

BIOGÁS

**BIOMETANO COMO
COMBUSTÍVEL
VEICULAR**

BIOGÁS

**BIOMETANO COMO
COMBUSTÍVEL
VEICULAR**

Coletânea de publicações do PROBIOGÁS
Série Desenvolvimento do Mercado de Biogás

1ª Edição
Ministério das Cidades
Brasília, 2016

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.

Biometano como combustível veicular / Probiogás ; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH [GIZ] ; autor, Uwe Becher. - Brasília, DF : Ministério das Cidades, 2016.

101 p. : il. - [Desenvolvimento do mercado de biogás; 5]

ISBN: 978-85-7958-059-8

1. Biogás como combustível - Brasil. 2. Biogás como combustível - Europa. 3. Biometano como combustível - Brasil. 4. Biometano como combustível - Europa. 5. Biogás - aspectos ambientais. 6. Biogás - aspectos tecnológicos. 7. Energia - fontes alternativas. I. Ministério das Cidades. II. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH [GIZ]. III. Becher, Uwe. IV. Título. V. Série.

CDD 665.776

CDU 662.767.2



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, Tecnologia 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



Partners of **giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Ministério das Cidades



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

Autor

Uwe Becher

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.

BIOGAS

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

13	BIOMETANO COMO COMBUSTÍVEL – UMA OPÇÃO TAMBÉM PARA O BRASIL
----	---

17	1 EXPERIÊNCIAS DO USO DE BIOMETANO NA EUROPA
17	1.1 Pioneiros da produção de biogás e biometano na Europa

21	2 CONTRIBUIÇÃO PARA A PROTEÇÃO DO CLIMA
21	2.1 Substituição de combustíveis fósseis
22	2.2 Redução de emissões de GEE pela utilização de resíduos para produção de biometano

23	3 TECNOLOGIAS PARA PRODUÇÃO DE BIOMETANO
23	3.1 Preparação e processamento do substrato
24	3.2 Purificação do biogás
36	3.3 O armazenamento do gás
37	3.4 Tecnologias de abastecimento com biometano

38	4 APLICAÇÕES DE BIOMETANO COMO COMBUSTÍVEL
38	4.1 Tipos de motores para biometano
41	4.2 Aplicação em tratores
43	4.3 Aplicações em veículos leves
44	4.4 Aplicações em ônibus e transporte público urbano
47	4.5 Aplicações em veículos pesados

49	5 OPÇÕES PARA FORNECIMENTO E TRANSPORTE DE BIOMETANO
49	5.1 1ª opção: Postos de abastecimento nas usinas de biogás e gás de aterro
59	5.2 2ª opção: Alimentação e armazenamento na rede de gás natural
63	5.3 3ª opção: Envasamento em cilindros de gás e transporte em caminhões

64	6 INCENTIVO E REGULAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE BIOMETANO COMO COMBUSTÍVEL
----	---

65	6.1 Programas de financiamento e incentivo da infraestrutura para a utilização de combustíveis alternativos
66	6.2 Normas de injeção na rede de gás natural
67	6.3 Subsídio para a utilização de biocombustível na Alemanha
68	6.4 Isenções fiscais

70 **7 CONDIÇÕES REGULATÓRIAS E DESAFIOS NA UTILIZAÇÃO DE BIOMETANO NO SETOR DE TRANSPORTE PÚBLICO**

70	7.1 Normas para a injeção de biometano na rede e utilização como combustível
72	7.2 Desafios da injeção de biometano na rede de gás natural

LISTA DE FIGURAS

13	1: Ao purificar o biogás as principais etapas são a separação de gases e a secagem
15	2: Quantidade de veículos movidos a gás natural por região (1991-2011)
15	3: Desenvolvimento do consumo de gás na América do Sul entre 1965-2015 (previsão) ⁷ , à esquerda e consumo de gás natural no Brasil (1980-2012), à direita
19	4: Número de veículos movidos a gás natural (GNV) na Suécia (de 1995 a 2012)
20	5: Postos de abastecimento de gás natural na Áustria (julho de 2013: 175)
21	6: Comparação de balanços de GEE de biocombustíveis convencionais e futuros e combustíveis fósseis, elaborados nas diferentes análises dos últimos anos (apresentação: DBFZ 2011)
24	7: Processos de digestão anaeróbia
26	8: Instalação de dessulfurização de escoamento disperso (no detalhe vista interna)
32	9: Princípio da separação de substâncias por permeação
38	10: Comparação dos volumes de metano [não] comprimido e combustível diesel (os cubos representam os diferentes potenciais energéticos)
42	11: Trator AGCO Valtra
42	12: Modelos de tratores Steyr
46	13: O Ford Transit Connect (gás natural comprimido) percebe uma crescente demanda por frotas de todos os tipos, inclusive táxis e vans de serviço.

47	14: O Carrefour testa seus primeiros caminhões operando com biometano produzido a partir de resíduos de suas lojas
47	15: Caminhão operado com biometano da frota da Coca-Cola AG
52	16: Estrutura esquemática do posto de biogás de pequeno porte em Lidköping (Suécia)
53	17: Posto de abastecimento de gás natural para veículos da empresa de coleta BSR
53	18: Economia circular da utilização de resíduos orgânicos da BSR e utilização de biometano como combustível da frota da BSR
54	19: Esquema que exibe a rede de gás em Västerås
59	20: Sistema de abastecimento de um veículo bicombustível operado com gás natural líquido da VW (Imagem VW Golf 6 Bi-Fuel)
61	21: Instalação de tratamento e alimentação de biogás Pucking
61	22: Estação de tratamento de gás em Tilburg
62	23: Parque energético Bruck no rio Leitha
62	24: Usina de biogás em Well
63	25: Transporte de gás natural comprimido em conjuntos de cilindros: GALILEO - [a esquerda], NEOGAS [meio], RAG [a direita]
63	26: Vista interna da instalação de tratamento de biogás (à esquerda), vista do posto de abastecimento de biometano
64	27: As medidas de apoio na Alemanha ao longo da cadeia de valores de biometano
69	28: As medidas de apoio na Suécia ao longo da cadeia de valores de biometano

LISTA DE TABELAS

17	1: Infraestrutura de biometano em países selecionados na Europa (gráfico e pesquisas próprias)
----	---

Glossário

<i>Gás liquefeito de petróleo (GLP)</i>	Combustível fóssil em estado gasoso a temperatura ambiente, composto majoritariamente por uma mistura de propano e butano
<i>Central de cogeração (CHP)</i>	Instalações modulares para a geração concomitante de energia elétrica e calor. As centrais podem ser conectadas diretamente à planta de biogás.
<i>Bioetanol</i>	Etanol produzido a partir de matérias-primas renováveis
<i>Biogás</i>	Mistura inflamável de gases produzida mediante a fermentação de biomassa, de resíduos orgânicos, de dejetos de animais e recursos naturais renováveis.
<i>Biomassa</i>	Segundo a Comissão Europeia: fração biodegradável de produtos, resíduos agrícolas de origem biológica (incluindo substâncias vegetais e animais), da silvicultura e de ramos relacionados, inclusive pesca e aquicultura, assim como a fração biodegradável de resíduos industriais e domésticos ¹
<i>Biometano/Biogás natural</i>	Denominação para metano de origem biogênica e parte integrante do biogás. Na purificação do biogás bruto mediante processos como a separação de CO ₂ e higienização é gerado o biometano. O biogás assim purificado pode ser injetado na rede de gás natural e oferece por sua vez a possibilidade de desvincular o local da geração de gás do local do uso e, por outro lado, de usar a rede de gás como um meio de armazenamento e transporte de grande porte. ²
<i>Tração híbrida</i>	Veículos que podem ser operados com dois combustíveis
<i>Compressed Biomethane (CBM)</i>	Biometano comprimido (BMC)
<i>Compressed Natural Gas (CNG)</i>	Gás natural comprimido (GNC)
<i>Plantas energéticas</i>	Plantas cultivadas para a produção de biocombustíveis.
<i>Gás natural</i>	Combustível fóssil que se encontra na natureza, normalmente em reservatórios profundos no subsolo, associado ou não ao petróleo. Assim como o petróleo, ele resulta da degradação da matéria orgânica, fósseis de animais e plantas pré-históricas, sendo retirado da terra através de perfurações.
<i>Lei das Energias Renováveis (EEG)</i>	Lei alemã sobre a prioridade das energias renováveis que regula a injeção de energia proveniente de fontes renováveis na rede elétrica. A remuneração da injeção deverá incentivar a ampliação da energia gerada a partir de fontes renováveis. Foi introduzida em abril de 2000 na Alemanha.

1: Diário Oficial da União Europeia, Diretiva 2009/28/EG do Parlamento Europeu e do Conselho Europeu, maio de 2009, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:DE:PDF>

2: <http://www.biogaspartner.de/biomethan.html>

<i>Fermentação</i>	Transformação de matérias orgânicas mediante ação de bactérias, fungos ou outras culturas celulares biológicas.
<i>Regulamento para acesso à rede de gás (GasNZV)</i>	Regulamento para a colocação em prática da lei da economia energética. Regulamenta a liberalização do mercado de gás alemão
<i>Cogeração</i>	Geração simultânea de energia elétrica e calor.
<i>Liquefied Biomethane (LBM)</i>	Biometano liquefeito, corresponde ao gás natural liquefeito (BML)
<i>Liquefied Natural Gas (LNG)</i>	Gás natural liquefeito (GNL)
<i>Tração monovalente</i>	Veículos movidos com um único combustível
<i>Natural Gas Vehicle (NGV)</i>	Veículos movidos a gás natural. Também podem ser operados com biometano sem a necessidade de adaptações técnicas. Um veículo a gás natural, portanto, também pode ser abastecido com biogás purificado (biometano).
<i>Siloxanos</i>	Siloxanos são compostos químicos usados em cosméticos, sabonetes e detergentes. Na indústria, os siloxanos (óleos de silicone) são usados como inibidores de espuma, mas também como vetores de frio na liofilização. Siloxanos de peso molecular elevado são denominados de silicones.
<i>Gases de efeito estufa (GEE)</i>	Gases responsáveis pelo aumento da temperatura média da terra. Entre os principais gases de efeito estufa podemos citar o dióxido de carbono (CO ₂), o metano (CH ₄), o óxido nitroso (N ₂ O) e compostos fluorados como cloro-fluorcarbonetos (CFC).
<i>Well-to-Wheel GHG</i>	Trata-se de um método de análise para a comparação de combustíveis no setor de tráfego. Toda a cadeia de efeitos da locomoção desde a geração, o processamento e a disponibilização do combustível até o seu uso é considerada (“da fonte até a roda”).
<i>Índice de Wobbe</i>	Parâmetro que indica a intercambiabilidade de combustíveis gasos.

Abreviações

BAFA	<i>Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle</i> (Departamento Federal de Economia e Controle de Exportação)
Biokraft-NachV	<i>Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung</i> (Estatuto de Sustentabilidade de Biocombustíveis)
BioST-NachV	<i>Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung</i> (Estatuto de Sustentabilidade da Energia de Biomassa)
BMUB	<i>Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit</i> (Ministério Alemão de Meio-Ambiente, Proteção da Natureza, Construção Civil e Segurança de Reatores)
DBFZ gGmbH	<i>Deutsches Biomasseforschungszentrum</i> (Centro Alemão de Pesquisa de Biomassa)
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i> (Instituto alemão para normatização)
DVGW	<i>Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.</i> (Associação Alemã de Gás e Água)
EEG	<i>Erneuerbare-Energien-Gesetz</i> (Lei das Energias Renováveis)
EEV Standard	<i>Enhanced Environmentally Friendly Vehicle</i> (Padrão para Veículos Ecológicos Avançados)
EEWärmeG	<i>Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz</i> (Lei de Calefação a partir de Energias Renováveis)
FNR e.V.	<i>Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.</i> (Agência de matérias-primas renováveis)
GasNEV	<i>Gasnetzentgeltverordnung</i> (Estatuto para a Remuneração da Injeção na Rede de Gás)
GasNZV	<i>Gasnetzzugangsverordnung</i> (Estatuto para o Acesso à Rede de Gás)
IEKP	<i>Integriertes Energie- und Klimaprogramm</i> (Programa Integrado de Energia e Clima)
KfW	<i>Kreditanstalt für Wiederaufbau</i> (Banco Alemão de Desenvolvimento)
NoVA	<i>Normverbrauchsabgabe</i> (Taxa padrão de consumo)
ÖAMTC	<i>Österreichischer Automobil-, Motorrad- und Touring Club</i> (Clube Austríaco de Automóveis, Motocicletas e Viagens)
m³	Normal metro cúbico
ppm	partes por milhão

Lista de elementos e compostos químicos

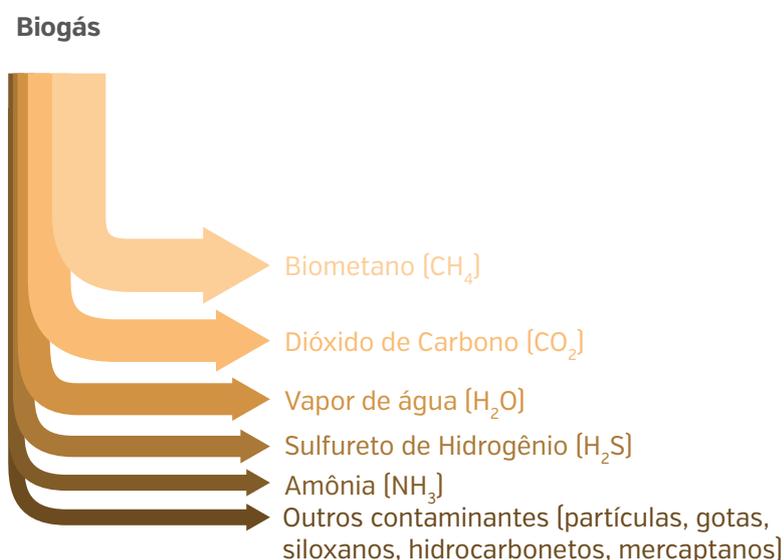
CH₄	Metano
CO₂	Dióxido de carbono
FeCl₂	Cloreto de ferro (II)
H₂O	Água
H₂S	Sulfeto de hidrogênio
FeCl₂	Cloreto de ferro
N₂	Nitrogênio
N₂O	Óxido nitroso
NH₃	Amoníaco
NO_x	Óxidos de nitrogênio
O₂	Oxigênio
S	Enxofre
SiO₂	Dióxido de silício

BIOMETANO COMO COMBUSTÍVEL – UMA OPÇÃO TAMBÉM PARA O BRASIL

O presente estudo descreve as experiências europeias no uso do biometano como combustível. São expostas tanto as soluções técnicas como as questões da segurança na operação, a rentabilidade, as condições normativas e a política de incentivos. O biometano (gás com qualidade equivalente a do gás natural) é proveniente do biogás purificado e pode ser utilizado como biometano puro ou misturado com gás natural. A figura a seguir exhibe um esquema simplificado dos processos necessários, que estão descritos mais detalhadamente no capítulo 3 deste estudo. A seguir discutimos o biometano como combustível no contexto do uso de gases de origem biológica.

Figura 1: Ao purificar o biogás as principais etapas são a separação de gases e a secagem³

Fonte: *echnische Universität Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften (2013), <http://bio.methan.at/en/upgrading>*



O setor de transportes é mundialmente o maior emissor de CO₂. Na Europa em 2009 aproximadamente 23% das emissões de CO₂ foram geradas pelo trânsito rodoviário, mundialmente o valor é de aproximadamente 22% – com tendência crescente. Isso provoca problemas ambientais que podem ser reduzidos com o uso de vetores energéticos alternativos como biogás, biodiesel e etanol. No capítulo 2 são descritas detalhadamente as influências positivas de biocombustíveis e seus altos potenciais para a redução dos gases de efeito estufa, especialmente de biometano como combustível no setor de transportes.

Apesar de saber do grande potencial de mitigação dos gases de efeito estufa, o uso de biometano como combustível na Europa ainda é incipiente e os processos e experiências de países europeus descritos no capítulo 1 são bastante diversificados, sendo que a Suécia e a Suíça são pioneiros. Na Suécia, por exemplo, as normas de qualidade para a injeção de biometano na rede entraram em vigor em 1999, normas estas que se aplicam também ao uso de biometano como combustível. Nesses termos, o teor de metano deverá perfazer no mínimo 96% e o teor de enxofre deverá ficar abaixo de 23 mg/m³. Quase 10% do biometano da Suécia é utilizado como combustível em mais de 5.000 veículos, dos quais a maioria são veículos leves, além de

200 caminhões e 550 ônibus. Estes veículos podem ser abastecidos em 130 postos públicos de biometano.

Na Suíça atualmente mais de 1.250 veículos são movidos a biometano / gás natural, que consomem a maior parte do biogás tratado disponível. Também na Alemanha, a opção do uso de biometano como combustível tornou-se mais interessante nos últimos tempos. Na Alemanha, o biogás é principalmente usado na geração de energia elétrica mas há também a opção de ser tratado para a obtenção de biometano e injetado na rede de gás natural. O biometano apresenta os mesmos parâmetros de combustão que o gás natural e pode, portanto, ser utilizado em veículos a gás natural, incentivando os postos de abastecimento de gás natural a adicionarem cada vez mais biometano ao gás. O percentual do biometano presente no gás está entre 5-50%. Hoje o biometano na Alemanha é fornecido em aproximadamente 35% dos mais de 900 postos de abastecimento de gás natural.

Para difundir o biometano como combustível, é necessário considerar a rentabilidade total da cadeia de valor agregado desde a geração do biogás passando pelo seu tratamento até a distribuição do biometano através de redes de gás e postos de abastecimento, conforme consta no capítulo 3. Há necessidade de uma venda mínima de biometano como combustível para garantir a rentabilidade. Os principais obstáculos econômicos na Europa atualmente estão na rede de distribuição do combustível e no preço. Outro fator relevante são os preços de aquisição dos substratos necessários para as plantas de biogás. O uso de resíduos gratuitos ou que ainda geram receitas, assim como uma composição heterogênea dos substratos de diferentes fornecedores é, muitas vezes, a solução mais econômica e consistente.

O capítulo 4 trata das aplicações móveis de biometano como combustível, que podem ser usadas sem problemas em veículos a gás natural, uma vez que existem no mercado diversos modelos e equipamentos tecnicamente disponíveis que correspondem ao estado da arte. Os veículos podem ser fornecidos com motores especiais para gás natural/biometano direto da fábrica ou podem ser adaptados posteriormente. Para o armazenamento do gás natural/ biometano os carros são equipados com tanques específicos e instalações de segurança. Os custos para essa adaptação na Europa remontam atualmente a € 1.500,00 - € 3.000,00. Uma vez que os veículos continuam equipados com um tanque de gasolina mesmo após a adaptação, estes podem ser paralelamente movidos a gasolina. Para poder disponibilizar o biometano em um posto de abastecimento podem ser consideradas diversas opções de acordo com as circunstâncias locais: a injeção na rede de gás natural, uma micro rede de biometano ou uma entrega direta ao posto de abastecimento por meio de cilindros. As possíveis opções e as vias de transporte deverão ser consideradas antes mesmo da seleção do local para a planta de biogás e o posto de abastecimento de biometano.

Especialmente para o Brasil, o uso como combustível parece ser uma boa opção para o biometano, considerando a grande frota de veículos movidos a gás natural. Dos aproximadamente 16,7 milhões de veículos a gás natural existentes no mundo inteiro em 2012, aproximadamente 1,74 milhões estão no maior país da América do Sul, isso corresponde a um percentual de 11,2%. Além disso, existem 1.633 postos de abastecimento no Brasil, principalmente em grandes cidades, que oferecem gás natural veicular (GNV)

1: <http://www.iangv.org/category/country/brazil/>

2: <http://www.iangv.org/current-ngv-stats/>

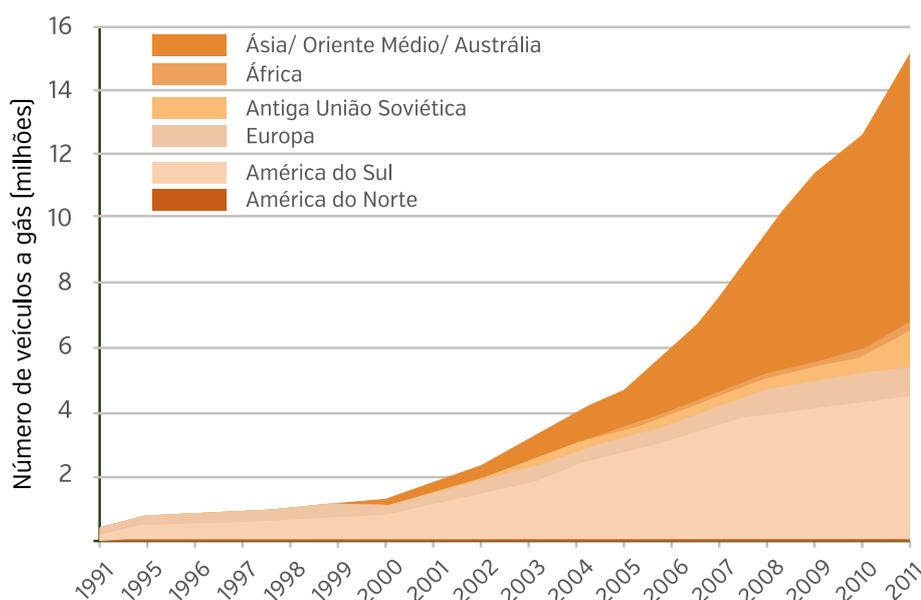
como combustível (situação: 2008)¹. Em geral, é possível observar na América Latina uma tendência de crescimento nesse ramo do setor automobilístico (veja a figura a seguir). O aumento médio do número de veículos a gás natural nessa região entre 2003-2012 foi de 14,5%. Em alguns países da América do Sul existe uma grande infiltração de veículos a gás natural no setor de transportes pesados (ônibus e caminhões)². No Brasil esse percentual é de apenas 5%.

Figura 2: Quantidade de veículos movidos a gás natural por região (1991-2011)

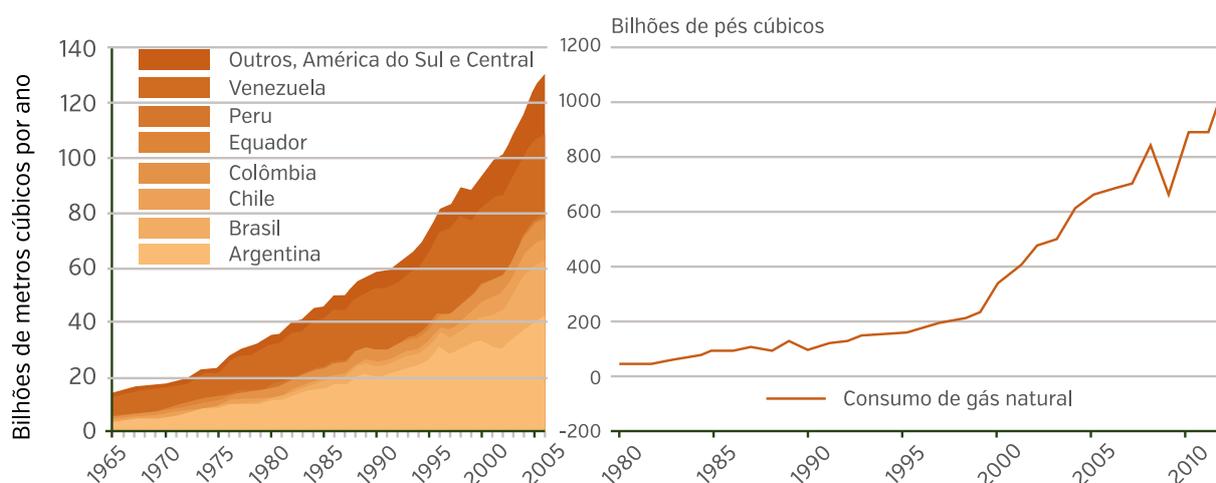
Fonte: NGV Global, Citi Research, <http://www.energyburrito.com/10-points-to-consider-in-the-great-ngv-debate/>

3: U.S. Energy Information Administration [2013], <http://www.eia.gov/countries/country-data.cfm?fips=BR#ng>

Figura 3: Desenvolvimento do consumo de gás na América do Sul entre 1965-2015 (previsão), à esquerda e consumo de gás natural no Brasil (1980-2012), à direita³



Os preços do gás natural crescem no Brasil há algum tempo, aliado à previsão de um crescimento futuro da demanda do vetor energético (veja a figura a seguir).



Fonte: EnergyInsights.net [2008], <http://www.energyinsights.net/cgi-script/csArticles/articles/000042/004215.htm>

Isso torna, por um lado, o uso e a aquisição de veículos a gás natural menos atraente, mas também incentiva a expansão das instalações de produção de biometano no Brasil. Portanto, o aumento dos preços de gás natural também pode ser considerado uma vantagem.

4: *Agroplan- Escritório de Planejamento Ambiental e Agrário (2006), Bioenergie und Biogasförderung nach dem neuen EEG und Auswirkungen auf Natur und Landschaft, página 19*

Mundialmente, o uso direto do biogás em usinas de cogeração de energia elétrica e térmica é a aplicação mais difundida. No entanto o tratamento do biogás para a obtenção do biometano, ou seja, um combustível análogo ao gás natural pode trazer muitas vantagens. Diferentemente da Alemanha, no Brasil não há norma de remuneração (incentivos diretos) para a injeção de energia elétrica proveniente de biogás. Na Alemanha, o incentivo monetário direto por muito tempo reduziu o interesse no uso de biometano como combustível⁴.

