação, construção, testes e comissionamento

Normas nacionais alemãs

DIN 1306, Dichte; Begriffe, Angaben: Densidade; termos, informações

DIN 1340, Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase; Arten, Bestandteile, Verwendung: Combustíveis gasosos e outros gases; Tipos, componentes, utilização

DIN 1871, Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase; Dichte und andere volumetrische Größen Combustíveis gasosos e outros gases; densidade e outros dados volumétricos

DIN EN ISO 6976, Erdgas – Berechnung von Brenn- und Heizwert, Dichte, relativer Dichte und Wobbeindex aus der Zusammensetzung: Gás natural - Cálculo do poder calorífico, densidade, densidade relativa e índice de Wobbe a partir da composição

DIN EN ISO 13443:2007-09, Erdgas – Standardbezugsbedingungen:
Gás natural-condições padrão de referência

DIN EN ISO 13686, Erdgas – Bestimmung der Beschaffenheit:
Gás natural- determinação das características

DIN EN ISO 15403-1, Erdgas – Erdgas als verdichteter Kraftstoff für Fahrzeuge – Teil 1: Bestimmung der Beschaffenheit: Gás natural-Gás natural como combustível comprimido para veículos – Parte 1: determinação das características

DIN EN ISO 18453, Erdgas – Beziehung zwischen Wassergehalt und Taupunkt: Gás natural-Relacionamento entre teor de água e o ponto de orvalho

DIN 51624, Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge – Erdgas – Anforderungen und Prüfverfahren: Combustíveis para veículos-Gás natural-requisítos e métodos de testes

Outras regras técnicas

PTB G 14, Messgeräte für Gas – Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz:
Medidores para gás-injeção de biogás na rede de gás natural

DWA-M 361, Aufbereitung von Biogas: Processamento de biogás

DWA-M 363, Herkunft, Aufbereitung und Verwertung von Biogasen: Origem, processamento e utilização de biogás

EASEE-gas CBP 2005-001/02, Harmonisation of Natural Gas Quality: Harmonização da qualidade do gás natural

RAL GZ 629, Erstellung (Bau und Montage) von Biogas-Anlagen:
Produção (construção e montagem) de plantas de biogás

BGR 500 Teil 3, Betreiben von Anlagen zur leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit mit Gas: Operação de plantas de abastecimento de gás para a coletividade através de tubos

VDI 3860, Messen von Deponiegas – Grundlagen

Legislações e regulamentações

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge
Lei para a proteção contra os efeitos nocivos da poluição do ar, ruído,vibrações e fenômenos semelhantes

(Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG)
(Lei federal de controle de Imissões BlmSchG)

Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG)
(Lei de Recursos Hídricos-WHG)

Musterbauordnung (MBO)
Regulamento-quadro da construção civil (MBO)

3.2 Geração de energia elétrica e sua injeção na rede

3.2.1 Geração de energia elétrica

O biogás apresenta diversas alternativas de aplicação. Na Alemanha, o principal uso do biogás ocorre através da geração descentralizada de energia na própria planta na forma de calor e energia combinados (combined heat and power (CHP) / cogeração). A produção simultânea de eletricidade e calor pode ser realizada por diferentes equipamentos. A seguir serão apresentados motores, microturbinas e células de combustível (FNR 2014a).

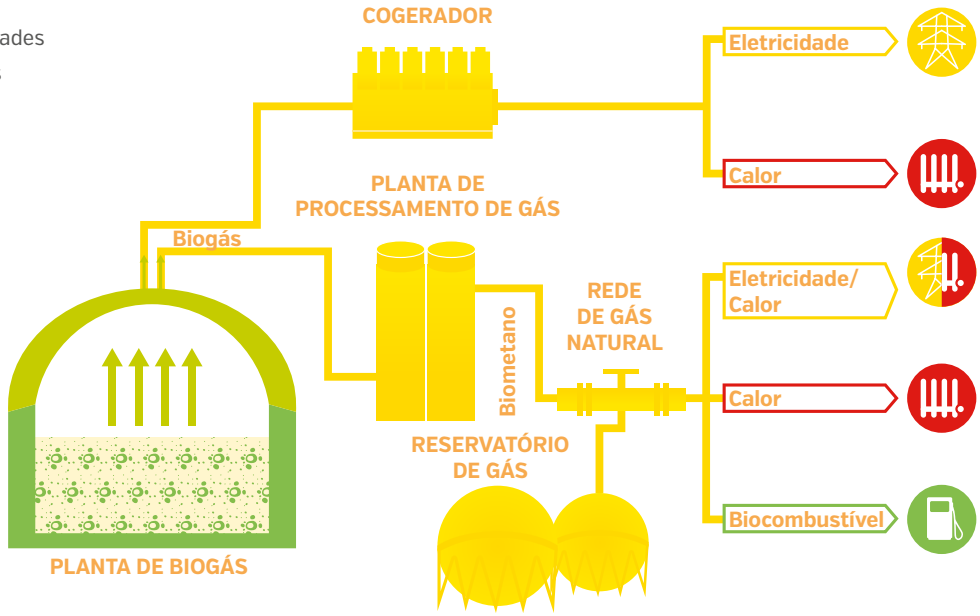


Figura 3-29: Possibilidades de utilização do biogás (FNR 2014b)

3.2.1.1 Motores e turbinas

A conversão em energia a partir do biogás é feita principalmente através da cogeração (CHP – combined heat and power). Estes equipamentos consistem, basicamente, de um motor de combustão e um gerador acionado por este motor, que gera energia elétrica. O gerador também pode ser acionado por outros tipos de motores ou turbinas a gás. Os critérios para a escolha de CHPs variam conforme a localidade, porém deve ser levado em consideração sua eficiência, intervalos de manutenção e custos de reparação. A qualidade do biogás está sujeita a flutuações naturais. O CHP deve, portanto, ter sistemas de controle eletrônico do motor, que ajustem essas flutuações.

Motores

Na conversão do biogás diversos modelos de motores e processos de combustão são utilizados. Em particular, são utilizados motores de ignição por centelha (ciclo Otto) e motores com ignição a compressão. Os motores ciclo Otto especialmente concebidos para a utilização em plantas de biogás são semelhantes aos motores de quatro tempos em veículos motorizados. O biogás com um teor de metano a partir de 45% pode ser utilizado como combustível em motores a gás. Os motores que operam de acordo com o princípio do diesel precisam, junto com o biogás, de óleo de ignição. Sistemas modernos exigem "apenas" 2% de óleo de ignição. Desde 2007 na Alemanha, não é mais permitido o uso de óleo de origem fóssil, para se obter o financiamento público EEG (Lei de energias renováveis).

Outra opção de propulsão são motores Stirling. Estes têm a vantagem de serem capazes de operar com um gás de pior qualidade. No entanto, este conceito de propulsão ainda requer desenvolvimento (FNR 2014a).

Tabela 3-3: Comparação de motores de combustão de biogás em CHPs (FNR 2014a)

TIPO DE SEPARAÇÃO	MOTOR CICLO OTTO	MOTOR COM IGNIÇÃO POR COMPRESSÃO
Potência elétrica	até 2,5 MW, raramente < 100kW	até cerca de 1,4MW
Grau da eficiência elétrica	18 – 45%	40 – 47%
Grau da eficiência térmica	35 – 55%	34 – 41%
Tempo de vida	cerca de 60.000 horas de serviço	cerca de 60.000 horas de serviço
Óleo de ignição	–	2 – 5% de combustão
Vantagens	Construido especialmente para utilização com gás; requer baixa manutenção; alta eficiência global	Utilização barata de motores padrão; grau de eficiência mais elevado (em baixa rotação)
Desvantagens	Custos de investimento mais elevados; baixo grau de eficiência (em baixa rotação).	Cargas de gases de exaustão mais elevadas; requer mais manutenção; grau de eficiência global mais baixo; Combustível adicional (óleo de ignição)

Microturbinas a gás

Além de motores de combustão interna, microturbinas podem ser utilizadas. As vantagens são o baixo custo, a fácil utilização do calor residual e a baixa necessidade de manutenção. Faixas de desempenho de até 200 kWel são possíveis com essas turbinas. Em comparação com os motores de combustão interna, as microturbinas apresentam como desvantagem a baixa eficiência e os custos de investimento mais elevados. (FNR 2014b).

3.2.1.2 Células de combustível

Outra forma da conversão do biogás em eletricidade é a utilização de células de combustível. Neste caso, o biogás deve ser purificado, pois a maioria dos contaminantes catalíticos tais como compostos de enxofre tem de ser removidos. Além disso, o metano deve ser transformado a hidrogênio. Dos vários tipos de célula de combustível, a célula de ácido fosfórico (PAFC – phosphoric acid fuel cells) é a mais desenvolvida e disponíveal no mercado. Graus de eficiência de até 40% são possíveis. Na prática, 80.000 horas de funcionamento já foram alcançados, com faixas de desempenho de até 200 kWel.

A vantagem das células de combustível é o elevado grau de eficiência mesmo para baixas potências de geração. Como desvantagem tem-se os elevados custos de investimento (FNR 2014a).

A seguir, são apresentadas algumas empresas que se destacam no fornecimento de determinadas tecnologias.O tópico 5 traz uma lista expandida, com mais de 700 fornecedores, agrupados de acordo com seus ramos de atividades, num formato de tabela Excel.

3.2.2 Perfil de empresas e produtos

MOTORES A GÁS - GE JENBACHER GMBH & CO OG

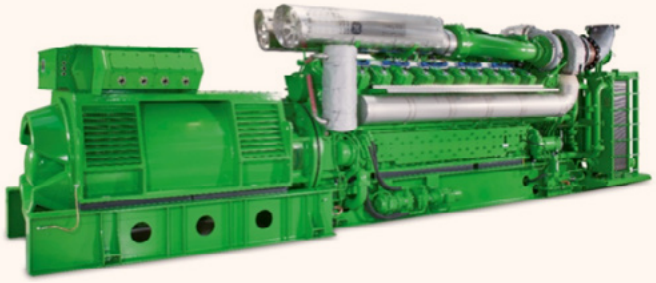
Figura 3-30: Logotipo da General Electric Company

A GE Jenbacher GmbH & Co OG tem sua sede em Jenbach (Áustria / Tirol) e é parte da maior multinacional do mundo, a General Electric Company. A empresa passou de um antigo fabricante de motores a diesel e locomotivas, a Jenbacher Werke, e é agora um dos principais fabricantes de motores a gás e plantas de cogeração. Além disso, o portfólio inclui conjuntos motogeradores (Gen-sets), sistemas COR (Ciclo Orgânico de Rankine) e acessórios para construção tipo contêiner. Os motores a gás estão disponíveis com faixas de desempenho de 0,12 até 9,5 MW. Além disso, a GE Jenbacher GmbH & Co OG opera duas instalações regionais de motor a gás na China e Hungria (GE 2014a).

A GE Jenbacher GmbH & Co OG é uma empresa global, atuando em mais de 80 países, que introduziu inúmeras inovações tecnológicas no mercado. Sua ênfase é particularmente no uso flexível de combustível, melhoria da eficiência e redução de emissões. O uso de combustível flexível se reflete na utilização do gás natural, biogás, gás de aterro, gás de minas, gás de combustão e gás de esgoto nos motores (GE 2014a). Com a introdução do primeiro motor de 24 cilindros a gás operado comercialmente no mundo, a divisão de motores a gás Jenbacher da GE Energy oferece uma potência de até 4 MWel. O motor de combustão tem grande flexibilidade na escolha do combustível e tem baixo custo de instalação e operação. Outras vantagens incluem alta escala de potência, baixo consumo de combustível e elevada eficiência térmica (GE 2014b).

Já existe uma filial de referência da empresa em São Paulo-SP e há grande interesse da empresa em atuar como fornecedora desses motores.

Figura 3-31: J620 Jenbacher motor a gás da GE Distributed Power (GE 2014b)



CHP - DREYER & BOSSE KRAFTWERKE GMBH

Figura 3-32: Logotipo da Dreyer & Bosse Kraftwerke GmbH (DB 2014a)

A empresa alemã Dreyer & Bosse Kraftwerke GmbH é um dos principais fabricantes de centrais de cogeração e emprega cerca de 100 trabalhadores. Em especial, o uso energético do biogás e gás natural faz parte dos seus negócios centrais. Além das CHPs, o tratamento e a purificação de gás (Amina Select) também fazem parte do portfólio. A empresa atua nas fases de desenvolvimento, projeto, construção, fabricação, comissionamento e manutenção de plantas de biogás.

Mais de 700 unidades de cogeração foram colocadas em operação, especialmente na Alemanha. Outros mercados estão localizados no Brasil, Bulgária, França, Grécia, Grã-Bretanha, Itália, Quênia, Holanda, Polônia, Suécia, Eslováquia, República Checa, Hungria, Uruguai, EUA e Chipre (DB 2014b).

Dependendo do tamanho da planta, a Dreyer & Bosse oferece motores a gás ciclo Otto MAN ou MWM. Em especial, soluções individuais para uma operação ótima estão incluídas em sua oferta de serviços. Assim, a CHP pode ser utilizada tanto em sistemas agrícolas, como em estações de tratamento de esgoto e aterros. Os motores a gás, conforme mostrado na figura 3-33 (à esquerda), são construídos de forma robusta, potente e possuem elevada eficiência, credibilidade e disponibilidade (até 99%) (figura 3-33 à direita).

Uma solução inovadora, pela primeira vez utilizada em usinas de cogeração pela Dreyer & Bosse Kraftwerke GmbH e que agora faz parte do seu portifólio, é um sistema integrado de gerenciamento de óleo. Um volume relativamente elevado de óleo (300L) proporciona maior possibilidade de absorção de poluentes do gás de combustão que penetram no motor. Assim, os intervalos entre as trocas de óleo podem ser aumentados em até 3.000 horas (DB 2014b).

Figura 3-33: Motor a gás da Dreyer & Bosse Kraftwerke GmbH (esquerda) e construção com contêineres com instalação completa (direita) (DB2014b)

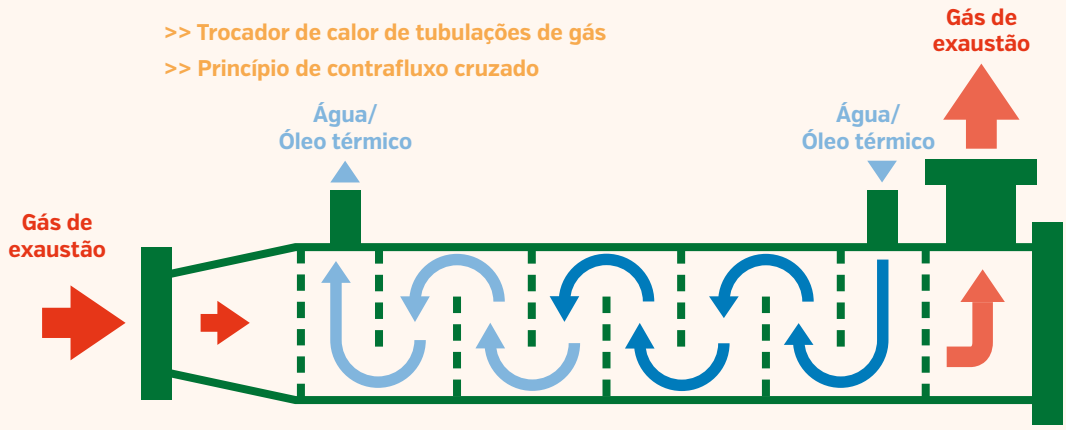
Tabela 3-4: Linha “Vita” da Dreyer & Bosse Kraftwerke GmbH (DB 2014b)

	Tipo/ Unidade	Vita-Pico BHKW								Vita-Grandis BHKW						
Potência elétrica	kW	75	104	125	150	190	210	255	366	400	500	600	800	1.200	1.560	2.000
Potência térmica máxima	kW	91	108	153	171	202	207	290	408	370	510	570	760	1.126	1.492	1.874
Grau de eficiência elétrica	%	36,2	38,2	36,4	37,4	38,5	40,3	38,7	39,3	42,8	40,7	42,7	42,8	42,0	41,7	42,0
Grau de eficiência térmica	%	44,0	39,7	44,6	42,7	41,0	39,7	44,0	43,8	39,6	41,5	40,6	40,6	39,4	39,8	39,4
Demanda de biogás em 6kWh/Nm³/h	Nm³/h	35	45	58	68	84	88	112	158	158	208	238	317	484	624	476
Cilindro		R6	R6	R6	R6	R6	R6	V8	V12	V8	V12	V12	V16	V12	V16	V20
Potência do calor do fogo	kW	207	272	343	400	493	521	659	932	935	1.230	1.405	1.871	2.858	3.745	2.858
Medidas comprimento/ largura/altura	m	6/2,45/2,6								9/3/2,9			12/3/2,9		15/3,2/3,2	

Normas de acordo com DIN ISSO 3046 (Pressão de ar 1000mbar, Temperatura 298K, Umidade 30%) tolerância de potência 7, Os dados específicos são listados na folha de dados do cogerador.

A fim de atender os limites de emissão específicos da Alemanha, os catalisadores de oxidação são especialmente dimensionados para o pós-tratamento dos gases de exaustão, o que resulta na redução de formaldeído e monóxido de carbono. A utilização do calor dos gases de combustão melhora a produção de calor e aumenta a eficiência global. O calor dos gases de exaustão e da água do resfriamento do motor podem ser usados para geração de vapor e água de aquecimento ou para o aquecimento do óleo. A extração do calor através dos trocadores de calor permite a utilização deste para aquecimento de espaços interiores, aquecimento de água e calor de processo. (DB 2014b).

Figura 3-34: Princípio de funcionamento de um trocador de calor típico de gás de exaustão (DB 2014b)



As emissões de ruído são reduzidas a medida que o refrigerador, a parede do contêiner e os silenciadores de escape são projetados individualmente. Como resultado, as emissões podem ser minimizadas em até 40 dB (A) a 10 m de distância (DB 2014b).

3.2.3 Gestão Smart grid

O sistema de gestão Smart grid (“Redes inteligentes”) integra a totalidade complexa dos atores envolvidos na geração e consumo de energia, com especial atenção para a simultaneidade. O sistema é composto pelos seguintes componentes principais:

- Unidade de geração de energia elétrica
- Gestão da rede
- Armazenamento de eletricidade
- Consumidor

O objetivo é garantir em todos os momentos o equilíbrio entre a produção e o consumo de energia na rede de distribuição. Atualmente isto é feito por meio de centrais elétricas e de armazenamento. No contexto do aumento da injeção de energias renováveis na rede, no futuro esse gerenciamento deverá ser implementado também devido à quantidade numerosa de plantas de geração de energia descentralizadas.

