



Padronização de uso das unidades de medida em processos de produção de biogás

Airton Kunz¹
André Cestonaro do Amaral²
Ricardo Luis Radis Steinmetz³

Introdução

O uso de biodigestores para o tratamento de efluentes agroindustriais, dejetos da produção animal e outros resíduos ricos em matéria orgânica tem se difundido nas últimas décadas. A produção e o aproveitamento de biogás a partir de substratos agrossilvipastoris é crescente no Brasil, uma vez que apresenta potencial para incrementar a renda e abater custos produtivos (KUNZ et al., 2009). Com isso, o interesse de atores do setor de energia, de fornecedores de equipamentos, serviços de consultoria técnica especializada, bem como de instituições de pesquisa, desenvolvimento e inovação também tem aumentado nos últimos anos (MIELE et al., 2015).

Neste contexto, o estabelecimento de conceitos técnicos padronizados é essencial para o correto uso e difusão da tecnologia. O ponto central de um sistema de produção de biogás é o modelo do biodigestor, buscando projetos adaptados ao tipo de substrato a ser tratado, ao nível de investimento e às condições

ambientais. Tem-se no mercado nacional tanto opções de reatores de baixo nível tecnológico (ex.: biodigestores de lagoa coberta), como reatores de alto nível tecnológico (ex.: biodigestor CSTR - do inglês *Continuous Stirred Tank Reactor*). Em todos os casos, é fundamental conhecer os parâmetros que regem o processo, para que o mesmo possa ser monitorado, comparado, controlado e, quando possível, melhorado.

Por que padronizarmos o uso das unidades de medida na digestão anaeróbia?

Para o adequado dimensionamento do biodigestor, o controle do processo de digestão anaeróbia, o desenvolvimento de pesquisas na área de biogás e a geração de índices técnicos confiáveis, é fundamental expressar os parâmetros de maneira correta, equiparável com o que é utilizado internacionalmente (DEUBLEIN E STEINHAUSER, 2011). Um ponto extremamente importante é a normalização do volume do

¹Químico-industrial, doutor em Química, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

²Químico, mestre em Química, doutorando do Programa de Pós-Graduação de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavél, PR

³Químico-industrial, doutor em Engenharia Química, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

gás às condições pré-definidas de temperatura e pressão (273 K e 1013 hPa), o que permite a correta quantificação e posterior comparação de resultados. A equação abaixo é usada para a normalização do volume de gás (VDI, 2006):

$$V_N = V \cdot (p - p_w) \cdot (T_o) / (p_o \cdot T)$$

Onde:

V_N : volume de biogás normalizado às condições normais de temperatura e pressão - CNTP (mL, L ou m³).

V : volume de biogás produzido (mL, L ou m³).

p : pressão do biogás no momento da leitura (hPa).

p_w : pressão de vapor da água em função da temperatura do gás (hPa).

T_o : temperatura nas condições normalizadas, 273 K.

p_o : pressão nas condições normalizadas, 1013 hPa.

T : Temperatura do biogás (K).

As Tabelas 1 e 2 apresentam parâmetros importantes no acompanhamento de biodigestores e suas unidades de medida em português e inglês, respectivamente. O acompanhamento dessas variáveis corrobora com a tomada de decisão para o melhor controle do processo, gera conhecimento sobre as condições de operação do biodigestor e a expressão dos resultados de maneira correta contribui para o desenvolvimento da pesquisa brasileira.

Os parâmetros foram selecionados a partir de referências nacionais e internacionais, sendo: VDI 4630 (2006), DEUBLEIN E STEINHAUSER (2011), WILLIBALDO et al., (2001), CHERNICHARO (2007) e RESOLUÇÃO ANP (nº 08/2015).

Considerações finais

A estruturação da cadeia do biogás no Brasil requer iniciativas que envolvam a profissionalização do setor para que esta importante fonte de energia renovável possa crescer com sustentabilidade em nosso país. Ações para o entendimento do processo de digestão e para aperfeiçoar a geração de metano dos diferentes substratos (resíduos) são muito valorosas.

Neste sentido, o entendimento e o uso correto dos termos técnicos no processo de biodigestão fornecem os subsídios para interpretação dos resultados e a tomada de decisão na operação e controle dos biodigestores.

Referências

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. 2. ed. Minas Gerais: UFMG, 2016. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, 5).