Outro aspecto positivo do uso de biometano como combustível é que as plantas de biogás e as instalações de tratamento de resíduos bem como os postos de abastecimento de biometano nas regiões rurais podem garantir um abastecimento de combustível descentralizado.

1

EXPERIÊNCIAS DO USO DE BIOMETANO NA EUROPA

Esse capítulo fornece uma visão geral do uso de biometano como combustível em alguns países europeus e suas experiências. Alemanha, Áustria, Suécia, Suíça e os Países Baixos são os países líderes na produção de biometano na Europa. A Itália ficou um pouco atrás na produção de biometano, mas, com mais de 900.000 veículos movidos a gás natural, ela apresenta um grande potencial, oferecendo assim uma excelente infraestrutura de postos de serviço.

TABELA 1: INFRAESTRUTURA DE BIOMETANO EM PAÍSES SELECIONADOS NA EUROPA (GRÁFICO E PESQUISAS PRÓPRIAS)

[Dados de 2013]	Alemanha	Áustria	Suíça	Suécia	Países Baixos	Itália
Plantas de biogás	7.900*	503**	600**	229**	130**	667**
Plantas de biometano	130	10**	17**	50**	13**	0**
Percentual do volume de biometano no consumo de gás natural	20%	nada consta	20%**	60%**	nada consta	nada consta
Veículos movidos a gás natural	96.300	8.000	11.000	44.000	2.750	940.000
Postos de abastecimento de gás natural/ biogás ⁵	917***	176***	136	140	126***	850**

*Previsão: 2014, ** Dados: 2012, *** Dados: 2014

5: <http://www.gas24.de/cms/38-0-erdgas-in-europa.html>

6: [http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/\\$file/13-11-11_BiogasBranchenzahlen_2013-2014.pdf](http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/$file/13-11-11_BiogasBranchenzahlen_2013-2014.pdf), página 2

1.1 Pioneiros da produção de biogás e biometano na Europa

7: http://www.biogaspartner.de/fileadmin/biogas/documents/Branchenbarometer/Branchenbarometer_Biomethan_2_2013.pdf

1.1.1 Alemanha

Com aproximadamente 8.000 plantas de biogás⁶, a Alemanha tem uma posição de destaque na produção de biogás na Europa, uma vez que a Lei das Energias Renováveis (EEG) é um excelente instrumento de incentivo. O tratamento de biogás, por sua vez, com mais de 150 instalações e uma capacidade de alimentação de mais de 100.000 Nm³/h de biometano⁷ ainda se encontra na fase inicial, todavia, com tendência crescente (no final de 2010 existiam somente 44 instalações de tratamento). As duas primeiras instalações de tratamento de biogás iniciaram suas operações no final de 2006.

Para o tratamento de biogás há diversos processos disponíveis: lavagem com água pressurizada, lavagem orgânica, tratamento de gás com aminas, adsorção com modulação de pressão (PSA), processo de membrana e processos criogênicos. A adsorção por modulação de pressão e a lavagem com água pressurizada já apresentam experiências de vários anos, especialmente na Suécia. Nos últimos anos na Alemanha, além das plantas que aplicam

8: FnBB, Fördergesellschaft für nachhaltige Biogas- und Bioenergienutzung e.V. (2011) [Sociedade de Incentivo para o Uso Sustentável de Biogás e Bioenergia], O projeto da UE "GasHighWay" e o uso de biogás como combustível http://fnbb.fachgruppebiogas.de/uploads/media/Artikel_EnergieWasserPraxis.pdf

9: FNR e.V. (2013), Biogás, página 16

10: <http://www.bmp-greengas.de/news-presse/bsr-tankt-bioabfall-mit-hilfe-von-bmp-greengas/>

11: NGVA europe, Markets & Statistics, NGV Success Stories, GERMANY, <http://www.ngvaeurope.eu/germany>

12: F.Bravin, GDF SUEZ, biogasmax (September 2010), Demonstration report on fuel stations including deployment strategies and regulatory requirements, http://www.biogasmax.co.uk/media/d4_3_biogasmax_gdf_v2f_230910_087662600_0948_26012011.pdf

esses dois processos, foram construídas cada vez mais instalações com lavagem orgânica e tratamento com aminas, e em meados de 2010 a primeira instalação comercial com tecnologia de membranas entrou em operação. Processos criogênicos atualmente ainda não são utilizados na Alemanha⁸.

Na Alemanha as experiências com a utilização de biometano como combustível ainda são relativamente poucas. O futuro desenvolvimento dessa opção de uso depende do desenvolvimento e da disseminação de veículos a gás natural. Na Alemanha a tecnologia necessária está disponível, no entanto, os potenciais para o uso desse combustível ainda não são aproveitados. Observando-se o mercado automobilístico alemão quase todos os fabricantes oferecem modelos a gás natural totalmente desenvolvidos com acionamento mono ou bivalente (gás e gasolina)⁹. Esse ramo representa um nicho de mercado em evidente crescimento, visto que em 2013 aproximadamente 96.000 veículos a gás natural rodavam nas rodovias alemãs.

Em 2013 o teor de biometano no gás para abastecimento era de aproximadamente 20%¹⁰. A adição do biometano ao gás natural provocou uma redução de mais de 3% das emissões de CO₂ de veículos movidos a gás em toda a Alemanha. Isso mostra que os operadores de postos de abastecimento de gás natural apoiam a conversão necessária para combustíveis renováveis e estão começando a diversificar os combustíveis para o setor de transportes¹¹.

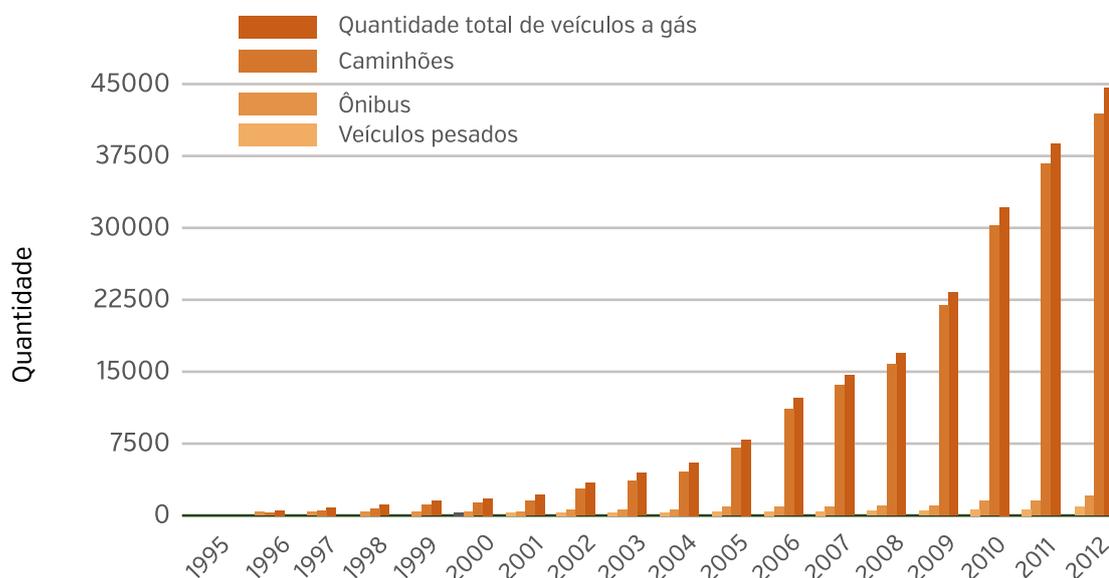
Apesar disso, o uso de biometano como combustível continua limitado devido à estrutura de incentivo na Alemanha. O biogás ou biometano transformado em energia elétrica nas usinas de cogeração é incentivado pela Lei de Energias Renováveis (EEG) com uma remuneração fixa por 20 anos, de forma que essa aplicação em geral é financeiramente mais atraente.

1.1.2 Suécia

Na Suécia, o biometano tem sido utilizado para o abastecimento de veículos desde início dos anos 90. Em mais de doze cidades as frotas de ônibus são inteiramente movidas por biometano. A implantação de frotas de ônibus a biometano foi incentivado com subsídio municipal e regional.¹²

Um aspecto único é o fato de que a Suécia, sem acesso a um sistema de oleodutos de gás natural (salvo um trecho de 300 km ao longo da costa sudoeste), conseguiu construir uma boa rede de abastecimento na parte sul do país, a qual agora está sendo ampliada para o norte. No final de 2011 havia mais de 130 postos de abastecimento públicos. Isso se tornou possível devido às instalações locais para a produção de biometano: na Suécia, há 30 usinas de beneficiamento em operação ou na fase de construção, tornando a Suécia um líder mundial nessa área. O ano de 2006 foi de grande avanço para o biometano na Suécia, uma vez que foi o primeiro ano no qual as vendas de biometano excederam as vendas de gás natural para veículos, representando 54% do faturamento total de metano para veículos. Em 2006, aproximadamente 24 milhões de Nm³ de biometano foram usados em veículos, que substituíram o equivalente de 25 milhões de litros de gasolina.

Figura 4: Número de veículos movidos a gás natural (GNV) na Suécia [de 1995 a 2012]¹³



13: M. Ahlm, *Biogas Syd* (May 2013), *Biometano no transporte- Experiência do uso de biometano em diferentes tipos de veículos*, http://www.teagasc.ie/publications/2013/1943/MartenAhlm_BiomethaneInVehicles.pdf

14: NGVA europe, *Markets & Statistics, NGV Success Stories, SWEDEN*, <http://www.ngvaeurope.eu/sweden>

15: H. Johansson, gerente de projeto da Agência de Energia do Sudeste da Suécia "Energy Agency for Southeast Sweden", *Biogaz Europe, biomethane session, março de 2013, 7_ Conference_Internationale_Hannele_Johansson_ESS*, <http://www.biogaz-europe.com/Default.aspx?aid=370>

Hoje, o biometano corresponde a mais de 60% do metano total utilizado nos veículos movidos a gás natural na Suécia. Uma solução encontrada para o problema da falta de gasodutos foi o transporte terrestre de gás natural/biometano. Isso se tornou possível com o uso de caminhões feixe para abastecer os postos com acesso próximo a usinas de biometano ou a rede de gás natural com biometano. A disponibilidade de gás liquefeito também incentivará o uso de postos de abastecimento de GNC-L, abastecendo tanto veículos movidos a GNV convencionais e caminhões de longa distância de 44 toneladas movidos a GNL.¹⁴

Portanto, os desafios da Suécia com relação ao uso de biometano podem ser resumidos da seguinte forma:

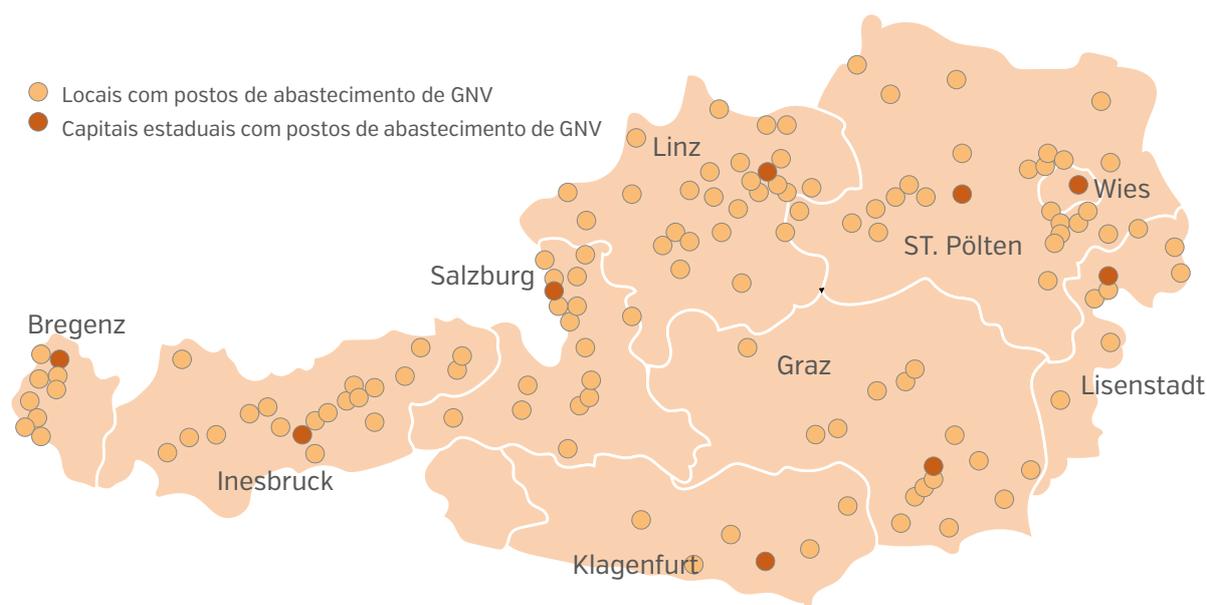
- >> Falta de gasodutos – a infraestrutura precisa ser construída.
- >> Postos de abastecimento representam um grande investimento para o município – há demanda de novos modelos de negócios.
- >> Contratos de longo prazo são necessários para investimentos em biometano – o transporte público é uma solução.
- >> Agricultores estão se tornando os futuros produtores de energia – há demanda de novos modelos de negócios.
- >> A instituição de normas de longo prazo do governo nacional é urgente.¹⁵

1.1.3 Áustria

Em 2012 havia aproximadamente 7.500 veículos movidos a gás e as vendas desses veículos aumentaram em aproximadamente 3,4% em comparação com 2011. Os veículos movidos a metano alcançaram 0,2% do mercado.

16: NGVA europe, Markets & Statistics, NGV Success Stories, AUSTRIA, <http://www.ngvaeurope.eu/austria>

Figura 5: Postos de abastecimento de gás natural na Áustria [julho de 2013: 175]



Fonte: Autorevue.at [2013], <http://www.autorevue.at/alternative-mobilitat/umfrage-wissensstand-um-erdgasfahrzeuge-in-oesterreich-gering.html/attachment/erdgas-tankstellen-in-osterreicha>

Considerando os veículos comerciais, em 2012 a Áustria contava com 242 novos caminhões movidos a gás natural e 21 ônibus de transporte público.

Atualmente o biometano puro está disponível em três dos cento e setenta e cinco postos de abastecimento de gás natural. Isso representa aproximadamente 3% do total de metano usado em veículos de gás natural na Áustria. Não existe fornecimento de gás natural liquefeito (GNL) no mercado austríaco¹⁶.

1.1.4 Itália

Na Itália, o biogás é utilizado especialmente para a geração de energia elétrica, entretanto o potencial para a utilização em veículos na Itália é bastante grande - o número de veículos a gás natural era de 785.000 até início de 2012, quantidade 16% maior do que em 2010. Além disso, em todo o país há 850 postos de abastecimento públicos, o que significa que a Itália tem a maior rede de infraestrutura de postos de gás natural da Europa. Mesmo assim, o biometano até o momento quase não vem sendo utilizado como combustível em veículos movidos a gás natural.

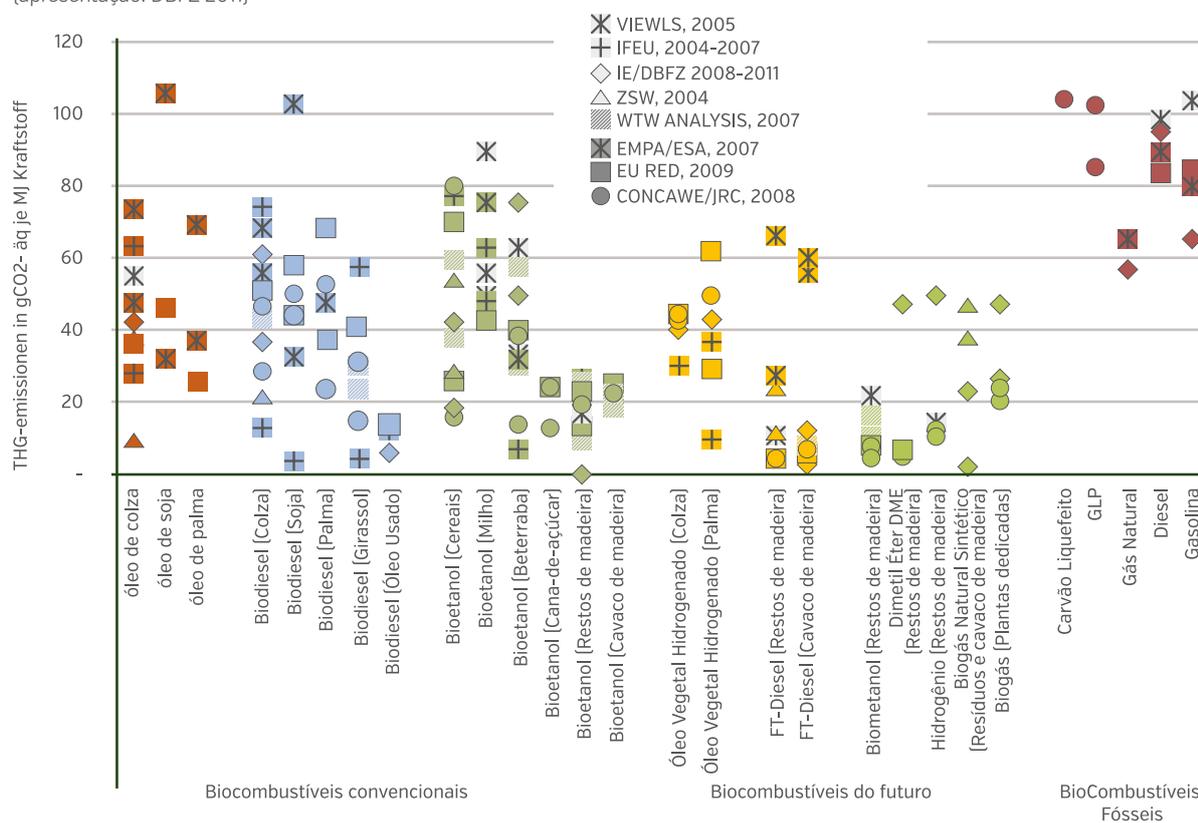
O potencial da produção de biometano na Itália é tão grande que este poderia substituir 12% a 20% do consumo de gás natural. Apesar desse grande potencial, ele não é utilizado em veículos devido as suas limitações burocráticas, bem como os complicados processos de aprovação a nível local e as barreiras financeiras como, por exemplo, os altos custos de conexão à rede.

2

CONTRIBUIÇÃO PARA A PROTEÇÃO DO CLIMA

2.1 Substituição de combustíveis fósseis

Figura 6: Comparação de balanços de GEE de biocombustíveis convencionais e futuros e combustíveis fósseis, elaborados nas diferentes análises dos últimos anos (apresentação: DBFZ 2011)



Fonte: DBFZ gGmbH (2013), *Wer profitiert von der THG-Quote? - Kosten und THG-Bilanz unterschiedlicher Biokraftstoffe im Vergleich*, http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Veranstaltungen/2013/Biokraftstoffquote_11.12/10_Majer_THG-Bilanz_und_Kosten.pdf, página 5

O aquecimento global provocado pela emissão de gases de efeito estufa (GEE) representa atualmente um dos grandes desafios do mundo. Um objetivo importante nesse contexto é a redução desses gases decorrentes do uso de combustíveis fósseis. Uma solução para esse problema pode ser o uso de combustíveis renováveis, como o biogás e biometano, que provocam a redução de emissões de GEE e da poluição do ar. Nesse sentido, o biometano gerado a partir de plantas energéticas libera baixas quantidades de gases de efeito estufa, medidos em equivalentes de g CO₂ por energia aplicada de um determinado combustível, como o bioetanol obtido de cana (veja figura 6). O biogás gerado a partir de resíduos apresenta um balanço ainda melhor.

Um dos maiores emissores de CO₂ do mundo é o setor de transportes. Com o uso de vetores energéticos alternativos como biometano, biodiesel e etanol, podem ser reduzidas muitas emissões de gases de efeito estufa nessa área. Em comparação com outros biocombustíveis, o biometano apresenta uma alta eficiência de superfície (rentabilidade energética por hectare de área cultivada) e pode ser produzido a partir de uma série de substratos como resíduos sólidos urbanos, resíduos industriais e agrícolas, bem como a partir de plantios cultivados para tal finalidade. O biometano tratado é uma das opções mais eficientes para uma mobilidade de baixos impactos climáticos, especialmente devido à alta rentabilidade energética por hectare de área cultivada.

No Brasil, especialmente os combustíveis líquidos que trazem etanol em sua composição foram bastante difundidos desde os anos 80. Esses combustíveis para ciclo Otto possuem diferentes percentuais de (bio-) etanol adicionados ao combustível fóssil. As misturas são calculadas conforme o teor de etanol na gasolina. O mais comum no Brasil é o E 100 (etanol puro) e o E 25 (- E 20) com um percentual de 25% (ou menos de) etanol e o restante de gasolina. Apesar dos baixos impactos ambientais na combustão dessa mistura de etanol com combustíveis fósseis, os potenciais de redução de gases de efeito estufa são menores do que emprego do biometano e sua mistura com gás natural. Comparado com o bioetanol, o biometano tem um maior potencial energético quando utilizado como combustível. Considerando a mesma área de cultivo, um veículo leve movido a biometano tem um alcance maior do que um veículo leve movido a bioetanol.

2.2 Redução de emissões de GEE pela utilização de resíduos para produção de biometano

17: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/emissionsquellen>

18: Nova edição da Lei de Energias Renováveis 2012

No processo de produção agrícola e agropecuária são também geradas emissões de GEE indesejadas com a operação de máquinas agrícolas ou no aquecimento de granjas. Por exemplo, o setor agrícola na Alemanha em 2011 respondeu por 7,7% desses gases de efeito estufa. A pecuária, e respectivamente o armazenamento de excrementos e estrume liberam metano, óxido nitroso e amoníaco. Especialmente as emissões de metano e de óxido nitroso têm um papel importante devido aos seus altos impactos para o clima (GWP): O metano tem um impacto nas mudanças climáticas 21 vezes maior do que dióxido de carbono, o óxido nitroso 310 vezes.¹⁷

O uso de excrementos animais (estrume) em usinas de biogás não somente produz biometano, mas também evita a liberação de grandes quantidades de gases de efeito estufa. Essa prática é particularmente incentivada na Alemanha para reduzir as emissões de metano e criar incentivos para a expansão da produção de biogás.¹⁸

3

TECNOLOGIAS PARA PRODUÇÃO DE BIOMETANO

3.1 Preparação e processamento do substrato

As substâncias e misturas que podem ser usadas de forma economicamente viável para a produção de biometano dependem das condições climáticas, das tecnologias de tratamento disponíveis para processamento dos substratos e das condições de mercado – especialmente as estruturas de custos e as possibilidades de uso concorrentes de determinados tipos de biomassa.

3.1.1 Substratos

O biometano pode ser gerado a partir de uma série de substâncias orgânicas, tais como resíduos típicos da agricultura como excrementos animais (estrupe de gado e suínos), restos de ração e outros resíduos orgânicos da agricultura, mas também a partir de matérias-primas renováveis (culturas energéticas) como cana-de-açúcar, milho, capins, grãos, girassol e beterrabas. Há também outros substratos orgânicos que podem ser utilizados na produção de biogás como resíduos da indústria alimentícia, restos de alimentos, resíduos de jardinagem, poda verde ou resíduos orgânicos da coleta municipal. Tem-se então um amplo espectro de substratos utilizáveis.

A biomassa úmida (com pouca lignocelulose) é melhor que a biomassa seca (rica em lignocelulose) para a produção de biogás. A princípio, substratos com alto teor de proteína como de excrementos animais obtêm um teor de metano mais elevado no processo de fermentação do que substratos ricos em carboidratos de culturas energéticas¹⁹.

O biogás é gerado durante a decomposição microbiana de substâncias orgânicas na ausência quase completa de oxigênio e tem composição de aproximadamente 2/3 de metano (CH₄) e 1/3 de dióxido de carbono (CO₂), bem como quantidades pequenas de água (H₂O), sulfeto de hidrogênio (H₂S), nitrogênio (N), oxigênio (O₂), hidrogênio (H₂) e outros gases traços.

3.1.2 Processo anaeróbio

O biogás é gerado numa conversão bioquímica, ou seja, digestão anaeróbica ou fermentação de substratos adequados. O processo de digestão anaeróbica, ou simplesmente biodigestão, é um processo metabólico complexo com participação de diferentes microrganismos. A cadeia de processamento ocorre sempre em quatro etapas interdependentes: hidrólise, acidogênese, acetanogênese e metanogênese – fase de formação de metano.

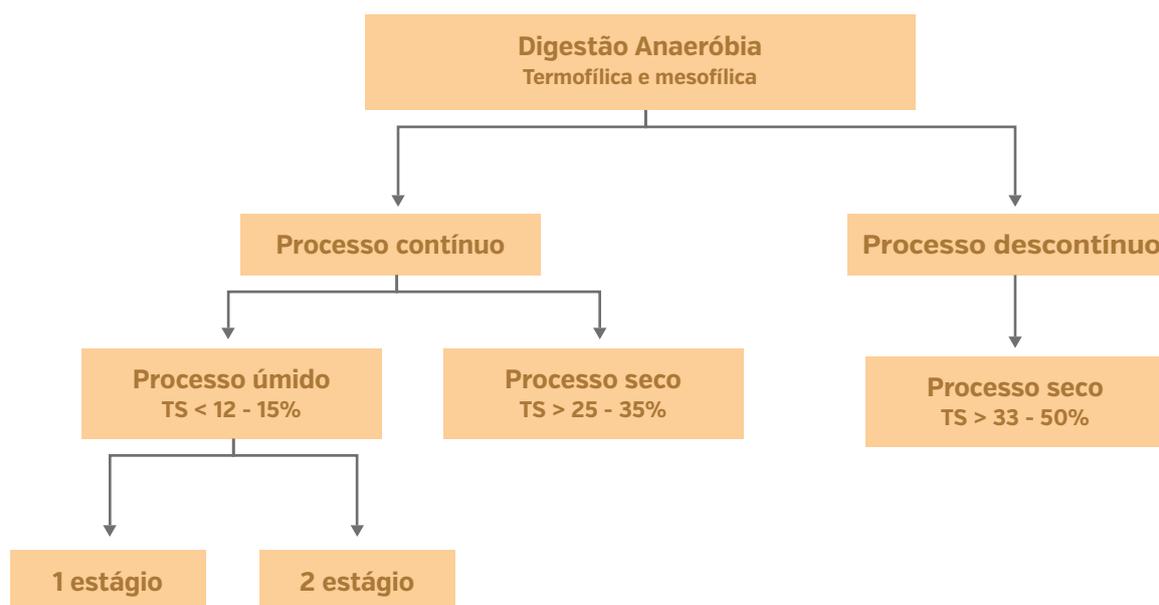
A realização técnica da digestão anaeróbica se orienta nos fundamentos biológicos dos processos anaeróbicos. Dependendo das especificidades dos substratos podem ser usados diferentes arranjos de instalações. Nesse aspecto, o biodigestor e os equipamentos adicionais têm um papel central.