Sistemas de abastecimento descentralizados podem ser fotovoltaicos, de turbinas eólicas e CHPs a biogás. O desafio do setor elétrico é a falta de homogeneidade dos produtores e da estrutura dos consumidores. Por conseguinte, o controle da carga juntamente com a estabilidade de tensão na rede de distribuição é o maior desafio.

Esta situação é agravada pelo fato da mudança atual da estrutura da injeção de energia na rede de distribuição. Anteriormente, grandes centrais convencionais injetavam em redes de alta tensão, contudo o cenário atual indica a presença cada vez maior de pequenas centrais com geração no nível de baixa e média tensão. Os desafios na distribuição de energia podem ser vistos especialmente nos transformadores, que eram operados para a transformação da alta tensão em tensão mais baixa. Em caso de excedente de eletricidade na rede de baixa tensão devido ao abastecimento descentralizado, a transformação tem que ser feita para tensões mais elevadas.

Sistemas de gestão de Redes Inteligentes tem como objetivo aproximar a curva de carga a uma constante temporal, evitando situações de pico de carga no sistema de distribuição, e assim, reduzir os impactos na rede elétrica. Isto proporciona vantagens de custo na concepção da infraestrutura de rede como resultado da utilização da capacidade da rede em grande escala.

A suavização das curvas de carga na rede de distribuição é feita por meio de controle automático do consumo através de sistema de controle de demanda. A reação às flutuações de produção e consumo deve ser realizada em tempo real. Para este fim, o registro de dados (Smart Meter) e a transmissão de dados entre os componentes individuais e o controlador são necessários. Atualmente, na maioria das vezes isto é feito através de modems do sistema de telefonia (BNA 2011).

Especialmente para o biogás, um sistema Smart grid significa a implementação da CHP como unidade de geração descentralizada. A combinação com outras CHPs, plantas fotovoltaicas e eólicas tem a vantagem de fornecimento de energia redundante e eficiente.

Centrais virtuais (CV)

Com o termo "central virtual" entende-se a interconexão de várias, principalmente pequenas, centrais de geração de energia a uma rede de geração de energia elétrica. Através de um controle central das plantas, a alimentação e a visibilidade de uma grande instalação de energia pode ser realizada. As vantagens deste sistema são a sua boa gestão de desempenho, bem como maiores eficiências globais devido a maior possibilidade de utilização do calor de forma descentralizada e local. Com este controle pode-se não só obter maior eficiência global, mas também garantir a conversão em energia conforme as próprias necessidades e possível comercialização da energia excedente (AEE 2012b).

Um exemplo no qual especialmente o biogás tem um papel-chave, é onde várias unidades de microgeração para uso doméstico utilizam biogás e, simultaneamente, geram eletricidade e calor. As unidades de cogeração são controladas a partir de uma central de controle e são adaptadas a outras plantas de geração de energia renovável também integradas no sistema, como plantas eólicas e fotovoltaicas. A vantagem dessa proposta é tanto o uso eficiente do biogás na geração de energia com elevado rendimento global, quanto a elevada flexibilidade possível através do armazenamento de calor.

Portanto, a CHP pode ser operada de acordo com a quantidade de energia disponível dos outros sistemas. Se a demanda por energia não for suprida pela geração eólica ou fotovoltaica, as CHPs podem atuar suprindo essa demanda, gerando eletricidade e calor. O calor pode ainda, ser armazenado, caso não haja demanda naquele momento (2012b AEE).

Demand Side Management (DSM)

Sistemas "Demand Side Management" são tecnologias e medidas que têm impacto sobre a demanda de serviços de rede. Isto é a transição do ponto de vista do operador da rede para o foco mais orientado à demanda, visando o controle do consumo através de sinais do mercado (BNA 2011). O objetivo é reduzir o consumo e a demanda de energia nos horários de pico. Na Alemanha, o sistema com o termo "controle da carga" tem sido usado há várias décadas, por exemplo, sob a forma de "eletricidade noturna" (FfE 2010).

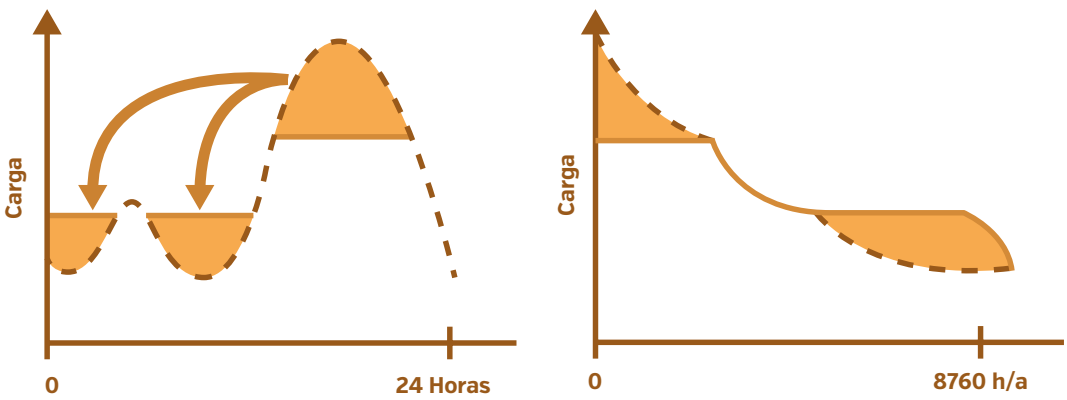


Figura 3-35: Mudanças nas cargas da rede por Demand Side Management (FfE 2010)

A situação mostrada na figura 3-35, portanto, suaviza a curva de demanda de consumo e leva a um desvio da carga dos horários de alto para horários de baixo consumo. Por exemplo, o Demand Side Management interrompe a máquina de lavar louça, devido à alta carga e a aciona mais tarde. O consumo total de energia permanece o mesmo ou aumenta ligeiramente. A atuação do Demand Side Management pode, portanto, ser considerada um "reservatório de energia elétrica", o qual é alimentado ou descarregado através do comportamento modificado dos usuários. (FfE 2010).

Evitar as cargas de pico aumenta a segurança do fornecimento e permite a utilização mais eficiente das centrais existentes, que inclui também as CHPs a gás (AEE 2012b).

A tecnologia Smart Grid Management cobre a geração e o consumo na sua totalidade. Aqui, no entanto, a ênfase na energia elétrica gerada a partir do biogás não ocorre ou não é útil. Em vez disso, a coordenação dos padrões diferenciados de consumo está no foco em detrimento às diferentes fontes de geração de eletricidade.

Ao analisar o potencial de mudanças de picos de carga e o controle necessário da demanda de eletricidade, deve-se diferenciar os consumidores industriais dos domésticos. Em particular, as ligações com potência elevada e com potencial de mudança temporal são de interesse. Se a geração de energia diminui por falta de vento e sol, por exemplo, indústrias com alta demanda de energia poderiam interromper parcialmente sua alimentação de energia e, assim, contribuir para a segurança do fornecimento. Um grande produtor alemão de alumínio precisa, por exemplo, cerca de 5 TWh (el) para o funcionamento dos fornos eletrolíticos em plena capacidade. Uma vez que as células de eletrólise podem operar sem eletricidade de duas a três horas, aqui se tem potencial para reduzir as cargas de pico. A vantagem do gerenciamento de carga é, com a integração de poucos consumidores já consegue-se efeitos significativos. A aplicação é, portanto, eficiente, eficaz e relativamente barata (AEE 2012b).

Com relação aos consumidores domésticos, seu consumo também pode ser adaptado à flutuação da geração de energia renovável. Em especial, pode-se citar os equipamentos elétricos e eletrônicos, bem como de aquecimento e refrigeração, que podem ter seu uso adiado. No entanto, a integração destes vários dispositivos é muito mais cara em comparação com o setor industrial. Além do mais, muitas famílias teriam que, simultaneamente, reduzir ou aumentar a demanda para alcançar efeitos significativos de mudança de carga.

Como pré-requisito para o sucesso do Demand Side Management, se tem a implantação técnica, de sistemas como tecnologia de controle e medidores inteligentes (Smart Meter) nos terminais, bem como o incentivo econômico por meio de tarifas variáveis dependendo da carga (AEE 2012b).

Smart Meter

Smart meter são "medidores inteligentes" para o fornecimento de gás e eletricidade. Eles registram tanto o consumo real de energia, como a duração da demanda e transferem as informações para uma central de controle. A obtenção de dados do consumidor final não é absolutamente necessária com o Smart Grid Management. Basta a leitura de alguns pontos importantes da rede. Estes podem ser, por exemplo, estações de injeção de gás ou transformadores. Em geral, a quantidade necessária para uma boa cobertura é pequena (BNA 2011).

Atualmente, os dados medidos e monitorados na rede são utilizados principalmente para fornecimento e faturamento. Futuramente, os dados medidos ganharão cada vez mais importância. Através deles, variações na tarifas e outras possibilidades para o comportamento mais eficiente e econômico poderão ser colocados em prática. Na situação ideal, o Smart Meter está associado a um dispositivo de controle que, considerando a situação do mercado de energia elétrica e as necessidades individuais de famílias, os eletrodomésticos podem ser controlados automaticamente. Além disso, já é possível visualizar e avaliar o comportamento do consumidor. Este fato deve aumentar a consciência do consumidor final a respeito de seu consumo de energia e criar incentivos para o aproveitamento racional dos recursos. (BNA 2011), (AEE 2012b).

A conversão dos medidores de energia comuns para Smart Meters deve ser realizada na união européia até 2022. Um total de 200 milhões de residências serão contempladas. Na Alemanha, a instalação de Smart Meters é obrigatória desde 2010 para novas construções e reformas. Além disso, este padrão é obrigatório para conexões com consumo anual de energia elétrica acima de 6.000 kWh (AEE 2012b).

A seguir, são apresentadas algumas empresas que se destacam no fornecimento de determinadas tecnologias. O tópico 5 traz uma lista expandida, com mais de 700 fornecedores, agrupados de acordo com seus ramos de atividades, num formato de tabela Excel.

3.2.4 Perfil de empresas e produtos

SISTEMAS DE GESTÃO DE SMART GRID – BILFINGER GREYLOGIX GMBH

Figura 3-36: Logotipo da Bilfinger GreyLogix GmbH e da subsidiária brasileira (GL 2014b)

A Bilfinger GreyLogix GmbH planeja, projeta e implementa soluções de automação de sistemas de energia de empresas, de serviços públicos, de sistemas urbanos de abastecimento de água, da indústria química, de alimentos e bebidas (GL 2014b).

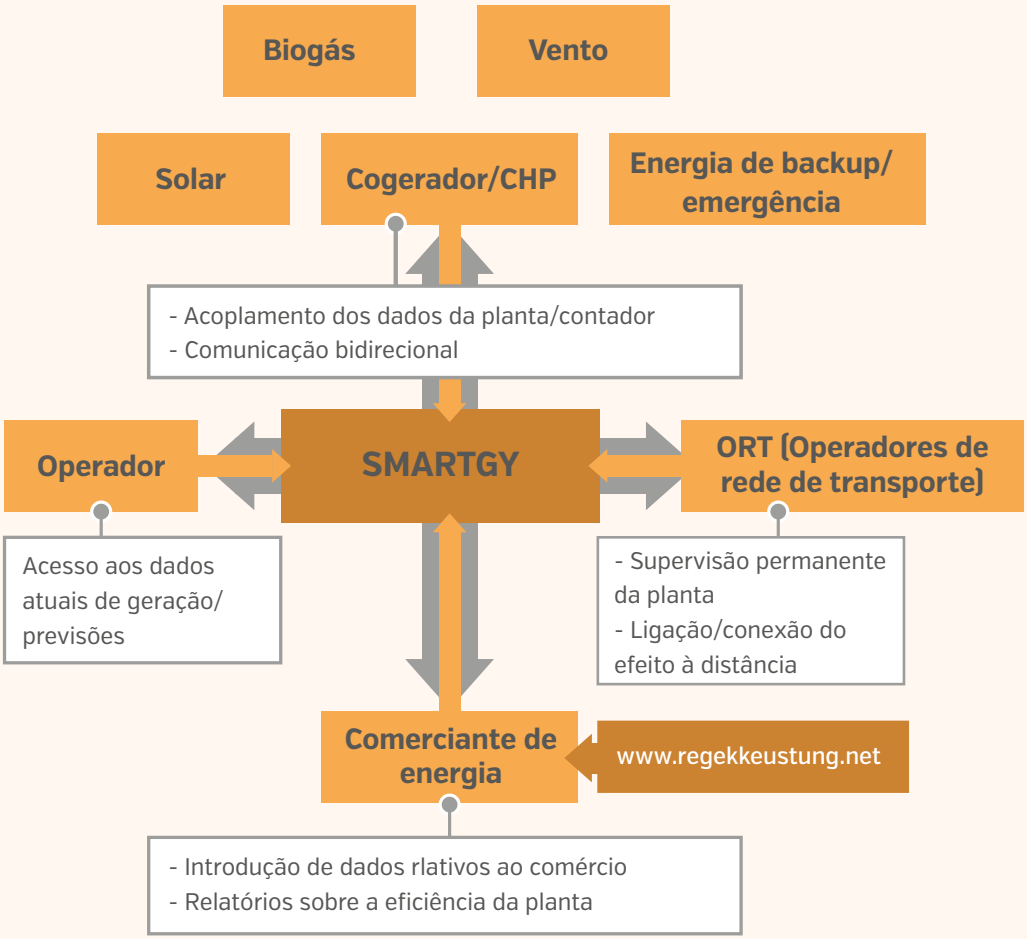
O software de automação Biogas Control©, com cerca de 300 unidades vendidas, pode mostrar os fluxos de massa de uma planta de biogás. Para atender às exigências dos novos e voláteis mercados de energia, a Bilfinger GreyLogix GmbH aposta no desenvolvimento próprio do SmartGy, uma plataforma de software para a gestão de Smart Grids, com o objetivo de comercializar energia e construir usinas virtuais. Plantas de biogás/CHPs distribuídas de forma descentralizada estão interligadas através do SmartGy em centrais virtuais. Após a entrega da planta de biogás, a GreyLogix CHP fornece a completa tecnologia de medição, controle e monitoramento da planta. A tecnologia de instrumentação e controle da empresa inclui módulos de controle, engenharia, instrumentação, instalação, comissionamento e serviços (GL 2014a), (GL 2014b).

O SmartGy é uma solução completa para a integração de dados de medidores. A gestão totalmente integrada de plantas de geração de energia é adequada para fornecedores de energia, serviços públicos municipais, empreiteiros, negociantes de energia, indústria e comércio, habitação, etc. Os serviços incluem os seguintes pontos individualmente adaptáveis (GL 2014a):

- Concepção
- Engenharia
- Montagem
- Operação
- Customização
- Análise

O SmartGy é dividido em três níveis: o nível de campo inclui a tecnologia do medidor, controle e regulação; a infraestrutura garante a transmissão bidirecional dos dados para o terceiro nível, a TI; o portal integrado SmartGy contém um banco central de dados. O software está disponível em cinco versões para diferentes aplicações e tamanhos (GL 2014a).

Figura 3-37: Visão geral da central virtual com SmartGy (BGL 2014)



3.2.5 Injeção de energia elétrica na rede

A geração e injeção de energia na rede conforme as necessidades pode ser economicamente muito interessante. O objetivo dos produtores é oferecer a energia elétrica para o mercado quando os preços estiverem altos e assim, maximizar os lucros. Para a geração e injeção de energia conforme as necessidades, vários equipamentos técnicos são necessários, conforme apresentados a seguir.

Transformadores de potência para plantas de biogás
Transformadores de potência são utilizados em plantas de biogás para a injeção da energia elétrica gerada na rede de distribuição pública. Basicamente, um transformador é constituído por duas bobinas de um número variável de rolamentos. No lado da entrada, um campo magnético gera a tensão de indução através de corrente alternada aplicada no rolamento de saída. Esta tensão de saída depende da relação dos rolamentos das duas bobinas (AEE 2012b). Dessa forma, a tensão da energia elétrica produzida pode ser adaptada para a rede de energia elétrica pública.

Reservatórios de biogás
Para a geração e injeção de energia elétrica, reservatórios de biogás são essenciais para seu armazenamento, visto que sua produção contínua pode ser "armazenável", possibilitando gerar energia elétrica conforme a necessidade e compensar as flutuações da geração de biogás.

Figura 3-38: Reservatórios internos de biogás (EH 2006)

Os reservatórios de biogás podem ser internos (figura 3-38) ou externos. Estes últimos são concebidos como tanques de gás seco ou úmido e são componentes independentes da planta. Reservatórios internos de biogás fazem parte do biodigestor e também servem como tampa desse reator. Dependendo da concepção da planta de biogás utiliza-se diferentes tipos ou combinações de reservatórios. Para o correto dimensionamento dos reservatórios, informações como pressão operacional e volume do reservatório são indispensáveis (EC 2006).

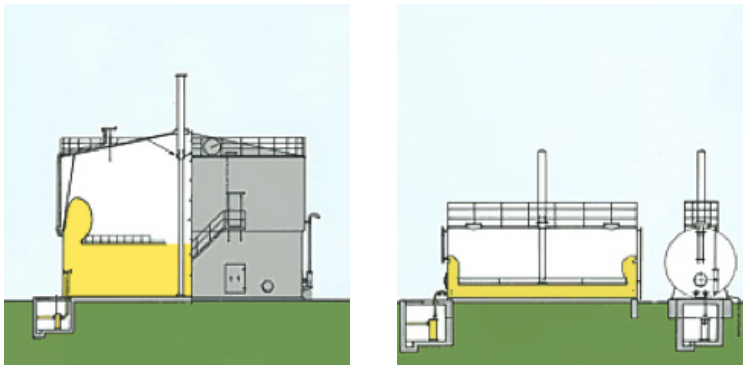


Figura 3-39: Reservatório de biogás externo, cilíndrico (esquerda: construção vertical, direita: construção horizontal) (EH 2014a)

Armazenamento de eletricidade

Além de reservatórios de biogás, a utilização de reservatórios de eletricidade é possível. Algumas soluções técnicas permitem o armazenamento direto ou indireto da eletricidade. A capacidade máxima do reservatório e os tempos de descarga variam consideravelmente.