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. **Biogas from waste and renewable resources: an introduction**. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH, ©2011. 550 p.

KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R. L. R. Advanced swine manure treatment end utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5485-5489, 2009.

MIELE, M.; SILVA, M. L. B. da; NICOLOSO, R.; CORREA, J. C.; HIGARASHI, M. M.; KUNZ, A.; SANDI, A. J. Tratamento dos efluentes de usinas de biogás. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, ano 24, n. 1, p. 31-45, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. (Brasil). Resolução ANP nº 8 de 30 de janeiro de 2015. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 fev. 2015. Seção 1, p. 100-101.

VDI 4630 - Fermentation of organic materials characterization of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, 2006.

WILLIBALDO, S.; LIMA, U. de A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. (Coord.). **Biotecnologia industrial: engenharia bioquímica**. São Paulo: Edgar Blücher, 2001. 560 p. v. 2.

Tabela 1. Definições das variáveis importantes e unidades de medida para o controle de biodigestores em língua portuguesa.

Parâmetros	Expressão	Unidade
Temperatura	T	°C, K
Composição do Substrato	S_o	% (ex.: $g_{ST} \cdot 100 g_{MF}^{-1}$) % (ex.: $g_{SV} \cdot 100 g_{MF}^{-1}$) $g_{SV} \cdot L^{-1}$ or $kg_{SV} \cdot m^{-3}$ $g_{SV} \cdot kg_{MF}^{-1}$
Ácidos Graxos Voláteis	AGV	$mg_{HAC} \cdot L^{-1}$
Relação Alcalinidade Intermediária e Alcalinidade Parcial	AI/AP	$mg_{HAC} \cdot mg_{CaCO_3}^{-1}$
Tamanho de partícula	tp	mm
Carga Orgânica Volumétrica adicionada	COV_{adic}	$kg_{SV} \cdot m^{-3} \cdot reator \cdot d^{-1}$
Carga Orgânica Volumétrica removida	COV_{rem}	$kg_{SV} \cdot m^{-3} \cdot reator \cdot d^{-1}$
Tempo de Retenção Hidráulica	TRH	h ou d
Potencial redox	E_H	mV
Potencial Bioquímico de Biogás	PBB	$L_{N \text{ biogás}} \cdot kg_{SV}^{-1} \cdot adic$ $L_{N \text{ biogás}} \cdot kg_{MF}^{-1} \cdot adic$
Potencial Bioquímico de Metano	PBM	$L_{N \text{ CH}_4} \cdot kg_{SV}^{-1} \cdot adic$ $L_{N \text{ CH}_4} \cdot kg_{MF}^{-1} \cdot adic$
Produtividade de Biogás	PdB	$m^3_{N \text{ biogás}} \cdot m^{-3} \cdot reator \cdot d^{-1}$ $L_{N \text{ biogás}} \cdot L^{-1} \cdot reator \cdot d^{-1}$
Produtividade de Metano	PdM	$m^3_{N \text{ CH}_4} \cdot m^{-3} \cdot reator \cdot d^{-1}$ $L_{N \text{ CH}_4} \cdot L^{-1} \cdot reator \cdot d^{-1}$
Produção de Biogás	PrB	$L_{N} \cdot d^{-1}$ $m^3_{N} \cdot d^{-1}$
Rendimento de Biogás	RB	$L_{N \text{ biogás}} \cdot kg_{SV}^{-1} \cdot adic$ $L_{N \text{ biogás}} \cdot kg_{MF}^{-1} \cdot adic$
Rendimento de Metano	RM	$L_{N \text{ CH}_4} \cdot kg_{SV}^{-1} \cdot adic$ $L_{N \text{ CH}_4} \cdot kg_{MF}^{-1} \cdot adic$
Composição do Biogás (v.v ⁻¹)	cB	% $CH_4 (L_{N \text{ CH}_4} \cdot 100 L_{N \text{ biogás}}^{-1})$ % $CO_2 (L_{N \text{ CO}_2} \cdot 100 L_{N \text{ biogás}}^{-1})$ % mol ($mol_{CH_4} \cdot mol_{gás}^{-1}$) % mol ($mol_{CO_2} \cdot mol_{gás}^{-1}$) ppmV $N_2 H_2 S (mL_{N} \cdot m^{-3})$
Composição do Digestato	cD	% (ex.: $g_{ST} \cdot 100 g_{MF}^{-1}$) % (ex.: $g_{SV} \cdot 100 g_{MF}^{-1}$) $g_{SV} \cdot L^{-1}$, $kg_{SV} \cdot m^{-3}$

Onde: HAC = Ácido acético; MF = Matéria Fresca; ST = Sólidos Totais; SV = Sólidos Voláteis; adic = adicionado; rem = removido; N = Normal.