A princípio, diferencia-se os processos de digestão anaeróbica em dois grandes grupos: fermentação úmida e seca. Os processos podem ser ainda diferenciados de acordo com a temperatura (mesofílicos ou termofílicos) e modo de operação (contínuo ou descontínuo). Por exemplo, na Alemanha a maior parte das instalações de biogás opera com fermentação úmida contínua na faixa de temperatura mesofílica (32–42 °C).

19: Guia Prático do Biogás
[FNR e.V.], página 28

Na fermentação úmida são utilizados tanques, como biodigestores verticais ou horizontais. Enquanto que no processo de fermentação contínua de substâncias sólidas, o substrato é em geral transportado segundo o princípio de escoamento por pistão e em geral uma mistura local é realizada transversalmente à direção de transporte.²⁰ No processo descontínuo de digestão de materiais sólidos, a digestão ocorre em biodigestores de garagem em formato de túneis.

Figura 7: Processos de digestão anaeróbia



3.2 Purificação do biogás

20: DBFZ gGmbH (2009), *Ökonomische und ökologische Bewertung von Erdgassubstituten aus nachwachsenden Rohstoffen*, página 13

21: DBFZ gGmbH (2009), *Ökonomische und ökologische Bewertung von Erdgassubstituten aus nachwachsenden Rohstoffen*, página 12

22: FNR e.V., *Guia Prático do Biogás*, página 31

O tipo de tratamento do substrato (matéria prima) influencia o processo de digestão anaeróbica e conseqüentemente o aproveitamento do potencial energético dos substratos utilizados. A composição e o rendimento do biogás dependem sempre dos substratos utilizados, do pré-tratamento aplicado e do processo de digestão anaeróbica empregado. O objetivo do tratamento é por um lado cumprir as exigências legais de redução de carga poluidora e por outro incentivar a produção de energia.²¹ Além disso, o tipo de alimentação (descontínua, semi-contínua ou contínua) tem efeito direto sobre o rendimento do biogás. No caso de uma **alimentação semi-contínua**, uma carga nova de substrato é alimentada no biodigestor no mínimo uma vez ao dia, enquanto na **alimentação contínua** o biodigestor é alimentado diversas vezes ao dia com pequenas cargas de substrato. Na **alimentação descontínua**, por sua vez, todo o recipiente é alimentado com substrato fresco e em seguida é hermeticamente fechado. Até a completa decomposição o substrato permanece no biodigestor. Posteriormente, o recipiente é completamente esvaziado e novamente alimentado com substrato fresco.²² Na câmara de digestão aquecida, que é o coração de uma usina de biogás, ocorre a digestão dos substratos orgânicos. A seleção da tecnologia do biodigestor, em relação aos materiais e a forma de construção depende de uma série de fatores como os substratos disponíveis, o processo de digestão selecionado e as circunstâncias locais.

23: DBFZ gGmbH,
*Technologieprospektion
Biogasgewinnung aus
Abfällen, página 76*

24: DBFZ gGmbH (2009),
*Ökonomische und
ökologische Bewertung
von Erdgassubstituten aus
nachwachsenden Rohstoffen
, página 10 e seguintes*

O biogás gerado após a digestão é composto, conforme as condições de processo e substrato acima citadas de aproximadamente 50 a 70% de CH₄, 30 a 50% de CO₂, H₂S, vapor d'água e gases traços. O gás de aterros sanitários, por exemplo, apresenta uma composição um pouco diferente, caracterizada pela alta carga poluente, especialmente de percentuais de silício e sulfeto de hidrogênio. Por esse motivo, a limpeza do biogás proveniente de aterros é mais dispendiosa e cara.²³

Para injetar o biometano na rede de gás natural ou para aproveitá-lo como combustível no setor de transportes, é necessário realizar um beneficiamento para obter um gás com qualidade equivalente ao gás natural. Na Alemanha os regulamentos DVGW G260, G262 e G485 (os quais serão mais detalhados no capítulo 8) têm um papel importante. Os pontos cruciais são especialmente a adaptação do poder calorífico e do Índice Wobbe. As principais medidas são a separação de dióxido de carbono e sulfeto de hidrogênio do biogás, assim como a secagem para alcançar um teor de metano de mais de 95%, ou seja, biometano como substituto para o gás natural. Para as diferentes etapas do tratamento do biogás existem diferentes processos à disposição. Primeiramente são aplicados procedimentos físicos, com base em adsorção e absorção, refrigeração e separação por membranas, assim como processos de absorção química. As várias etapas da purificação do biogás são descritas a seguir, inclusive em relação ao padrão técnico e sua rentabilidade.²⁴

3.2.1 Dessulfurização

A dessulfurização é a condição prévia para garantir o posterior processo de enriquecimento de metano. A princípio, distinguimos os diferentes processos, ou seja, processos biológicos ou de absorção química e de adsorção ou ainda processos de sorção catalítica.

Pode-se distinguir ainda os processos de dessulfurização grossa e fina. Sem uma dessulfurização grossa podem ocorrer problemas em alguns componentes da instalação, como por exemplo, na Central de Cogeração de energia elétrica (CHP). Concentrações na ordem de poucas centenas de ppm de H₂S no biogás bruto já são suficientes para causar avarias no equipamento. A dessulfurização pode ocorrer durante a geração de biogás ou posteriormente, fora do biodigestor. Entre os processos para a eliminação grossa de partículas de enxofre podemos citar a dessulfurização biológica no biodigestor, a limpeza bioquímica do biogás e a precipitação de sulfeto.

Na dessulfurização fina, o enxofre é retirado até um teor máximo de sulfeto de hidrogênio de 5 mg/m³, cumprindo assim as exigências legais alemãs para a alimentação de biometano como gás de substituição na rede de gás natural e o uso como combustível. Esses valores baixos de H₂S no biogás podem ser obtidos mediante processos de adsorção com carvão ativado, óxidos de zinco e óxidos de ferro.

Dessulfurização biológica no biodigestor

A precipitação biológica de H₂S é baseada na absorção do sulfeto de hidrogênio em H₂O. Posteriormente ocorre a oxidação biológica do sulfeto de hidro-

gênio dissolvido na água mediante Thiobacillus em suspensão ou imobilizados (dependendo do formato do processo) com oxigênio, obtendo-se enxofre.

A dessulfurização biológica já pode estar integrada no biodigestor. Nesse caso é injetado ar em pequenos volumes no espaço de gás do biodigestor (headspace). Esse processo é tecnicamente muito fácil de se realizar e corresponde ao estado da arte, sendo aplicado especialmente em usinas de biogás de pequeno porte. No entanto, isso pode ser especialmente problemático no caso de teores de H_2S oscilantes no biogás, uma vez que nesse caso só é possível uma dessulfurização incompleta e pouco confiável, devido ao controle inexato da ventoinha, podendo haver um percentual de ar muito alto no biogás. Além disso, a capacidade de degradação do H_2S depende muito da superfície de contato disponível no biodigestor. Algumas usinas de biogás com dessulfurização biológica interna, alcançam somente taxas de degradação de no máximo 50% do sulfeto de hidrogênio existente no biogás bruto. Pode-se também adicionar que a grande inserção de gás inerte ou de oxigênio reduz a qualidade do biogás, dificultando as condições para processos de tratamento posteriores, respectivamente a limpeza necessária para eliminação de oxigênio (O_2) e nitrogênio (N_2). Outro risco está na corrosão elevada no biodigestor e a formação de misturas explosivas com a adição de ar.²⁵

25: FNR e.V. (2009), Studie-Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz, página 27

Depuração bioquímica e biodepuração

Para alcançar um maior desempenho da dessulfurização biológica, o processo é muitas vezes transferido – por questões econômicas em geral somente a partir de instalações acima de 200 kWel – para um tanque externo especificamente dimensionado para tal. Particularmente os **reatores de fluxo ascendente**, equipados com enchimentos especiais nos quais estão alocados microorganismos que oxidam H_2S , foram tecnicamente bem-sucedidos. A absorção de H_2S e a regeneração do vetor de lavagem carregado com oxigênio do ar são realizadas mediante a integração de um outro recipiente.

Figura 8: Instalação de dessulfurização de escoamento disperso (no detalhe vista interna)³⁷



Fonte: DBFZ gGmbH, Technologieprospektion-Gasaufbereitung zu Erdgasqualität, página 7

Outro processo bioquímico é o uso de um biolavador. Nesse caso, a dessulfurização é realizada em 2 etapas. Na primeira etapa do processo, o H_2S é

diluído em um líquido de lavagem, geralmente com soda cáustica diluída em 20%, e no segundo passo transformado em enxofre e sulfato elementares mediante adição de oxigênio. A solução adicionada no processo contém bactérias e nutrientes, que geram enxofres e sais elementares nos processos de transformação biológicos. A solução circula e é consumida lentamente devendo, portanto, ser sucessivamente substituída por uma solução de lavagem e nutrientes. O enxofre e os sais gerados sedimentam no biodigestor e são eliminados. Os teores finais de enxofre alcançáveis no biogás estão entre 50 a 100 ppm.

Precipitação de sulfeto

A precipitação de sulfeto baseia-se na reação química entre H_2S diluído e sais ferrosos. Já durante o processo de biodigestão, íons ferrosos (Fe^{2+}) são adicionados diretamente ao substrato no biodigestor em forma de sais ferrosos ou como solução de sal. Sais ferrosos adequados são cloreto ferroso ($FeCl_2$) ou sulfato ferroso ($FeSO_4$). A atividade biológica no biodigestor não sofre influência negativa com a adição de sais ferrosos. Geralmente ocorre até mesmo um aumento na produção de metano, uma vez que menos sulfeto de hidrogênio melhora as condições para as bactérias geradoras de metano. O sulfeto ferroso formado mistura-se com o substrato orgânico, sendo eliminado juntamente com o material digerido. Com isso, o sulfeto ferroso chega a um ambiente aeróbio (por exemplo, na disposição ao ar livre) transformando-se em sulfato ferroso, que pode ser utilizado como fertilizante para plantas. Por motivos ecológicos deve-se atentar para o fato de utilizar somente sais ferrosos com baixo teor de metais pesados para a precipitação de sulfato (O regulamento para fertilizantes deverá ser observado. Com essa tecnologia são tipicamente alcançados teores finais de enxofre de 100 a 150 ppm (ou até menos).

Economicamente esse processo pode ser avaliado positivamente em relação aos custos de investimento, uma vez que não há necessidade de outras instalações, além de um tanque de alimentação para a solução salina e um dosador. Todavia, dependendo do teor de enxofre, os custos operacionais podem ser bastante elevados devido ao alto consumo de sais ferrosos.

Adsorção em carvão ativado

Esse processo permite a separação de H_2S com carvão ativado impregnado devido a uma oxidação catalítica do H_2S adsorvido na superfície do carvão ativado. Nesse caso, a impregnação de carvão ativado com substâncias químicas tem efeito catalisador, provocando um aumento da velocidade de reação e das possíveis capacidades de carga. Para a eliminação de H_2S podem ser utilizados diferentes meios de impregnação. Os principais meios de impregnação são iodeto de potássio (KI), carbonato de potássio (K_2CO_3) e permanganato de potássio ($KMnO_4$).

Esse processo de adsorção também é possível com óxido de zinco e óxido de ferro, ao invés de carvão ativado.

3.2.2 Secagem

Para evitar a corrosão (possível devido ao efeito da condensação de H₂O e dos componentes de gás de CO₂ e O₂ no ambiente úmido) é necessário secar o biogás. Primeiramente, a compressão do biogás provoca uma pré-secagem, onde é gerado um condensado, de forma que após a compressão é possível a precipitação parcial de H₂O e hidrocarbonetos condensáveis.²⁶ Os processos de secagem de gás que são apresentados a seguir ou uma combinação destes depende da forma de tratamento de biogás, especialmente da separação de dióxido de carbono.

Como processos de secagem de biogás podem ser aplicados a secagem por condensação, a adsorção com sílica gel e carvão ativado e a lavagem com glicóis como processo de absorção.²⁷

Secagem por meio de condensação

A secagem a frio ou a condensação baseia-se no princípio de que com a refrigeração do gás a uma temperatura abaixo do ponto de orvalho há formação de condensado (que consiste de vapor d'água e outros componentes passíveis de condensação). Mediante a separação de fases o condensado é separado do gás. Quanto menor a temperatura, mais fácil é a separação o condensado. O frio necessário é geralmente disponibilizado por meio de água fria ou a temperatura do solo. Por isso, podem ser realizados somente pontos de orvalho máximos de 0,5 a 5 °C.

Para os gases de depuração e biogás esse processo já está estabelecido. Para os gases de depuração são usados secadores que operam até temperaturas de ponto de orvalho de 5 °C. No caso dos gases de aterros, na refrigeração (por exemplo, em trocadores de calor) do fluxo de gás para aproximadamente 2 °C são condensadas especialmente as partes do vapor de água existentes no gás, como também hidrocarbonetos maiores, precipitados no fluxo do condensado. A refrigeração provoca uma perda de pressão, que deverá ser considerada no dimensionamento do compressor. Após a refrigeração, o fluxo de gás volta a ser aquecido para 10 a 15° C. Maiores efeitos de secagem podem ser obtidos na refrigeração até -18 °C, que todavia, geram risco de congelamento, que pode ser reduzido com a adição de glicol ao fluxo de gás (o glicol deverá ser eliminado posteriormente). Essa opção gera maiores custos na operação do que a refrigeração para somente 2 °C. O processo é atualmente o estado da arte e está entre os mais rentáveis.²⁸

Secagem por meio de adsorção

A secagem de gases com ajuda de sílica gel, óxidos de alumínio e peneiras moleculares está entre os processos de adsorção. A condição para a aplicação desse processo é uma secagem prévia do gás (por exemplo, em forma de filtros), para evitar impurezas. Na prática, o SiO₂ inorgânico (sílica gel) é geralmente utilizado como adsorvente, em forma de granulado ou esferas ele costuma ser aplicado em um leito fixo. O princípio é: o biogás previamente limpo passa pelo adsorvedor e a ligação da água a sílica gel é causada pelo efeito de equilíbrio. A principal aplicação desse processo ocorre em fluxos

26: FNR e.V. (2009), Studie-Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz, página 45

27: DBFZ gGmbH (2009), Ökonomische und ökologische Bewertung von Erdgassubstituten aus nachwachsenden Rohstoffen , página 17

28: FNR e.V. (2009), Studie-Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz , página 48

pequenos e médios de volume de 100 a 100.000 m³/h. Como faixa de operação são citados em geral a temperatura ambiente, assim como pressões entre 6 e 10 Bar. O ponto de orvalho alcançável está abaixo de -60 °C.

As vantagens gerais da secagem de biogás por adsorção através de sílica gel em comparação com a secagem por condensação e a lavagem com glicol são as altas capacidades de adsorção de até quase 40% para água e a obtenção de pontos de orvalho muito baixos. Além disso, os adsorventes podem ser reutilizados em processos de regeneração e há um risco de corrosão reduzido nos equipamentos, uma vez que não há necessidade de líquidos adicionais no processo. Os custos de operação para esse processo são considerados bastante baixos. A secagem por adsorção é aplicada especialmente no tratamento de gás natural e na secagem de gases industriais.

Secagem por meio de absorção

Outra possibilidade de secagem de biogás são os procedimentos de absorção, as denominadas “lavagens”. Nesse processo são separados um ou mais componentes da fase gasosa mediante adição de líquido (absorvente). Como absorvente são utilizados frequentemente glicol ou trietilenoglicol. Devido as suas propriedades higroscópicas, estes podem lavar tanto vapor d’água como também hidrocarbonetos de valores maiores do biogás bruto a pressões de 20 a 40 bar. Nesse caso, podem ser alcançados pontos de orvalho de até -100 °C. A regeneração posteriormente necessária ocorre a temperaturas de 200 °C. Uma vez que os componentes absorvidos não formam compostos químicos com a água de lavagem, esse processo pode ser considerado uma absorção física. Uma desvantagem é que esse processo só é economicamente viável no caso de fluxos de volume acima de 10.000 m³/h.

Das opções apresentadas, favorece-se a secagem por adsorção com sílica gel pelos motivos já mencionados. A secagem por condensação em princípio também parece adequada, sendo que deverá ser previamente analisado se o ponto de orvalho alcançado é suficiente para a alimentação do biogás.

3.2.3 Remoção de CO₂

Para aumentar a concentração de metano, um próximo passo para a separação de CO₂ é necessário. Considerando que o CO₂ é a principal substância coadjuvante do biogás (dependendo da composição do biogás), este deverá ser separado, aumentando assim a concentração de CH₄, assim obtendo-se as propriedades do gás necessárias para a alimentação do então biometano nas redes de gás natural (como gás adicional) e o uso como combustível.

Os processos mais comuns empregados para a separação de CO₂ são a adsorção, a absorção física e química, a separação por membranas assim como processos criogênicos, que serão brevemente caracterizados a seguir.²⁹

Adsorção por variação de pressão [PSA]

A adsorção por variação de pressão, abreviada PSA (Pressure Swing Adsorption), é a aplicação de carvão ativado, peneiras moleculares (zeólitos) e peneiras moleculares de carbono (PMC) para a separação e também o

29: DBFZ gGmbH (2009),
Ökonomische und
ökologische Bewertung
von Erdgassubstituten aus
nachwachsenden Rohstoffen,
página 15 e seguintes

tratamento de gás. Esse processo é amplamente divulgado e tecnicamente maduro. Áreas gerais de aplicação da PSA são a separação de hidrogênio de gases de processo, o enriquecimento de oxigênio para processos de combustão ou de separação de N ou CO₂ em gases como gás natural e biogás. Na técnica de adsorção por variação de pressão são usados especialmente efeitos cinéticos e histéricos, mas também efeitos de equilíbrio para a separação dos gases. O princípio dessa tecnologia é o diferente comportamento de adsorção de CH₄ e CO₂ com pressão elevada no adsorvedor. Ao contrário do CH₄, o CO₂ tem uma ligação mais rápida e mais forte ao adsorvente.

O processo da adsorção por variação de pressão corresponde ao atual estado da arte e é possível citar uma série de projetos que o empregam, especialmente na Suécia. O processo propriamente dito é relativamente simples. A operação é pouco problemática, com poucas despesas de manutenção. A vida-útil de adsorventes é praticamente ilimitada, quando usados corretamente. Além disso, o consumo energético é bastante baixo em comparação com outros processos. Outra vantagem é que a PSA é especialmente adequada para pequenas capacidades. O teor de metano obtido é menor do que nos processos criogênicos e de absorção, mas sempre maior do que nas instalações de separação por membranas.

Lavagem com água pressurizada

A lavagem com água pressurizada é o processo mais aplicado na Europa para a purificação do biogás. Por exemplo, na Suécia aproximadamente 80 a 90 % do biogás é tratado através desse processo. O princípio baseia-se nas diferentes capacidades de dissolução de CH₄ e CO₂. Devido ao caráter anfótero da água, além dos componentes ácidos de gases como CO₂ e H₂S, também os componentes básicos como amoníaco se dissolvem melhor do que os componentes não polares, hidrofóbicos como hidrocarbonetos. O processo da lavagem com água pressurizada ocorre sempre em quatro etapas de processo³⁰: Filtragem, compressão, absorção e regeneração. A figura a seguir exhibe um esquema para uma instalação de lavagem com água pressurizada.³¹

As vantagens da lavagem com água pressurizada estão no comando da usina. Com isso, esse processo alcança uma alta flexibilidade e pode se adaptar às condições existentes, o que faz com que a vazão de biogás possa ser ajustada por meio de uma regulagem da rotação nos compressores entre 40% a 100% da capacidade dimensionada. A pressão e a temperatura podem ser igualmente alteradas de acordo com o teor de CO₂ no biogás bruto e a quantidade de água de lavagem de circulação é variável dentro de determinados limites. Outras vantagens são a operação contínua e completamente automática, a fácil manutenção, a possibilidade de tratamento de um gás com uma umidade de 100 %, a confiabilidade na prática, a absorção simultânea de H₂S e NH₃, o absorvente água (disponível sem limites, sem riscos, barato), assim como os baixos custos de capital e operação. A desvantagem da lavagem com água pressurizada é, todavia, o alto consumo de energia para circular a grande quantidade de água.

30: DBFZ gGmbH, *Technologieprospektion-Gasaufbereitung zu Erdgasqualität*, página 47

31: FNR e.V. [2009], *Studie-Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz* página 39

Lavagens químicas [amina]

Na sorção química a absorção física de todos os componentes existentes no gás é sobreposta por uma reação química consecutiva entre componentes do detergente e determinados componentes de gás. Enquanto a absorção de CO₂ na água é predominantemente física, no caso do metanol ou monoetanolamina (MEA) se está sujeita a uma reação posterior. Com pressões parciais iguais na fase gasosa, as cargas nos vetores da sorção química é muito maior do que da água. Considerando que somente determinados componentes reagem com o detergente, pode-se obter uma seletividade muito maior (quantidade absorvida de componentes de gás desejados em relação à quantidade absorvida de componentes de gás indesejados).

A vantagem da sorção química é que há possibilidade de altas taxas de absorção das contaminações usuais de CO₂, ligações de enxofre e vapor d'água e mesmo assim, o processo trabalha continuamente. A pureza necessária do gás, no entanto, nos processos convencionais, deveria ser considerada somente no valor absolutamente necessário, uma vez que taxas de absorção maiores elevam consideravelmente a necessidade de solventes. Os custos de operação muito altos são uma enorme desvantagem das lavagens químicas, uma vez que estas só valem a pena no caso de grandes quantidades de biogás bruto. Além disso, as lavagens químicas são pouco flexíveis em relação a quantidades de biogás bruto e composições. O alto peso específico da instalação e uma despesa maior de manutenção também podem ser considerados uma desvantagem. Ecologicamente problemático no processo de absorção – especialmente na sorção química – é também o constante consumo de solventes devido à regeneração incompleta com a eliminação do processo com o gás do produto e a alta demanda energética para a regeneração do solvente.³²

32: FNR e.V. (2009), *Studie-Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz*, página 37 e seguinte

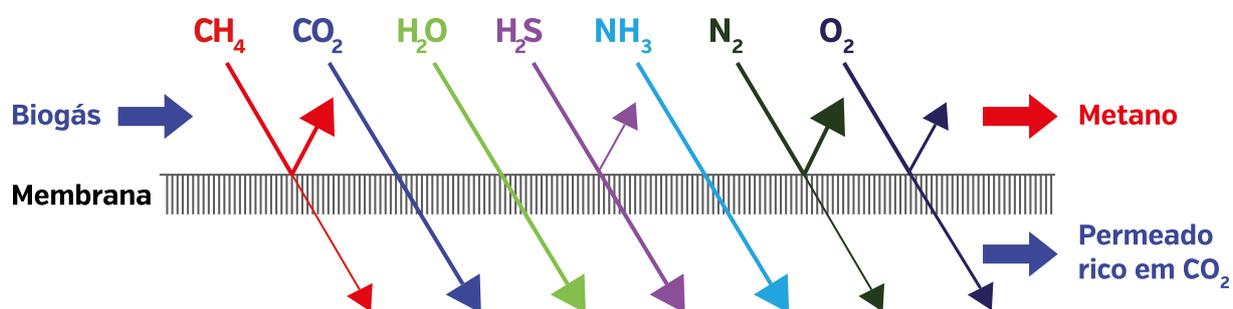
Lavagens físicas [Selexol, Genosorb]

A absorção física com Selexol com solvente é especialmente aplicada quando o biogás bruto a ser purificado apresentar altas concentrações de H₂S e CO₂. É utilizada especialmente para o tratamento de gás natural, como também para a lavagem de gás de depuração nos EUA. O Selexol é um solvente físico muito adequado para a separação de CO₂ e H₂S do biogás, uma vez que, como a água, não é tóxico, nem corrosivo. O processo é semelhante ao da lavagem com água pressurizada com uma etapa de absorção com pressão elevada (nesse caso 20 a 30 bar) e uma etapa de regeneração. A lavagem física, assim como a absorção, aproveita as diferentes solubilidades dos componentes ácidos em comparação com os hidrocarbonetos. Aqui a temperatura é de 40 °C, no caso de processos refrigerados também de 0 °C, uma vez que com a redução da temperatura a solubilidade dos componentes ácidos aumenta. No entanto, deve-se evitar temperaturas abaixo de 0 °C, uma vez que estas aumentam fortemente a viscosidade, exigindo muito mais energia para a circulação.