Reservatórios diretos são por exemplo condensadores ou bobinas. A grande desvantagem de ambas as tecnologias de armazenamento direto é a baixa capacidade e, portanto, a pequena quantidade de energia armazenável. Reservatórios de eletricidade indiretos são, portanto, preferíveis para grandes quantidades de energia. Basicamente, estes reservatórios convertem a energia elétrica em outra forma de energia mais facilmente armazenável.

Quando há demanda de energia elétrica, a energia armazenada é então convertida em eletricidade. Exemplos incluem estações bombeadas de armazenamento, hidrogênio como reservatório de eletricidade, pilhas e baterias (BNA 2011). Uma visão geral dos diferentes tipos de reservatórios e suas capacidades de armazenamento é apresentada na tabela 3-5.

Tabela 3-5: Capacidades de diferentes armazenadores de energia elétrica (AEE 2012a)

TIPO DE ARMAZENADOR/ UTILIZAÇÃO	TEMPO DE DESCARGA	TIPO DE ARMAZENADOR	CAPACIDADE MÁXIMA DO ARMAZENADOR DE PLANTAS E TECNOLOGIAS TÍPICAS
Armazenador de curta duração: Estabilização de rede; Apoio ao funcionamento da rede	Menos que 1 segundo até poucos minutos	Bobinas SMES	30kWh
		Condensadores/ Super Caps	52kWh
		Armazenador de massa oscilante	5MWh
Armazenador de longa duração: Atendimento da procura nos períodos de pico	De 2 até 24 horas	Armazenador de ar comprimido	580MWh[1]
		Armazenador de bombas	8,5GWh[2]
Armazenadores eletroquímicos: Armazenador de Reserva, Mobilidade elétrica	De 1 hora até vários dias (Bateria RF: de 1,5s até 10h)	Bateria de íons-lítio	50kWh[3]
		Baterias Redox-Flow	5MWh
		Baterias de chumbo/ácido	40MWh
Hidrogênio: Armazenador de reserva, de longa duração, Potencial grande, ainda não em condições de ser aplicado no mercado			

1 10 100 1000 10 100 1000 10
kWh MWh GWh

[1] Usina de armazenador de ar comprimido em Huntorf
[2] Usina por bombeamento em Goldisthal
[3] Bateria para carrp elétrico

A seguir, são apresentadas algumas empresas que se destacam no fornecimento de determinadas tecnologias. O tópico 5 traz uma lista expandida, com mais de 700 fornecedores, agrupados de acordo com seus ramos de atividades, num formato de tabela Excel.

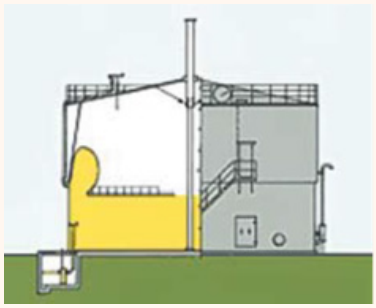
3.2.6 Perfil de empresas e produtos

RESERVATÓRIOS DE BIOGÁS – EISENBAU HEILBRONN GMBH

Figura 3-40: Logotipo da Eisenbau Heilbronn GmbH (EH 2014b)

A empresa se especializou na produção de tanques de gás de baixa pressão e possui experiência com mais de 1.500 tanques de gás instalados. Os tanques de gás são construídos principalmente como reservatórios de gás seco com vedação de membrana. Os tanques consistem em uma caixa de aço soldada e praticamente não exigem manutenção. O baixo peso da estrutura do tanque resulta em cargas máximas exercidas sobre as fundações de 700 kg/m². A membrana de vedação é revestida de neoprene e tem uma estrutura de apoio. Os reservatórios suportam pressões operacionais de até 50 mbar, bem como mudanças na pressão operacional. Os tamanhos padrão dos reservatórios de gás seco com vedação de membrana de construção vertical e cilíndrico variam entre 100 e 5.000 m³. Os reservatórios de gás horizontais são menores, o tamanho da construção varia entre 10 e 125 m³ (EH 2014a).

Figura 3-41: Tanque de gás de baixa pressão da Eisenbau Heilbronn GmbH (esquerda: estrutura esquemática, meio: fase de construção, direita: tanque pronto) (EH 2014a)



RESERVATÓRIOS DE BIOGÁS - LIPP GMBH

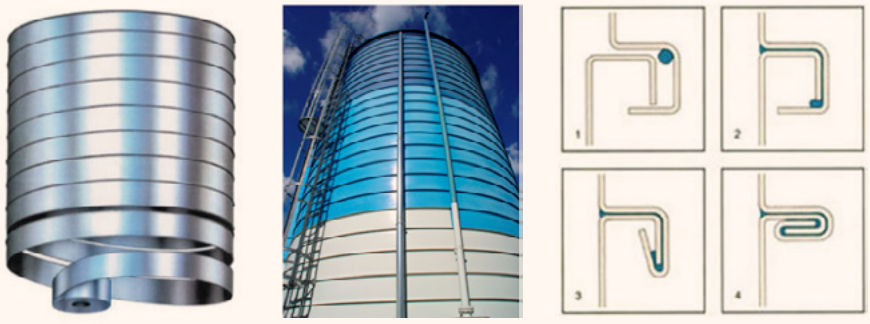
Figura 3-42: Logotipo da Lipp GmbH (LIPP 2014b)

A extensa gama de produtos atende às necessidades da eliminação de resíduos industriais e agrícolas e o armazenamento e tratamento de substâncias sólidas, líquidas e gasosas.

Já em 1970 Xaver Lipp desenvolveu o sistema Lipp de dobra dupla, que foi aprovado internacionalmente para construção de tanques e recipientes e utilizado em inúmeras instalações. Este sistema é otimizado por um material Duplex Verinox, desenvolvido pela Lipp, composto por uma combinação de faixa de aço inoxidável e uma outra de aço galvanizado. Os tanques apresentam em seu interior uma dupla camada de aço inoxidável, enquanto a parte externa é feita de aço galvanizado. Esta tecnologia permite elevada resistência e grande flexibilidade de substratos e tamanhos. A produção automatizada e eficiente demanda pouca área e é caracterizada por baixos custos de instalação e investimento. Os tanques podem variar de 3 a 40 metros de diâmetro (LIPP 2014c), (LIPP 2014b).

Esses tanques podem ser utilizados para o armazenamento sem pressão de 30 até 5.000 m³ de biogás.

Figura 3-43: Tanque feito de Verinox com sistema Lipp de dobra dupla (LIPP 2014b)



3.2.7 Referências Bibliográficas

[AEE 2012a] MAHNKE, EVA; MÜHLENHOFF, JÖRG [2012]: Strom speichern. Hintergrundinformationen der Agentur für Erneuerbare Energien. Hg. v. Agentur für Erneuerbare Energien e.V. Berlin [Renews Spezial, Ausgabe 57]. Online verfügbar unter http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/160.57_Renews_Spezial_Strom_speichern_mar13_online.pdf, zuletzt geprüft am 10.07.2014.

[AEE 2012b] KUNZ, CLAUDIA; MÜLLER, ALENA; SAßNING, DANIEL [2012]: "Smart Grids" für die Stromversorgung der Zukunft Optimale Verknüpfung von Stromerzeugern, -speichern und -verbrauchern. Hintergrundinformationen der Agentur für Erneuerbare Energien. Hg. v. Agentur für Erneuerbare Energien e.V. Berlin [Renews Spezial, Ausgabe 58]. Online verfügbar unter http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/161.58_Renews_Spezial_Smart_Grids_jun12online.pdf, zuletzt geprüft am 08.07.2014.

[BGL 2014] BILFINGER GREYLOGIX GMBH [2012-2013]: Virtuelles Kraftwerk Alles aus einer Hand. Online verfügbar unter http://greylogix.com/de/leistungsspektrum/virtuelles-kraftwerk, zuletzt geprüft am 10.07.2014.

[BNA 2011]BUNDESNETZAGENTUR [Hg.] „Smart Grid" und „Smart Market" Eckpunktepapier der Bundesnetzagentur zu den Aspekten des sich verändernden Energieversorgungssystems. Bonn. Online verfügbar unter http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/NetzzugangUndMesswesen/SmartGridEckpunktepapier/SmartGridPapierpdf.pdf?__blob=publicationFile.

[DB 2014a] DREYER & BOSSE KRAFTWERKE GMBH [2014]: Dreyer & Bosse. Der Systemanbieter für die Biogas-, Biomethan- und Erdgasnutzung. Online verfügbar unter http://www.dreyer-bosse.de/, zuletzt geprüft am 08.07.2014.

[DB 2014b] DREYER & BOSSE KRAFTWERKE GMBH [2014]: Dreyer & Bosse. Strom und Wärme mit Gewinn biogene Gase. Gorleben. Online verfügbar unter http://www.dreyer-bosse.de/download/imagebiogas2014_kl_es_31.3.2014.pdf.

[EC 2006] Vision and strategy for Europe's electricity networks of the future European Smartgrids Technology Platform [2006]. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities [Community research [European Commission]]. Online verfügbar unter ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/energy/docs/smartgrids_en.pdf, zuletzt geprüft am 10.07.2014.

[EH 2006] STEHLE, ROLAND [2006]: Speicherung von Biogasen. Hg. v. Eisenbau Heilbronn GmbH. Marburg. Online verfügbar unter http://www.eisenbau-heilbronn.de/tl_files/eisenbau/pdf/Speicherung_von_Biogasen.pdf, zuletzt geprüft am 10.07.2014.

[EH 2014a] EISENBAU HEILBRONN GMBH: Gasbehälter / Gasspeicher / Klärgasspeicher. Online verfügbar unter http://www.eisenbau-heilbronn.de/gasspeicher-kl%C3%A4rgasspeicher, zuletzt geprüft am 10.07.2014.

[EH 2014b] EISENBAU HEILBRONN GMBH: Eisenbau Heilbronn - Das Unternehmen. Online verfügbar unter http://www.eisenbau-heilbronn.de/das-unternehmen, zuletzt geprüft am 10.07.2014.

[FCES 2012] FUELCELL ENERGY SOLUTIONS GMBH [2012]: DFC®250 EU MCFC-Brennstoffzellenkraftwerk 250 kW; 400 V; 50 Hz. Dresden. Online verfügbar unter http://www.fces.de/assets/FCES_Produktblatt_DFC250EU.pdf, zuletzt geprüft am 08.07.2014.

[FCES 2014a] FUELCELL ENERGY SOLUTIONS GMBH [2014]: Wie funktioniert eine Brennstoffzelle? Dresden. Online verfügbar unter http://www.fces.de/technologie/ueberblick/, zuletzt geprüft am 08.07.2014.

[FCES 2014b] FUELCELL ENERGY SOLUTIONS GMBH [2014]: Über FuelCell Energy Solutions. Dresden. Online verfügbar unter http://www.fces.de/ueber-uns/uber-fuelcell-energy-solutions/, zuletzt geprüft am 08.07.2014.

[FfE 2010] ROON, SERAFIN VON; GOBMAIER, THOMAS; HUCK, MALTE [2010]: Demand Side Management in Haushalten Methoden zur Potenzialanalyse und Kostenabschätzung. Hg. v. Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. München. Online verfügbar unter https://www.ffe.de/download/wissen/20100406_Methodik_DSM.pdf, zuletzt geprüft am 08.07.2014.

[FNR 2014a] FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. [2014]: Stromerzeugung. Gülzow, 2014. Online verfügbar unter http://biogas.fnr.de/biogas-nutzung/strom/, zuletzt geprüft am 07.07.2014.

[FNR 2014b] FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. [2014]: Vielfältige Nutzungsmöglichkeiten von Biogas. Gülzow. Online verfügbar unter http://biogas.fnr.de/biogas-nutzung/, zuletzt geprüft am 07.07.2014.

[GE 2014a] GE JENBACHER GMBH & CO OHG [2014]: Company Profile Die Gasmotorensparte von GE. Online verfügbar unter https://information.jenbacher.com/index.php, zuletzt geprüft am 07.07.2014.

[GE 2014b] GENERAL ELECTRIC COMPANY [2014]: Jenbacher J624 GS Innovative Gasmotorentechnologie. Online verfügbar unter http://site.ge-energy.com/prod_serv/products/recip_engines/de/j624_gs.htm, zuletzt geprüft am 07.07.2014.

[GL 2014a] GREYLOGIX GMBH [Hg.] SmartGy Die smarte Seite der Energie. Online verfügbar unter http://www.greylogix.com/images/Broschueren/glx_smartgybroschuere.pdf, zuletzt geprüft am 10.07.2014.

[GL 2014b] GREYLOGIX GMBH [Hg.] GreyLogix Automation. Online verfügbar unter http://greylogix.com/images/Broschueren/glx_imagebroschuere.pdf, zuletzt geprüft am 10.07.2014.

[LIPP 2014b] LIPP GMBH: Flexibel, sicher, weltweit bewährt - das Lipp-Doppelfalz-System. Online verfügbar unter http://www.lipp-system.de/4-das_system.html, zuletzt geprüft am 1

3.3. Combustível veicular

Para utilizar o biogás como combustível, o gás normalmente deve ser purificado para biometano, ou seja, dióxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, água e vestígios de outros componentes devem ser retirados. Os processos para a remoção destes componentes do gás foram descritos no capítulo 3.1.

O biogás pode também ser parcialmente purificado, isto é, dessulfurizado e desumidificado, e ser usado em motores a gás, se o fabricante assim o garantir.

O biometano pode ser usado como combustível, de forma análoga à utilização de gás natural, aplicados em duas formas:

1. Compressed Biomethane – CBM (biometano comprimido)
2. Liquefied Biomethane – LBM (biometano liquefeito) [2]

O biometano comprimido é a opção mais utilizada. Neste caso, o biometano é comprimido a pressões superiores a 200 bar e, em seguida, armazenado.

O biometano liquefeito é produzido por meio de resfriamento criogênico abaixo de -163°C (ver processo criogênico para a separação de dióxido de carbono). Isto ocorre, por exemplo, com nitrogênio líquido em uma unidade de refrigeração para isso projetada, na qual ocorre a remoção simultânea de gases, como oxigênio e de componentes de enxofre. O consumo de energia é de cerca de 1 kWh/Nm³ biometano ou 10% do conteúdo energético do biogás produzido [3]. O armazenamento é então realizado em reservatórios de baixa pressão.

A aplicação como biometano comprimido, bem como o posto de abastecimento de biometano associado será descrita com mais detalhe a seguir.

3.3.1 Ônibus

O setor dos transportes é responsável por grande parte das emissões que contribuem para o aquecimento global. Este problema tende a se intensificar nos próximos anos, pois o transporte de pessoas e bens aumenta cada vez mais. Por esta razão, deve se ter como objetivo a redução da forte dependência de combustíveis fósseis para os veículos de transporte público.

Em toda a Europa, há esforços que abordam este problema. Em Estolcomo, até 2025 todos os ônibus deverão ser operados por fontes renováveis de energia. Desde 2004, já estão rodando os primeiros ônibus a biogás oriundos da digestão da fração orgânica de resíduos e efluentes de estações de tratamento de esgotos. A utilização do biogás não só diminui as emissões reduzindo assim a contribuição para as mudanças climáticas, como também melhora a qualidade do ar urbano.

O projeto da união européia chamado "Baltic Biogás Bus" constatou em outubro de 2012 que o biogás é o melhor caminho para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) gerados no transporte público. Para alcançar este objetivo, a meta atual é de aumentar a eficiência no uso de biogás e produzir mais biogás para ser utilizado como combustível para ônibus [4].

Figura 3-44 : Frota de ônibus movidos a biogás [5]

3.3.1.1 Perfil de empresas e produtos

MAN LATINAMERICA

Figura 3-45: Logotipo da MAN

A MAN LatinAmerica foi fundada oficialmente em 16 de março de 2009, com a aquisição da Volkswagen Caminhões e Ônibus MAN SE. Com capacidade total de produção de 80 mil veículos por ano, esta empresa é a maior fabricante de caminhões e a segunda maior fabricante de ônibus da América do Sul há 10 anos consecutivos, com uma cota de mais de 30% do mercado. Os veículos da MAN LatinAmerica são construídos e desenvolvidos na fábrica de Resende, no Rio de Janeiro.

A MAN LatinAmerica oferece uma linha completa de caminhões e ônibus com mais de 40 modelos e os vende em 30 países da América Latina, África e Oriente Médio.

A figura 3-46 mostra o MAN Lion's City movido a gás.

Figura 3-46: Ônibus MAN Lion's City CNG movido a gás

O MANLion's City tem 41 assentos e ainda 29 lugares em pé. Ele é alimentado por um motor de 6 cilindros de 12,8l com 270PS e tem engrenagem ZF Ecolife. Como combustível é utilizado GNV/biogás, tornando-o ideal para uso em cidades.

3.3.2 Caminhão

Além dos ônibus, os caminhões são grandes consumidores de combustíveis no setor de transportes, gerando impactos em relação ao consumo de combustíveis fósseis e a emissão de GEE.

Na Áustria, a operação de caminhões com biogás já está sendo realizada na prática. Além de evitar emissão de partículas finas, esses caminhões também são neutros em termos de emissão de CO2. A produção de biogás é realizada a partir da fermentação de resíduos orgânicos com posterior purificação. [6].

Na Suécia também é feito o uso do biogás em caminhões em diversas atividades. O fabricante de caminhões sueco Scania-Bilar Sverige AB produziu o primeiro caminhão movido a biogás que atende à norma de emissões E6. Os motores de biogás da Scania-Bilar Sverige atingem uma potência de até 340cv e são diretamente comparáveis aos motores a diesel [7].

Figura 3-47: Caminhão de carga movido a biogás da Scania [7]

3.3.2.1 Perfil de empresas e produtos

DAIMLERAG

Figura 3-48: Logotipo da Daimler Trucks

Daimler Trucks é a divisão de caminhões da Daimler AG e a maior fabricante de caminhões acima de 6 toneladas em todo o mundo, com 462.000 unidades (2012). Os caminhões são fabricados mundialmente em 27 locais, incluindo marcas como Mercedes-Benz, Setra, Freightliner, Western Star, Thomas BuiltBuses, Mitsubishi Fuso e BharatBenz. A empresa conta com cerca de 80.500 funcionários.

