

The image shows the entrance to the Embrapa Suínos e Aves facility. A large sign on a white structure with a green roof reads "Embrapa Suínos e Aves". Below it, a blue sign also displays the company name. A Brazilian flag is visible on the left. The background features trees and a clear blue sky.

Digestão anaeróbica de carcaças de animais mortos

Dr. Airton Kunz

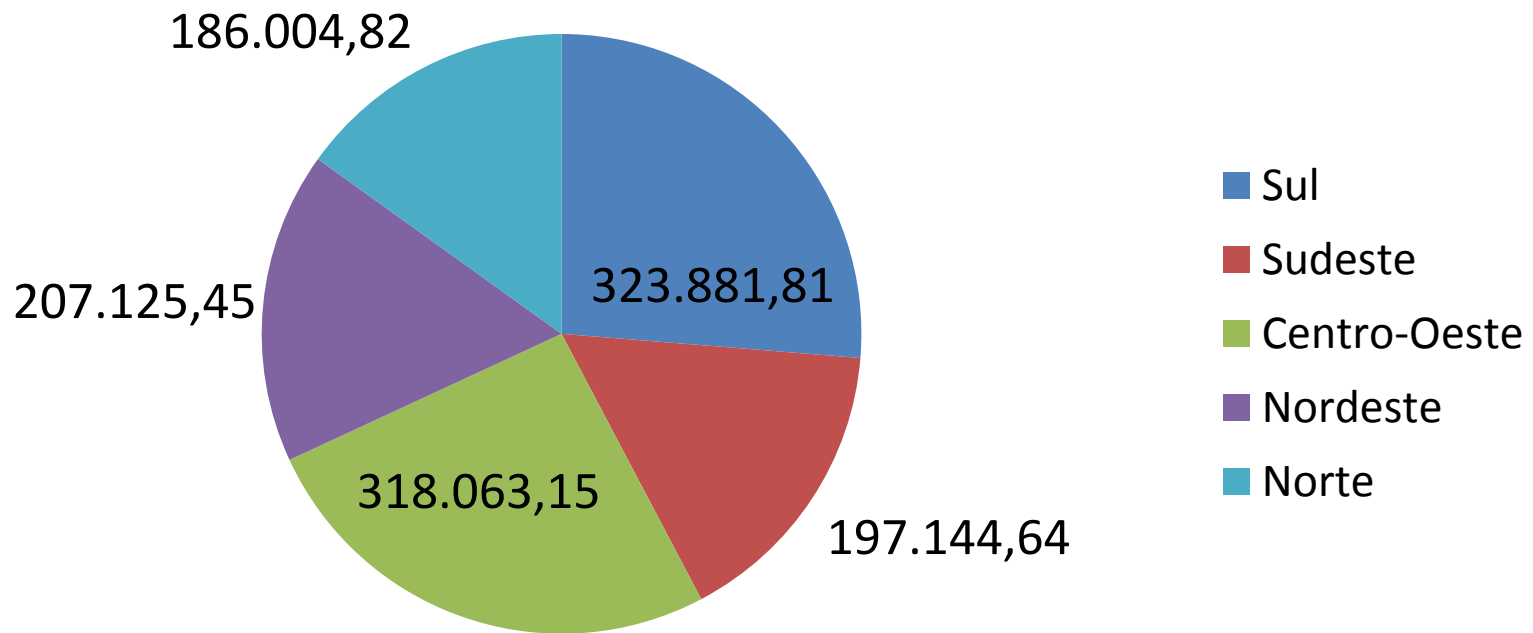
Foz do Iguaçu, 08-05-2017

TEC-DAM
Tecnologias para destinação
de animais mortos

The logo for TEC-DAM features a stylized blue and white graphic of a wave or a ribbon on the left side, with the text "TEC-DAM" and "Tecnologias para destinação de animais mortos" to its right.

Dimensionamento...

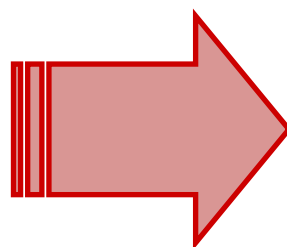
Total de animais mortos (ton/ano)



O Brasil é o 4º maior produtor e exportador de carne suína (1)



A região Sul possui 49% do rebanho nacional (2)



SPAC'S (3)

(1) ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual 2015, São Paulo. 2016.

(2) IBGE, Sistema de Recuperação Automática de Dados. **IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2015 Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>.

(3) KUNZ, A., STEINMTZ, R., RAMME, M., COLDEBELLA, A., **Effect of storage time on swine manure solid separation efficiency by screening**. Bioresource Technology. 2009.



Devido a expansão e tecnificação, os riscos de contaminação ambiental aumentaram ⁽⁵⁾

**Quantidade e concentração de poluentes no dejetos suíno +
manejo e destinação de animais mortos nas propriedades**

⁽⁵⁾ KUNZ, A., STEINMETZ, R. L. R., DAMASCENO, S., & COLDEBELA, A. Nitrogen removal from swine wastewater by combining treated effluent with raw manure. Scientia Agrícola, 2012.