É possível, portanto, constatar que o processo Selexol para a separação de CO₂ dos gases secos, livres de enxofre, representa uma alternativa energeticamente mais adequada do que lavagem com água pressurizada, uma

33: FNR e.V. (2009), Studie-Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz, página 40 e seguinte

Figura 9: Princípio da separação de substâncias por permeação⁵¹



Fonte: DBFZ gGmbH, Technologieprospektion-Gasaufbereitung zu Erdgasqualität, página 51

34: FNR e.V. (2014), Leitfaden Biogasaufbereitung und -einspeisung, página 31; http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/l/e/leitfaden_biogaseinspeisung-druckweb.pdf

vez que as lavagens físicas com Selexol permitem uma maior solubilidade de CO_2 do que a lavagem com água pressurizada. Com isso, é consumido menos líquido de lavagem para separar a mesma quantidade de CO_2 . Na Suécia, por exemplo, há uma usina para uma quantidade de biogás bruto de $250 \text{ m}^3/\text{h}$ em operação. Uma aplicação econômica do processo de Selexol para uma separação combinada de componentes ácidos como o CO_2 e H_2S e para a secagem só pode ser realizada para uma grande vazão de gás.³³

Processo de membranas

A tecnologia de membranas e especialmente os processos da permeação de gás são um processo relativamente novo para o tratamento e condicionamento de gás. Sobretudo as instalações piloto individuais na Suíça e na Suécia apostam no processo de membranas para o tratamento de biogás. O princípio aplicado no processo da separação com membranas é a diferença de pressão entre as membranas porosas e uma diferente velocidade de difusão dos gases através da membrana para as membranas de difusão de solução (LMD ou membranas “densas”). O desempenho de uma membrana é caracterizado principalmente pela sua permeabilidade P – o produto dos coeficientes de solubilidade e difusão – e suas características de separação – a relação da permeabilidade dos gases entre si – que via de regra só pode ser determinada em experimento.

A desvantagem do uso do processo de membrana é que até o momento existem muito poucas instalações para o tratamento de gás natural e biogás. Assim, não se pode recorrer muito a experiências operacionais e a informações sobre esse processo. Um argumento a favor da tecnologia de membrana é a estrutura simples, o manuseio fácil, quase isento de manutenção e descomplicado do processo e a respectiva alta segurança operacional. Com isso, a limpeza mesmo de pequenos volumes de gás é possível e economicamente sensata, sem extrapolar desproporcionalmente os custos específicos. No entanto, a maioria dos custos desse processo ocorre devido ao grande trabalho de compressão. As perdas de metano ainda altas com a aplicação de membranas para o tratamento de biometano também representam atualmente um problema. Ainda assim, processos de membrana no futuro próximo podem ser usados de forma econômica em combinação com lavadores e instalações de adsorção para uma limpeza prévia de fluxos de processo. Atualmente os processos de separação de membrana encontram-se na fase de introdução no mercado. Segundo informações dos fabricantes (Axiom, Evonik) trabalha-se constantemente no aumento da vida-útil das membranas.³⁴

Separação criogênica

O tratamento criogênico de gás se resume a dois processos distintos, em ambos ocorre uma separação de CO_2 e CH_4 . Na retificação (fluidificação de gás) é gerado CO_2 líquido. No segundo processo, uma separação a uma baixa temperatura provoca o congelamento do CO_2 . Em princípio, ambos métodos de limpeza têm o objetivo de separar o biogás em seus principais componentes CO_2 e CH_4 , armazenando estes separadamente. Ambos processos de separação criogênica quase não são aplicados atualmente na prática ou comercialmente em relação à limpeza de biogás. Em resumo podemos constatar que esse processo de separação é tecnicamente muito sofisticado e tem um grande consumo energético. Como produto comercialmente utilizável é gerado, além do CH_4 também CO_2 de altíssima pureza.³⁵

35: FNR e.V. (2009), *Studie-Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz*, página 45

3.2.4 Adequação do biometano à qualidade de gás natural

Odorização

Na Alemanha, para permitir a injeção em redes de gás públicas, o biometano precisa ser odorizado de acordo com as indicações do formulário técnico DVGW G 260. Ou seja, ao biometano inodoro deverão ser acrescentadas substâncias odorizadoras para evitar um risco aos usuários, assim como do pessoal de operação e manutenção. No caso de uma injeção em tubulações de transporte não há necessidade de odorização, uma vez que esse gás não é distribuído ao consumidor final, mas é distribuído em redes públicas posteriormente, nas quais é realizada a odorização. Também quando forem alimentadas quantidades de gás muito pequenas em comparação com as quantidades já existentes na rede, a odorização não é necessária, sendo necessário um acordo entre o produtor de biogás e o operador da rede. Geralmente para a odorização são utilizadas instalações com uma dosagem conforme a quantidade, na qual o odorizante é injetado no volume de gás.

Ajuste do poder calorífico

O conceito das “propriedades do gás” abrange as grandezas do poder calorífico superior, poder calorífico inferior, densidade, índice de Wobbe como índices da técnica de combustão, CO_2 , substâncias coadjuvantes do gás, O_2 , componentes de enxofre como partes principais, o ponto de orvalho de água e o ponto de condensação de hidrocarbonetos. Esses índices podem ser registrados em instalações para a medição da propriedade do gás. Dependendo das exigências podem ser levantadas todas as grandezas ou somente algumas delas em consideração. Como equipamentos de medição são usados cromatógrafos a gás de processo para o levantamento dos componentes principais, calorímetros para o levantamento do poder calorífico inferior, equipamentos para a medição da densidade, equipamentos de medição individual (para a medição de CO_2 , S, H_2 , O_2), higrômetro de condensação para a medição do ponto de orvalho, sensor de umidade capacitivo para a determinação do ponto de condensação.

Ajuste de pressão

Estações de compressão são necessárias para evitar perdas de pressão por atrito no transporte a longas distâncias (compressão de transporte) ou para gerar uma pressão relativamente alta para depósitos de gás subterrâneos (compressão de armazenamento). Nas redes de distribuição de gás natural distinguem-se três faixas de pressão: Pressão alta, média e baixa. Nas principais tubulações de transporte operadas pelas companhias de gás, o gás natural é transportado sob alta pressão às concessionárias de gás propriamente ditas. Através das tubulações de pressão média e baixa das concessionárias de gás regionais e locais, o gás chega ao consumidor final. Instalações reguladoras de pressão de gás encontram-se nas interfaces de diversas tubulações, fontes ou redes, cuja função é a regulação e a limitação do fluxo de volume e pressão de gás. O gás é transferido de uma pressão de entrada para uma pressão de saída mais baixa.

3.2.5 Riscos para os componentes dos veículos

Elementos químicos que podem estar contidos no biometano e seus efeitos para os componentes dos veículos

Sulfeto de hidrogênio [H₂S]:

É um gás incolor, tóxico e inflamável com odor de ovos podres. Em contato com componentes do motor pode provocar corrosões (veja abaixo). Por esse motivo, a quantidade permitida de sulfeto de hidrogênio não pode exceder um determinado valor limite.



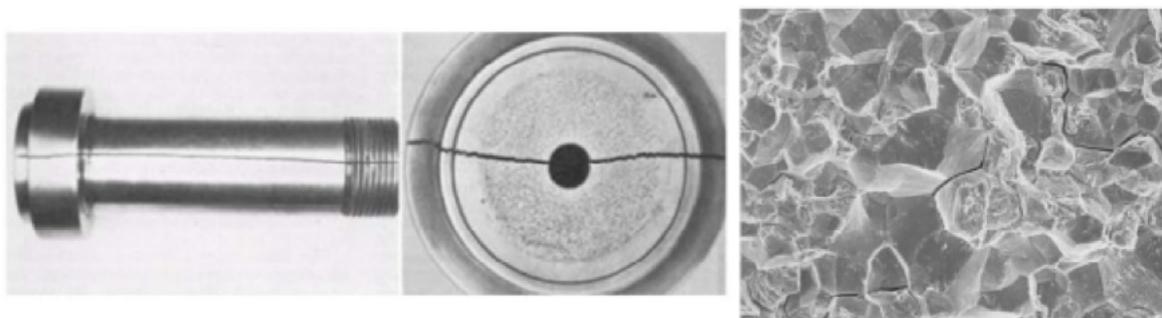
Fonte: The Petro Street,
http://www.thepetrostreet.com/article_0013.html

Oxigênio [O₂]:

Pode provocar corrosão em contato com outros componentes. Um elevado teor de oxigênio é perigoso para os elementos de aço como, por exemplo, tubulações de gás, especialmente se o gás estiver úmido. Há diversas concentrações de oxigênio permitidas no gás: uma para a rede de distribuição e uma para a rede de transporte. Outro problema do oxigênio, além do risco de corrosão, é que a qualidade de gás armazenado subterraneamente pode deteriorar devido ao oxigênio.

Hidrogênio (H₂):

Pode acarretar fragilidade quando em contato com estruturas metálicas especialmente a uma elevada pressão, ou seja, o material torna-se quebradiço.



Fonte: UNECE GFV Informal Group, NG/Biomethane Fuel Specification in Europe, Setembro de 2013, <https://www2.unece.org/wiki/download/attachments/12943433/GFV%2028-07e.pdf>

Siloxanos e silicone:

Ocorrem especialmente no biometano produzido a partir de aterros sanitários ou da digestão anaeróbia do lodo das estações de tratamento de esgoto. Resíduos orgânicos e estrume, todavia, são isentos de fontes de siloxanos, ou seja, o biometano gerado a partir dessas fontes não contém traços desses compostos. Na fase de combustão, os siloxanos podem danificar motores e outras peças mecânicas de um veículo operado com gás natural. O motivo para tal é que os siloxanos gerados a altas temperaturas durante a combustão oxidam quando em contato com oxigênio formando dióxido de silício (SiO₂), cujas altas propriedades abrasivas podem gerar funcionamentos incorretos de componentes como por exemplo, sondas Lambda.

Fonte: UNECE GFV Informal Group, NG/Biomethane Fuel Specification in Europe, Setembro de 2013, <https://www2.unece.org/wiki/download/attachments/12943433/GFV%2028-07e.pdf>



Parâmetros importantes da qualidade de gás para biometano [e gás natural]

- >> O índice de Wobbe é um parâmetro para a intercambiabilidade de combustíveis gasosos e é decisivo para avaliar os efeitos do uso de combustíveis substitutos para gás natural como misturas de ar-propano.
- >> O teor de CH₄ no gás é o principal índice da determinação do poder calorífico inferior bruto e líquido, ou seja, semelhante ao índice de Wobbe. Quanto menor o teor de metano, maior é a necessidade de tratamento de biogás para cumprir os critérios de injeção. Isso aumenta os custos, fazendo com que o biometano

como alternativa regenerativa de combustível tenha dificuldades competitivas em comparação com o gás natural, gás líquido, derivados de petróleo etc.

- » Determinados componentes de impurezas e seus compostos como siloxanos, H_2S , NH_3 não podem exceder determinados valores-limite definidos por ocasião da injeção de biometano como gás adicional na rede de gás natural para minimizar as suas influências negativas sobre os componentes técnicos.

3.3 O armazenamento do gás

Em princípio existem duas situações que exigem o armazenamento de gás, dentre as quais pode-se citar:

- » Armazenamento de biogás antes do tratamento
- » Armazenamento intermediário para a injeção de biometano

O armazenamento de gases pode ser realizado nos seguintes níveis de pressão:

- » Sem pressão 0–5 mbar
- » Baixa pressão 10–50 mbar
- » Pressão média 10–20 bar
- » Alta pressão > 20 bar

Considerando que a produção de biogás nem sempre é contínua e está sujeita a constantes oscilações, deverão ser criadas possibilidades para o armazenamento de biogás objetivando o aproveitamento contínuo do gás. Por ocasião do armazenamento de biogás os processos são sempre divididos em três áreas de pressão, sendo que como quarta divisão possivelmente também seria citada a área de alta pressão, principalmente nos casos de uso do biogás como combustível. Para as pequenas e médias instalações do ponto de vista de custos são especialmente apropriados processos sem pressão e de baixa pressão. Devido aos altos custos de investimento e uma maior necessidade de energia para a compressão e retirada de gás, os processos de média e alta pressão são mais usados em instalações de grande porte. A vantagem é que, proporcionalmente à pressão, a quantidade de biogás armazenável também aumenta.³⁶ Outras possibilidades do armazenamento de biogás são processos realizados no armazenamento de gás natural, especialmente a liquidação do gás e o posterior armazenamento em tanques é uma opção, a qual, todavia, é raramente utilizada para o armazenamento de biogás devido aos altos custos.

Como segunda opção podem ser considerados armazenamentos subterâneos em forma de armazenamento poroso ou em cavernas. Armazenamentos porosos são antigos depósitos de gás natural que se encontram em profundidades de até 2.700 m, onde o gás é armazenado nas cavidades das rochas, ou seja, em poros e fissuras. Nos armazenamentos em cavernas, por sua vez, as cavidades são criadas artificialmente. O armazenamento subterâneo é um procedimento tecnicamente sofisticado, por outro lado podem ser armazenadas grandes quantidades de gás. O armazenamento dos gases

36: FNR e.V. (2009), Studie-Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz, página 53f

ocorre a pressões de 100 a 200 bar, o que exige um alto trabalho de compressão, acarretando altos custos.

3.4 Tecnologias de abastecimento com biometano

Existem especificamente dois caminhos principais para a utilização do biometano :

- >> a injeção na rede de gás natural,
- >> o uso como combustível veicular (eventualmente com injeção prévia).

Na Alemanha o biometano é **injetado** em uma rede de gás natural bem estruturada. Existem grandes sistemas de gás natural que permitem uma alimentação e uso pela população em todo o território. A disponibilização de gás natural ocorre em sua maior parte por importação do exterior europeu (85%).

O **abastecimento** com biometano ocorre por meio de uma técnica existente para postos de abastecimento de GNV, alimentados pela rede pública de abastecimento de gás (pressão de entrada de gás conforme o local em tubulações regionais aproximadamente entre 1 e 70 bar). Via de regra, no posto de abastecimento é oferecido o abastecimento *fastfill* (abastecimento rápido) com um sistema fechado, ou seja, conexão estanque do acoplamento do bico ao tanque do veículo. Esse tipo de abastecimento dura, dependendo do modelo, aproximadamente 1 a 5 min, o mesmo tempo necessário para combustíveis líquidos. Primeiramente é necessário o tratamento (por exemplo, secador com peneira molecular com filtro posterior) do gás aspirado, que depois é comprimido em várias etapas e armazenado em um bloco de alta pressão (denominado sistema de linhas múltiplas com princípio de cascatas). Enquanto compressores modernos para fluxos de volumes de 65 até 7.500 Nm³/h já estão dimensionados para uma pressão final de 340 a 350 bar, a operação dos postos de abastecimento ocorre a 250 a 300 bar com desempenho na bomba de 0,3 a 100 kg/min.³⁷

Aplicações móveis de biometano como combustível, descritas mais detalhadamente no próximo capítulo, são uma opção de uso interessante uma vez que o mercado automobilístico oferece uma ampla gama de veículos movidos a gás natural.

37: DBFZ gGmbH (2009), *Erdgassubstitute aus Biomasse für die mobile Anwendung im zukünftigen Energiesystem*, página 43 e seguintes

4

APLICAÇÕES DE BIOMETANO COMO COMBUSTÍVEL

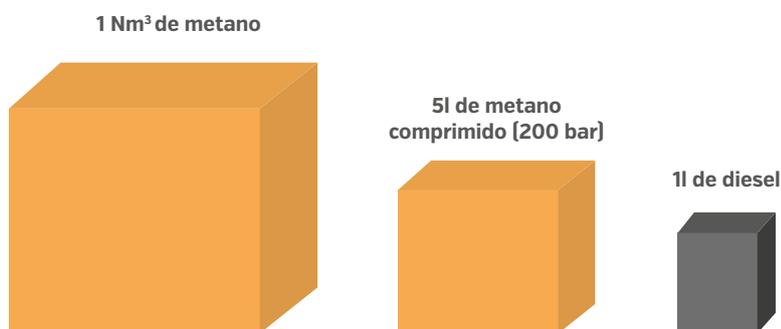
A utilização de biometano como combustível é uma opção interessante devido à existência de uma série de sistemas de acionamento de veículos para biocombustíveis no mercado automobilístico. Especialmente os motores a combustão e de propulsão híbridos podem ser acionados com biocombustíveis e serão apresentados nesse capítulo, uma vez que os veículos para gás natural podem ser usados adequadamente com biometano. Esses são distinguidos e oferecidos na Europa nas versões monovalente (somente biometano), quase-monovalente (tanque de gasolina ≤ 15 l para a operação emergencial) ou na versão bivalente (com tanque de gasolina adicional, tipicamente como acessório para o veículo convencional). Visando reduzir para 6% as desvantagens de desempenho, aproximadamente 20% dos veículos equipados para biogás são veículos quase-monovalentes. Além disso, nos últimos anos o desgaste maior em componentes pode ser consideravelmente reduzido devido à falta de aditivos nos combustíveis a gás, assim como a maior relação de compressão devido à alta octanagem de metano. Isso foi, por exemplo, realizado com pistões com ligas que suportam temperaturas mais altas. Como resultado, pode-se obter eficiências maiores com um consumo reduzido, assim como a emissão de poluentes é reduzida e tem-se um comportamento melhor dos motores na partida a frio. O desenvolvimento de veículos atuais e modernos focam especialmente em turbo motores e tanques com significativo aumento do alcance na operação a gás (por exemplo, aumentando-se a pressão do tanque em até 700 bar) alcançando desempenho de movimentação correspondente a motores a diesel modernos.³⁸

O maior problema no uso de biometano como combustível é a densidade energética. Biometano comprimido (CBM) é a forma mais comum, com o gás pressurizado a mais de 200 bar e armazenado em tanques cilíndricos. Essa alta pressão é necessária para proporcionar uma gama de veículos aceitável, considerando que a densidade energética do gás natural é bem mais baixa do que a do diesel (segue a figura).

38: DBFZ gGmbH (2009), *Erdgassubstitute aus Biomasse für die mobile Anwendung im zukünftigen Energiesystem*, página 43 e seguintes

Figura 10: Comparação dos volumes de metano (não) comprimido e combustível diesel [os cubos representam os diferentes potenciais energéticos]

Fonte: M. Ahlm, *Biogas Syd (May 2013), Biometano no transporte- Experiência do uso de biometano em diferentes tipos de veículos*, http://www.teagasc.ie/publications/2013/1943/MartenAhlm_BiomethaneInVehicles.pdf



4.1 Tipos de motores para biometano

O biometano funciona como combustível de veículos da mesma forma que o gás natural (ou metano fóssil). Por esse motivo, pode ser utilizado em veículos convencionais de gás natural (GNV).

Há diferentes tipos de motores para biometano que podem ser utilizados:

Motores a gás biometano específicos

Os motores a biometano possuem um motor com vela de ignição (SI) otimizado para operar com 100% de biometano. O motor apresentará ruídos de combustão significativamente menores do que o equivalente diesel. Os motores SI podem ser configurados em uma combustão magra, enquanto o motor opera de modo não estrangulado como o seu equivalente diesel ou, em uma relação estequiométrica de controle de ar/combustível que permite o uso de um catalisador de três vias para a redução de NO_x, CO e HC (hidrocarboneto) similar aos motores a gasolina padrão. O sistema estequiométrico, em teoria, pode ter uma eficiência de combustível menor devido ao estrangulamento da entrada de ar sob condições de carga parcial, provocando perdas maiores por bombeamento.

O estrangulamento do motor tornará este mais suscetível a um alto consumo de óleo que provocará maior quantidade de partículas derivadas de lubrificantes do que um motor não estrangulado (diesel e combustão magra de gás metano).

Motores específicos para gás geralmente são usados em veículos pesados, caminhões e ônibus para a substituição direta do motor a diesel e do sistema de combustível. Todavia, também podem ser usados em veículos leves.

Motores bicombustível de biometano

O motor bicombustível é uma alternativa do motor específico que apresenta tanto tanques de gasolina como de biometano no veículo. Um motor padrão a gasolina seria usado como tecnologia base para o veículo, que seria adaptado para operar adicionalmente com um sistema de combustível a biometano. Nos veículos mais modernos, o condutor não tem intervenção manual, uma vez que o computador de bordo controla o consumo do combustível. O sistema de controle favorecerá a operação com metano e a gasolina só é usada para a partida e o aquecimento do motor ou quando o tanque de gás estiver baixo. Esse tipo de tecnologia geralmente é instalada em carros e vans leves.

Motores a gás com dois combustíveis

Motores de dois combustíveis apresentam tanto um motor a diesel padrão e tanques de combustível associados como também adicionam tanques de biometano e um sistema de injeção de metano no tubo de admissão. O uso de diesel permite a ignição piloto do combustível a gás no motor de ignição por compressão. É mantida a possibilidade de operar a 100% de combustível diesel se não houver gás disponível. Geralmente, aproximadamente 70 a 75% do uso de gás é alcançado mediante a operação de transporte normal. A quantidade de gás injetado é calculada em função da velocidade e da carga. A velocidades e cargas baixas, como na operação na cidade, o consumo de gás será bem menor, possivelmente só 50 a 60%. Entretanto, em alta velocidade e em situações de carga alta como motor de tração, a taxa de substituição de diesel pode perfazer 80 a 85%. A vantagem dos motores de dois combustíveis é que a eficiência térmica do diesel é basicamente preservada, trazendo benefício significativo quanto ao consumo de combustível. Além disso, a retenção do tanque de diesel oferece flexibilidade de combustível, levando a uma gama de potencial ampliada em comparação com a operação exclusiva a gás (peso por peso). A desvantagem é que o multicombustível apresenta

39: *cenex, Biomethane Toolkit, A guide to the production and use of biomethane as a road transport fuel, June 2009, <http://www.cenex.co.uk/LinkClick.aspx?fileticket=AeRAmFsNU2s%3d&tabid=119&mid=695>*

menos benefícios nos ruídos de combustão do que motores exclusivos para gás metano em comparação com o diesel padrão.

Essa tecnologia em geral é mais adequada para veículos de carga pesada em transportes longos, que utilizam na maior parte do tempo alta velocidade e carga.³⁹

Tricombustível

Como desenvolvimento de tecnologia relativamente recente, o veículo tri-combustível é a combinação do veículo ‘flex-fuel’ com um veículo a gás natural. O veículo flex-fuel usa gasolina e etanol, exclusivamente ou como mistura. Assim, o veículo tri-combustível funciona com gasolina, etanol (ou ambos) e gás natural ou biometano.

Injeção direta de alta pressão (HPDI)

A tecnologia HPDI envolve a injeção tanto de diesel como de gás diretamente na câmara de combustão no final da fase de compressão a alta pressão. Assim como o motor bicombustível, a HPDI precisa do diesel para permitir a combustão. O sistema distingue-se do sistema de multicombustível na forma de mistura de combustíveis e, em comparação com um motor diesel equivalente, segundo os relatos oferece a mesma alta potência e o torque na mesma eficiência.

Conversão de um carro comum para um carro capaz de utilizar biometano

Como alternativa para a compra de um veículo a gás, proprietários também podem optar pela conversão de um veículo a combustível líquido (gasolina, etanol, diesel) para operar com gás natural comprimido ou biometano, instalando um kit de conversão para gás natural comprimido.

O kit de conversão para gás natural comprimido é basicamente um conjunto de componentes e ferramentas instalados no veículo, de forma que ele possa operar tanto com gasolina como com gás natural comprimido. Os kits geralmente incluem componentes como regulador, tubulações e garnições de alta pressão, um medidor de pressão, injetor, mangueiras, braçadeiras, um sistema de conexão de circuito fechado, um emulador, um processador de variação de avanço, um comutador de combustível, assim como o respectivo cabeamento, correias e parafusos. O kit geralmente não inclui o tanque de gás natural ou cilindro ou a válvula do cilindro.⁴⁰

O tanque de gás natural exige espaço, ou seja, para realizar a conversão para gás natural comprimido é necessário abrir mão de espaço no porta-malas.

40: *CNG United, CNG kits, <http://www.cngunited.com/>*

41: *<http://www.quattroruote.it/notizie/eco-guida/automobili-gpl-e-metano>*

*Características:*⁴¹

- >> O cilindro de gás deverá resistir à alta pressão (acima de 200 bar), portanto, os materiais utilizados para o cilindro deverão ser robustos e pesados. Por isso, o cilindro geralmente é de aço (ou materiais compostos) e em formato cilíndrico.
- >> Geralmente, a redução de potência no uso de gás natural em um motor está entre 10 a 15% em comparação com o uso de gasolina

- >> A capacidade do cilindro de metano é de 12 a 20 kg (1 kg de metano = 1,7 l de gasolina)
- >> Veículos movidos a metano tem uma autonomia de 200 a 400 km (obviamente o alcance depende da capacidade do cilindro). Um kg de gás natural permite uma distância quase 20 a 25% maior do que a utilização de gasolina
- >> O motor abastecido por gás natural ou biometano precisa de uma manutenção mais frequente, uma vez que o gás natural é menos oleoso que a gasolina, proporcionando um desgaste mais rápido das válvulas. Além disso, o cilindro de gás precisa de uma manutenção a cada 4 ou 5 anos.