As seis marcas de Daimler Trucks fabricam desde caminhões leves, médios e pesados para transportes de longa distância, de distribuição e canteiros de obras, até veículos especiais para uso no setor municipal de ônibus.

Figura 3-49: Econic NGT Euro IV

IVECO MAGIRUS AG

Figura 3-50: Logotipo da Iveco Magirus AG

A Iveco produz veículos comerciais no Brasil desde 1997. A sede fica em Nova Lima e a planta mais moderna em Sete Lagoas. O fabricante é considerado aquele que mais cresce no Brasil, pois quintuplicou suas vendas desde 2006. A capacidade de produção é de 70.000 unidades por ano.

O Iveco Daily Natural Power proporciona versatilidade. Os tanques montados sob o piso têm, dependendo do modelo, capacidade de cerca de 39 kg de gás natural/GNC. O alcance total é de até 500 quilômetros. Os níveis de emissões do motor monovalente de gás natural são muito baixos com 222 g/km. O potente motor Natur Power de 3,0 litros com 100 kW (136 hp), não só cumpre a norma EEV (Veículo Ambiental Avançado), como também já cumpre a futura norma Euro 6.

Figura 3-51: Iveco Daily Natural Power

SCANIA-BILARSVERIGE AB

Figura 3-52: Logotipo da Scania

A Scania é um grande fabricante de veículos comerciais da Suécia, com rede de vendas e serviços em mais de 100 países e possui 38.600 funcionários. As fábricas estão localizadas na Europa e América Latina.

A Scania fabrica caminhões, ônibus e motores para a utilização industrial, marítima e geração de energia.

O P310 LNG é equipado com motor a gás natural/biogás e tem cilindrada de 9 litros, que funciona como motor a gasolina. Ele pode alcançar torque de até 1.250 Nm e tem um alcance de cerca de 600 km sem e 1.100 km com tanque adicional. Os tanques são certificados pela VDI e suportam impactos de até 5G em casos de acidente.

Figura 3-53: Scania P310 LNG

3.3.3 Trator

No setor agrícola, as primeiras abordagens para uso do biogás como combustível também estão surgindo. Esse tipo de aplicação no setor se faz importante, uma vez que o biogás é em muitos casos gerado em plantas agrícolas/agropecuárias de biogás. Na Suécia, o trator dual-fuel Valtra OyAB está sendo testado. Este trator possui um motor a diesel, o qual é utilizado apenas para a ignição do processo de combustão, exigindo uma pequena quantidade desse combustível. Para a operação, ou seja, a maior parte da energia necessária, utiliza-se o biogás. Uma vantagem deste conceito é que seu funcionamento também é possível somente com diesel. Os primeiros testes mostraram um tempo de operação com uso de biogás de até 7 horas, no qual o trator tem maior desempenho do que em uma operação apenas com diesel.[8].

Na Áustria, o trator do tipo CVT 6195 da empresa CNH Österreich GmbH pode ser operado com diesel ou biogás. Além da redução de custos tem-se efeitos significativos nas emissões de GEE, podendo chegar a uma redução de 20% de CO_2 e de 97% de CO. A adaptação dos tratores para unidade bivalente custa cerca de 15.000€ (euros). Uma vantagem desses "kits" de adaptação é a sua simplicidade, que não exige nenhuma alteração no projeto ou controle do motor [9].

Figura3-54: Trator com motor a biogás[8]

3.3.3.1 Perfil de empresas e produtos

AGCO DEUTSCHLAND GMBH / VALTRA INC.

Figura 3-55: Logotipo da Valtra

A Valtra Inc. é a quinta maior fabricante de tratores do ocidente, sendo líder de tratores na Escandinávia e uma das marcas de maior destaque na América do Sul. A empresa é uma das que mais cresce na Europa e seus produtos são vendidos em mais de 70 países do mundo.

A Valtra produz tratores para diferentes áreas de aplicação, tais como trabalho no campo, silvicultura, colheita de turfa, construção de estrada e colheita de cana de açúcar.

O trator N101 funciona com motor diesel original, no qual o biogás é injetado adicionalmente. Neste caso, de 70 até 80% da energia é obtida a partir do biogás. A operação também pode ocorrer somente com diesel, sendo que o funcionamento não é alterado independente do combustível utilizado.

Figura 3-56: Valtra N101

CNH ÖSTERREICH GMBH / STEYR

Figura 3-57: Logotipo da Steyr

A Steyr faz parte da CNH Österreich GmbH, que pertence ao grupo CNH Global N.V.-Gruppe. A fábrica em St. Valentin na Áustria existe desde 1947 e já produziu mais de 500.000 tratores.

Os produtos são os tratores da série Compact, Multi e Profi, bem como carregadores frontais e sistemas de software para equipamentos agrícolas.

Este trator de biogás Mono Fuel opera 100% a biogás. A novidade da Steyr é o trator equipado com um motor de quatro cilindros de 3.0 litros com 100 kW/136 cv até 105 kW/143 cv de potência máxima e torque máximo de 542 Nm. Um total de nove tanques oferecem uma capacidade de 300 litros de biogás. É o conceito de veículo ideal para grandes produtores agrícolas com produção de biogás.

Figura 3-58: Profi 4135 Natural Power

3.3.4 Automóvel

Devido ao aumento crescente do preço dos combustíveis, o interesse em combustíveis alternativos também aumentou significativamente. Uma possibilidade é adaptar carros com motor a gasolina para permitir o funcionamento com uso do biogás. O biogás utilizado para este fim normalmente tem que ser purificado para atingir a qualidade do gás natural.

Para armazenar o biogás, os automóveis são equipados com tanques e equipamentos de segurança apropriados e individuais, que permitem diferentes montagens. O abastecimento de veículos com biogás é similar aos combustíveis convencionais (diesel ou gasolina). O custo desta conversão está entre € 1.500 e € 3.000.

Uma vez que a adaptação dos carros é simples e não exige a remoção do tanque de gasolina, eles podem ser operados em paralelo com combustível convencional. Dessa forma, carros movidos a biogás dificilmente se diferem de carros a gasolina convencionais [10].

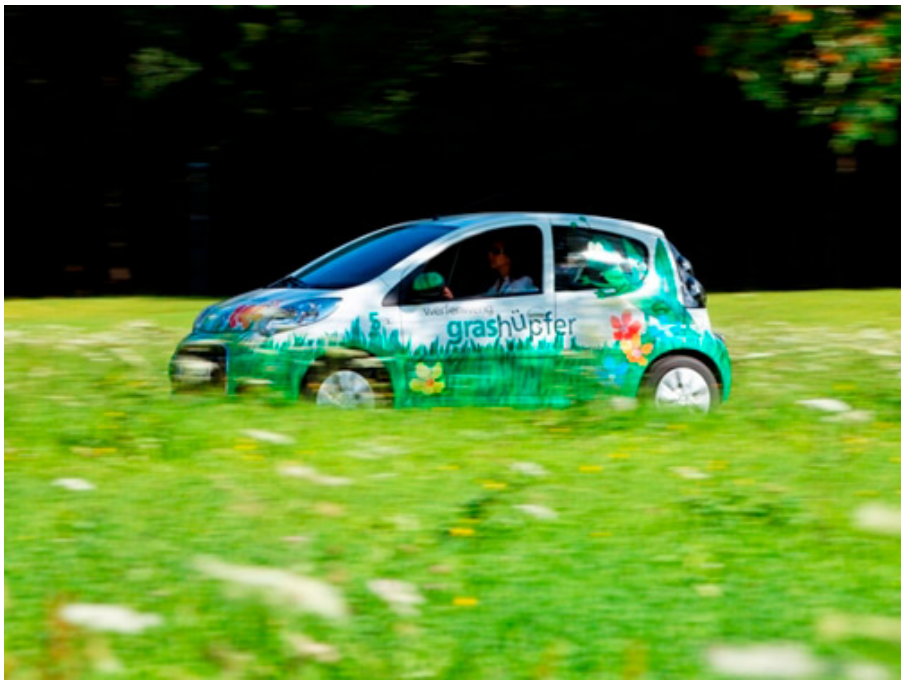


Figura 3-59: Automóvel movido a biogás[11]

3.3.4.1 Perfil de empresas e produtos

VOLKSWAGEN AG

Figura 3-60: Logotipo Volkswagen AG

A Volkswagen AG, com sede em Wolfsburg, é um dos maiores produtores de automóveis do mundo e gerou um lucro de quase 22 bilhões de euros em 2012. A marca Volkswagen vende mais de 5 milhões de veículos por ano.

O Touran TSI EcoFuel tem imensa popularidade e é um dos veículos mais vendidos em sua categoria, na Alemanha. Com uma maior capacidade do tanque de combustível e maior eficiência, ele percorre até 670 quilômetros, destes 520 km com biogás e 150 km com gasolina do tanque reserva. Com essas melhorias, o Touran TSI EcoFuel atingiu também um outro bom resultado: consumo de 4,6 kg/100 km (126g/km de CO_2). Os três tanques de biogás, com capacidade total de 24 kg, são alocados embaixo do chão do carro economizando espaço.

Figura 3-61: VW Touran 1.4 Ecofuel

FIAT AUTOMÓVEIS S.A.

Figura 3-62: Logotipo Fiat Automóveis S.A.

Figura 3-63: Fiat Siena Tetrafuel

A Fiat Automóveis S. A. é a subsidiária brasileira da Fiat SpA e líder de mercado no Brasil, com uma cota de 23,1% de novos registros, ou cerca de 840.000 veículos. A característica especial desses veículos é que quase todos são flex-fuel, por isso podem operar com gasolina e etanol.

Há carros pequenos e vans construídos principalmente para o mercado sul-americano emergente. Alguns deles foram especialmente desenvolvidos para este mercado, sendo fabricados apenas nestes países, como o "Palio" ou "Siena".

O Siena Tetrafuel pode ser operado com praticamente qualquer combustível disponível comercialmente no Brasil: O motor de 4 cilindros de 1,4 litros pode ser operado com gasolina comum, E20-25, E100 e GNV ou biogás purificado.

3.3.5 Posto de abastecimento de biogás

A Suécia utiliza e processa o biogás desde os anos 90 e atualmente cerca de 10% do biogás sueco é utilizado como combustível (cerca de 5.000 veículos utilizam biogás). Além disso, o país tem atualmente 49 postos de abastecimento de biogás [12, 13].

Figura 3-64: Posto de abastecimento de biogás em Jameln[14]

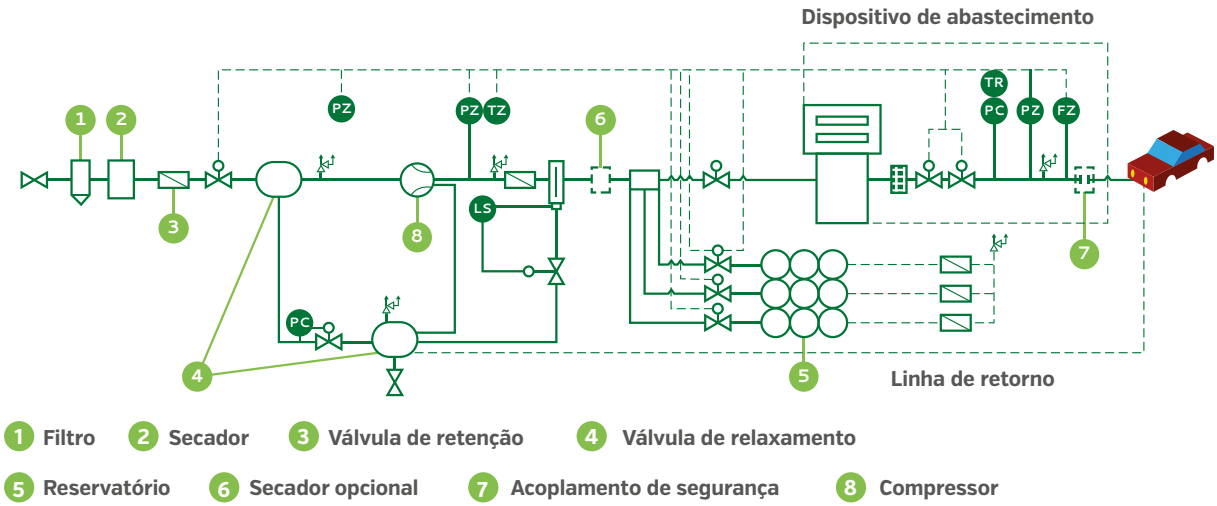
A seguir é apresentada a tecnologia de um posto de combustíveis, que revende biometano comprimido (CBM). Na Alemanha, postos de abastecimento de biometano e gás natural seguem o regulamento do Guia Técnico DVGW G 651 (Associação Alemã de gás e água) [15]. Como posto de abastecimento de biometano entende-se uma estação para a distribuição de biometano para tanques de veículos.

As seguintes instalações técnicas são necessárias para a construção de tal posto [15]:

- Tanque de reserva
- Secadores de gás,
- Tubulações
- Condutos de mangueiras
- Acessórios,
- Compressor,
- Técnicas de medição, controle e regulagem,
- Dispositivos de entrega, como bomba distribuidora, conduto de mangueiras, medição de quantidade de gás e bocal de abastecimento,
- Equipamentos de segurança.

Na figura 3-65, o projeto técnico de um posto de abastecimento de biometano é mostrado como um exemplo.

Figura 3-65: Exemplo de um posto de abastecimento de biometano [15]



O biogás beneficiado, isento de dióxido de carbono, sulfeto de hidrogênio e água, passa primeiro através de um filtro para a separação de partículas, em seguida é secado novamente.

Em um compressor, o biometano é comprimido a uma pressão superior de 200 bar (dependendo da pressão de armazenamento). Depois é feito o armazenamento no reservatório de pressão de gás.

A energia necessária para a compressão é de cerca de 3% da energia disponível no biogás [16]. O abastecimento dos veículos ocorre no distribuidor, que possui uma bomba, um conjunto de mangueira, a medição da quantidade de gás e o bocal de abastecimento.

A duração da operação de abastecimento depende da pressão do reservatório cilíndrico de armazenamento e da pressão a ser atingida no tanque do veículo.

3.3.5.1 Perfil de empresas e produtos

BAUER KOMPRESSOREN GMBH

Figura 3-66: Logotipo BAUER KOMPRESSOREN GmbH

Desde meados dos anos 90 a BAUER apresenta soluções de sistemas para abastecimento de veículos movidos a gás natural. Até então, a empresa já instalou mais de 250 postos de abastecimento de gás natural na Europa. Em particular, deve-se mencionar que todos os componentes do sistema de um posto de abastecimento de GNV, como compressor, unidade de armazenamento, sistemas de secagem de gás, controle preferencial e sequencial bem como instalações de abastecimento de combustível são desenvolvidos e produzidos pela BAUER, o que garante um ótimo desempenho como um todo. Além disso, a BAUER COMPRESSORS Inc., com sede em Norfolk, Virginia (EUA), também já instalou cerca de 300 postos de abastecimento de gás natural para o mercado norte-americano.

Os postos de abastecimento de GNV/gás natural são adaptados para abastecer veículos rodoviários.

Figura 3-67: Posto de abastecimento de biogás da BAUER KOMPRESSOREN GmbH

AKTIEBOLAGET GAS-ACCUMULATOR (AGA) AB

Figura3-68: Logotipo da AGA

A AGA faz parte do Linde-Gruppe desde 2000 e é o líder em gases industriais e GLP na Escandinávia e na região do Báltico.

A empresa oferece soluções versáteis no campo da metalurgia, indústria química, indústria alimentar, proteção do meio ambiente, na produção de vidro e eletrônicos, construção, indústria farmacêutica e de P&D.

Os postos de gás natural oferecidos pela AGA destinam-se principalmente para abastecimento de carros e ônibus urbanos.

Figura 3-69: Posto de abastecimento de gás natural para ônibus da AGA

3.3.6 Referências bibliográficas

[1] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Leitfaden Biogas: Von der Gewinnung zur Nutzung, 6th ed., Gülzow-Prüzen 2013.

[2] Cenex, Biomethane Toolkit: A guide to the production and use of biomethane as road transport fuel, http://www.cenex.co.uk/LinkClick.aspx?fileticket=AeRAmFsNU2s%3d&tabid=119&mid=695 2009.

[3] Göteborg Energi, Swedish Biogas International und Lidköping municipality, Lidköping Biogas, http://www.lidkopingbiogas.se/wp-content/uploads/2012/10/LB_folder_digital_english.pdf 2012.

[4] BalticBiogasBus - About The Project, http://www.balticbiogasbus.eu/web/about-the-project.aspx 2013.

[5] Biogasbus, http://www.bioenergyconsult.com/wp-content/uploads/2012/03/Biogas_Bus.jpg 2013.

[6] R. B. M. K. L. Haas, Strategien zur Forcierung erneuerbarer Energieträger in Österreich unter Berücksichtigung des EU-Weißbuches für erneuerbare Energien und der Campaign für Take-off, Wien 2011.

[7] Scania liefert weltweit ersten Biogas-Lkw mit E 6-Norm aus, http://www.auto-reporter.net/1868/2_1868_104_51533_1.php 2013.

[8] valtra, Biogas-Traktor beeindruckt in Schweden, http://www.valtra.de/news/5786.asp 2013.

[9] Hühner- und Schweinemist bringt Traktor auf Touren, http://www.steyr-traktoren.com/Pages/de/Aktuelles-Veranstaltungen/Archiv/Detail.aspx?Guid=da239627-709d-41cd-8f26-45f9ea02a002 2013.

[10] FNR, Vielfältige Nutzungsmöglichkeiten von Biogas, http://biogas.fnr.de/biogas-nutzung/biogasnutzung/ 2013.

[11] Biogas-Auto, “Unsere Werfenwenger Grashüpfer”, http://www.werfenweng.eu/de/leihfahrzeuge/ 2013.

[12] Biogas Öst., Biomethan filling stations: five Swedish cases, http://www.biogasost.se/LinkClick.aspx?fileticket=2aQPy0ABpYA%3D&tabid=84.

[13] Jönsson O., Biogas Feeding to the Natural Gas Grid and digestate use in the Swedish Biogas Plant of Laholm2002.

[14] Raiffeisen-Warengenossenschaft Jameln e. G – Bundesweit erste Biogas-Tankstelle in Jameln, http://asue.de/innovationspreis-2008/preistraeger-5/index.html 2013.

[15] DVGW, Erdgastankstellen2009 (Arbeitsblatt G 651).