Tabela 2. Definições das variáveis importantes e unidades de medida para o controle de biodigestores em língua inglesa.

Settings	Abbreviation	Unit
Temperature	T	°C, K
Substrate Composition	S _o	% (ex.: g _{TS} .100 g _{FM} ⁻¹) % (ex.: g _{VS} .100 g _{FM} ⁻¹) g _{VS} .L ⁻¹ or kg _{VS} .m ⁻³ g _{VS} .kg _{FM} ⁻¹
Volatile Fatty Acid	VFA	mg _{HAc} .L ⁻¹
Volatile Fatty Acid and Total Alkalinity relation	VFA/TA or FOS/TAC	mg _{HAc} .mg _{CaCO3} ⁻¹
Particle size of substrate	Tp	mm
Organic loading rate added	OLR _{add}	kg _{VS add} .m ⁻³ .d ⁻¹
Organic loading rate removed	OLR _{rem}	kg _{VS rem} .m ⁻³ .d ⁻¹
Hydraulic Retention Time	HRT	h or d
Redox Potential	E _H	mV
Biochemical Methane Potential	BMP	L _{N CH4} .kg _{VS add} ⁻¹ L _{N CH4} .kg _{FM add} ⁻¹
Biogas Productiveness	BP	m ³ _{N biogas} .m ⁻³ _{reactor} . ⁻¹ .d ⁻¹ L _{N biogas} .L ⁻¹ _{reactor} .d ⁻¹
Methane Productiveness	MP	m ³ _{N CH4} .m ⁻³ _{reactor} . ⁻¹ .d ⁻¹ L _{N CH4} .L ⁻¹ _{reactor} .d ⁻¹
Biogas Rate	BR	L _N .d ⁻¹
Biogas Yield	BY	L _{N biogas} .kg _{VS add} ⁻¹ L _{N biogas} .kg _{FM add} ⁻¹
Methane Yield	MY	L _{N CH4} .kg _{VS add} ⁻¹ L _{N CH4} .kg _{FM add} ⁻¹
Biogas composition(v.v ⁻¹)	Bc	% CH ₄ (L _{N CH4} .100 L _{N biogas} ⁻¹) % CO ₂ (L _{N CO2} .100 L _{N biogas} ⁻¹) % mol (mol _{CH4} .mol _{gas} ⁻¹) % mol (mol _{CO2} .mol _{gas} ⁻¹) ppmV _N H ₂ S (mL _N .m ⁻³)
Digestate composition	Dc	% (ex.: g _{TS} .100 g _{FM} ⁻¹), % (ex.: g _{VS} .100 g _{FM} ⁻¹), g _{VS} .L ⁻¹ , kg _{VS} .m ⁻³

Where: HAc = Acetic Acid; FM = Fresh Material; TS = Total Solids; VS = Volatile Solids; add = added; rem = removed; N = Normal.

Comunicado Técnico, 537

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Suínos e Aves
Endereço: BR 153, Km 110,
Distrito de Tamanduá, Caixa Postal 321,
89.715-899, Concórdia, SC
Fone: 49 3441 0400
Fax: 49 3441 0497
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



1ª edição
Versão Eletrônica: (2016)

Comitê de Publicações

Presidente: Marcelo Miele
Membros: Airtton Kunz, Ana Paula A. Bastos, Gilberto S. Schmidt, Gustavo J.M.M. de Lima e Monalisa L. Pereira
Suplente: Alexandre Matthiensen e Sabrina C. Duarte

Revisores Técnicos

Martha M. Higarashi e Fabiane G. Antes

Expediente

Coordenação editorial: Tânia M.B. Celant
Editoração eletrônica: Vivian Fracasso
Normalização bibliográfica: Cláudia A. Arrieche
Revisão gramatical: Lucas S. Cardoso