4.2 Aplicação em tratores

42: http://suscon.org/cowpower/biomethaneSourcebook/Chapter_5.pdf

43: <http://www.stegemann-landtechnik.de/landtechnik/valtra/valtra-biogas-traktoren/>

O biogás pode ser utilizado como combustível em veículos agrícolas, como tratores, mesmo sem um tratamento para biometano. Nesse caso, deverão ser utilizados motores movidos a gás natural com intervalos mais curtos para a troca de óleo – no caso dos motores a gás natural, operados com biogás bruto, a troca de óleo deverá ser realizada via de regra a cada 300 horas de uso com biogás e no uso de biometano a cada 600 horas.⁴² Todavia, o uso de biogás como combustível em motores a combustão é considerado problemático devido ao percentual menor de metano no biogás, uma vez que o biogás tem uma densidade energética menor que o biometano devido ao CO₂ existente. Apesar da VALTRA em seus modelos de tratores confiar na tecnologia multicomcombustível e no uso de biometano tratado, a empresa finlandesa decidiu iniciar uma produção em série limitada de tratores movidos a biogás.⁴³

Também os motores a diesel, frequentemente usados em veículos agrícolas, podem ser modificados para funcionar com biogás:

- >> Substituindo os injetores de gasolina por velas de ignição e substituindo a bomba de combustível por um carburador de gás;
- >> Utilizando o combustível diesel para a ignição e adicionando um carburador para o biogás e adiantando o momento de ignição.

A metalurgia do motor é um aspecto importante quando se pretende usar biogás bruto e, por isso, para o uso de biogás como combustível, deve-se eliminar H₂S e água. Especialmente a existência de H₂S pode provocar a formação de ácido sulfúrico, provocando danos aos cabeçotes dos cilindros, aos mancais e às camisas do cilindro. Para minimizar a condensação de vapores ácidos no cárter, os fabricantes de motores recomendam manter as temperaturas dos refrigerantes abaixo de 90 °C. Em princípio, observando-se esses pontos e uma pequena limpeza do biogás bruto, o seu uso em veículos agrícolas é bastante interessante, inclusive considerando os baixos custos.

Fornecedores de equipamentos agrícolas a gás natural

1) Trator Valtra

O T133 Dual Fuel funciona tanto a biogás como a diesel. No modo biogás, aproximadamente 83% da potência é produzida por biogás e 17% por diesel ou biodiesel. Uma pequena quantidade de diesel é necessária para causar a

44: Valtra, <http://www.valtra.co.uk/news/5967.asp>

Figura 11: Trator AGCO Valtra



Fonte: AGCO Deutschland GmbH, <http://www.valtra.de/images/ValtraBiogasTractor.jpg>

45: CNH Österreich GmbH, <http://media.steyr-traktoren.com/Pages/de/Aktuelles-Veranstaltungen/Archiv/Detail.aspx?Guid=db37ebdf-c2a1-4e45-956e-503e7bf5f712>

46: www.Agrartechnik-im-Einsatz.de, http://www.agrartechnik-im-einsatz.de/de/index.php?page=view_picture&id=764307

Figura 12: Modelos de tratores Steyr

47: La comunitá italiana del metano per auto, Presentato Il Primo Trattore Agricolo Steyr Con Motore A Metano/Biometano, Quelle: <http://www.ngvglobal.com>, 2011, <http://www.metanoauto.com/modules.php?name=News&file=article&sid=4776>

2) Trator Steyr

Modelo Steryl Profi 4135 Natural Power⁴⁵ [figura a seguir à direita]

Nesse caso o motor é um motor mono-combustível abastecido com gás natural comprimido. Esse motor é produzido pela Fiat Powertrain Technologies (FPT, grupo Fiat). Há 9 cilindros de gás com uma capacidade total de 300 l. Os cilindros estão integrados no corpo do trator. A velocidade máxima do trator é de 50 km/h

Modelo CVT 6195⁴⁶ [figura a seguir, à esquerda]

O motor é um motor bicombustível. Os custos de gasolina são reduzidos em quase 40% e as emissões de CO₂ são reduzidas em quase 20%. Esse modelo já é atualmente comercializado.⁴⁷



48: *Viking strategies, Biogas Association, Farm to Fuel, Developers' Guide to Biomethane as a Vehicle Fuel, July 2013, <http://biogasassociation.ca/bioExp/images/uploads/documents/membersOnly/DeveloperGuide-BiomethaneVehicleFuel.pdf>*

3) Clean Air Power

Clean Air Power, uma empresa do Reino Unido utiliza um sistema Dual-Fuel™ patenteado que permite que motores a diesel de carga pesada operem prioritariamente com gás natural, enquanto que o diesel faz o papel de “vela de ignição líquida” no motor diesel inalterado. A tecnologia funciona de forma eficiente, queimando até 90% do gás natural, tendo como benefícios uma redução nos custos de combustível e nas emissões de carbono. Dual-Fuel™ pode operar normalmente com biometano e biodiesel, tendo assim o potencial da neutralidade de carbono. Além disso, se o abastecimento a gás natural acabar, o sistema Dual-Fuel™ altera para a operação com 100% diesel, proporcionando um backup operacional pleno.⁴⁸

4) Projeto de pesquisa da Valtra e do Ministério de Agricultura sueco sobre o uso de biogás e tratores:

A Suécia nos últimos anos intensificou a utilização de biogás como combustível em tratores. Desde 2010 no país escandinavo é testado o trator de biogás do fabricante finlandês Valtra. Com esse projeto de pesquisa em conjunto entre o Ministério de Agricultura sueco e a Valtra, a utilização de biogás em tratores e outros motores foi desenvolvida sucessivamente. Na operação teste, o trator conseguiu operar durante 6 a 7 horas com biogás, mesmo em aplicações agrícolas diretas com a pinça e reboque. Até mesmo para a remoção de neve, aplicação de areia nas ruas e no transporte de madeira, o trator pode ser usado sem problemas. Assim pode-se constatar que a operação do trator com biogás proporcionou maior torque e potência, do que a mera operação a diesel. O consumo de combustível também apresentou claras economias de até um terço.

49: *<http://schweizerbauer.ch/landtechnik/neuheiten/schwedens-ehrgeizige-plaene-mit-biogas-traktoren-10039.html>*

Com base nesses resultados de teste positivos, a Valtra decidiu iniciar, conforme mencionado acima, uma produção em série limitada de tratores a biogás durante o ano de 2013. O modelo selecionado é o N101 com 110 CV. Esse trator de 4 cilindros com o sistema bicombustível pode ser operado com biogás, com gás natural e também com diesel.⁴⁹

4.3 Aplicações em veículos leves

O biometano, como já mencionado, pode ser utilizado sem problemas em veículos a gás natural, que já alcançaram maturidade técnica e estão disponíveis no mercado em diferentes modelos e equipamentos, representando o estado da arte. São fornecidos a partir da fábrica com motores especiais para gás natural/biometano ou motores adaptados posteriormente. Para o armazenamento do gás natural/ biometano os carros são equipados com os respectivos tanques e instalações de segurança. Os custos para essa conversão remontam na Europa atualmente a € 1.500,00 a € 3.000,00. Uma vez que os veículos leves mesmo após a adaptação continuam tendo um tanque a gasolina, estes podem ser paralelamente movidos com este combustível.

4.3.1 Situação na Alemanha

Na Alemanha, a Daimler AG, a Opel, Audi e Volkswagen oferecem veículos leves a biometano e, na UE esses veículos são comercializados pela Volvo e

PSA. Além disso, a FIAT e a Tofas (Turquia) oferecem mundialmente veículos leves compatíveis com biometano.

Apesar de uma já existente diferenciação dos modelos, a oferta de veículos a gás continua limitada. Especialmente dentro das classes de veículos superiores e inferiores, a seleção de modelos para o cliente é restrita. Assim, na maioria destas classes de veículos só existem um ou dois modelos. Somente a Fiat oferece veículos a gás natural de pequeno porte eficientes. A Volkswagen, como maior fabricante de veículos da Europa até hoje, não tem oferta de veículos a gás para os seus modelos de grande sucesso Golf e Polo. Segundo as informações desse fabricante, trações a gás natural estão tecnicamente previstas para essas classes de veículos em sua nova estratégia de módulos e, portanto, podem ser realizados em curto prazo. Seis das doze marcas de veículos leves de maior sucesso na Alemanha não oferecem veículos a gás. Assim, os clientes da BMW, Audi, Renault / Dacia, Skoda, Toyota e Peugeot não encontram atualmente nenhuma oferta junto às suas concessionárias. A aquisição de um veículo a gás natural ou biometano pode, portanto, implicar na mudança da marca do veículo – para os clientes leais a uma marca, um grande obstáculo.

4.3.2 Situação no Brasil

Segundo informações da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea), em 2013 foram vendidos aproximadamente 0,9% de veículos a menos do que no ano anterior. Motivo para esse pequeno desenvolvimento negativo do mercado automobilístico brasileiro, que nos últimos anos apresentou taxas de crescimento constantes, deve-se a maiores impostos, escassez de créditos, a explosão do trânsito nas grandes cidades com os respectivos problemas, assim como a crescente questão do endividamento particular.⁵⁰

Mesmo assim, especialmente as montadoras alemãs afirmam que pretendem continuar investindo no Brasil. Também a Mercedes-Benz⁵¹, a BMW e a Audi anunciaram para 2013 um maior engajamento no país sul-americano e pretendem participar mais, ampliando a sua produção no 4º maior mercado automobilístico do mundo.⁵² Com isso, 4 montadoras alemãs estão no mercado brasileiro que apresentam alguns, mesmo que poucos, modelos a gás natural em sua gama de produtos. Se e até que ponto esses veículos a gás natural serão produzidos no futuro no Brasil continua incerto. A Fiat, também conhecida pelo seu amplo portfólio em modelos a gás natural, já atua há muito tempo no mercado automobilístico brasileiro e é um dos principais atores. Em 2011 a Fiat vendeu aproximadamente 596.000 automóveis no Brasil (modelos produzidos e importados) ocupando o 1º lugar em venda de automóveis.⁵³

50: <http://brasilienmagazin.net/politik-wirtschaft/18219/automobilbranche-brasiliens-schrumpft-leicht/>

51: A Mercedes até 2013 produzia exclusivamente caminhões e ônibus no Brasil

52: <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/deutsche-autobauer-investieren-brasilien-kommt-in-fahrt-1.1787633>

53: <http://www.nzz.ch/lebensart/auto-mobil/konkurrenz-belebt-das-geschaeft-1.17771591>

4.4 Aplicações em ônibus e transporte público urbano

O desenvolvimento de motores de ônibus na Europa é incentivado especialmente pelo uso de biometano nas frotas de ônibus do transporte público urbano. Assim, uma série de cidades optou por essa tecnologia, uma vez que dessa forma, foi também possível cumprir outras obrigações e metas públicas, como por exemplo:

- >> O aterramento de resíduos orgânicos na Europa deverá parar até 2016 e a produção de biogás oferece um método comprovado e eficiente para o tratamento biológico de resíduos
- >> Redução das emissões de dióxido de carbono fóssil
- >> Redução dos problemas de qualidade do ar
- >> Segurança de fornecimento, melhor rendimento de combustível por hectare do que as opções de biocombustíveis líquidos baseados em agriculturas/ florestas

Já existem ônibus operando comercialmente com biometano. Na Alemanha, por exemplo, a Daimler AG produz a Mercedes Benz Citaro CNG. Trata-se de um ônibus articulado com um motor a gás natural de seis cilindros que opera também com biometano. Além disso, para melhorar a utilização de biogás como combustível, diversos projetos europeus foram iniciados, sendo um deles o projeto da UE “Baltic Biogas Bus “ organizado pela Suécia, Noruega, Finlândia, Estônia, Letônia, Lituânia, Polônia, Alemanha e Rússia. Seus principais objetivos são a ampliação do uso de biometano como um combustível no transporte público urbano nas regiões do Mar Báltico e a redução da quantidade de poluentes e emissões de CO₂.⁵⁴ Além disso, diversos outros projetos foram iniciados em cidades europeias para fazer primeiras experiências na aplicação de biometano como combustível em sistemas de transporte público. Alguns desses projetos interessantes são apresentados abaixo:

54: http://www.ati-erc.de/download/Einfuehrung%20Biogas_Infoblatt-11.pdf

55: NGV journal, Paris benefits from CNG-fueled refuse fleet, October 2013, <http://www.ngvjournal.com/it/veicoli/item/13726-paris-benefits-from-cng-fueled-refuse-fleet>

56: Regulation (EC) No 715/2007, http://europa.eu/legislation_summaries/environment/air_pollution/l28186_en.htm

57: NGV journal, Community of Madrid encourages transition to alternative fuel taxi cabs, October 2013, <http://www.ngvjournal.com/it/veicoli/item/13614-community-of-madrid-encourages-transition-to-alternative-fuel-taxi-cabs>

58: NGV journal, City of Madrid launches line of subsidies to help with the acquisition of green taxis, August 2013, <http://www.ngvjournal.com/en/vehicles/item/13042-city-of-madrid-launches-line-of-subsidies-to-help-with-the-acquisition-of-green-taxis>

Paris, França:

A *Urbaser Company*, uma subsidiária do Grupo ACS é responsável pelo serviço de coleta de lixo “porta a porta” nos 130, 160 e 20º arrondissements de Paris. A ACS utilizará caminhões que correspondem ao padrão Euro 6 operando com gás natural comprimido, cujos motores ajudam a reduzir as emissões de CO₂ e os níveis de ruídos.⁵⁵ A norma Euro 6 regula as emissões de veículos comerciais.⁵⁶

Madrid, Espanha:

“A aceleração da renovação da frota de táxis existente mediante a introdução de tecnologias de veículos mais limpas é considerada uma das ações chave para reduzir emissões,” consta no comunicado do Município de Madrid. Vale a pena salientar que em agosto de 2013 a cidade de Madrid lançou uma linha de subsídios que anunciava o financiamento para a aquisição de ecotaxis com um orçamento de aproximadamente 80.000,00 euros.⁵⁷

Atualmente, 20% dessas frotas de transporte público usam tecnologias de combustível limpo, inclusive gás natural. O orçamento remonta a 79.000,00 euros, atribuindo no máximo 1.000,00 euros para cada táxi comprado. Essa medida está inserida no Plano de Qualidade do Ar da cidade de Madrid. A iniciativa também foi colocada em prática em colaboração com empresas particulares. A Gas Natural Servicios abraçou a busca de soluções de combustíveis alternativos para uma mobilidade sustentável no setor de táxis, pagando o fornecimento dos primeiros 1.000,00 euros de gás natural comprimido abastecidos nas estações de abastecimento. A Repsol, a SEAT e a Toyota também apoiam o projeto.⁵⁸

59: NGV journal, Madrid's public transport company added 32 natural gas MAN buses during 2013, September 2013, <http://www.ngvjournal.com/it/veicoli/item/13278-madrids-public-transport-company-added-32-natural-gas-man-buses-during-2013>

60: NGV journal, UK Transport Minister awards £2.4m to help bring low carbon buses into service, October 2013, <http://www.ngvjournal.com/it/veicoli/item/13560-uk-transport-minister-awards-p24m-to-help-bring-low-carbon-buses-into-service>

A parcela de mercado da MAN no segmento de veículos a gás natural aumentou e até mesmo ultrapassou 50% na Europa entre 2007 e 2009. De 2002 a meados de 2013 quase 4.000 veículos movidos a gás natural foram vendidos pelo fabricante, dos quais mais de 10% operam na Espanha. As principais cidades europeias estão comprometidas com esse desenvolvimento. Por exemplo, a EMT de Madrid (empresa municipal de transporte público) recebeu 32 ônibus articulados com motorização a gás natural comprimido em 2013.⁵⁹

Reino Unido:

O Ministro de Estado Norman John Baker anunciou em 2013 que verbas adicionais seriam disponibilizadas para a aquisição de mais ônibus verdes a biometano, elétricos e híbridos e para a conversão de algumas dúzias de veículos adicionais filtrar a fumaça de escapamento.

Alguns exemplos dos estados beneficiados são Manchester e Sunderland, cada um deles receberá financiamentos para adquirir 23 novos veículos que podem ser elétricos, híbridos ou movidos a biometano. Além disso, York receberá dinheiro para adquirir diversos ônibus verdes. Sheffield receberá financiamento para converter cinco ônibus para se movimentar com gás natural.⁶⁰

Suécia:

Na região de Estocolmo no ano de 2025 todos os ônibus deverão ser operados com vetores de energia sustentáveis. Desde 2004, os primeiros ônibus operam a biogás proveniente de instalações de digestão de resíduos e estações de tratamento de esgoto.

Vans a gás natural comprimido

Vans e pick-ups são bastante adequadas para gás natural comprimido, uma vez que geralmente tem espaço suficiente para o armazenamento de combustível e muitas vezes cobrem uma alta milhagem. Vans de correio ou entregas que rodam o dia inteiro são especialmente adequadas. Igualmente às frotas de táxi adotou-se a van movida a gás natural comprimido, uma vez que é mais limpa e silenciosa.

Figura 13: O Ford Transit Connect (gás natural comprimido) percebe uma crescente demanda por frotas de todos os tipos, inclusive táxis e vans de serviço.

Fonte: NGV Global, Vehicle Types, <http://www.iangv.org/natural-gas-vehicles/vehicle-types/>



4.5 Aplicações em veículos pesados

61: Veículos de gás natural globais, tipos de veículos, <http://www.iangv.org/natural-gas-vehicles/vehicle-types>

62: Carrefour, Nossos funcionários, Carrefour lança seus primeiros caminhões operando com biometano, Março de 2013, <http://www.carrefour.com/news-releases/carrefour-rolls-out-its-first-lorries-running-biomethane>

Figura 14: O Carrefour testa seus primeiros caminhões operando com biometano produzido a partir de resíduos de suas lojas

63: TheGreenCarWebsite.co.uk, <http://www.thegreencarwebsite.co.uk/blog/index.php/2012/03/12/coca-cola-invests-in-biomethane-fleet-after-successful-trial/>

Figura 15: Caminhão operado com biometano da frota da Coca-Cola AG

Caminhões a gás natural comprimido e gás natural liquefeito

Empresas globais de gestão de resíduos adotaram caminhões movidos a gás natural para frotas municipais e particulares com muitos caminhões de lixo abastecidos por biometano gerado em aterros sanitários. Em algumas aplicações o operador da frota pode adotar um motor a gás natural bicomcombustível ao invés de um motor exclusivamente a gás natural, oferecendo a opção de utilizar também diesel.⁶¹

Há também algumas empresas que usam biometano em seus caminhões, por exemplo:

- 1) Administrada em parceria com a GNVert, a subsidiária do grupo GDF SUEZ, a empresa de transporte Perrenot e a empresa fabricante Iveco utilizam veículos a biogás que farão entregas a aproximadamente quinze lojas Carrefour na região de Lille (figura a seguir).⁶²



- 2) A Coca-Cola investe numa frota de biometano após um ensaio bem sucedido na Grã-Bretanha. A Coca-Cola (CCE) investiu 1,5 milhões de libras esterlinas em uma frota de 14 caminhões movidos a biometano (figura seguinte)⁶³ e nas respectivas estações de abastecimento em um dos depósitos da Coca-Cola na Grã-Bretanha após uma participação bem sucedida numa operação teste com veículos dessa natureza com Cenex.



A Cenex informou detalhes sobre uma operação teste de um ano que durou de junho de 2010 a maio de 2011, revelando que veículos movidos a gás alcançam uma redução de 50,3% nas emissões de gás de efeito estufa em comparação com um veículo diesel padrão. Isso foi alcançado mediante o uso de uma estação de abastecimento temporária: com a instalação da estação nova, permanente e mais eficiente no depósito CCE, a redução de GEE deverá aumentar para 60,7%. A operação de veículos a gás com biometano contribuiu também para que a empresa pudesse reduzir os custos de combustível em 12,8%. O biometano foi gerado mediante a purificação do biogás extraído de aterros sanitários. A nova frota a gás da CCE consumirá aproximadamente 168 toneladas de biometano por ano, economizando mais de 300 toneladas de CO₂, 1.590 kg de NOx, 33 kg PM de emissões por ano. Além disso, a CCE testou uma empilhadeira a gás líquido convertida para operar com biometano em Enfield, alcançando uma economia de CO₂ da produção à distribuição de 71 %.⁶⁴ C. Walsh, o diretor de suporte técnico e consultoria na Cenex, informou: “O sucesso desse teste mostra que veículos a gás oferecem um desempenho de operação e níveis de confiabilidade semelhantes, se não melhores, do que as tecnologias diesel, reduzindo significativamente as emissões de CO₂. Com a publicação dos resultados do relatório esperamos eliminar a necessidade de comparações repetidas de tecnologia dentro das frotas, reduzindo assim o tempo requerido para a distribuição de veículos comerciais a gás em todo o Reino Unido. Portanto, o relatório proporciona aos administradores da frota e os tomadores de decisão a confiança para empregar veículos a gás nas suas operações.”

Também o fabricante sueco de caminhões **Scania** há pouco entregou o primeiro caminhão movido a biometano⁶⁵ que observa a norma de emissões E6. Esse caminhão é utilizado pela empresa sueca Bring Logistics. Os motores de biometano oferecidos pela Scania alcançam um desempenho de até 340 CV⁶⁶.

- 3) Na Alemanha, a **Daimler AG** oferece o Mercedes-Benz Econic NGT, um caminhão que pode ser operado com biometano.⁶⁷ A **MAN** também tem desenvolvimentos nessa área, entretanto, veículos teste com motores baseados no motor a gás natural da MAN só são testados até o momento dentro da própria fábrica. A MAN espera nos próximos anos os primeiros testes públicos em cooperação com operadores de frotas – inclusive no Brasil.

64: F. Sunderland (Março de 2012), A Coca-Cola investe em frotas de biometano após um ensaio bem sucedido <http://www.thegreencarwebsite.co.uk/blog/index.php/2012/03/12/coca-cola-invests-in-biomethane-fleet-after-successful-trial/>

65: http://www.scania.at/Images/Scania%20bewegt%2001_2013_WEB_tcm114-354774.pdf

66: <http://auto-clever.de/61107-scania-liefert-weltweit-ersten-biogas-lkw-mit-e-6-norm-aus>

67: <http://www.gas24.de/cms/386-0-mercedes-benz-econic-mit-biogasantrieb-in-schweden.html>

5

OPÇÕES PARA FORNECIMENTO E TRANSPORTE DE BIOMETANO

Em princípio, os seguintes Business Cases para a aplicação de biometano são possíveis e operam com intensidade distinta em diferentes países:

- >> **1ª opção: Alimentação e armazenamento na rede de gás natural**
O biometano é preparado conforme as disposições legais e alimentado na rede de gás natural. Posteriormente o armazenamento pode ocorrer em acumuladores de gás natural. A distribuição ocorre no local de uso, por exemplo, em postos de abastecimento de biometano conectados na rede de gás natural.
- >> **2ª opção: Postos de abastecimento**
Neste caso o biogás tratado (biometano) é disponibilizado no posto de abastecimento diretamente como BMC ou BML na instalação de biogás ou de gás de aterro.
- >> **3ª opção: Engarrafamento em cilindros de gás e transporte em caminhões**
O biometano é comprimido na usina de biogás ou de gás de aterro e armazenado em cilindros de gás sob pressão. Posteriormente, os cilindros de gás podem ser transportados ao local de consumo por meio de caminhões.

5.1 1ª opção: Postos de abastecimento nas usinas de biogás e gás de aterro

68: FNR e.V. (2014), Leitfaden Biogas, página 222

69: Cenex: Biomethane Toolkit : A guide to the production and use of biomethane as road transport fuel. URL <http://www.cenex.co.uk/LinkClick.aspx?fileticket=AeRAmFsNU2s%3d&tabid=119&mid=695> - data de acesso 2014-01-28

70: Göteborg Energi, Swedish Biogas International und Lidköping municipality: Lidköping Biogas. URL http://www.lidkopingbiogas.se/wp-content/uploads/2012/10/LB_folder_digital_english.pdf.

Para uma expansão da utilização de biometano é necessária uma ampliação atraente da gama de ofertas no mercado de gás e uma ampliação no setor de transporte (tanto postos de abastecimento como também de veículos a gás natural).⁶⁸

Se for utilizado biometano como combustível, podem ser utilizadas analogamente ao gás natural as duas opções já mencionadas:

1. Compressed Biomethane – BMC (biometano comprimido)
2. Liquefied Biomethane – BML (biometano liquefeito)⁶⁹

O biometano comprimido é a opção mais utilizada na Europa. Neste caso, o biometano é comprimido a pressões acima de 200 bar e armazenado. O BML é produzido através de uma refrigeração de baixa temperatura, abaixo de -163 °C. Isso é realizado, por exemplo, com nitrogênio líquido num agregado de refrigeração previsto para tal. Aqui é realizada a separação simultânea de gases traço como oxigênio ou componentes sulfurosos. O consumo de energia é de aproximadamente 1 kWh/Nm³ de biometano ou 10 % do teor de energia produzido do biogás.⁷⁰ O armazenamento é realizado posteriormente em acumuladores de baixa pressão.

Por motivos econômicos atualmente é utilizado mais usualmente o biometano comprimido (BMC). Esse processo e o respectivo posto de abastecimento de biometano são descritos detalhadamente a seguir.

71: Norma técnica folha de trabalho G 651. Julho de 2009. Postos de abastecimento de gás natural

5.1.1 Descrição da tecnologia de postos de abastecimento de biometano

A seguir será apresentada a tecnologia de posto de abastecimento operado com biometano comprimido (BMC). Na Alemanha, a questão de postos de abastecimento de biometano e gás natural é regulamentada na Norma DVGW G 651 (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.) (Technische Regel Arbeitsblatt G 651).⁷¹ Como posto de abastecimento de biometano é, portanto, considerada uma instalação de abastecimento para a entrega de biometano a um recipiente de pressão, ou seja, tanque de um veículo. As seguintes instalações técnicas são necessárias para a operação desse posto:

- » Armazenamento intermediário,
- » Secador de gás,
- » Tubulações,
- » Mangueiras,
- » Guarnições,
- » Compressor,
- » Técnica de medição, controle e regulagem (MSR),
- » Instalações de distribuição, por exemplo, bomba, mangueira, medidor de quantidade de gás, bico de abastecimento,
- » Instalações de proteção.