[16] W. Pölz, S. Salchnegger, Biogas im Verkehrssektor: Technische Möglichkeiten, Potential und Klimarelevanz, Wien 2005.

3.4 Uso térmico em plantas industriais

O biogás pode ser empregado diretamente na indústria através de duas formas principais: produção direta de calor ou uso direto da energia mecânica produzido através da queima em um motor.

Os efeitos da substituição do gás natural pelo biogás em sistemas térmicos industriais exigem análises detalhadas. A adequação global do biogás, disponibilidade, integração no processo existente e as distâncias entre a planta de processamento térmico industrial e a unidade de biogás desempenham um papel crucial. Um olhar crítico é portanto absolutamente necessário [3]. Uma classificação das instalações de processamento térmico é apresentada na figura 3-70. Possíveis efeitos de flutuação das características do gás em processos térmicos industriais podem ser observados na tabela 3-6.

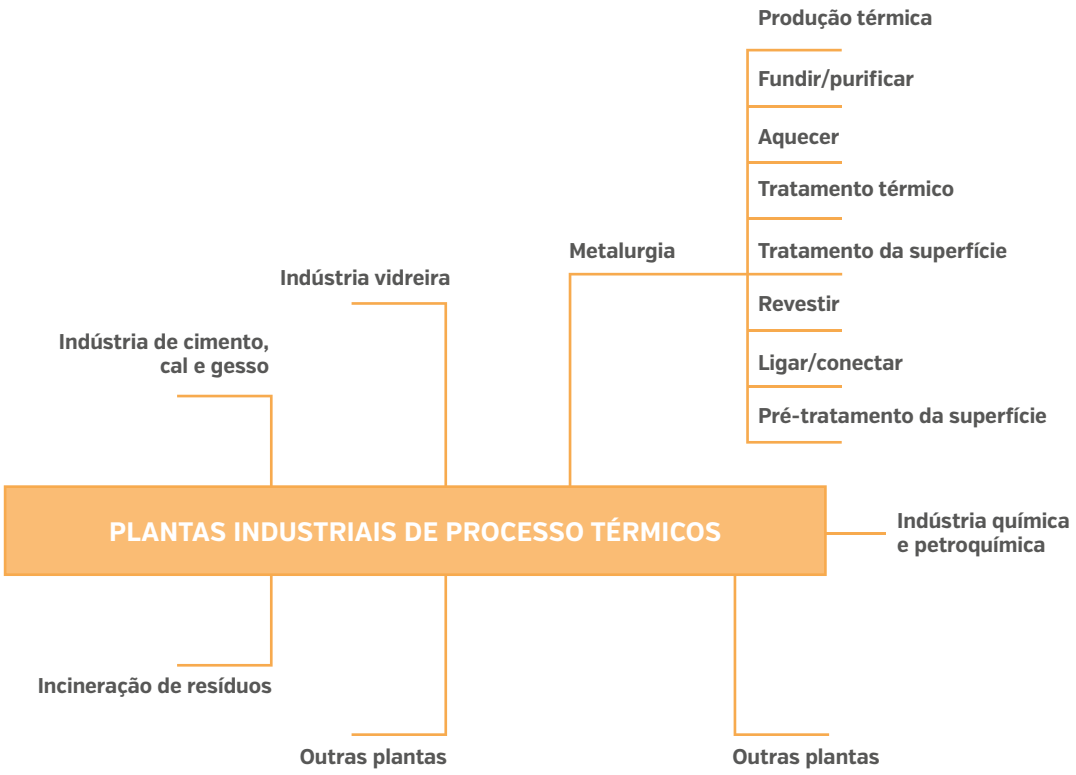


Figura 3-70: Plantas industriais de processos térmicos

Tabela 3-6: Possíveis consequências de flutuações das características do gás em processos térmicos industriais [4]

PROCESSO	VARIAÇÃO DO VALOR CALORÍFICO OU ÍNDICE WOBBE		
	<3%	3 - 5 %	5 - 10%
Caldeira			
Secagem			
Processos de fundição (Metais não ferrosos)			
Pré-aquecimento (Metais)			
Tratamento posterior de vidro			
Produção de tijolos			
Tratamento térmico			
Fusão de vidro (Vidro de embalagem), Alimentador			
Produção de porcelanas			
Fornos de cal, calcinação de alumina			
Fusão de vidro (Vidro plano)			
Indústria de plásticos			

Pouco sensível Sensível Muito sensível

A injeção de gases de origem biológica na rede pública de gás alemã é regulada pela norma DVGW G 262 [1]. Devido a origem, há diferenças significativas entre estes gases e os gases fósseis, comumente utilizados no abastecimento da rede pública e descritos na norma DVGW G 260 [2]. Em conjunto, estas normas embasam tecnicamente a utilização de biogás em instalações de processo térmico.

No entanto, flutuações das características do gás podem ter impactos negativos em determinados processos térmicos industriais, como aqueles empregados na indústria de vidro, cerâmica e metal [3]. Os problemas operacionais causados por tais flutuações dependem da aplicação específica e da instalação da planta, principalmente de dispositivos de medição e controle. Alguns sistemas de processamento térmico são suficientemente robustos e operam adequadamente mesmo quando há mudanças bruscas na qualidade do gás.

Em face a seu grande potencial, a utilização de biogás em plantas de processamento térmico industrial atualmente é pouco empregada. Algumas vantagens no emprego do biogás para uso térmico são:

- Independência parcial das importações de gás natural.
- Melhoria da pegada de carbono de plantas de processo térmico industrial.
- Caráter mais sustentável do respectivo setor industrial.

A demanda térmica em processos industriais é, dependendo do ramo, variável e precisa de diferentes níveis de temperatura para o calor do processo. A seguir são apresentados setores industriais específicos com potencial para o emprego de biogás em seus processos.

Metalurgia

Os principais processos da metalurgia são a produção de metais primários e secundários e de ligas metálicas a partir de minérios e materiais reciclados, além da posterior transformação em peças fundidas e produtos laminados. A quantidade de energia térmica fornecida depende do tipo de metal e do processo de fabricação.

Para o fornecimento de calor na indústria metalúrgica utilizam-se vários tipos de fornos. Os mais importantes são: fornos de arco elétrico, indução, cubilô, fornos de viga cadinho e pé. Para a produção de peças fundidas, a liga é fundida, enquanto que para processos de laminação, o aquecimento é suficiente. [5-7]. A tabela 3-7 ilustra uma variedade de metais, temperaturas de processo e consumo de energia.

Tabela 3-7: Demanda térmica de diferentes processos metalúrgicos [5, 6, 8].

TIPO DE METAL	PROCESSO	FAIXA DE TEMPERATURA EM °C	TIPO DE FORNO	DEMANDA TÉRMICA EM kWh/t
Aço	Fundir	1.600 – 1.700	Cubilô	1.300 – 1.330
Aço	Aquecer	1.050 – 1.100	Viga de pé	465 580
Aço	Recozimento	800 – 900	Recozimento	465 – 1.220
Alumínio	Fundir	750	Cadinho	1.220 – 1.690
Magnésio	Fundir	650	Cadinho	600
Latão	Fundir	1.000	Fundição	1.220 – 1.450
Zinco	Fundir	400	Fundição	130

Indústria vidreira

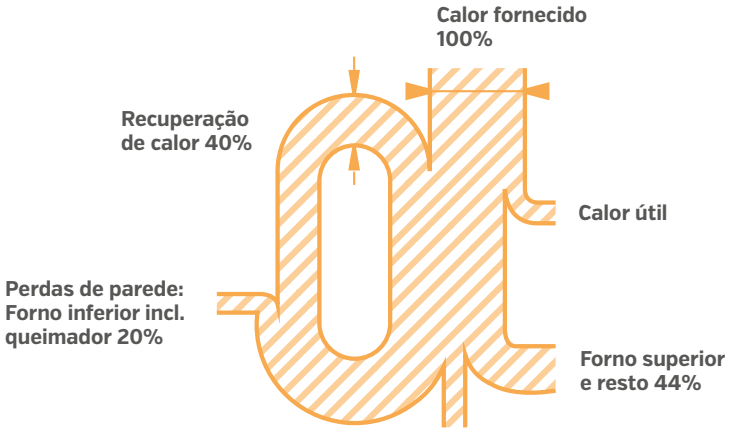
A utilização mais importante de gás na indústria vidreira é o aquecimento direto do produto, ou seja, com contato entre as chamas e o produto (figura 3-71). Os produtos da indústria vidreira podem ser subdivididos em três categorias [6, 9]:

- Vidro plano: para indústria de construção e automobilística
- Vidro oco e recipientes: recipientes para alimentos, produtos químicos, produtos farmacêuticos
- Vidros especiais: materiais isolantes, lâmpadas

Figura 3-71: Tecnologia de queimadores na indústria vidreira e cerâmica à base de gás natural (esquerda: chama de tipo difuso com jato livre e contato direto, direita: queimadores cerâmicos a irradiação) [10]

A indústria vidreira utiliza cerca de 95% de cubas de fusão de vidro com funcionamento contínuo e capacidade diária de até 850 toneladas. A figura 3-72 mostra os fluxos de energia de uma cuba de fusão de vidro no diagrama de Sankey. A fusão é o processo com o maior consumo de energia (75 a 80%) na indústria de vidros. [11]. As demandas energéticas variam de acordo com o tipo de vidro a ser produzido. Por exemplo, para vidro de embalagem tem-se uma necessidade energética entre 0,8 a 1,6 MWh/tonelada, enquanto que para vidro plano necessita-se de 1,4 a 1,9 MWh por tonelada [6, 9].

Figura 3-72: Diagrama Sankey de uma cuba de fusão de vidro [12]



As primeiras experiências com a utilização de biogás na indústria vidreira são ainda projetos de pesquisa. Os resultados iniciais indicam que a utilização de gases de combustão produzidos através da digestão anaeróbia não tem nenhum efeito sobre as propriedades do vidro. Da mesma forma, não há efeitos adversos sobre o material refratário. Além disso, o projeto mostra que não houve falhas em sensores ou termopares devido ao uso do bio-

gás. O processo apenas exige uma quantidade maior de combustível devido ao baixo teor de metano gás (50% em média). [10, 11].

Indústria de cerâmica

As matérias-primas para a produção de cerâmica são minerais de argila e suas misturas, bem como caulim, matérias-primas não-plásticas (quartzo, cal, ...) e feldspatos. Além disso, existem cerâmicas óxidas e não óxidas dependendo das respectivas matérias-primas. O processo de produção inclui, além da modelagem e secagem lenta, a combustão. Este último é também conhecido como sinterização, e é o processo que mais necessita de energia.

O processo de combustão combina várias etapas em diferentes níveis de temperatura. Na última etapa, a cerâmica geralmente recebe esmalte em um processo de reaquecimento, para torna-la impermeável e criar uma superfície fácil de limpar. A tabela 3-8 resume todos os processos de aquecimento com os respectivos níveis de temperatura [13].

Tabela 3-8: Passos do processo de combustão em diferentes faixas de temperatura [13]

TEMPERATURA EM °C	PROCESSO
20 – 120	Secagem
120 – 573	Fase de reação
573	Transição do quartzo
600 – 1.000	Formação de cacos (Sinterização)
1.000 – 1.100	Sinterização e começo da vitrificação
> 1.100	Fusão do vidrado e cacos

A demanda anual de calor na indústria cerâmica é atendida principalmente por gás natural, eletricidade e carvão [14]. A maioria do calor é utilizada diretamente como calor de processo e o emprego do calor em aquecimento de ambientes e água têm, comparativamente, um papel menor. A tabela 3-9 fornece uma visão geral da demanda anual de calor para algumas atividades / processos em plantas de diferentes tamanhos, definidos através do número de empregados.

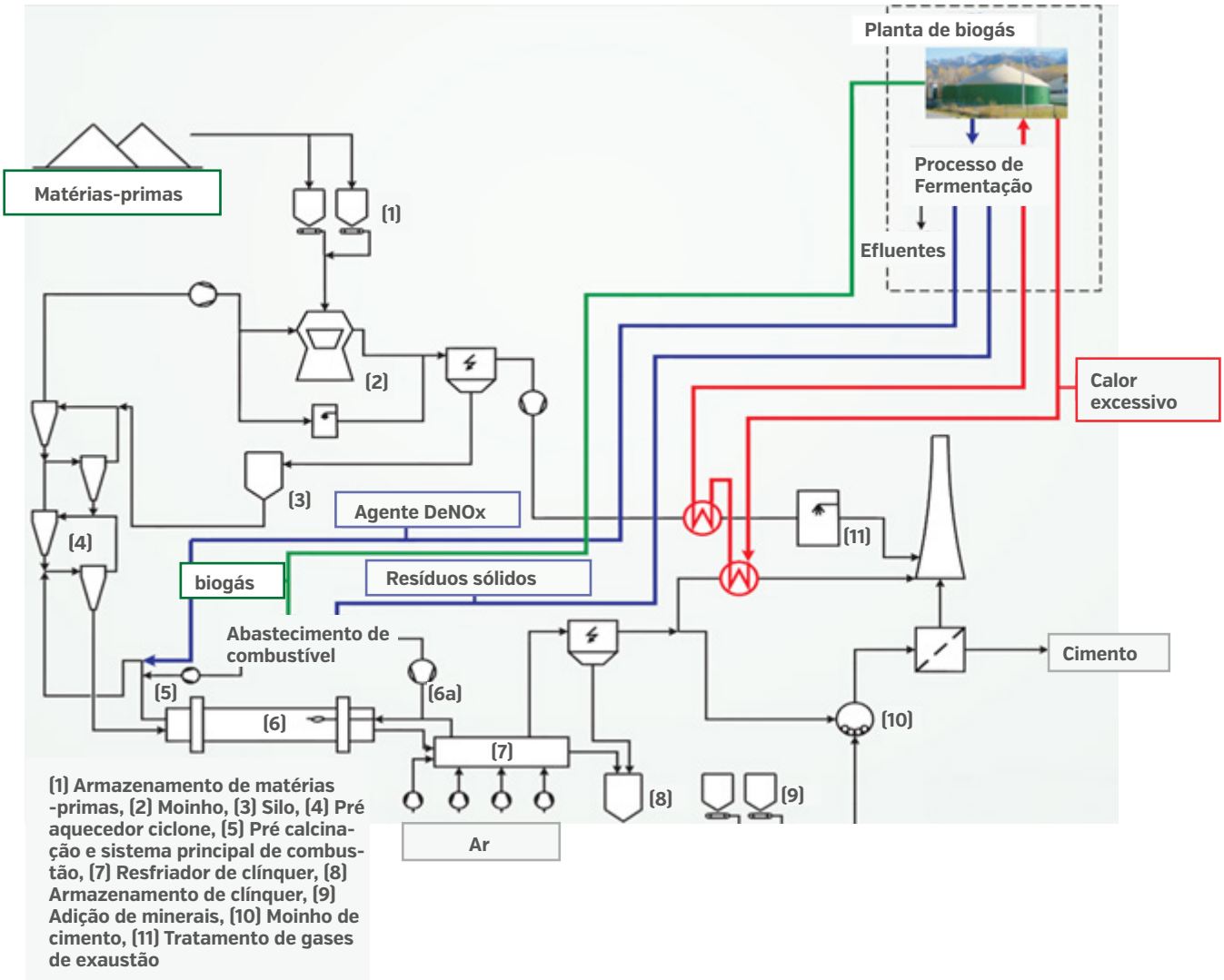
Tabela 3-9: Demanda média de calor na indústria de cerâmica de acordo com a quantidade de empregados [15]

QUANTIDADE DE EMPREGADOS	CLIMATIZAÇÃO DE ESPAÇOS INTERIORES	ÁGUA QUENTE	CALOR DE PROCESSO ALTAS TEMPERATURAS	PRODUÇÃO EM PLENA CARGA
	EM MWHTH/(EMPREGADOS*A)			EM H/A
até 10	9,56	0,35	165	3.000
até 100	13,31	0,52	297	4.000
mais que 500	8,55	0,34	413	4.000

Indústria cimenteira, de cal e gesso

O processo de combustão da indústria cimenteira precisa, incluindo um pré-aquecimento eficiente, de cerca de 750 kWh de energia térmica por tonelada de cimento produzido. [6]. Como fonte energética, destaca-se o aumento do uso de combustíveis secundários (resíduos de plástico reciclado, pneus e óleo velhos) que vêm substituindo combustíveis primários tradicionais, como carvão [18]. O gás natural é usado para suprir apenas 0,2% dessa demanda [19]. A utilização de biogás para a produção de cimento está representada na figura 3-73, que mostra o diagrama de fluxo de uma planta combinada de biogás e produção de cimento. Esta opção já foi já estudada pela Montanuniversität Leoben (Áustria). Dependendo do local, a combinação de uma planta de biogás com uma fábrica de cimento pode ser muito interessante, podendo ser economicamente viável e ambientalmente correta.

Figura 3-73: Diagrama de fluxo de uma planta combinada de biogás e fabricação de cimento [21]



Outro processo que pode empregar o biogás como fonte energética é a produção de cal. A cal é utilizada principalmente nas indústrias de aço, de químicos, agricultura, silvicultura e construção civil. A matéria-prima fundamental para a produção de produtos de cal o calcário. Os combustíveis empregados nos processos de produção variam de acordo com a localização geográfica e disponibilidade [23]. Para a produção de uma tonelada de gesso de escultor por exemplo, é necessário entre 808 MJ(cozimento de gesso) e 945 MJ (forno rotativo) de energia térmica [25].

Indústria química e petroquímica

A indústria química é caracterizada pela produção de diversos produtos, tais como: produtos farmacêuticos, fertilizantes, plásticos, entre outros. Com consumo energético considerável, em 2003, o consumo total de calor da indústria química alemã foi de 21,6 TWh [26]. Atualmente, o calor de processo é fornecido prioritariamente através do uso de gás natural e eletricidade [14] e o consumo de calor é distribuído da seguinte forma: cerca de 2/3 da demanda é necessária para calor de processo e cerca de 1/3 para aquecimento de interiores. O aquecimento de água desempenha um papel pouco significativo.

Incineração de resíduos

A incineração de resíduos é utilizada, tanto para a produção de energia quanto para o tratamento seguro dos resíduos (p. ex extinção de organismos patogênicos). A eficiência energética (elétrica) média bruta das instalações alemãs de incineração de resíduos é de cerca de 13%, enquanto que a eficiência térmica é de 34%. É exigida a purificação dos gases de escape, visando reduzir o lançamento de emissões. Na Alemanha e na Europa, os limites de emissão nos últimos anos ou décadas têm sido continuamente reduzidos [27].

Com relação a forma de queima, a maioria dos incineradores de resíduos é concebida como queima em grelha. As grelhas podem ser fixas ou móveis e o combustível (neste caso resíduo) queima com pouco movimento ou parado. Para a incineração estável são necessários auxiliadores de ignição, que podem ser alimentados utilizando óleo, gás natural ou biogás como combustível. Na concepção do projeto, deve-se considerar os diâmetros das chamas, os comprimentos e as dimensões específicas da câmara de combustão [28].

Centrais elétricas

O biogás pode ser usado em centrais elétricas para produção de até 10 MWel, sob a forma de turbinas a gás de ciclo combinado (TGCC) e turbinas a vapor. O primeiro tipo de sistema é uma combinação de turbina a gás e uma usina de vapor. A turbina a gás aciona um gerador que produz eletricidade, e os gases de escape liberam a sua energia calorífica para um segundo circuito, de modo que um fluido (água) evapora, acionando novamente uma turbina de vapor, a qual por sua vez gera energia elétrica através de um gerador. A vantagem é uma alta eficiência elétrica de até 40% [29].

A seguir, são apresentadas algumas empresas que se destacam no fornecimento de determinadas tecnologias. O tópico 5 traz uma lista expandida, com mais de 700 fornecedores, agrupados de acordo com seus ramos de atividades, num formato de tabela Excel.

3.4.1 Perfil de empresas e produtos

UTILIZAÇÃO TÉRMICA - SAACKE GMBH

Figura 3-74: Logotipo da SAACKE GmbH

A oferta varia de soluções padronizadas para a geração de eletricidade, vapor e calor até equipamentos de secagem e instalações para o tratamento de resíduos com geração de energia. O grupo SAACKE fornece queimadores, câmaras de combustão, geradores de gás quente, caldeiras e queimadores marinhos, equipamentos para purificação de emissões, controle do queimador e módulos de fornecimento de combustível.

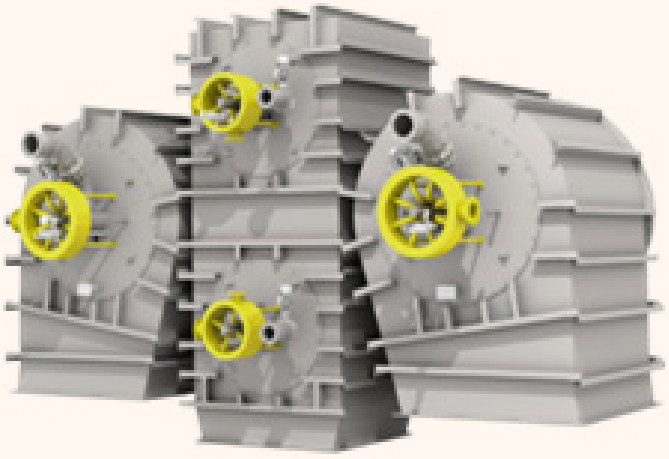


Figura 3-75: DDZG GT/GTA - Queimador para gases de escape de turbinas a gás da SAACKE GmbH

Como exemplo de uma das tecnologias fornecidas pela SAACKE, o queimador DDZG GT / GTA (figura 3-75) é aplicável a potências térmicas de 1 até 126,8 MW e o fluxo da massa do gás de escape pode variar entre 4 e 100 kg/s. Como opções de combustíveis pode-se citar gás natural, biogás, gases especiais, óleo combustível, óleo combustível pesado e combustíveis líquidos especiais. O campo de aplicação do queimador abrange desde caldeiras abastecidas com resíduos ou com água, combustores isolados com trocadores de calor até turbinas em centrais elétricas, instalações de secagem e aquecimento de ar de processo.

A série de vaporizadores a pressão DDZG é caracterizada pela sua robustez, confiabilidade e flexibilidade. O queimador possui uma alimentação de ar, que pode ser realizada com gás de escape de turbina ou ar fresco. Isto é, pode ser concebida como junção de ar convencional com válvulas de regulação ou com presilha tipo tambor. Enquanto o gás de escape e o ar fresco são controlados de maneira convencional na variante com válvulas de regulação, no modelo com presilha tipo tambor este controle é realizado axialmente. Esta estrutura é robusta e igualmente precisa, enquanto que o arranjo com válvulas permite a instalação adicional de dois ou mais queimadores na junção de ar.

Ambas as variantes são adequadas para temperaturas de gases de escape de até 620°C, têm uma queda de pressão muito baixa e uma grande faixa de controle. Elas podem ser controladas com precisão e, mesmo com operação mista entre gás de escape de turbina e ar fresco, tem-se uma injeção precisa de calor no gerador de calor.

UTILIZAÇÃO TÉRMICA - ERC EMISSIONS-REDUZIERUNGS-CONCEPTE GMBH

Figura 3-76: Logotipo da ERC Emissions-Reduzierungs-Concepte GmbH

A empresa ERC Emissions-Reduzierungs-Concepte GmbH desenvolve e produz equipamentos técnicos, tais como queimadores para a utilização ecológica de combustíveis fósseis e renováveis, como o biogás. Os produtos da ERC são utilizados na indústria, em centrais elétricas, em usinas de incineração de resíduos, aquecedores, caminhões, carros e no transporte marítimo.

Os queimadores ERC são fabricados para funcionar continuamente como queimadores de alta potência ou como queimadores de ignição e auxiliares para a operação intermitente. A gama de produtos da ERC inclui queimadores, sistemas de controle para diferentes combustíveis e unidades de regulação e controle.

Figura 3-77: Queimador Low-Nox (baixa emissão Nox) para biogás

Os queimadores ERC de alta potência são construídos em estrutura de "Low-NO_x" para atender às exigências atuais de emissões e são capazes de operar com baixas emissões de NO_x e de CO.

3.4.2 Tecnologias de acionamento

Compressores movidos a biogás

Muitos dos compressores utilizados na indústria usam eletricidade como fonte de energia. A energia necessária para a compressão de gás pode, no entanto, ser fornecida com o uso de turbinas e motores a gás; tornando o processo mais eficiente. O gás que alimenta o motor de acionamento, pode ser parte do fluxo do gás a ser comprimido. Este é o caso, por exemplo, nas estações de compressão do gás natural de abastecimento público.

Na operação de turbinas e motores a gás, um motor de partida é necessário. As turbinas a gás são preferidas para o acionamento de turbo compressores e motores a gás para compressores de pistão. Dependendo do funcionamento, o grau de eficiência fica entre 14 e 39%. A disponibilidade da máquina, dependente principalmente do ciclo de manutenção, fica tipicamente entre 70 e 99,9% [30].

Em princípio, o gás natural como combustível pode ser substituído, com a técnica adequada, por biogás. Atualmente, isto é utilizado apenas para o acionamento de geradores em CHPs e semelhantes (ver capítulo 3.2).

Motores movidos a biogás

Motores movidos a biogás são amplamente empregados em CHPs para cogeração (ver capítulo 3.2), e motores a gás em veículos motorizados (ver capítulo 3.3), os quais são operados com biometano, ou seja, biogás purificado e com composição equivalente ao gás natural. Ambas alternativas são detalhadas em seus capítulos específicos. Nesta seção serão analisados somente os motores que empregam diretamente a energia mecânica entregue pelos motores, sem convertê-la em eletricidade.

A maioria dos motores empregados para aproveitamento da energia mecânica utiliza ciclo Otto (semelhantes a motores a gasolina de 4 tempos) ou motores com ignição a compressão (motores diesel). Os primeiros podem utilizar biogás com um teor de metano já a partir de 45%. Apesar da possibilidade de utilizar biogás com baixos valores caloríficos, a presença de substâncias nocivas como água e sulfeto de hidrogênio é um desafio para a utilização de biogás. [31].

3.4.3 Referências bibliográficas

DVGW, Nutzung von Gasen aus regenerativen Quellen in der öffentlichen Gasversorgung 2011 (Arbeitsblatt G 262).

DVGW, Gasbeschaffenheit 2013 (Arbeitsblatt G 260).

Autorenkollektiv, Untersuchungen der Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsänderungen auf industrielle und gewerbliche Anwendungen: Projekt G 1/06/10 Phase I und Phase II.

R. Cordier, Impact des variations de le qualité du gaz H sur les usages industriels: Colloque “qualité du gaz”, Paris 2012.

J. H. Brunklaus, J. Stepanek, Industrieöfen, Bau und Betrieb: Brennstoff- und elektrisch-beheizte Öfen - Brennerkonstruktionen, 6th ed., Vulkan-Verl., Essen 1994.

G. Layer, F. Matula, A. Saller, R. Rahn, Ermittlung von Energiekennzahlen für Anlagen, Herstellungsverfahren und Erzeugnisse: - Zielsetzung, Durchführung, Methodik, Kennzahlen -, München 1999.
Technologie der Metallformung Eisen- und Nichteisenwerkstoffe.: Mit 249 Tabellen, 1st ed. (Eds: A. Hensel), Dt. Verl. für Grundftoffindustrie, Leipzig 1990.

Initiative Zink in der WirtschaftsVereinigung Metalle e.V., Ökobilanzen, Düsseldorf, http://www.initiative-zink.de/nachhaltigkeit/oekobilanzen.html 2013.

G. Nölle, Technik der Glasherstellung: 41 Tabellen, 3rd ed., Dt. Verl. für Grundstoffindustrie, Stuttgart 1997.

B. Fleischmann, A. Giese, M. Maertin, H. Wuthnow, Biogas (fermentation gas) and glass production: - IGF-AiF research project no. 397ZN „Biogas-Glas“ funded by the BMWI (Federal Ministry of Economics and Technology) -.

M. Märtin, BIOGAS Journal, 16. Jahrgang (01_2013), 116.

H. A. Schaeffer, K.-H. Heußner, Allgemeine Technologie des Glases: Grundlagen des Schmelzens und der Formgebung, 3rd ed., Erlangen 1995.

S. Godehardt, P. Pastoors, Herstellung der klassischen Keramik.

Statistisches Bundesamt, Energieverwendung: Energieverwendung der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe 2011, Wiesbaden, https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/Energie/Verwendung/Tabellen/KohleErdgasStrom.html 2013.

M. Blesl et al., Wärmeatlas Baden-Württemberg: Erstellung eines Leitfadens und Umsetzung für Modellregionen 2008.

Zement: Taschenbuch, 48th ed., Bauverlag, Wiesbaden u.a. 1984.

Lafarge Zement GmbH, Alles über Lafarge Zement: Produktionsprozess, http://www.lafarge.de/wps/portal/de/2_1_1-Produktionsprozess_Zement.

M. Achternbosch, K.-R. Bräutigam, Herstellung von Zementklinker: Verfahrensbeschreibung und Analysen zum Einsatz von Sekundärbrennstoffen, Karlsruhe 2000.

Statista GmbH, Anzahl der Werke in der Zementindustrie in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2012, http://de.statista.com/statistik/daten/studie/161713/umfrage/anzahl-der-werke-in-der-zementindustrie-seit-2000/ 2013.

M. Ellersdorfer, C. Weiß, Renewable Energy 2014, 61, 125.

M. Ellersdorfer, Cement from Biogas.

E. Schiele, L. W. Berens, Kalk: Herstellung, Eigenschaften, Verwendung, Düsseldorf 1972.

Maerz Ofenbau AG, Produktportfolio: Gleichstrom-Regenerativ-Kalkschachtöfen, HPS Einschachtofen, Ringschachtofen, http://www.maerz.com/incDE.php?show=products_pfrkilns 2013.

VGB PowerTech e.V., Verband der Elektrizitätswirt-schaft e.V., Vom Rauchgasentschwefelungs-rückstand zum Qualitätsrohstoff REA-Gips: Technisch-wissenschaftlicher Bericht, 2005th ed., Essen.

Bundesverband der Gipsindustrie e.V., Gipsdatenbuch 2013, Berlin, http://www.gips.de/wp-con-tent/uploads/downloads/2013/05/gipsdatenbuch_2013.pdf 2013.

B. Eikmeier, Analyse des nationalen Potenzials für den Einsatz hocheffizienter KWK, einschließlich hocheffizienter Kleinst-KWK, unter Berücksichtigung der sich aus der EU-KWK-RL ergebenden Aspekte: Endbericht zum Forschungsvorhaben Projekt I A 2 - 37/05 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Berlin, 1st ed., Energie & Management, Herrsching 2006.

Umweltbundesamt, Stellenwert der Abfallverbrennung in Deutschland, Dessau, http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3649.pdf 2008.

R. Kneer, Feuerungstechnik: Vorlesungsskript, Aachen WS 2006/2007.

G. Cerbe, Grundlagen der Gastechnik: Gasbeschaffung, Gasverteilung, Gasverwendung, 7th ed., Hanser, München, Wien 2008.

M. Hofbauer, Gasanlagentechnik: Vorlesungsunterlagen SS 2011.

FNR, Vielfältige Nutzungsmöglichkeiten von Biogas, http://biogas.fnr.de/biogas-nutzung/biogasnutzung/ 2013.

4 TECNOLOGIA DE CONTROLE, AUTOMAÇÃO E SERVIÇOS

4.1 Automação

Esta seção aborda a automação de plantas de biogás, redução de odores em instalações de digestão anaeróbia e serviços de suporte que podem ser prestados em plantas.

Para garantir uma operação adequada de plantas de biogás, o monitoramento dos processos é extremamente recomendável. O grau de automação em geral é proporcional ao porte da planta e ao tipo de tecnologia de digestão empregada. Em geral, deve-se notar que, em termos de monitoramento em tempo real, os processos de biogás ocorrem muito lentamente e por isso exigem média (e algumas vezes baixa) exigência de controle do processo. Devido às áreas de perigo, tais como zonas de explosão, no entanto, podem ser necessários sistemas redundantes.

A automação é possível graças a um sistema de instrumentação e sensores, atuadores coordenados e hardwares e softwares dedicados.

Atuadores, técnicas de medição e informática

Para se definir como os processos serão controlados, inicialmente é necessária a escolha de atuadores, como bombas e agitadores. Dependendo do nível tecnológico, a planta de biogás pode contar com atuadores de comando manual, pneumáticos, hidráulicos ou motorizados, com a respectiva integração em um sistema de automação. Além disso, equipamentos de medição são usados para o monitoramento de processos individuais. Isso varia de uma simples medição de temperatura até uma complexa citometria de fluxo. Para o processamento dos valores medidos, envio de sinais de controle de atuadores ou ajuste de parâmetros de regulação, são empregados sistemas computacionais como controladores lógicos programáveis (CLP). Sistemas de bus para a comunicação segura em termos de processos são necessários. O estado da arte é o sistema PROFIBUS.

Processamento de informações

Para o processamento de informações são utilizados métodos diferentes. Para os tipos de CLP simples utiliza-se controladores PID (Proporcional Integral Diferencial) e controladores de lógica Fuzzy. Para o monitoramento baseado em computador são usados programas de projeção. Além disso, sistemas de banco de dados são adequados para o gerenciamento do controle de processo ou valores de medição determinados. Para avaliar esses dados, programas especialmente adaptados são utilizados, por exemplo, para o diagnóstico e prognóstico de falhas do processo biológico ou para a definição de regimes alimentares.

Linha de comando

Para inserir os comandos de definição da planta de biogás, maneiras diferentes são usadas. Uma variante simples e direta é a operação de um controle em um painel com interruptores e botões. Para o controle desenvolvido, uma versão do painel é usada com visualização e entrada de dados no computador. A sala de controle com o sistema de controle de processo (SCP) é a forma mais adequada para a operação de uma planta de biogás

totalmente automatizada (figura 4-1). No exemplo apresentado na figura pode-se alternar, quando necessário, entre o modo automático e manual. Se houver uma falha com intervenções necessárias, a planta entra, através do SCP em estado de repouso definido pelo sistema.

Figura 4-1: Visualização no computador (Fotos embaixos) e painéis elétricos (acima) para o controle da planta de biogás © DBFZ

A seguir, são apresentadas algumas empresas que se destacam no fornecimento de determinadas tecnologias. O tópico 5 traz uma lista expandida, com mais de 700 fornecedores, agrupados de acordo com seus ramos de atividades, num formato de tabela Excel.

4.2 Perfil de empresas e produtos

ORMATIC GMBH

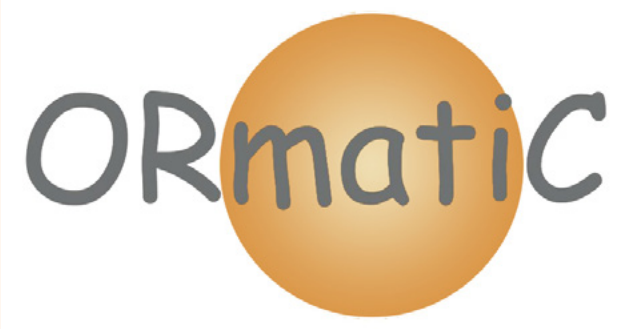


Figura 4-2: Logotipo da ORmatiC GmbH

A OrmatiC-energy oferece sistemas de ORC com o grupo de produtos Orca® com capacidade inferior a 300 kW e um período de amortização de menos de 4 anos. A ORmatiC-automation oferece, além da automação normal, através dos produtos biOmatic e infOmatic um sistema de visualização, registro de dados, alarme e automação do diário de uso e operações.

Além disso, a automação de plantas industriais, com foco na otimização de energia de grandes sistemas de refrigeração e otimização de engenharia de controle de processos fazem parte do espectro da ORmatiC.

A ORmatiC pode apresentar os seguintes serviços e referências:

- Otimização de sistemas de refrigeração (Vattenfall)
- Otimização de queimadores (EKO Eisenhüttenstadt)
- Desenvolvimento de técnicas de otimização (Nabertherm, M&S)
- Desenvolvimento de produtos (KMK, phiMatic)
- Execução de projetos (VW, bue, Infineon)
- Projeto ORC da Saria Refood GmbH (Grupo Remondis)
- Software para registro de dados.

A ORmatiC tem interessse em entrar no mercado brasileiro com atividades de engenharia. O produto biOmatic é um sistema de visualização, registro e alarme. Ele integra as seguintes exigências no conceito: operação, registro, relatórios, alarme e planejamento de manutenção.