O biogás tratado, isento de dióxido de carbono, sulfeto de hidrogênio e água é primeiramente conduzido por um filtro para a separação de partículas e depois secado novamente. Depois, um compressor comprime o biometano para uma pressão acima de 200 bar (dependendo da pressão de armazenamento). Posteriormente, o armazenamento é realizado nos reservatórios de gás sob pressão previstos para tal, em geral cilíndricos.

O consumo de energia para a compressão é de aproximadamente 3% da energia existente no biogás. O abastecimento propriamente dito de veículos é realizado na instalação de distribuição que consiste da bomba, da tubulação, da medição da quantidade de gás e do bico de abastecimento. Aqui, a duração do processo de abastecimento depende da pressão de armazenamento do reservatório de gás comprimido cilíndrico e da pressão a ser exercida no tanque do veículo.

5.1.2 Postos de abastecimento no local das instalações de biogás

Os postos de abastecimento de biometano com uma relação direta com a usina de geração de biogás podem cumprir a necessidade própria na área de mobilidade do operador da instalação. Esses postos de abastecimento geralmente não são publicamente acessíveis, mas reservados à frota da empresa. Considerando que somente 6 Nm³ de biometano são suficientes para superar uma distância de aproximadamente 100 km, os postos de abastecimento de biometano de pequeno porte oferecem a oportunidade de alimentar frotas de veículos com combustível. Isso é especialmente interessante para o setor agrícola e de resíduos sólidos urbanos.

Na Suíça a empresa Apex AG realiza pesquisas com um posto de abastecimento de pequena escala. A “Blue Bonsai” trata biogás com ajuda de

72: R. Strässle(2013),
Minitankstelle - Auch für
Kläranlagen. Em: Umwelt
Perspektiven (2013), Nr. 3

um processo de membrana, com uso de fibras ocas de poliamida. Em comparação com as instalações de tratamento e abastecimento convencionais o desafio da planta de pequena escala consiste na viabilidade econômica, uma vez que utiliza quantidades de gás bem menores. Estas são de 15 Nm³/h ou menos. Além disso, a qualidade oscilante do gás bruto, bem como condições externas sazonais são outros desafios. O posto de abastecimento de pequeno porte “Blue Bonsai” encontra-se atualmente na fase piloto e um teste em campo está programado para em breve. O tamanho da instalação corresponde aproximadamente a duas vagas de estacionamento com uma altura de 2,5m.⁷²

A seguir apresenta-se alguns exemplos europeus de postos de abastecimento de biometano em instalações de biogás, ou seja, a opção de abastecimento da própria frota no local da produção para fins operacionais ou acesso público, assim como postos de pequeno porte.

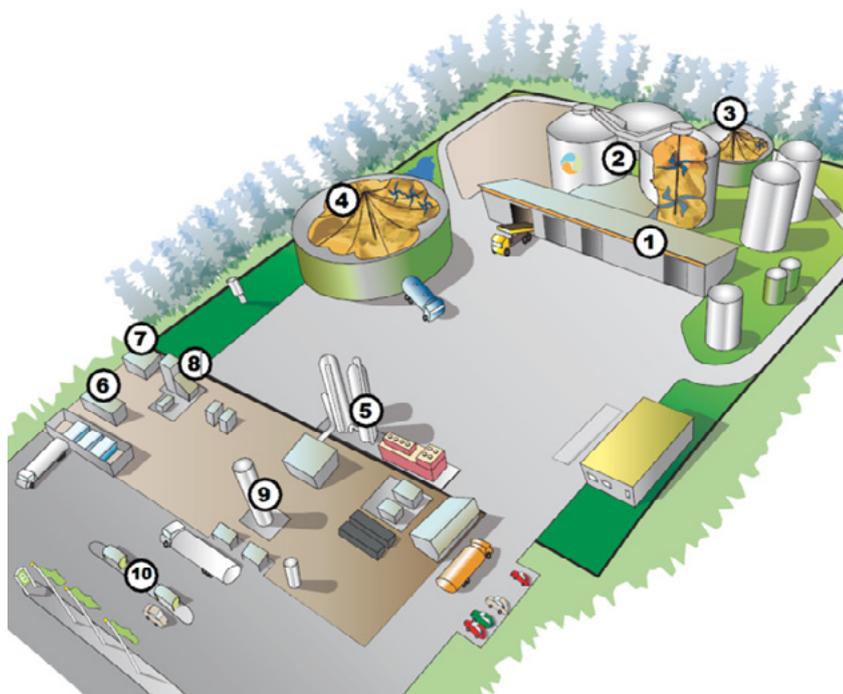
Usina de biogás e posto de abastecimento no local de Lidköping [Suécia]

O material de partida para a produção de biogás é transportado por meio de caminhões aos almoxarifados (1). Nos dois biodigestores principais (2) a produção do biogás ocorre por meio da digestão anaeróbia. O produto digerido é coletado no almoxarifado de resíduos da digestão (4) até ser usado pelos agricultores regionais como fertilizante.

O processo de digestão dura aproximadamente 60 dias. O biogás produzido é transportado do biodigestor por meio de uma tubulação de gás bruto para a instalação de tratamento (5). Lá é separado, entre outros componente, o dióxido de carbono. A partir de um teor de metano de 97%, o biogás, então convertido em biometano, pode ser utilizado como combustível. Uma pequena quantidade de gás é comprimida (6) e transportada com uma caixa móvel por caminhão. Na instalação em Lidköping a maior parte do biogás é liquefeito. Para isso, o dióxido de carbono restante é eliminado do gás por meio da adsorção por variação de pressão (7) e depois resfriado para -163°C (8). Aproximadamente 10% do teor energético do biogás é consumido nesse processo. O biogás liquefeito é armazenado em um tanque isolado de 20m de altura (9) e levado em um contêiner para Göteborg e outros locais.

Lidköping Biogas é um fornecedor da Fordonsgas Sverige, o primeiro fornecedor de combustível com certificação ambiental. Um dos postos de abastecimento está localizado diretamente no local de produção de biogás (10).

Figura 16: Estrutura esquemática do posto de biogás de pequeno porte em Lidköping [Suécia]



Fonte: DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH (2014), página 8

Proteção climática com o aproveitamento energético de resíduos orgânicos e utilização de biometano no exemplo da empresa de coleta municipal Berliner Stadtreinigungsbetriebe (BSR)

No início de junho de 2013 a nova usina de biogás da BSR foi instalada em Ruhleben. No âmbito da campanha de resíduos orgânicos, são transformados em biometano aproximadamente 60.000 toneladas anuais de resíduos orgânicos (Biogut) domésticos de Berlim. A usina opera conforme o princípio da digestão a seco. Esse método é o mais adequado para resíduos orgânicos com um teor de água de 60 a 80 por cento como ocorre prioritariamente nos resíduos de cozinha das residências em Berlim. Os resíduos orgânicos são alimentados primeiramente na instalação de digestão, onde microrganismos decompõem os resíduos orgânicos a 54 °C. Os resíduos orgânicos são decompostos em 21 dias. O biogás bruto gerado é limpo, tratado e purificado para biometano. Após o respectivo tratamento (teor de metano de 98%) o produto cumpre as exigências da GASAG (distribuidora de gás natural local) e pode ser alimentado na rede municipal.

Nas três estações de operação da empresa, os caminhões de coleta são abastecidos a partir de uma rede própria de postos de gás. Aproximadamente metade de toda a frota de veículos de coleta da BSR (150 veículos de coleta de lixo) são movidos a gás. Assim, anualmente são economizados 2,5 milhões de litros de diesel. Além da substituição do combustível fóssil, a reutilização dos resíduos da fermentação como fertilizante agricultura contribui para evitar a emissão de CO₂.

Vantagens:

- >> Redução das emissões de CO₂ de 12.000 toneladas ao ano
- >> Praticamente não há emissões de fuligem em veículos movidos a gás

- >> Redução da carga de benzol em 95%
- >> Redução das emissões de ozônio próximo ao solo é de 1/60 em veículos a gás em comparação com a tração convencional
- >> Redução pela metade da emissão de ruídos com a operação de veículos a gás em comparação com veículos a diesel

Com isso, esses veículos cumprem as exigências de gases de escapamento mais rígidas do mundo. Para o uso sem problemas no dia-a-dia a BSR constituiu nos locais Nordring (Marzahn-Hellersdorf), Malmöerstraße (Pankow-Prenzlauer Berg) e Forckenbeckstraße (Charlottenburg-Wilmersdorf) postos de abastecimento de gás natural próprios. Essa utilização energética de resíduos biológicos não só tem um efeito ecológico positivo, mas também uma influência positiva sobre as taxas de lixo em Berlim.

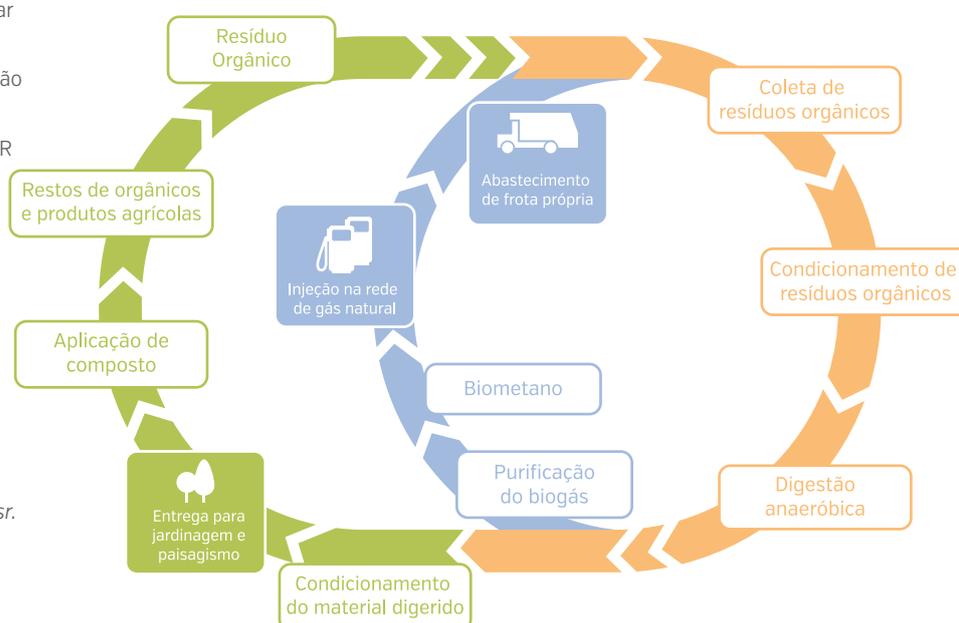
Figura 17: Posto de abastecimento de gás natural para veículos da empresa de coleta BSR



Fonte: <http://www.bmp-greengas.de/news-presse/bsr-tankt-bioabfall-mit-hilfe-von-bmp-greengas/>

A produção de biogás e o tratamento para a obtenção de biometano e a posterior utilização no caso da BSR é um bom exemplo para a ilustração da cadeia de valor agregado e de utilização de biometano.

Figura 18: Economia circular da utilização de resíduos orgânicos da BSR e utilização de biometano como combustível da frota da BSR

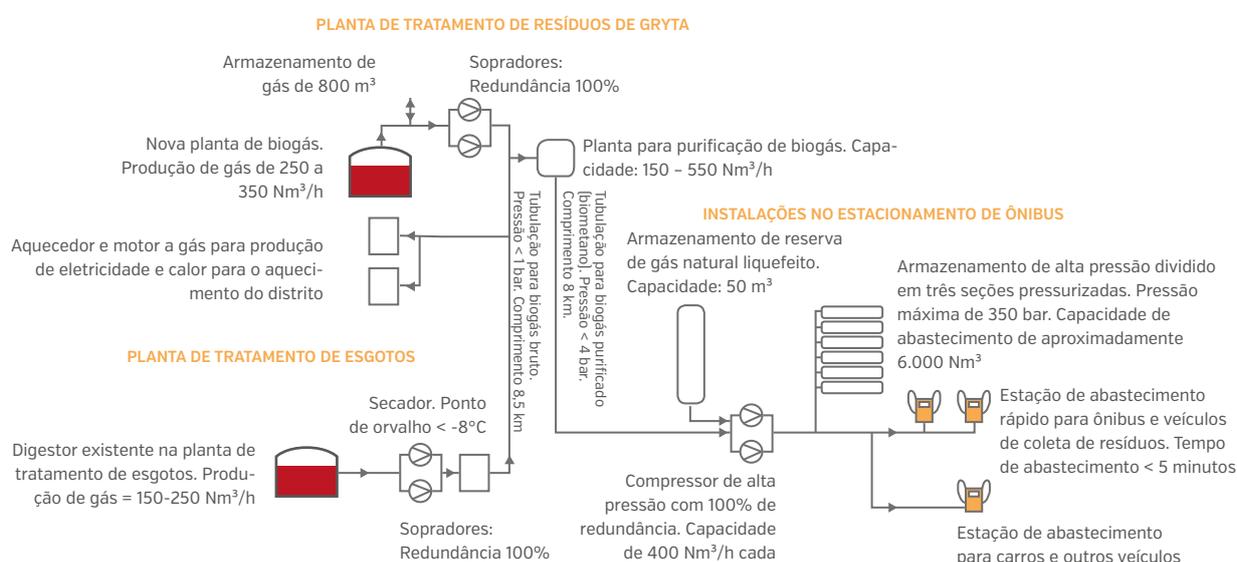


Fonte: BSR, <http://www.bsr.de/9495.html>

Cidade de Västerås [Suécia]

Em Västerås foi assinado um acordo de 20 anos sobre a utilização de biometano no transporte público. A produção de biogás em Västerås está baseada numa combinação de matéria-prima urbana e agrícola, cujos resíduos são usados como biofertilizante. O biogás da usina de biogás e o biogás do tratamento de resíduos são purificados e utilizados como combustível de veículos: o gás de dois locais de produção é suficiente para no mínimo 40 ônibus urbanos, 10 veículos de coleta de resíduos e aproximadamente 500 carros e outros veículos de transporte leve.

Figura 19: Esquema que exhibe a rede de gás em Västerås



Fonte: O projeto Växtkraft em Västerås [2007], <http://www.vafabmiljo.se/filarkiv/pdf/vaxtkraft/vkeng07.pdf>, página 13

O biometano das duas usinas é odorizado com etanotiol e depois injetado na devida tubulação. Posteriormente, o biometano produzido é transportado às duas estações de enchimento rápido, para uma estação destinada às frotas (ônibus e caminhões de lixo) no pátio de ônibus e para uma estação destinada a carros e outros veículos leves.

A frota de ônibus consiste hoje em 40 ônibus movidos a biometano. O posto de abastecimento público é localizado a 100 m do pátio de ônibus. As duas estações de abastecimento rápido são alimentadas por biometano comprimido e armazenadas nas mesmas instalações que o pátio de ônibus.

Para a transferência do biometano da planta de beneficiamento às instalações de abastecimento no pátio de ônibus é utilizada uma tubulação específica. Essa tubulação de 8,5 km é de PE100 com um diâmetro de 160 mm e uma pressão de trabalho máxima de 4 bar. A tubulação é coberta com uma cobertura de proteção de 3 mm de espessura de material PP-HM. GNL é usado como back-up, se o fornecimento de biometano diminuir. Essa capacidade de reserva é necessária, uma vez que o gás é o único combustível para os ônibus que são, portanto, completamente dependentes do fornecimento diário de gás. O objetivo do armazenamento de GNL é substituir o biometano por gás natural no caso de escassez de biometano ou funcionamento incorreto da planta de beneficiamento. Se houver necessidade de back-up,

o GNL é evaporado e conduzido aos compressores de alta pressão. Quando o armazenamento está repleto a capacidade de back-up é suficiente para sete dias de operação de todos os 40 ônibus.

5.1.3 Postos de abastecimento de pequeno porte para fins operacionais e municipais

Postos de abastecimento de biometano/ gás natural adquirem o gás pela rede (o biometano é injetado na rede de gás se ele foi tratado para adquirir qualidade de gás natural) ou os postos de abastecimento podem ser abastecidos com biometano comprimido ou liquefeito.

Instalação de Pratteln [Suíça]

Desde 2006 é gerado biogás a partir de resíduos orgânicos na empresa suíça de reciclagem Biopower Nordwestschweiz AG. Os resíduos são provenientes de residências e da poda, assim como resíduos da indústria alimentícia.

A organização dos materiais para alimentar a instalação baseia-se em intenso trabalho de publicidade e logística. Após uma fase inicial morosa, as residências receberam lixeiras para a coleta separada de resíduos orgânicos com sacos de lixo degradáveis que foram desenvolvidos como conceito para a gastronomia e indústria. O conceito funcionou e hoje é exemplo em diversas regiões na Suíça e no exterior. Apesar de uma logística que funciona muito bem, a instalação devido ao seu tamanho, nunca alcançou os valores de potência combinados e nunca foi operada de forma rentável.

Por isso, em 2012 foi tomada a decisão de substituir a técnica de tratamento e, desde janeiro de 2013, o gás é tratado com tecnologia de membrana construída pela empresa Eisenmann. A tecnologia de membrana oferece claras vantagens econômicas especialmente para instalações de pequeno porte. Com a nova instalação a quantidade alimentada aumentou em 25%.

O principal consumidor do biometano é a empresa de transporte público Baseler Verkehrsbetriebe que utiliza o gás para operar 33 ônibus com 50% de biometano. Maiores informações constam no site da BIOPOWER Nordwestschweiz AG.

Hotel e spa Eggensberger em Allgäu [Alemanha]

Em 2010 entrou em operação o posto de abastecimento de biometano do hotel e spa orgânico Eggensberger na região do Allgäu. O posto de abastecimento é privado e o biometano é proveniente de uma usina de biogás próxima, na qual são utilizados restos de alimentos e alimentos vencidos. Inclusive os restos de alimentos do hotel são transportados até a usina de biogás com um caminhão movido a gás natural. A empresa Erdgas Schwaben GmbH trata o biogás em uma instalação de tratamento para obter qualidade de gás natural e injeta o biometano proveniente na rede, sendo uma parte do biometano utilizada no posto de abastecimento de biometano instalado para esse fim. Há pouco foi concedido ao empreendimento o prêmio “Produto de biogás do ano” pela agência de energia Deutschen Energieagentur GmbH (dena).

Posto de abastecimento de biometano Eskilstuna [Suécia]

Experiências de longa data existem na Suécia especialmente na cidade de Eskilstuna. Desde os anos 50 o biogás ou gás gerado no tratamento de esgoto é usado para suprir (em partes) o consumo de calor da instalação de tratamento de esgotos. Entre 1995 a 2002 o gás era usado em cogeração (geração de eletricidade e calor). Em 2002, a instalação foi reformada e foi criado um posto de abastecimento de biometano para ônibus a 1 km de distância da planta. Dois anos depois, este foi ampliado e transformado em um posto de abastecimento público. A produção, o tratamento e a venda do gás são realizados através de operações municipais. Além do lodo, ainda foram utilizados resíduos orgânicos e resíduos da indústria de alimentos como substrato da digestão. Em 2008 foi planejada a expansão do posto de abastecimento, de forma que o número de ônibus abastecidos aumentou até 2010 de 19 para 24. A construção propriamente dita do posto de abastecimento de biometano só durou 2 meses e custou aproximadamente € 132.000,00. Na escolha do local para o posto foram considerados o acesso à rodovia, trânsito, postos de abastecimento já existentes, distâncias, entre outros fatores. Finalmente optou-se por construir um pátio de ônibus a uma distância de 1,5 km da rodovia. Aproximadamente 50 veículos leves acessam diariamente o posto de abastecimento, e em 2008 foram vendidos 260.000 Nm³ de biometano. Adicionalmente foram gastos 500.000 Nm³/J no posto de abastecimento de ônibus. Se a produção de biogás exceder a demanda, as quantidades excedentes serão vendidas à concessionária de gás AGA Gas AB. No caso inverso existe a opção do uso de gás natural. A instalação opera há vários anos sem interrupções, porém ocorreram alguns problemas técnicos especialmente na interação entre software – hardware. O equipamento original da instalação foi importado da Nova Zelândia, o que provocou problemas na manutenção e na aquisição de peças de reposição. Por isso, foi realizada a sua substituição por aproximadamente € 47.000.

Posto de abastecimento de biometano no aeroporto de Estocolmo [Suécia]

O posto de abastecimento de biometano no aeroporto de Estocolmo *Arlanda Airport* é propriedade de uma concessionária de gás (AGA Gas AB), mas é operado por um posto de gasolina tradicional (Statoil). Essa cooperação funciona, uma vez que o operador do posto investiu seus conhecimentos na instalação do compressor de biometano e é responsável pela venda e atendimento ao público. A concessionária de gás contribui na área de monitoramento e realiza serviços de manutenção. A instalação foi montada em 2005 e substituída duas vezes. Os custos acumulados para essas medidas foram de aproximadamente € 660.000. Os principais consumidores desse biometano são aproximadamente 250 táxis, 5 ônibus do aeroporto e alguns poucos caminhões de coleta de resíduos. São consumidos diariamente 3.000 Nm³ de biometano. Desde a limitação da emissão de CO₂, outras empresas que operam no aeroporto estão interessadas em veículos operados por biometano. A vantagem de integração de postos de abastecimento de biometano em postos convencionais de gasolina/ diesel é especialmente a fácil localização para o consumidor. Até hoje, a região em torno de Estocolmo não

tem rede de abastecimento de gás e o biometano é compactado e transportado em cilindros de gás. Mundialmente Estocolmo é a única região na qual grandes quantidades de gás natural são distribuídas dessa forma.

5.1.4 Postos de abastecimento de biometano com acesso público

Posto de abastecimento de biogás Uppsala [Suécia]

Um dos primeiros postos de abastecimento de biometano da Suécia está localizado em Uppsala. Ele está em operação desde 1996 e foi dimensionado para o abastecimento de 10 ônibus e conta com uma bomba pública de abastecimento, especialmente para os veículos municipais. Em meados dos anos 90 ainda não existiam na Suécia normas para regulamentar o biometano como combustível, o que provocou, entre outros, contradições nas declarações das autoridades, assim como problemas técnicos. Até o ano de 2008 a instalação foi melhorada e ampliada várias vezes. Ao todo foram investidos aproximadamente 1,9 milhões de euros ao longo de 20 anos. A última medida foi realizada em 2001 e, desde então, 54 ônibus, 2 caminhões e 10 a 20 veículos leves são abastecidos diariamente. Além disso, a cidade de Uppsala desenvolveu um sistema próprio de custos que vincula o preço do biometano ao preço de gasolina. Uma análise de rentabilidade no momento ainda resulta num balanço negativo (informação de Magnus Källman do tratamento municipal de resíduos). Desde a sua reforma em 2001 não houve necessidade de realizar reparos importantes na instalação. Mesmo os compressores, inicialmente sensíveis, operam conforme a vida útil esperada. Além disso, o abastecimento é garantido por meio de uma opção de abastecimento com gás natural importado da Noruega.

Wendland [Dannenberg e Jameln, Alemanha]

A instalação de biometano da Kraft und Stoff **Dannenberg** GmbH & Co.KG entrou em operação em meados de 2007 com 690 kW_{el}. O biogás é tratado desde setembro de 2010 com um tratamento de gás com aminas da Dreyer & Bosse Kraftwerke GmbH para obter uma qualidade de gás natural para então ser injetado na rede de gás natural. Em um posto de abastecimento de gás no terreno do Volksbank Osterburg-Lüchow-Dannenberg eG, o gás é retirado e vendido como combustível. Dessa forma, o gás tratado pode ser alimentado continuamente e a rede de gás assume a função de armazenamento.

A instalação de biogás de 600 kW_{el} da Raiffeisen Warengenossenschaft eG na cidade de **Jameln** iniciou suas operações em 2005. Uma parte do biogás produzido a partir de matérias-primas renováveis é tratado com uma lavagem física (genosorb) da Haase Energietechnik GmbH para obter qualidade de gás natural. Em maio de 2005 foi inaugurado o primeiro posto de abastecimento de biogás da Alemanha na RWG em Jameln, que foi oficialmente colocado em funcionamento em junho de 2006 e em maio de 2007 100 veículos foram abastecidos com o biometano da Wendland.

Posto de abastecimento de biometano Nörrköping [Suécia]

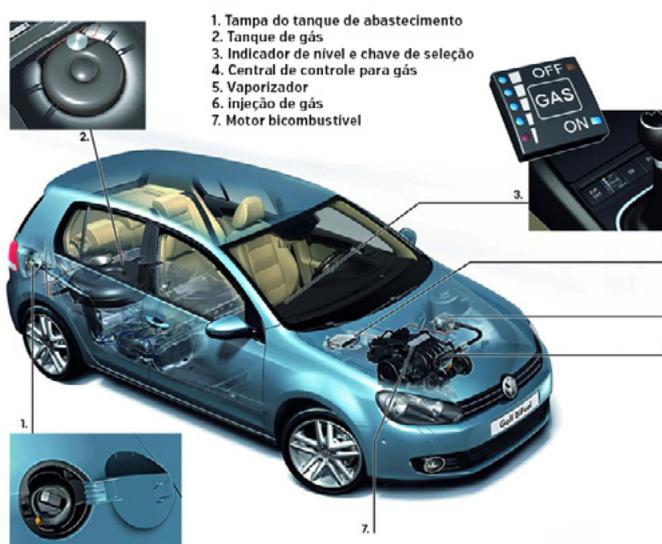
Em 2003 a cidade de Nörrköping decidiu investir em um posto de abastecimento de biometano para ônibus. Para tal empreendimento foi convidada a concessionária de energia alemã E.ON, que decidiu construir outro posto de abastecimento de biometano para veículos leves fora do pátio de ônibus. A cidade ainda aproveitou um programa de incentivo estadual na área de sustentabilidade ecológica. Os postos de abastecimento são de propriedade da E.ON e são operados desde a sua colocação em funcionamento em 2004 pela Nörrköping Vatten, que é a empresa municipal responsável pelo tratamento de esgotos do município. O gás gerado na estação de tratamento é transformado em biometano. A instalação de tratamento, por sua vez, pertence à E.ON. O gás tratado é transportado aos postos de abastecimento por uma rede de gás de 3 km de comprimento. Os custos de investimentos do projeto são de € 840.000, nos quais estão incluídos tanques de armazenamento para ter estoque que supre a demanda de 2 dias. A quantia de 30% dos custos foi coberta com o programa de incentivo estadual. O projeto durou 2 anos incluindo uma ampla análise de risco, sendo que a construção dos postos de abastecimento durou 7 meses. Foi recomendada a construção de uma parede corta-fogo entre os tanques de abastecimento estacionário e móvel. Após a conclusão, 22 bombas de abastecimento lento estão à disposição para abastecer 16 ônibus. O consumo de gás anual é de aproximadamente 700.000 Nm³ e o posto atende aproximadamente 20 clientes externos por dia, vendendo aproximadamente 70.000 Nm³ por ano. Os clientes são os próprios veículos da concessionária E.ON, veículos municipais, táxis e alguns veículos particulares. Nos últimos anos foi especialmente otimizado o sistema de segurança da instalação, minimizando especialmente as mensagens de alarme de erros. Além disso, o foco atual está na adaptação otimizada de oferta e demanda do combustível. Como exemplo, podemos citar o período de alta produção no verão, no qual o número de ônibus diminui por conta das férias escolares. Analogamente em agosto, com a volta às aulas, a demanda aumenta. A solução é a conexão do posto de abastecimento E.ON à rede de gás de um novo posto de abastecimento de biometano ou à usina de geração de biogás em Nörrköping. Uma vez que isso garante o abastecimento de gás, a E.ON objetiva um número maior de clientes.

5.1.5 Problemas no abastecimento

Para poder utilizar o biometano como combustível, este deverá ser comprimido a uma pressão de 200 bar e é armazenado com essa pressão nos tanques de gás comprimido do veículo. Aqui distinguimos entre abastecimento lento e rápido de veículos a biometano.

- >> O abastecimento lento tem a vantagem de ser relativamente independente da pressão de entrada e de ser econômico devido ao processo relativamente simples. A desvantagem é o tempo longo do processo de abastecimento.
- >> No abastecimento fastfill (abastecimento rápido) a pressão necessária é mantida diretamente nos tanques do posto de abastecimento. As desvantagens são os custos maiores e o processo técnico altamente sofisticado.

Figura 20: Sistema de abastecimento de um veículo bicombustível operado com gás natural líquido da VW [Imagem VW Golf 6 Bi-Fuel]



Fonte: <http://storage0.dms.mpinteractiv.ro/media/2/41/1823/3605987/3/volkswagen-golf-bifuel-5.jpg>

A seleção correta do tipo de abastecimento depende das preferências dos clientes de biometano. A padronização dos postos de abastecimento ainda não ocorreu, o que atualmente ainda gera inseguranças no mercado de biogás. Para superar esses aspectos e tornar o uso de gás natural e biometano mais atraente no setor de mobilidade privada são atualmente realizadas medidas para a padronização de postos de abastecimento de gás na Europa para as interfaces das tecnologias tradicionais entre o posto de abastecimento e o veículo (fonte: “Initiative Erdgasmobilität- CNG und Biometan als Kraftstoffe, 2012, página 18). Além disso, objetiva-se incentivar o marketing de gás natural e biometano como combustível.

5.2 2ª opção: Alimentação e armazenamento na rede de gás natural

73: FNR e.V. [2014], *Leitfaden Biogas*, página 22

O biometano pode ser injetado na rede de gás natural e/ou armazenado em cavernas subterrâneas. A rede de gás, portanto, não só proporciona um meio de transporte bem estruturado, mas também um enorme local de armazenamento. A tecnologia de tratamento pode ser instalada tanto nas novas instalações como em instalações já existentes. Novas e melhores tecnologias de tratamento podem tornar essa opção economicamente interessante, também para instalações de menor porte.⁷³ A injeção de biometano na rede de gás natural é realizada diretamente no local de geração.

5.2.1 Problemática de interfaces

A interface entre o tratamento de biogás nas respectivas instalações e a injeção no sistema público de abastecimento de gás natural não pode ser considerada pouco problemática, uma vez que numerosas exigências das técnicas de instalação e cobrança, valores limites legais, bem como os limites da capacidade de fornecimento devem ser cumpridos.

Depois da limpeza do biogás e conversão em biometano, este tem as mesmas propriedades de combustão do gás natural e já pode ser utilizado

diretamente no local ou injetado na rede, contribuindo para o abastecimento de gás público. Para a injeção na rede de gás, o biogás primeiro precisa ser comprimido num compressor. Na Alemanha, as principais definições para a geração, o tratamento e a utilização do biometano são regulamentadas no formulário técnico ATV M 363 “Herkunft, Aufbereitung und Verwertung von Biogasen” [Origem, tratamento e utilização de biogás].

Para a injeção de biometano na rede pública de gás natural distinguimos entre gás aditivo e gás substituto. Os gases aditivos, definidos na DVGW G 260 parágrafo 4.3., são misturas de gases que se distinguem consideravelmente do gás básico em sua composição e nos índices de combustão. Estes são gases que geralmente são distribuídos em uma área de abastecimento. Gases adicionais podem ser adicionados em volume limitado ao gás básico na rede como complemento. A exigência de um comportamento de combustão igual da mistura determina o montante do aditivo. Por sua vez, os gases substitutos nos termos da DVGW G 260, parágrafo 4.4.2, são misturas de gases que apresentam o mesmo comportamento de combustão que o gás básico, apesar de sua composição divergente do gás básico e índices divergentes a uma mesma pressão de gás e configuração inalterada dos equipamentos. Estes gases podem ser utilizados em substituição do gás básico.

Para injetar biometano como gás adicional ou substituto, ele deverá atravessar instalações específicas de medição, controle e regulagem (técnica MSR). O biometano como gás adicional é misturado num “misturador” com gás natural de alta qualidade (gás H) ou com gás natural de menor qualidade (gás L) e injetado respectivamente em redes de gás H ou L. Aqui o misturador de gás deverá ser dimensionado de tal forma que a formação de camadas ou outras misturas de gases não homogêneas sejam evitadas posteriormente na rede. Também o biometano como gás substituto é injetado, após a verificação nas instalações MSR em um dos dois sistemas de rede, conforme a sua qualidade.⁷⁴

74: DBI- Gastecnologisches Institut gGmbH Freiberg [2007], Welche Grenzwerte sind bei der Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz zu beachten, página 5 e seguintes

5.2.2 Exemplos de projeto para a produção de biometano e injeção na Europa

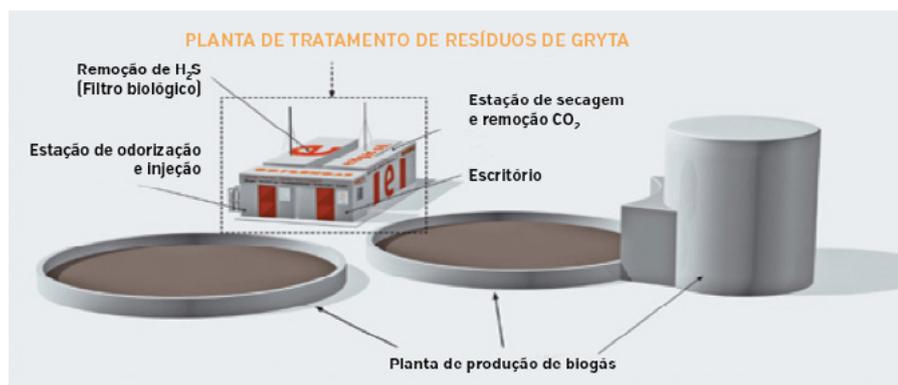
Usina de biogás em Pucking (Áustria)

Em junho de 2005 entrou em operação a primeira usina de biogás da Áustria no município de Pucking na Alta Áustria, que injeta biometano da criação de animais na rede de gás natural existente. Isso é possível com um beneficiamento de várias etapas do biogás para obter qualidade de gás natural e cumprir as rígidas normas de qualidade. A instalação é operada pela Erdgas oö. e pela Ferngas AG em cooperação com a câmara de agricultura da Alta Áustria. Como local para essa primeira usina que injeta o biogás na rede, a Erdgas oö optou pela usina de biogás já existente do agricultor Franz Linsbod em Pucking. Nesta, há 10 anos é coletado o biogás da criação de aproximadamente 9.000 galinhas, 1.500 frangos e 50 porcos, utilizado para a geração de energia elétrica em uma usina de cogeração com uma potência de 18 kW_{el}. Em novembro de 2004 foi aprovada a ampliação do tratamento e injeção de biometano em um comunicado. Após o planejamento detalhado, a criação da infraestrutura e o fornecimento dos componentes, a instalação

foi lançada em 2005, iniciando sua operação em junho do mesmo ano. Com uma produção de 10 Nm³ de biogás por hora a instalação hoje injeta na rede de gás natural, após o processo de limpeza, 6 m³ de biogás beneficiado. Isso representa até 400.000 kWh por ano, o que corresponde à demanda anual média de aproximadamente 40 residências.

Figura 21: Instalação de tratamento e alimentação de biogás Pucking

Fonte: FGW- Fachverband der Gas- und Wärmever sorgungsunternehmen, <http://www.gaswaerme.at/bbg/themen/?uid=2669>



Tilburg (Holanda)

No terreno do antigo aterro sanitário, a concessionária Tilburger Gasversorger instalou uma estação de tratamento de gás em 1987. Nessa instalação o gás do aterro sanitário é tratado junto com o gás proveniente de uma estação de incineração de lixo e uma estação de biogás para resíduos orgânicos da indústria alimentícia e residências privadas. Ao todo são coletadas anualmente 52.000 toneladas de matéria-prima para a produção de biogás. Mais de 70% do biogás bruto é proveniente da usina de biogás. O biogás bruto contém um teor de metano de aproximadamente 55% e é beneficiado para alcançar a qualidade local de gás natural com 88% de metano.

A tecnologia de beneficiamento empregada, que perfaz 3,6 milhões de euros do volume de investimento corresponde à lavagem com água pressurizada. A capacidade máxima de alimentação é de 300 Nm³/h e a produção anual de energia elétrica é de 18 GWh. Destes, 3,3 GWh são utilizados para processos internos, o restante é vendido à concessionária de gás regional.

Figura 22: Estação de tratamento de gás em Tilburg



Usina de biogás Bruck no rio Leitha (Áustria)

Em junho de 2007 iniciou-se nessa usina de biogás o projeto piloto para o tratamento de biogás à qualidade de gás natural e a posterior alimentação

na rede. Nessa usina foi instalado pela primeira vez um processo baseado em tecnologia de membranas em larga escala. Através de um processo de permeação de gás em duas etapas, 180m³ de biogás bruto por hora são transformados em 100m³ de biometano e injetados na rede de gás da EVN.

Figura 23: Parque energético Bruck no rio Leitha



Fonte: NachhaltigWirtschaften.at, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/%28de%29/publikationen/forschungsforum/092/teil1.html>

Well (Holanda)

No ano de 2006 construiu-se na instalação dois biodigestores de biogás com uma capacidade elétrica de 2,5 MW. Como substrato são aplicadas anualmente 120.000 toneladas de resíduos vegetais. Em 2011 a empresa decidiu ampliar a capacidade dos biodigestores de biogás já em operação em mais 450 Nm³/h. Optou-se pela estação de tratamento de biogás da Pentair Haffmans, numa combinação de tecnologia de membrana e processo criogênico. Em 2011 o sistema entrou em operação e hoje podem ser produzidos anualmente 2,2 milhões de metros cúbicos de biometano, que é injetado na rede de gás natural conforme as especificações holandesas.

Figura 24: Usina de biogás em Well



Fonte: dena, Deutsche Energie-Agentur, <http://www.biogaspartner.de/europa/projektbeispiele-europa/well.html>

75: Werner Pölz, Stefan Salchenegger (2005), *Biogas im Verkehrssektor - Technische Möglichkeiten, Potential und Klimarelevanz*. Umweltbundesamt. Viena.

5.2.3 Limitações técnicas da injeção de biometano na rede de gás

A “rivalidade” entre gás natural e biometano pode ser identificada como obstáculo técnico na exploração do combustível renovável. Motivo para tal é o risco de que a rede de gás natural existente possa chegar aos limites da capacidade regional de recepção, especialmente quando se refere ao transporte e armazenamento de biometano.⁷⁵

5.3 3ª opção: Envasamento em cilindros de gás e transporte em caminhões

Figura 25: Transporte de gás natural comprimido em conjuntos de cilindros: GALILEO - [a esquerda], NEOGAS [meio], RAG [a direita]¹⁰⁰



Fonte: Ministério Federal de Transporte, Inovação e Tecnologia (2009), *Chances econômicas da alimentação de biogás a postos de abastecimento de gás longe de redes em comparação com a alimentação tradicional de gás natural*, http://www.bio-gas-netzeinspeisung.at/downloads/0954_biogastankstellen_edz-814153.pdf; página 8

Figura 26: Vista interna da instalação de tratamento de biogás (à esquerda), vista do posto de abastecimento de biometano

Fonte: Instituto para tecnologia de processos, técnica de meio ambiente e biociências técnicas da Universidade técnica de Viena, <http://www.membran.at/?q=node/137>

Outra opção da alternativa para a distribuição de combustível – particularmente em regiões com baixa infraestrutura de rede de gás natural instalada é o envasamento em cilindros de gás e o transporte via caminhões.

5.3.1 Transporte terrestre de biometano

A alimentação de postos de abastecimento de gás natural longe das redes é realizada através do fornecimento de lotes de cilindros com gás natural ou biometano comprimido a 200–250 bar. Dependendo do fabricante, o volume do conjunto de cilindros está entre 1.200 a 5.400 NL. O envasamento de conjuntos de cilindros ocorre em estações de compressão conectadas em redes. O transporte dos conjuntos de cilindros é realizado com veículos especiais (veja a figura).

5.3.2 Posto de abastecimento de biometano com armazenamento próprio

Com apoio da Universidade Técnica de Viena foi construída em dezembro de 2007 a primeira estação de tratamento de biogás com tecnologia de membrana com um posto de abastecimento de biometano. Desde a sua colocação em funcionamento não houve graves avarias, o biometano é distribuído permanentemente e sem complicações no posto de abastecimento.

A compressão a aproximadamente 300 bar para o abastecimento direto ocorre logo atrás do posto de abastecimento por meio de um conjunto de reservatórios de metano. Esse conjunto de reservatórios de metano indica à estação de tratamento que, no caso de queda de pressão devido aos processos de abastecimento, o processo de tratamento é iniciado automaticamente.

Se a produção de biometano for iniciada (aproximadamente 3–5 minutos), o armazenamento de biometano é imediatamente complementado com “metano fresco” – assim, o posto de abastecimento está sempre pronto para operação. Quando os reservatórios estiverem cheios, o processo de tratamento é finalizado automaticamente.

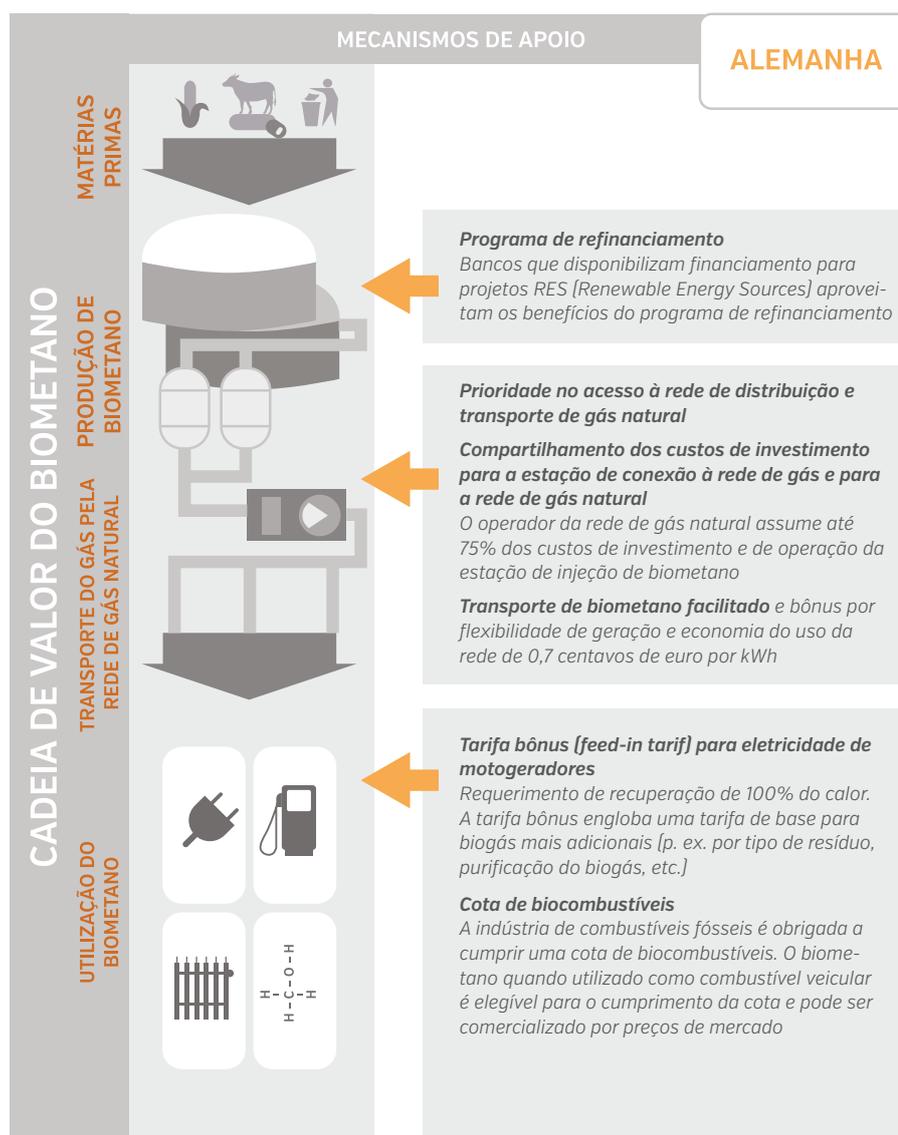


6

INCENTIVO E REGULAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE BIOMETANO COMO COMBUSTÍVEL

Para a utilização de biometano há uma série de opções de possíveis aplicações incentivadas com medidas claras para se tornarem competitivas com vetores energéticos convencionais, fósseis. A figura a seguir mostra as opções de instrumentos de incentivo para o uso mais intensivo de biometano em diferentes campos de aplicação no exemplo da Alemanha.

Figura 27: As medidas de apoio na Alemanha ao longo da cadeia de valores de biometano¹⁰¹



Fonte: S. Strauch, J. Krassowski, A. Singhal, [setembro de 2013], GreenGasGrids- Biomethane Guide for Decision Makers, http://www.greengasgrids.eu/fileadmin/greengas/media/Downloads/Documentation_from_the_GreenGasGrids_project/Biomethane_Guide_for_Decision_Makers.pdf

76: FNR e.V. [2013], Bioenergie- Die vielfältige erneuerbare Energie, página 9

As condições legais para o incentivo da utilização de bioenergia, biomassa e biometano na UE são definidas na diretiva de energias renováveis Erneuerbaren Energien Richtlinie (2009).⁷⁶ O “Plano de ação para Energia Renovável” do Ministério Federal de Meio-Ambiente, Proteção Ambiental, Construção Civil e Segurança Nuclear (BMUB) do ano de 2010 se orienta nesse plano de ação. Outras metas e medidas do governo federal para ampliar a expansão do

uso de biomassa estão organizadas no plano de ação “Nationalen Biomasseaktionsplan für Deutschland” (setembro de 2010) e no conceito “Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung” (setembro de 2010). A Lei da Alimentação de Energia [EEG] e a Lei de Calefação através de Energias Renováveis [EEWärmeG] incluem também incentivos explícitos para o uso de biometano como combustível.

Os objetivos concretos da produção de biometano na UE ou na Alemanha constam no relatório para a realização do programa integrado de energia e clima (IEKP). No foco não há somente a geração de energias sem impactos climáticos, mas também a crescente independência de importação de gás, especialmente a utilização de biometano como combustível de veículos e a geração descentralizada de energia nas usinas de cogeração.

Com a aprovação das normas de sustentabilidade de biocombustíveis (Biokraft-NachV) e a Norma de Sustentabilidade de Energia de Biomassa (Biost-NachV) do ano de 2009, foram definidas as metas para a redução dos gases de efeito estufa com o uso de biomassa e outras questões de sustentabilidade. Essas exigências legais para a produção sustentável, portanto, aplicam-se também para o combustível alternativo biometano estabelecido para o transporte a partir de 2011 na Alemanha.⁷⁷

77: FNR e.V. (2012), *Biomethan*

6.1 Programas de financiamento e incentivo da infraestrutura para a utilização de combustíveis alternativos

6.1.1 Incentivo do transporte público de pessoas na UE

Devido ao fato de que a UE e muitos membros incluíram a utilização de combustíveis renováveis na Agenda de sua política energética, há uma série de incentivos para alcançar essas metas ambiciosas. Especialmente na área de transporte público urbano, os municípios e as regiões podem buscar sinergias e aproveitar uma ampla gama de instrumentos de financiamento em toda a Europa, financiamentos nacionais e regionais para incentivar a introdução da infraestrutura de gás natural e biogás no transporte público urbano.

6.1.2 Incentivo da infraestrutura para a utilização de projetos de combustíveis alternativos na Alemanha⁷⁸

Na Alemanha o banco de desenvolvimento Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) também concede créditos de juros baixos para 100% dos custos de investimento para a aquisição de veículos a gás natural e para postos de abastecimento de gás natural ou biometano a empresas no âmbito do programa “ERP-Umwelt-und Energieeffizienzprogramm-A”.⁷⁸ Também o fomento de biocombustíveis renováveis no plano municipal está sendo aumentado cada vez mais na Alemanha, por exemplo, o governo federal concede aos respectivos estados subsídios para a substituição de ônibus de gás natural no transporte público urbano conforme a Lei de Financiamento de Transporte [Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz]. Essa possibilidade do uso econômico de combustíveis renováveis é colocada em prática somente por poucos estados.

Exemplos para o incentivo municipal são:

- >> O aumento do subsídio de ônibus no estado da Turíngia, quando com tração de CNG. Em geral, a conversão de veículos é incentivada.

78: Projeto da UE “Baltic Biogas Bus”- combustível regenerativo para o transporte público urbano sem impactos climáticos, página 7

79: dena, Deutsche Energie-Agentur, Erdgas und Biomethan im künftigen Kraftstoffmix, setembro de 2011, página 29, <http://www.dena.de/presse-medien/studien/2011/erdgas-und-biomethan-im-kraftstoffmix.html>,

80: Projeto da UE “Baltic Biogas Bus”- combustível regenerativo para o transporte público urbano sem impactos climáticos, página 7

- >> O subsídio no Estado Livre da Saxônia exige no mínimo padrão EEV e a emissão de ruídos deve ficar no mínimo 3 dB(A) abaixo dos valores-limite de emissão de ruídos. Com isso, os veículos movidos a gás natural comprimido têm uma grande vantagem.
- >> Veículos movidos a gás natural da empresa de coleta “Berliner Stadtreinigung” foram incentivados no âmbito do incentivo do fundo estrutural da UE com o programa de desoneração ambiental UEP Berlim. Esse subsídio beneficia também investidores privados.⁷⁹

Além disso, na Alemanha existem ainda programas de subsídio no plano estadual, assim como o da Secretaria de Trabalho, Economia e Turismo do estado de Mecklenburg-Vorpommern no âmbito do “Plano de ação de proteção climática”. Esse programa prevê subsídios de no máx. 30% do valor investido para medidas de investimentos para o uso de combustíveis e acionamentos alternativos, assim como medidas de infraestrutura para hidrogênio.⁸⁰

6.2 Normas de injeção na rede de gás natural

A injeção de biometano na rede de gás natural europeia é regulada pela diretiva 2003/55/EG. Aqui foram definidas as disposições conjuntas para o mercado doméstico de gás natural. No entanto, na UE até o momento não existem padrões unificados para a injeção de biometano.

6.2.1 Regulamentação e incentivos na Alemanha

81: Norma sobre o acesso de redes de abastecimento de gás (GasNZV), §33.1, página 16

82: FNR e.V. (2014), Leitfaden Biogas- Von der Gewinnung zur Nutzung, página 124

Na Alemanha, a Norma de Acesso a Rede de Gás (GasNZV) e a Norma de Remuneração da Rede de Gás (GasNEV) também trazem vantagens legais para a injeção na rede de gás natural. As principais disposições são, que os custos de investimento da conexão de rede, ou seja, a aquisição e instalação de instalações de medição e regulação de pressão de gás, compressores, equipamentos para a medição calibrada do biometano e de tubulações de conexão com a rede de gás natural pública (com uma distância da usina de biogás à rede de gás de até 10 km) sejam arcadas em 75% pelo operador de rede e em 25% pela empresa que injeta o biometano.⁸¹ Além disso, os operadores da rede arcarão com os custos de operação correntes.⁸² A principal novidade é a priorização para conexão na rede e transporte de biometano. Isso deverá conceder um incentivo adicional para a produção de biometano.

As condições para a injeção de biometano na Alemanha ocorrem conforme as normas da IEKP.