O biOmatic foi desenvolvido para plantas de biogás que atuam com monosubstrato, mas pode ser utilizado também em plantas de co-digestão. Ele é composto por nove módulos de sistema:

- Painel de controle
- Interface de processo com mais de 300 drivers de interface, para que o banco de dados (PDB) do painel de controle acesse o sistema usado CLP de forma confiável.
- Banco de dados grava todos os dados (valores de processo, valores introduzidos, alarmes, relatórios) de forma não adulterável.
- Relatórios mostrando alarmes atuais e históricos, valores de processo, relatórios em forma de tabela, criação de listas de matérias-primas

- O sistema de comunicação inclui uma ferramenta completa de alarme com confirmação, gerenciamento de usuários, comandos por SMS ou serviço de voz.
- Armazenamento dos dados históricos em um banco de dados central
- Gerenciamento complexo de usuários (opcionalmente através do gerenciamento de usuário do Windows)
- Opcional: mudança de idioma pode ser integrada

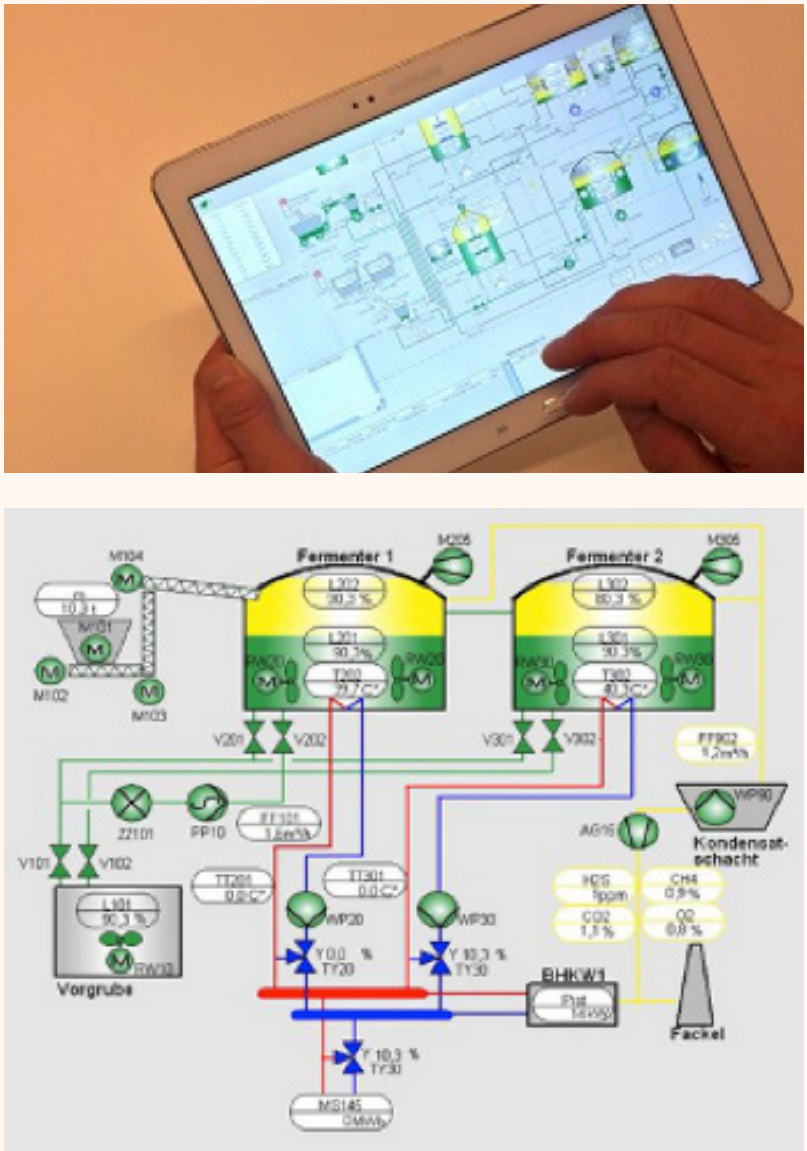


Figura 4-3: Visualização do processo de plantas de biogás com monitoramento do software biOmatic da ORmatiC © ORmatiC GmbH 2014

SIEMENS AG

Figura 4-4: Logotipo da Siemens AG

A Siemens desenvolve soluções inovadoras e eficazes, que se adaptam às necessidades específicas da produção de biocombustíveis e da produção de energia a partir de biomassa.

Em seu portfólio, a Siemens AG pode oferecer soluções personalizadas para todo o processo de produção, independentemente da matéria-prima utilizada, do tamanho da planta ou da tecnologia selecionada. O nível de acompanhamento do processo necessário para uma produção relativamente uniforme e econômica é obtida por um certo grau de automação.

Com base na Automação Totalmente Integrada (TIA) e Totally Integrated Power (TIP), a Siemens oferece a melhor integração entre automação e processo de engenharia de processos. O alto grau de integração da TIA e TIP e da ótima interação de todos os componentes utilizados permitem uma rápida instalação e operação eficiente da planta. Na área dos serviços de automação, a oferta se estende desde o nível de instalação até para o nível de operação. Estes serviços se completam a nível de gestão de energia por uma vasta gama de soluções de turbinas a vapor, em sistemas de baixa e média tensão até o painel elétrico individual.

A Siemens AG apresenta mais de 2.000 produtos, sistemas e soluções na área de biogás, biodiesel, bioetanol e biomassa. Há interesse no mercado brasileiro como fornecedor de equipamentos e em projetos de engenharia.

AWITE BIOENERGIE GMBH

Figura 4-5: Logotipo da Awite Bioenergie GmbH

A AWITE é especializada em sistemas de análise de gases, automação e tecnologia de medição no campo de plantas biotecnológicas. Além de desenvolvimento, fabricação, instalação e comissionamento de sistemas, oferece serviços de manutenção.

A Awite fornece sistemas de análise de gás para plantas de biogás, para o monitoramento da injeção de biogás na rede de gás natural, para o controle de aplicações de células de combustível e para a comercialização de biogás. O portfólio inclui também a automação e visualização de plantas de biogás, estações de tratamento de esgoto e plantas piloto com um software especialmente desenvolvido para isso. Com mais de 1.700 sistemas de análise de gás instalados em todo o mundo, também tem interesse no mercado brasileiro.

Os sistemas Awite de análise de gás e de processos, como por exemplo AwiFLEX Cool+, têm sido desenvolvidos especificamente para uso em plantas de biogás e estações de tratamento de esgoto. Eles são caracterizados pela sua robustez, capacidade de expansão e baixa manutenção.

A configuração e a construção do sistema estão alinhados às necessidades do cliente e às condições da planta. O sistema de análise de gás AwiFLEX Cool+, por exemplo, detecta a composição do biogás em termos de metano (0 – 100% vol.), dióxido de carbono (0 – 100% vol.), oxigênio (0 – 25% vol.), sulfeto de hidrogênio (0-20 ... 50.000 ppm) e hidrogênio (0 - 2.000 ppm ... 100% vol.)

Figura 4-6: Sistema de análise de gás wiFLEXCool + © 2014 Awite Bioenergie GmbH

4.3 Tecnologias para a redução de odores

Odores desagradáveis podem ocorrer em todas as áreas de uma planta de biogás. O desconforto é maior quando os componentes do sistema não são estanques e também no tratamento aberto de fertilizantes agrícolas e resíduos de fermentação. A operação inadequada pode aumentar a liberação de odores. Além deles, níveis de ruídos e riscos de explosão devem ser considerados no âmbito do controle ambiental de plantas.

4.3.1 Armazenamento e processamento de substratos e sistemas de alimentação

Armazenamento de substratos

Para manter uma baixa emissão de odores na área de armazenamento de substratos, podem ser tomadas medidas de planejamento, estruturais e organizacionais. No planejamento deve se considerar a direção principal do vento e instalação de acessórios que impeçam a propagação de odores. Coberturas ou enclausuramento são consideradas medidas estruturais para reduzir a poluição olfativa. Na organização operacional deve-se considerar também alternativas para a redução da liberação de odores, como por exemplo a limpeza regular das áreas de recebimento e alimentação de substratos. No que diz respeito a gestão de substratos, existem iniciativas eficientes que mantém o mau odor em um nível mínimo. Áreas para armazenamento intermediário de resíduos têm uma contribuição significativa para a propagação de odores e devem ser limpas regularmente.

Para impedir o vazamento de efluentes, as áreas de armazenamento precisam ter inclinações adequadas, juntas estanques e resistentes a ácidos e recipientes de coleta, os quais devem ser esvaziados continuamente. Além de efluentes, a entrada de águas pluviais em áreas de armazenamento e circulação deve ser levada em conta.

Etapas abertas de hidrólise, tanques de carga e recipientes de mistura

O gás resultante da etapa de hidrólise contém além de dióxido de carbono (CO_2), quantidades relevantes de hidrogênio (H_2), metano (CH_4) e também traços de amônia (NH_3), sulfeto de hidrogênio (H_2S) e ácidos graxos voláteis. A emissão de metano deve ser criticamente avaliada especialmente em relação à questões de mudanças climáticas. Maus odores podem ser causados por várias substâncias orgânicas, especialmente ácidos graxos, mas também pelos gases traço H_2S e NH_3 já mencionados [Effenberger].

Etapas de hidrólise, bem como recipientes de armazenamento de substratos e resíduos de digestão devem ser operados sempre de forma estanque, visando minimizar as emissões e aumentar a segurança da planta. O gás resultante da hidrólise deve, idealmente, ser introduzido no sistema de condução de gás da instalação de biogás. Isto pode ser feito tanto por introdução direta na armazenagem de biogás ou por injeção do gás na mistura de digestão. A alimentação direta do gás de hidrólise no fluxo de ar de aspiração do CHP deve ser evitada, pois pode causar danos ao motor. A evacuação do gás através de um biofiltro também não é recomendada. O metano geralmente não é degradado em biofiltros, a segurança operacional não é garantida e energia útil é desperdiçada. Os reservatórios deveriam ser concebidos pelo menos de forma que reduzam odores, caso uma concepção à prova de gases não seja possível (figura 4-7).

Figura 4-7: Armazenamento de substrato com cobertura que reduz as emissões © DBFZ

Até que ponto uma variação de condições (tempo de residência na etapa de hidrólise, a entrada de ar ou o tamponamento por recirculados ou estrume) afeta as emissões, atualmente não pode ser calculado. A uniformidade na produção de biogás pode ser alcançada pelo controle de temperatura e valor de pH do material de entrada e pela alimentação uniforme com substrato misturado sem bolhas de ar. Um valor considerável das emissões de metano ocorre em tanques de mistura para alimentação, em que o estrume líquido ou recirculado é misturado com sólidos e homogeneizado. [Liebetrau]

Alimentação com sólidos

Para a alimentação de substratos com forte odor (por exemplo esterco de galinha) adaptam-se sistemas de cobertura, que podem ser abertos durante a alimentação. Recipientes para substratos e sistemas de transporte devem ser concebidos de forma fechada. Uma área selada, de fácil limpeza e acesso com abastecimento de água por perto permite a limpeza de cantos de difícil acesso.

Tipicamente, os sólidos são introduzidos por meio de transportadoras helicoidais de alimentação que operam em um tubo imerso no líquido de digestão (figura 4-8). Caso este líquido esteja em níveis muito baixos, pode ocorrer escape do biogás através do sistema de entrada. Portanto, a verificação periódica do nível de líquido no digestor é imprescindível. Para a mistura de sólidos, um tanque de mistura ligado ao sistema de gás pode ser utilizado. Alternativamente, muitas vezes utiliza-se bombas tipo funil, que asseguram a introdução da fração sólida no fluxo de líquido, e consequentemente no digestor.

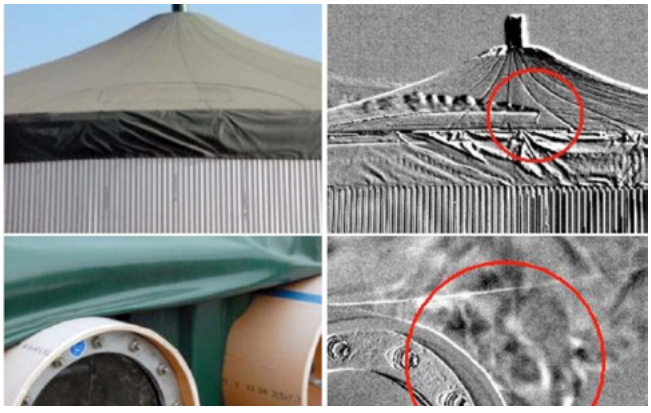


Figura 4-8: Alimentação de sólidos com bomba de alimentação. Os sólidos são alimentados a partir de um recipiente de armazenamento com um rosca sem fim a partir da parte de trás do tanque de aço inoxidável, onde são misturados com o substrato líquido (estrume líquido ou resíduo de fermentação recirculado) © DBFZ

Figura 4-9: Recipiente com rosca transportadora íngreme e rosca de pressão © DBFZ

Digestor e reservatório de biogás

Tanto recipientes de digestão e pós-digestão quanto gasômetros associados ou externos devem ser concebidos estanques ao gás por razões de processo e segurança e para evitar mau cheiro. Emissões relevantes podem ser desprendidas em caso de falhas de construção ou fabricação, danos relacionados com o envelhecimento, falhas de operação ou manutenção e controle inadequado.

4.3.2 Operação de fermentação contínua

Emissões se tornam problemáticas se a liberação de gás for temporariamente maior do que o consumo contínuo de gás da principal instalação de utilização desse gás (principalmente CHP ou processamento de biometano). Como razões para a produção flutuante de gás podem ser apontadas a alimentação irregular e operação do misturador em intervalos inadequados.

A produção de gás constante é atingida através de intervalos curtos de alimentação, ou seja, quanto mais continua for a alimentação de substratos, mais constante será a produção de gás.

Quanto ao armazenamento do gás não pressurizado deve ser considerada a expansão do gás por meio de aquecimento pela luz solar. Por isso, deve ser reservado um volume suficiente de armazenamento de gás.

A liberação de biogás através dos dispositivos de alívio de pressão significa emissão de odores, emissão de gases de efeito estufa, perda de energia e por último mas não menos importante, um risco de segurança (segurança de trabalho, explosão e risco de incêndio, figura 4-10).

Figura 4-10: (da esquerda para direita): dispositivo mecânico de sobre- e subpressão, dispositivo de subpressão no fermentador e em grande plano © DBFZ

As emissões devido a vazamentos resultam de operação incorreta, controle ou manutenção inadequados. Medidas de redução de emissões são principalmente baseadas em inspeções regulares. Áreas com elevado potencial de vazamentos, tal como passantes de cabos, flanges, visores ou passagens entre coberturas de membrana, podem ser investigados por meio de sensores simples de metano, à prova de explosão (figura 4-11).

Figura 4-11: Aparalho móvel de medição de gás (acima a esquerda), Conexão da membrana (acima a direita), Flange (embaixo a esquerda) e visor (embaixo a direita) © DBFZ

A dificuldade de averiguação consiste geralmente no alcance dos pontos de inspeção. A acessibilidade sem risco de lesões para o pessoal de operação precisa ser assegurada através de planejamento e construção. Isso vale também para medidas de manutenção. Assim, passagens de cabos devem ser à prova de gás, a menos que sejam tratadas regularmente com graxa lubrificante. Se não puderem ser construídas plataformas fixas em números suficientes por razões de custo, plataformas móveis podem ser usadas, para garantir bom controle e manutenção em conjunto com a segurança de trabalho adequada. (figura 4-12).

Figura 4-12: Plataforma móvel para serviços simples de manutenção e controle. Antes de cada subida em um novo local, as rodas devem estar bloqueadas por motivos de segurança © DBFZ

Um método eficaz de detecção são câmeras de infravermelho para a detecção de gás, pois elas permitem a visualização dos vazamentos (figura 4-13). No entanto, uma vez que os custos financeiros para aplicação desta técnica são elevados, a investigação é geralmente feita por empresas especializadas. Um estudo para a detecção de fugas de gás, determinado pelo ministério de meio ambiente do estado alemão da Saxônia, utilizando como método de medição este método de imagens, mostra a eficácia desta tecnologia. 8 em cada 10 plantas examinadas apresentaram vazamentos e um total de 22 fugas foram identificadas (Schreier). Na aplicação prática, recomenda-se a inspeção periódica (em intervalos de 2 anos) da planta com métodos de medição de imagens e controles regulares locais muito propensos a vazamentos com sensores convencionais no ciclo semanal e mensal. Pontos fracos típicos, como passagens de cabos e passagens de eixos, podem ser operados com baixas emissões através da lubrificação regular, independente das medições de controle.

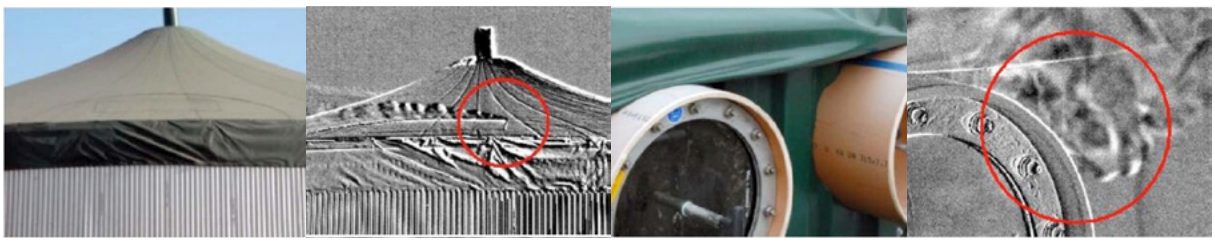


Figura 4-13: Detecção de fugas de metano em fermentadores usando imagens técnicas de medição por infravermelho. A fuga de gás é exibida na tela da câmera de gás como nuvem de fumaça escura. Os vazamentos podem ser acompanhados em tempo real e arquivados como filme ou imagem digital. © Systemtechnik Weser-Ems

4.3.3 Operação de DIGESTão em batelada

Comparada com a fermentação contínua (mistura completa), a operação em batelada geralmente provoca maiores níveis de emissões. Isto é devido à operação descontínua de plantas de biogás. Em operações em batelada, o fermentador deve ser aerado antes de aberto, visando a proteção contra explosões. O teor de metano é ajustado para no máximo 20% LIE (cerca de 0,9 % vol). Após a introdução de um novo lote de substrato inicialmente forma-se uma grande quantidade de gás pobre em metano, que deve ser capturada no sistema de gás para reduzir emissões. Outra fonte de emissões é causada pela acumulação de gás em algumas áreas do armazenamento de substrato. Durante a movimentação deste, não é possível controlar as emissões.

Armazenamento de gás
Membranas para a armazenamento de gás tem uma baixa permeabilidade de gás. Associações profissionais agrícolas na Alemanha exigem que a permeabilidade das membranas seja menor que 1.000 $cm^3/(m^2*d*bar)$. Dependendo do tipo de membrana, da temperatura do gás, da pressão diferencial para a atmosfera exterior e da espessura e do alongamento da membrana, os valores na prática ficam entre 250 e 2000 $cm^3/(m^2*d*bar)$ [Büeler] [Johann]. Isto resulta aproximadamente em uma perda diária de 0,1 até 0,5% de metano em relação ao volume de armazenamento.

A operação inadequada da planta pode também causar problemas de armazenamento de gás. Se o volume do reservatório de gás não for suficiente para absorver o excedente de biogás produzido, são necessárias instalações secundárias de utilização de gás, como flares/ tochas ou caldeiras de gás. Estes devem entrar automaticamente em funcionamento, dependendo da pressão do reservatório ou da pressão operacional. Entre a pressão operacional da utilização primária e secundária do gás (normalmente CHP) deve ser estabelecida uma janela de pressão adequada. Além disso, um nível de pressão que fique abaixo da pressão de resposta do dispositivo de sobpressão deve ser selecionado. Devido aos limites estáticos, por vezes estreitos, e da queda de pressão necessária para plantas com vários tanques conectados, isso requer um planejamento cuidadoso. Através da gestão de gás, o nível do reservatório de gás pode ser mantido dentro dos limites normais e a purga descontrolada pode ser evitada.

4.3.4 Armazenamento de resíduos de digestão

Resíduos de digestão em operação contínua
Odores e outras emissões se espalham principalmente através de reservatórios abertos ou não estanques de resíduos de digestão (digestato). Portanto, a medida de redução de odores mais eficaz é a instalação de cobertura à prova de gás no reservatório de resíduos de digestão. Durante a construção de novas plantas, esta exigência pode ser satisfeita com facilidade. As grandes vantagens do armazenamento estanque são o volume adicional de armazenamento de gás, o que é conseguido através de membranas flexíveis (membrana dupla ou individual, dependendo do tamanho do reservatório), a recuperação do gás formado neste período e a prevenção da perda de nitrogénio (NH_3) do fertilizante.

Porém, a cobertura em toda a área de extensão da planta apresenta problemas. Alguns tanques mais antigos para armazenamento de estrume líquido ou restos de digestão são estruturalmente inadequados para receber uma cobertura, ou ficam muito distantes para a integração na linha de gás. No entanto, deve-se notar que plantas de estrume, pelo aspecto de proteção do clima, não requerem necessariamente a cobertura do reservatório de resíduos de digestão à prova de gás, uma vez que a digestão do estrume líquido tem a função de redução de emissões em comparação com armazenamento convencional de estrume líquido. Caso haja grandes dificuldades técnicas, a cobertura à prova de gás do reservatório de resíduos de digestão em plantas de digestão de estrume líquido pode ser dispensada, seguindo as diretrizes alemãs. Se a cobertura à prova de gás não for possível ou demandar custos e esforços desproporcionais, portanto, pode se utilizar outra alternativa como por exemplo, uma digestão otimizada aumentando o tempo de permanência. Alternativamente, processos de desintegração dos substratos e temperaturas de digestão mais elevadas podem contribuir para a degradação completa do substrato.

Figura 4-14: Reservatório de resíduos de digestão com cobertura estanque (telhado inflável) com função de armazenamento de gás ©DBFZ

Em climas frios e úmidos, a aplicação do fertilizante deve ser feita o mais perto do solo possível. Devido ao clima quente no Brasil, o risco de emissões de amoníaco, (que implica em perdas de nitrogênio, emissões de odores, emissões indiretas de gases de efeito estufa, etc.) é muito alto. Dispositivos para a incorporação direta, especialmente espalhadores de estrume líquido, já puderam ser vistos em Porto Alegre em uma feira agrícola em 2013, e estão, portanto, disponíveis no mercado brasileiro. Ainda não foi investigado se a irrigação em combinação com grandes quantidades de água para reduzir as emissões de amoníaco em aplicação à tarde ou à noite nas horas sem muito vento nas condições brasileiras trariam bons resultados.

Armazenamento de resíduos na operação de fermentação em batelada

Na movimentação do substrato entre a área de armazenamento e o equipamento de digestão pode ocorrer emissões de gases residuais. Uma possível medida do tratamento de resíduos de digestão é a aeração do substrato digerido para a redução da formação contínua de metano. Na pós-compostagem deve se levar em consideração que durante a movimentação dos resíduos de digestão podem ocorrer perdas de NH_3 e concentrações elevadas de óxido ni-

troso. A observação de boas práticas é importante para a pós-compostagem. No ponto de vista da proteção climática, a melhor opção por enquanto é a aplicação direta, mais rápida possível e adequada dos resíduos de digestão.

Processamento de resíduos de digestão

Para o processamento de resíduos de digestão existem duas possibilidades: separação e secagem. A separação e a aplicação separada desses sólidos e líquidos pode reduzir as emissões de NH_3 significativamente. Os sólidos separados devem ser armazenados por pouco tempo.

O processamento dos resíduos sob a forma de secagem é mais crítico. Processos da secagem produzem emissões muito altas de poeira, odores e NH_3 e devem ser executados em ambientes estanques, com purificação adequada dos gases de exaustão. Purificadores ácidos frequentemente usados para reduzir os níveis de amônia podem ser complementados com filtros de poeira e biofiltros para um sistema de três fases de purificação de ar.

Utilização de gás

A utilização do biogás produzido é normalmente efetuada através de um cogerador (CHP). Na ocorrência de excedentes de gás, tochas de emergência (flares) são usadas (figura 4-15). Na utilização do gás produzido, emissões de gases nocivos podem ocorrer, como óxidos nitrosos, óxidos de enxofre, monóxido de carbono e formaldeído e estão sujeitos a uma avaliação crítica. As emissões de gases admissíveis da CHP são definidas em instruções técnicas. A fim de manter os níveis de emissão mínimos, ajustes adequados do motor e a manutenção periódica devem ser realizados. Além disso, a operação da CHP em carga abaixo de 80% da carga total deve ser evitada, pois neste caso as emissões de metano e formaldeído podem aumentar drasticamente. Emissões de metano, que não estão sujeitas a um valor pré-definido, podem, em princípio, apenas ser evitadas pelo pós-tratamento dos gases de exaustão por oxidação térmica. Para reduzir emissões de formaldeído, catalisadores de oxidação estão disponíveis.

A seguir, são apresentadas algumas empresas que se destacam no fornecimento de determinadas tecnologias. O tópico 5 traz uma lista expandida, com mais de 700 fornecedores, agrupados de acordo com seus ramos de atividades, num formato de tabela Excel.

Figura 4-15: Tocha de emergência (flare) para a utilização de biogás © DBFZ

4.3.5 Perfil de empresas e produtos

NETZSCH PUMPEN & SYSTEME GMBH

Figura 4-16: Logotipo da Netzsch Pumpen & Systeme GmbH

Como fabricante de bombas excêntricas de rosca sem fim, bombas de lóbulos e trituradores, a NETZSCH oferece soluções para a alimentação de substratos mal-cheirosos.

Os sólidos são introduzidos no fermentador por meio de parafusos de alimentação e bombas, e, se necessário, com trituração. Para isto, os seguintes produtos são oferecidos pela NETZSCH :

- NEMO® Bombas sem fim excêntricas
- NEMO® B.Max® Bombas misturadoras
- NETZSCH M.Ovas Triturador de disco perfurado
- NETZSCH Triturador de eixo duplo

A bomba excêntrica com roca sem fim NEMO® permite alimentação contínua, de pressão estável, suave e de baixa pulsação e dosagem proporcional à velocidade para praticamente todos os produtos. É possível de trabalhar com meios contendo sólidos (tamanho máximo de grãos de até 150 mm.) , de baixa até altíssima viscosidade (1 mPas até 3 milhões mPas), tixotrópicos e diláteis, sensíveis ao cisalhamento, abrasivos, não-lubrificantes e lubrificantes, agressivos (pH 0 até 14), adesivos e tóxicos.

Com vazões de poucos ml/h até 500 m^3/h e pressões de 6 até 48 bar (padrão) ou até 240 bar (pressão alta), as bombas excêntricas de rosca sem fim NEMO® oferecem ampla gama de cargas e pressões. Para a otimização da tarefa de bombeamento, quatro geometrias de rotores / estatores diferentes estão disponíveis.

A NETZSCH já atua no mercado brasileiro através da filial NETZSCH do Brasil Ltda. O interesse é estar presente no Brasil como fornecedor de todos os produtos mencionados para construtores de plantas de biogás e usuários finais (fornecedores de energia e agricultores).

HUGO VOGELSANG MASCHINENBAU GMBH

Figura 4-17: Logotipo da Hugo Vogelsang Maschinenbau GmbH

A Vogelsang desenvolve e fabrica sistemas e equipamentos para bombeamento, trituramento e distribuição no setor agrícola e de biogás, bem como para a indústria e municípios. Um exemplo é, desenvolvida pela Vogelsang, a bomba de lóbulo rotativo revestida de elastômero, distribuidores exatos, hastes de comando para mangueiras de até 36 m de largura de trabalho ou sistemas StripTillage para a preparação do solo em estrias ou tecnologia de eliminação a vácuo para a indústria ferroviária.

Como parceiro experiente para o setor de biogás, a Vogelsang oferece tecnologia especialmente adaptada de bombeamento, trituração, alimentação de digestores, e desintegração da linha de digestão da unidade de biogás. Com as bombas de lóbulos Vogelsang e os trituradores húmidos RotaCut®, as biosuspensões orgânicas podem ser bombeadas e preparadas de forma eficiente, introduzidas e digeridas com o EnergyJet® ou dosador de sólidos QuickMix, respectivamente desintegradas com a desintegração eletrocinética BioCrack®. Assim os rendimentos de gás podem ser otimizados e custos podem ser reduzidos.

Há interesse em oferecer agregados de trituração, desintegração e bombeamento na área de biogás no mercado brasileiro como fornecedor.

BIOGASKONTOR KÖBERLE GMBH

Figura 4-18: Logotipo da firma Biogaskontor Köberle GmbH

O Biogaskontor Köberle GmbH desenvolve e fabrica componentes para plantas de biogás, como visores e vigias, luzes para visores, espelhos, capas de proteção solar, válvulas de subpressão / sobrepressão com acessórios, estações de dosagem de ar para dessulfurização, unidades de medição para amostragem de digestores, medição de temperatura e nível e placas de aviso.

As 16.000 vigias instaladas, 1500 válvulas de subpressão / sobrepressão e 1000 estações de dosagem de ar demonstram a vasta experiência do Biogaskontor Köberle, que também mostra grande interesse no mercado brasileiro. O Biogaskontor Köberle GmbH pode atuar no Brasil como fornecedor, mas também em licenciamento e consultoria.

Agregados concretos para minimização de odores e emissões são as vigias RD300 e RD400 como também as válvulas de sub- e sobrepressão ÜU--TT, ÜU-GD

4.4. Serviços, consultorias, substâncias auxiliares de processo e outros

Os serviços apresentados são principalmente análises laboratoriais de alta importância, complementados por consultorias da otimização da biologia e técnicas de processo. Através desses serviços, a segurança operacional das plantas de biogás pode ser aumentada significativamente. Como exemplo relevante de substâncias auxiliares de processo compreende estão os lubrificantes, que são necessários para planta de biogás no campo da engenharia mecânica, para lubrificação e estanqueidade de gases. Assim, eles aumentam a recuperação da energia disponível no digestor e reduzem os riscos biológicos por aflatoxinas. Além disso, os oligoelementos são utilizados com sucesso em sistemas de biogás que operam com monosubstratos. Numa composição de substrato equilibrado, particularmente em níveis elevados de esterco ou estrume líquido não se pode determinar, contudo, nenhum benefício de tal suplementação. O uso de enzimas depende muito das condições do substrato e a maioria dos produtos enzimáticos é utilizada em substratos ricos em ligno-celulose.

A seguir, são apresentadas algumas empresas que se destacam no fornecimento de determinadas tecnologias. O tópico 5 traz uma lista expandida, com mais de 700 fornecedores, agrupados de acordo com seus ramos de atividades, num formato de tabela Excel.

4.4.1 Perfil de empresas e produtos

BIOPRACT GMBH

Figura 4-19: Logotipo da Biopract GmbH

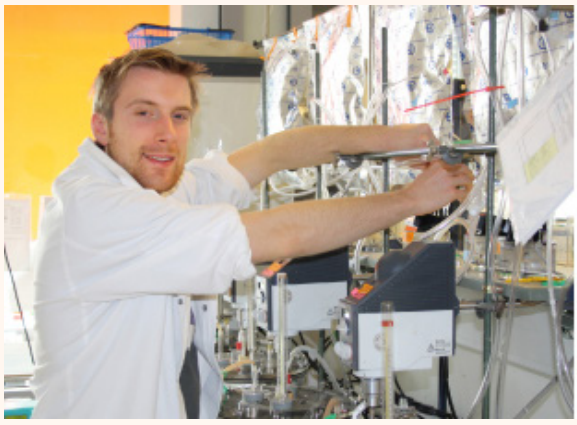
A Biopract GmbH desenvolve métodos para a produção de biogás, presta serviços técnicos para as plantas de biogás, analisa enzimas alimentares e realiza pesquisas sobre novas substâncias ativas para a alimentação de ruminantes. Os objetivos são otimizar a utilização de alimentos para animais e a estabilização dos processos de digestão e degradação.

Hoje, a Biopract GmbH é especializada em pesquisa de aplicação na área da alimentação animal e produção de bioenergia com base na biomassa de planta e microbiana e trabalha em conjunto com empresas líderes no setor, como o DSM.

Aditivos a base de enzimas, microrganismos e oligoelementos para a otimização e estabilização dos processos produtivos agrícolas são desenvolvidos pela Biopract, testados na prática e distribuídos por empresas parceiras em todo o mundo.

Ao mesmo tempo, os cientistas da Biopract trabalham em projetos de pesquisa inovadores, por exemplo, no campo da proteção de plantas, bem como em métodos analíticos para detecção de substância ativas.

Figura 4-20: Laboratório de aplicação da empresa Biopract GmbH (à esquerda) e a planta de 530kW em Nidderau/Hessem, Alemanha (à direita)



A Biopract GmbH tem interesse trabalhar em conjunto com instituições de pesquisa brasileiras e como fornecedor para distribuidores do setor agrícola, incluindo a produção de bioenergia.

4.5 Referências bibliográficas

[Awite] AWITE Bioenergie GmbH: AwiFLEXCool+, Internetveröffentlichung: www.awite.de/AwiFLEXCool+, Stand: 31.07.2014

[Büeler] Büeler, E. 2011: CH4-Emissionen bei EPDM-Gasspeichern und deren wirtschaftlichen und ökologischen Folgen. Schlussbericht. Hrsg.: BFE – Bundesamt für Energie. Bern, Schweiz. [Online] Zugriff am: 13.09.2012 http://www.bfe.admin.ch/php/includes/ container/enet/flex_enet_anzeige.php?lang=de&publication=10578&height=400&width=60

[Effenberger] Effenberger, M., Kissel, R., Marin-Pérez, C., Beck, J., Friedrich, F. 2010: Empfehlungen zu Verfahren der Hydrolyse in der Praxis. Hrsg.: Biogas Forum Bayern.

[Online] Zugriff am, 08.11.2012, http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Empfehlungen _zu_Verfahren_der _Hydrolyse_in_der_Praxis.pdf

[Johann] Johann, J., Konrad, A. 2010: Biogasspeichermembranen: Wie gasdurchlässig sind Foliendächer? Hrsg.: DLG e. V. Testzentrum Technik und Betriebsmittel. [Online] Zugriff am: 13.09.2012 http://www.dlg.org/aktuell_landwirtschaft.html?detail/dlg.org/1/1/ 3076

[Köberle] BIOGASKONTOR Köberle GmbH, Internetveröffentlichung: www.biogaskontor.de, Stand 31.07.2014

[NETZSCH] NETZSCH Pumpen & Systeme GmbH: NEMO® Exzenterschneckenpumpen - vielfältig wie Ihre Medien, Internetveröffentlichung: www.netzsch-pumpen.de/de/produkte-loesungen/nemo-exzenterschneckenpumpe.html, Stand: 31.07.2014

[Liebetrau] Liebetrau, J., Daniel-Gromke, J. Oehmichen, K., Weiland, P., Friehe, J., Clemens, J., Haferman, C. 2011: Emissionsanalyse und Quantifizierung von Stoffflüssen durch Biogasanlagen im Hinblick auf die ökologische Bewertung der landwirtschaftlichen Biogasgewinnung und Inventarisierung der deutschen Landwirtschaft. Endbericht. Hrsg.: FNR. Gülzow.

[ORmatiC] ORmatiC GmbH: biOmatic Bedienkonzept, Internetveröffentlichung: www.ormatic.de/de/automation/biomatic/bedienkonzept-biomatic.html, Stand 31.07.2014

[Schreier] Schreier, W. 2011: Untersuchung ausgewählter Biogasanlagen hinsichtlich Gasleckagen an den Fermentern, Nachgärern, abgedeckten Gärrestlagern und Rohrleitungen. Hrsg.: Sächsisches Landesministerium für Umwelt und Landwirtschaft. Dresden.

[Springer] Springer J., GICON-Verfahren: Trocken-Nassfermentation, Vortrag im Rahmen der International Biomass Conference, IBC Leipzig, 5.-7. Juni 2013

[Van Lier] Van Lier, J.B.: High-rate anaerobic wastewater treatment: diversifying from end-of-the-pipe treatment to resource-oriented conversion techniques; Water Science & Technology, vol. 57 (2008), no. 8, p. 1137, (doi:10.2166/wst.2008.040)

[Vogelsang] Hugo Vogelsang Maschinenbau GmbH, Internetveröffentlichung: www.vogelsang.info, Stand: 31.07.2014

cooperação alemã
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Por meio da: giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Ministério das **Cidades**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7958-038-3
9 788579 580383