A regulamentação é dada por:

- >> a Lei da Alimentação de Energia [EEG]
- >> a Lei de Calefação de Energias Renováveis [EEWärmeG]- esta regula o uso de energias renováveis de novas construções e do cumprimento das normas legais
- >> Norma sobre o acesso de redes de abastecimento de gás (GasNZV)
- >> Norma para a Remuneração da Injeção na Rede de Gás [GasNEV]

Incentivos adicionais são proporcionados também com subsídios de custos de investimento da Agência Federal para Economia e Controle de Exporta-

ção (BAFA) e o programa de energias renováveis do KfW em forma de redução de juros ou subsídios para quitação.

6.2.2 Regulamentação e incentivos na Holanda

A injeção de biometano é incentivada pela Stimulering Duurzame Energie Scheme (SDE +), a principal medida para o incentivo de energias renováveis na Holanda. A SDE + substitui a antiga SDE e oferece um subsídio de injeção no valor da diferença entre os custos de produção e as receitas geradas, por exemplo, com o preço de energia.

Os subsídios são adaptados anualmente conforme o desenvolvimento do preço de mercado de gás natural fóssil para garantir que o operador de uma instalação receba a mesma remuneração por 12 anos.

Para 2020 o National Renewable Energy Action Plan (NREAP) da Holanda estabelece uma meta de 24.000 Terajoules (TJ) de produção de energia de biometano, gerado a partir de qualquer tipo de matéria-prima. Para garantir que o gás injetado esteja livre de substâncias patogênicas, é necessário instalar um filtro HEPA e as respectivas medições de gás deverão ser realizadas duas vezes ao ano.⁸³

6.2.3 Regulamentação e incentivos na Suíça

A economia suíça apoia o biometano com um fundo específico para aumentar a produção de biometano em seis vezes nos próximos seis anos. Não há restrições em relação a fontes de gases biogênicos com exceção de aspectos ecológicos. Gases biogênicos injetados na rede e utilizados para a geração de eletricidade recebem a mesma remuneração que usinas de gás de estações de tratamento de esgoto.

Se o biometano for usado como combustível, a remuneração de injeção não é aplicada; sobre o gás, todavia, não incorre imposto de óleo mineral. Essa isenção fiscal é vinculada a uma avaliação de ciclo de vida considerando aspectos ecológicos e sociais.⁸⁴ Uma série de concessionárias de gás natural da Suíça incentivam a aquisição de veículo de gás natural com subsídio financeiro. Os recursos distinguem-se muito conforme a região. No mais, cada vez mais seguros reduzem os prêmios para veículos energeticamente eficientes. Os compradores de um veículo de gás natural ainda aproveitam os prêmios de seguro mais econômicos.⁸⁵

83: dena, Deutsche Energie-Agentur, parceiros de biogás, Europa, desenvolvimento de mercado, Holanda, <http://www.biogaspartner.de/europa/marktentwicklung/niederlande.html>

84: dena, Deutsche Energie-Agentur, parceiros de biogás, Europa, desenvolvimento de mercado Suíça, <http://www.biogaspartner.de/europa/marktentwicklung/schweiz.html>

85: http://www.erdgasobersee.ch/fileadmin/media/anwendungen/strassenverkehr/50_Fragen___Antworten_EOAG.pdf

6.3 Subsídio para a utilização de biocombustível na Alemanha

86: http://www.ble.de/DE/02_Kontrolle/05_NachhaltigeBiomasseherstellung/02_Abfall_und_Reststoffe/AbfallReststoffe_node.html

O biometano como combustível também pode ser compensado com a cota de biocombustível. A cota de biocombustíveis define que empresas que comercializem combustíveis Otto ou diesel profissionalmente ou no âmbito de projetos econômicos, deverão distribuir uma parcela mínima legal de biocombustíveis liquefeitos ou gasosos. Com isso, desde o dia 1º de janeiro de 2011, o percentual de biocombustíveis liquefeitos e gasosos produzidos a partir de resíduos, restos, material non-food com celulose e material com lignocelulose podem ser avaliados com peso duplo em comparação com outros combustíveis na cota de biocombustíveis.⁸⁶

6.4 Isenções fiscais

Os governos de alguns países europeus atacaram nos últimos anos o subsídio de combustíveis biogênicos alternativos para melhorar a estrutura de incentivos desses combustíveis renováveis também no setor de transporte. A seguir apresenta-se algumas dessas medidas políticas na Europa.

6.4.1 Incentivos fiscais na Alemanha

87: <http://www.pressebox.de/pressemitteilung/bundesverband-bioenergie-ev/Biomethan-als-Kraftstoff-Ungenutzte-Potenziale-heben/boxid/639629>

O governo alemão incentiva a utilização de gás natural como combustível mediante importantes incentivos fiscais.

Para aumentar os incentivos para a aquisição de veículos de gás natural foi definida uma alíquota de imposto de petróleo reduzida para gás natural e biometano até 31/12/2018.⁸⁷ No contrato de coalizão dos partidos CDU/CSU e SPD do final de 2013 consta a prorrogação dos incentivos fiscais para gás natural veicular (GNV) e também de biometano, uma vez que devido a manutenção da baixa alíquota do imposto de energia especialmente os combustíveis alternativos continuarão a longo prazo mais econômicos do que gasolina e diesel. Isso cria uma estrutura de incentivos garantindo a segurança de planejamento para pessoas físicas, operadores de frotas e postos de abastecimento. Com a definição de incentivos fiscais mesmo depois de 2018, o número de veículos de gás natural na Alemanha deve voltar a crescer.⁸⁸ Devido aos incentivos fiscais para gás natural os custos por quilômetro rodado diminuem.

88: <http://www.grueneautos.com/2013/11/koalitionsvertrag-autgas-und-erdgas-sollen-auch-nach-2018-steuerlich-begunstigt-bleiben/>

6.4.2 Incentivos fiscais na Áustria

Projetos de subsídio são organizados pelos governos estaduais ou pelas concessionárias de gás municipais e estaduais. Os incentivos referem-se em geral à nova aquisição de veículos de gás natural e/ou a conversão de veículos na operação com gás natural.

Gás natural como combustível na Áustria é isento de taxa de petróleo, no entanto, não há uma segurança a longo prazo como, por exemplo, na Alemanha. O ÖAMTC exige a isenção da taxa de petróleo para gás natural até 2025. Além disso, o governo nesse mesmo período deverá abrir mão da cobrança da NoVA. Além disso, os solicitantes dessa sugestão apoiam ainda uma isenção de taxas de gás natural para o biometano injetado e retirado em outro local na rede de gás natural (analogamente ao tratamento tributário de biodiesel e bioetanol).⁸⁹

89: http://www.gas24.de/cms/index.php?article_id=156&clang=0

6.4.3 Incentivos fiscais na Suíça

90: <http://www.tagblatt.ch/ostschweiz/stgallen/kantonstgallen/kantonstgallen/Steuererleichterung-fuer-Erdgasfahrzeuge;art140,1447858>

Desde 2010 todos os veículos a gás natural com emissão de CO₂ de até 143g/km nos três primeiros anos após a colocação no trânsito estão isentos do imposto sobre veículos.⁹⁰ O imposto é calculado a partir de diferentes bases de cálculo e é cobrado diretamente pelas prefeituras. Cada vez mais prefeituras concedem uma redução do imposto para veículos econômicos e de baixas emissões, assim como para veículos com combustíveis alternativos como gás e hidrogênio, mas também para veículos elétricos, híbridos e a células de combustível.⁹¹

91: Ministério de energia Bundesamt für Energie BFE [2014]

92: <http://www.energieschweiz.ch/de-ch/mobilitaet/finanzielle-foerderung/steuererleichterungen-fuer-treibstoffe.aspx>

93: Resolução sobre a taxa de petróleo Mineralölsteuerverordnung [2008], <http://www.admin.ch/opc/de/official-compilation/2008/583.pdf>

94: W. Pölz, S. Salchenegger [2005], *Biogas im Verkehrssektor - Technische Möglichkeiten, Potential und Klimarelevanz*, <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE283.pdf>

Figura 28: As medidas de apoio na Suécia ao longo da cadeia de valores de biometano

Fonte: S. Strauch, J. Krassowski, A. Singhal, [September 2013], *GreenGasGrids- Biomethane Guide for Decision Makers*, http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Projekte/Erneuerbare/Dokumente/Policy_Guide_for_Decision_Makers.pdf, página 35

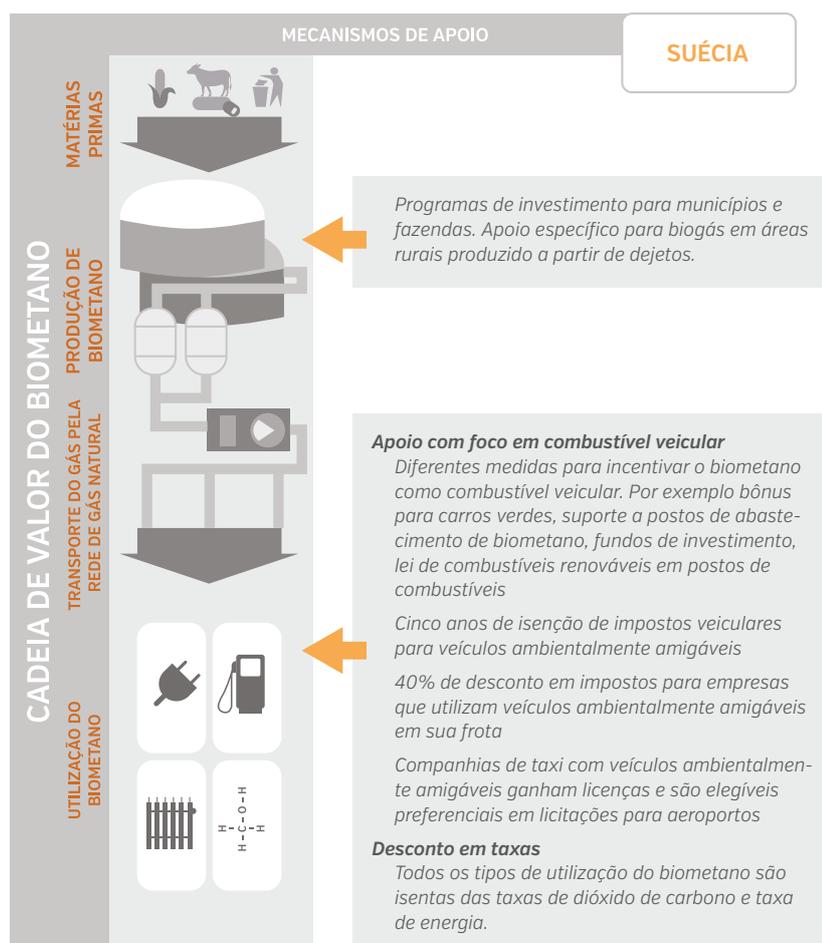
Na medida em que os combustíveis de fontes renováveis como bioetanol, biodiesel e biometano puderem cumprir as exigências mínimas ecológicas e sociais, estes podem ser isentos da taxa de petróleo.⁹²

Se o gás natural e gás líquido forem utilizados como combustível, o imposto por litro do substituto da gasolina é de 40 Rappen (aproximadamente € 0,33, situação: 04/2014) mais baixo do que o imposto conforme a taxa de petróleo.⁹³

6.4.4 Incentivos fiscais na Suécia

As empresas concessionárias de gás da Suécia podem também definir exigências para o valor calorífico para garantir uma medição correta do consumo de gás no cliente final.

No final dos anos 1980 iniciou-se também a utilização do biometano como combustível de veículos. Além do desenvolvimento de métodos de tratamento, foi introduzido um padrão nacional para o biogás como combustível.⁹⁴



O exemplo da Suécia mostra um sistema de incentivo que apoia a produção de biometano orientado em metas com programas de investimento para municipalidades e agricultores e, em paralelo, criou-se a demanda para biometano promovendo o transporte verde.

7

CONDIÇÕES REGULATÓRIAS E DESAFIOS NA UTILIZAÇÃO DE BIOMETANO NO SETOR DE TRANSPORTE PÚBLICO

Os países europeus tratam aspectos do tema biogás de diferentes formas. Em alguns países como a Alemanha, Suécia, Suíça, Holanda e Grã-Bretanha o biogás de diferentes fontes é utilizado há muitos anos para as diferentes aplicações. O uso do biogás e sua aplicação como fonte de energia não são padronizados e, por isso, nos diferentes países há condições macro legais heterogêneas, dependendo de qual substrato ou caminho de aplicação foi priorizado. Além disso, os respectivos mecanismos de incentivo nesse contexto são muito distintos. A seguir deverão ser explicados alguns regulamentos e disposições como exemplo.

7.1 Normas para a injeção de biometano na rede e utilização como combustível

95: DBI- Gastecnologisches Institut gGmbH Freiberg (2007), *Welche Grenzwerte sind bei der Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz zu beachten*, página 20

96: Hungarian Scientific Society of Energy Economics ETE (2009), *A List of the EU-Wide Existing Best Practices for the Biogas Transport in the Natural Gas Grids*, página 5

97: DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, *Estudo sobre a prática de aprovação de biogás na UE*

7.1.1 Normas para a injeção na Europa⁹⁵

Na Europa foi publicada em 26 de junho de 2003 a diretiva da UE 2003/55/EG sobre as disposições conjuntas para o mercado doméstico de gás natural. Este tem o objetivo de permitir o acesso à rede sem discriminação, assim como deixar a operação da rede independente de outras atividades das concessionárias. O mercado de gás natural também deverá ser acessível para gás de outras fontes renováveis.⁹⁶

“Os estados membros deverão garantir, considerando as exigências de qualidade necessárias, que o biogás, o gás de biomassa e outros tipos de gás recebam acesso não discriminado à rede de gás, pressupondo-se que esse acesso esteja sempre de acordo com as disposições técnicas aplicáveis e normas de segurança. Essas disposições e normas deverão garantir a viabilidade técnica para injeção desses gases com segurança na rede de gás natural e de transportar por essa rede e deverão incluir também as propriedades químicas desses gases.” [Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia #187]. Essa diretiva já foi colocada em prática em alguns países, no entanto, não existe padrão único europeu para a injeção de biogás na rede (veja item 8.2..2).⁹⁷

As condições para combustíveis de biometano são definidas pelas diretivas da UE. Dessa forma, deverá ser ampliada a utilização de biocombustíveis na UE, sem efeitos negativos para a biodiversidade e a utilização agrícola:

- >> Com a diretiva 2003/30/EG para o incentivo do uso de biocombustíveis ou outros combustíveis renováveis no setor de transportes, a UE define a meta para alcançar um percentual de energias renováveis no setor de transportes até 2010 de 5,75%.
- >> Essa meta foi concretizada com a aprovação da diretiva 2009/28/EG para o incentivo do uso de energia a partir de fontes renováveis. Nesse caso, o percentual foi definido a um mínimo de 10% em todos os países membro até 2020.

Normas relevantes em relação às exigências técnicas para a utilização de biometano como combustível baseiam-se, como mencionado, nos padrões

98: *Hungarian Scientific Society of Energy Economics ETE (2009), A List of the EU-Wide Existing Best Practices for the Biogas Transport in the Natural Gas Grids, página 7 e seguintes*

do gás natural. Nas legislações nacionais dos respectivos países europeus constam as principais orientações e valores-limite do índice de Wobbe, do teor de enxofre e do valor calorífico do biometano tratado. Isso significa que as propriedades físicas do biometano entre os países da UE são distintas, ou seja, alguns parâmetros diferem muito entre os países.

Os principais atores da injeção de biogás são sempre fornecedores de biomassa, produtores, bem como fornecedores de gás de origem renovável e “Network Controller”, responsáveis pela qualidade dos gases por estes distribuídos.⁹⁸

7.1.2 Normas para a injeção na Alemanha

Na Alemanha a alimentação na rede de gás natural como gás adicional é regulamentada em disposições legais:

99: *DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Estudo sobre a prática de aprovação de biogás na UE*

- >> Gás NZV⁹⁹– no capítulo 6 da Norma de Acesso à Rede de Gás constam as disposições concretas para a injeção de biogás na rede pública de gás.
 - >> §31 Finalidade da disposição (objetivo: 6 bilhões de m³ até 2020, 10 bilhões de m³ até 2030)
 - >> §32 Definição dos conceitos
 - >> §33 Obrigação de conexão à rede
 - >> §34 Acesso à rede prioritário para clientes de transporte de biogás
 - >> §35 Compensação de balanço ampliada
 - >> §36 Exigências de qualidade para biogás
 - >> §37 Monitoramento
- >> Lei da economia energética (EnWG)

100: *FNR e.V. (2012), Biometano, página 33de biogás na UE*

Além disso, deverão ser garantidas as exigências qualitativas do substituto de gás natural para a utilização de biometano como combustível. Estas estão definidas especialmente pelas normativas da Associação Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (DVGW), como também pelas Normas Industriais Alemãs (DIN):¹⁰⁰

DVGW

101: *DBI- Gastecnologisches Institut gGmbH Freiberg (2007), Welche Grenzwerte sind bei der Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz zu beachten, página 9*

- >> Folha de trabalho DVGW G 260¹⁰¹– Regulagem da qualidade do gás mediante a definição de índices de técnica de combustão, índice de Wobbe, substâncias secundárias do gás
- >> Folha de trabalho DVGW G 262– Regulamenta as características de gases a partir de gases renováveis, formulário técnico de segurança
- >> Formulário técnico DVGW G 280–1
- >> Formulário técnico DVGW G 685– Prestação de contas do biometano injetado, páginas 12/13
- >> DVGW Base de análise VP 265–1

Outras disposições legais que regulamentam especialmente a injeção de biometano como gás adicional na rede de gás natural:

102: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/eo_1988/gesamt.pdf

- >> Lei sobre Medição e Calibragem (Lei da Calibragem) – EichG e Norma de Calibragem¹⁰²
- >> Declaração de política do PTB-AG 1.42 e AG 3.41 sobre o tema “Injeção de biogás”
- >> Formulário técnico DWA-M 363 “Origem, Tratamento e uso de biogases”
- >> DIN EN ISO 13686 Disposição das propriedades de gás natural

103: FNR e.V. [2014], *Leitfaden Biogas- Von der Gewinnung zur Nutzung*, página 125

104: FNR e.V. [2012], *Biometano*, página 34

O operador que injeta o gás na rede deverá cumprir as qualidades exigidas nessas fichas técnicas e tratar o biometano até obter e manter esses padrões, de acordo com os valores limites. Ajustes finos como os ajustes do poder calorífico, a odorização e a adaptação da pressão deverão ser realizados como medidas de adaptação pelo operador da rede.¹⁰³

Além disso, existem as normas DIN,¹⁰⁴ cujas as principais disposições para a aplicação de biometano como combustível ou aditivo ao gás natural em veículos são:

- >> **DIN 51624- “Combustíveis para veículos automotores – exigências para o gás natural e procedimentos de análise”:**
Define as propriedades e os valores limite para a utilização de gás natural como combustível em veículos equipados para a operação com biogás, juntamente com os procedimentos de análise a serem usados para testar essas propriedades. A adição de biogás é permitida, se para a mistura pronta, a observação das exigências dessa norma for garantida. A norma se aplica, portanto, para gás natural e biogás como combustível em veículos de gás natural.
- >> **DIN EN ISO 15403-1- “Gás natural – gás natural como combustível comprimido para veículos” – 1ª parte: Determinação das propriedades”**
A norma objetiva a disponibilização de dados para as propriedades de combustível para veículos de gás natural, os fabricantes, operadores dos veículos, operadores de postos de abastecimento e outros participantes da indústria de veículos movidos a gás natural comprimido para desenvolver e operar equipamentos para esses veículos

7.2 Desafios da injeção de biometano na rede de gás natural

105: Norma sobre o acesso de redes de abastecimento de gás (GasNZV), 2010

7.2.1 Prática de injeção e estrutura da rede de gás na Alemanha¹³³

A injeção de biometano na rede de gás natural existente como “apoio” do gás natural é amplamente utilizada na Alemanha e é considerada uma meta importante da política energética. Isso pode ser reconhecido pelo fato de que as disposições alemãs sobre a conexão à rede de gás fortalecem a posição dos produtores de biometano com acesso privilegiado à rede e consequente transporte de biometano.¹⁰⁵

A Alemanha dispõe de uma rede de gás natural bem estruturada com comprimento de 510.000 km. Nessa situação, a Alemanha importa 85% do seu gás natural. Devido a fornecedores distintos, na Alemanha estabeleceram-se diferentes redes de gás natural. Nesse processo encontra-se uma

das principais diferenças na qualidade dos gases transportados (identificados pelos dados das propriedades caloríficas), dividindo as redes em redes de gás L (Low - baixo) e H (High - alto):

106: DBI- Gastecnologisches Institut gGmbH Freiberg [2007], "Welche Grenzwerte sind bei der Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz zu beachten?"

- >> Redes de gás L¹⁰⁶- gás de baixa qualidade (baixo índice de Wobbe: 10,5-13 kWh/Nm³)
- >> Redes de gás H- são as mais frequentes na Alemanha (índice de Wobbe: 12,8-15,7 kWh/Nm³)

107: FNR e.V. (2014), Leitfaden Biogas- Von der Gewinnung zur Nutzung, página 124 e seguintes

Além disso, as redes de gás na Alemanha são diferenciadas segundo outros critérios:¹⁰⁷

- >> Conforme etapas de pressão
 - >> Redes de baixa pressão: até 100 mbar
 - >> Redes de pressão média: 100 mbar a 1 bar
 - >> Redes de alta pressão: 1 bar a 200 bar, sendo que a injeção de biometano em redes de alta pressão atualmente quase não é realizada devido a dificuldades técnicas¹³⁷
- >> Conforme níveis de abastecimento
 - >> Rede de transporte de longa distância internacional
 - >> Rede de transporte supra regional
 - >> Rede de transporte regional
 - >> Rede de distribuição regional

Para a injeção do biometano é necessário realizar o aumento da pressão acima da pressão existente no ponto de injeção da tubulação de transporte. Isso exige a instalação de uma estação de medição de pressão e regulação no ponto de injeção. Outras normas para as instalações de condicionamento e injeção do biogás constam no § 32 da Norma sobre o acesso de redes de abastecimento de gás (GasNZV).

108: CEN - Comitê europeu para padronização, Comitê de projeto - Gás natural e biometano para o uso em transporte e biometano para a injeção na rede de gás natural - Padrões em desenvolvimento, http://www.transport-research.info/Upload/Documents/201206/20120601_135059_69928_d3_8_new_lmcu_bgx_eu_standard_14dec10_f_077238500_0948_2601_2011.pdf

7.2.2 O problema dos padrões harmonizados

O mercado de gás europeu foi aberto em 2007. A principal questão desse processo foi a harmonização de padrões de utilização de biometano entre os países. Esse padrão, assim como a definição de uma especificação técnica comum garantirá uma qualidade estável do biometano em toda a Europa. Uma qualidade estável deve gerar condições positivas (por exemplo, a dispensa de custos de investimentos e operação em uma economia de escala e a simplificação de processos de autorização para a injeção de biometano na rede).

Um padrão da UE precisa garantir especificações técnicas flexíveis. Em consequência, os marcos legais atualmente usados nos países que hoje injetam gás em rede deverão ser considerados como uma base, abaixo da qual não será definida uma especificação técnica comum. Por esse motivo, a aplicação das especificações europeias para gás natural como as especificações da associação de gás EASEE não é possível para o biometano.¹⁰⁸ Padrões harmonizados para garantir a qualidade do biometano injetado em redes de gás natural que sejam aceitos em toda a Europa são uma pré-condição para se abrir um mercado em toda a Europa. Com o objetivo de elaborar padrões

109: Comitê europeu de padronização

110: CEN - Comitê europeu para padronização, Comitê de projeto - Gás natural e biometano para o uso em transporte e biometano para a injeção na rede de gás natural - Padrões em desenvolvimento, <http://www.cen.eu/cen/Sectors/TechnicalCommittees/Workshops/CENTechnicalCommittees/Pages/WP.aspx?param=853454&title=Project%20Committee%20-%20Natural%20gas%20and%20biomethane%20for%20use%20in%20transport%20and%20biomethane%20for%20injection%20in%20the%20natural%20gas%20grid>

européus harmonizados para a utilização como combustível e para a injeção de biogás em redes de gás natural, a Comissão Europeia deu o mandato a CEN¹⁰⁹ para CEN/TC 408, a “Comissão de Projeto – Biometano para aplicação em transporte e injeção em oleodutos de gás natural”. Essa minuta estará pronta em 2016.¹¹⁰

7.2.3 Os atuais padrões para a injeção na rede e/ou uso como combustível em alguns países

- >> França: National guidance (décret) n°2004-555 de 15 de junho de 2004
- >> Alemanha: Padrões DVGW G 260 (2008) para a composição do gás, G 262 (2004) para a injeção de gases de fontes renováveis nas redes públicas, G 280-1 e G 280-2 sobre odorização
- >> Suíça: Diretiva SVGW G13 (2009)
- >> Suécia: Padrão SS 155438
- >> Áustria: Diretiva OVGW G31 (2001) e G33 (2006)
- >> Holanda: recomendação da Dte (regulador), atualizada pelos operadores da rede de gás na Holanda em 2009

Mesmo apesar de haver algumas diferenças consideráveis em relação a parâmetros secundários como mercúrio, cloreto ou flúor (por exemplo, na Holanda e França), assim como especificidades em alguns compostos menores dependendo principalmente dos substratos utilizados para a produção de biometano, a análise cruzada das diferentes especificações técnicas mostra que os valores limites dos principais parâmetros (CO₂, H₂S, H₂O, valor calorífico) estão basicamente no mesmo patamar.



Por meio da: **giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Ministério das **Cidades**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7958-059-8



9 788579 580598