Devido a expansão e tecnificação, os riscos de contaminação ambiental aumentaram ⁽⁵⁾

Quantidade e concentração de poluentes no dejetos suíno + manejo e destinação de animais mortos nas propriedades

Necessidade de gerenciamento⁽⁶⁾



Custo



Ambientalmente adequado

⁽⁵⁾ KUNZ, A., STEINMETZ, R. L. R., DAMASCENO, S., & COLDEBELA, A. Nitrogen removal from swine wastewater by combining treated effluent with raw manure. Scientia Agrícola, 2012.

⁽⁶⁾ MASSÉ, D.I. MASSE, L. HINCE, J.F. POMAR, C. Psychrophilic anaerobic digestion biotechnology for swine mortality disposal. Bioresource Technology. Vol. 99, p. 7307 – 7311. 2008.



Proteção: (7)(8)

➤➤➤ **Meio ambiente;**

➤➤➤ **Saúde humana;**

➤➤➤ **Sanidade animal;**



Proteção: (7)(8)

➤➤➤ **Meio ambiente;**

➤➤➤ **Saúde humana;**

➤➤➤ **Sanidade animal;**

Carcaça animal (9)

- **Matéria orgânica;**
- **Resíduos de medicamentos veterinários;**
- **Micro-organismos patogênicos**

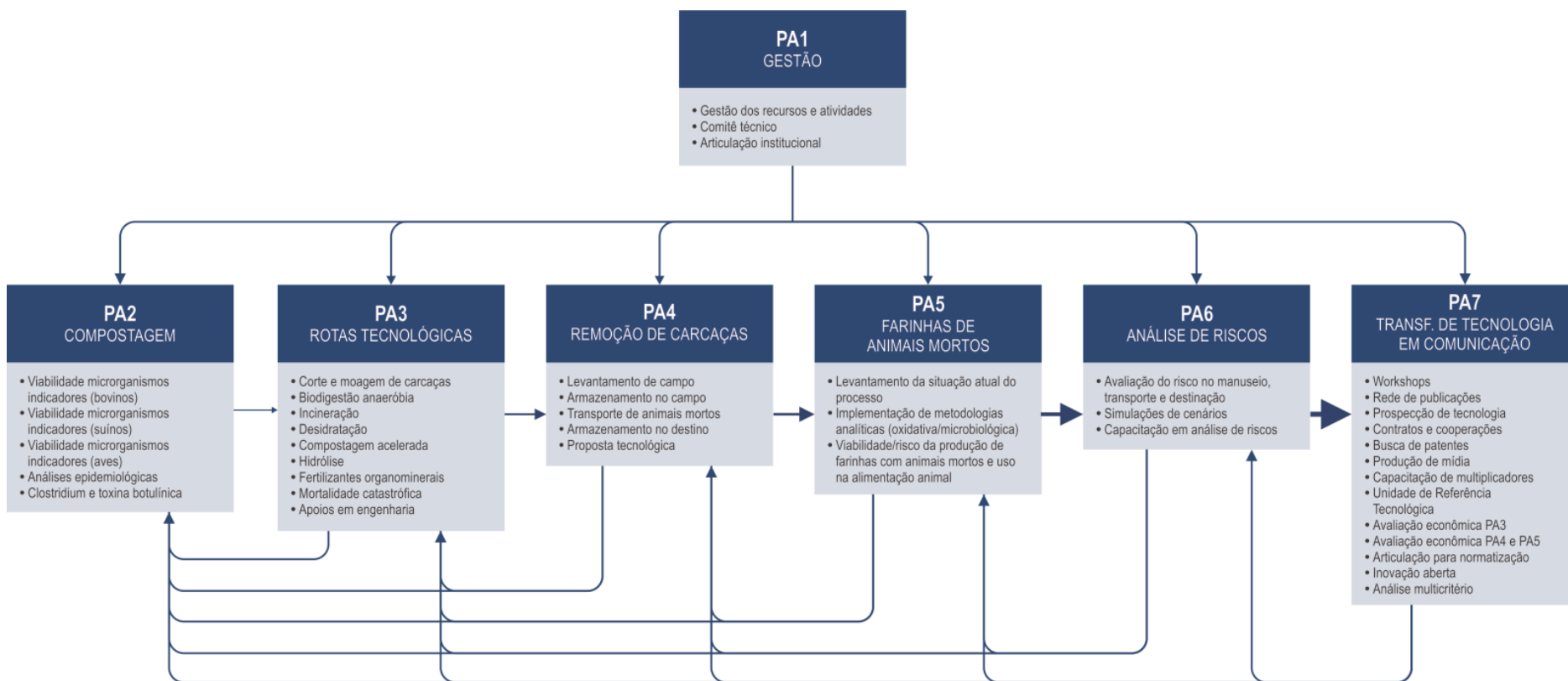
(7) KIM, G.; PRAMANIK, S. **Biosecurity procedures for the environmental management of carcasses burial sites in Korea.** Environ. Geochem. Health. 2016.

(8) ZHANG, Z.; JI, J. **Waste Pig Carcasses as a Renewable Resource for Production of Biofuels.** Acs Sustainable Chemistry & Engineering, 2014.

(9) ZHONG, Y.; HUANG, Z.; WU, L. **Identifying factors influencing the safety and quality related behaviors of pig farmers in China.** FoodControl, . 2017.

O projeto TEC-DAM

FLUXOGRAMA DA ESTRATÉGIA DE AÇÃO



Pergunta do milhão!!!

**Posso adicionar carcaça de animal morto
no biodigestor????**

Digestão anaeróbia

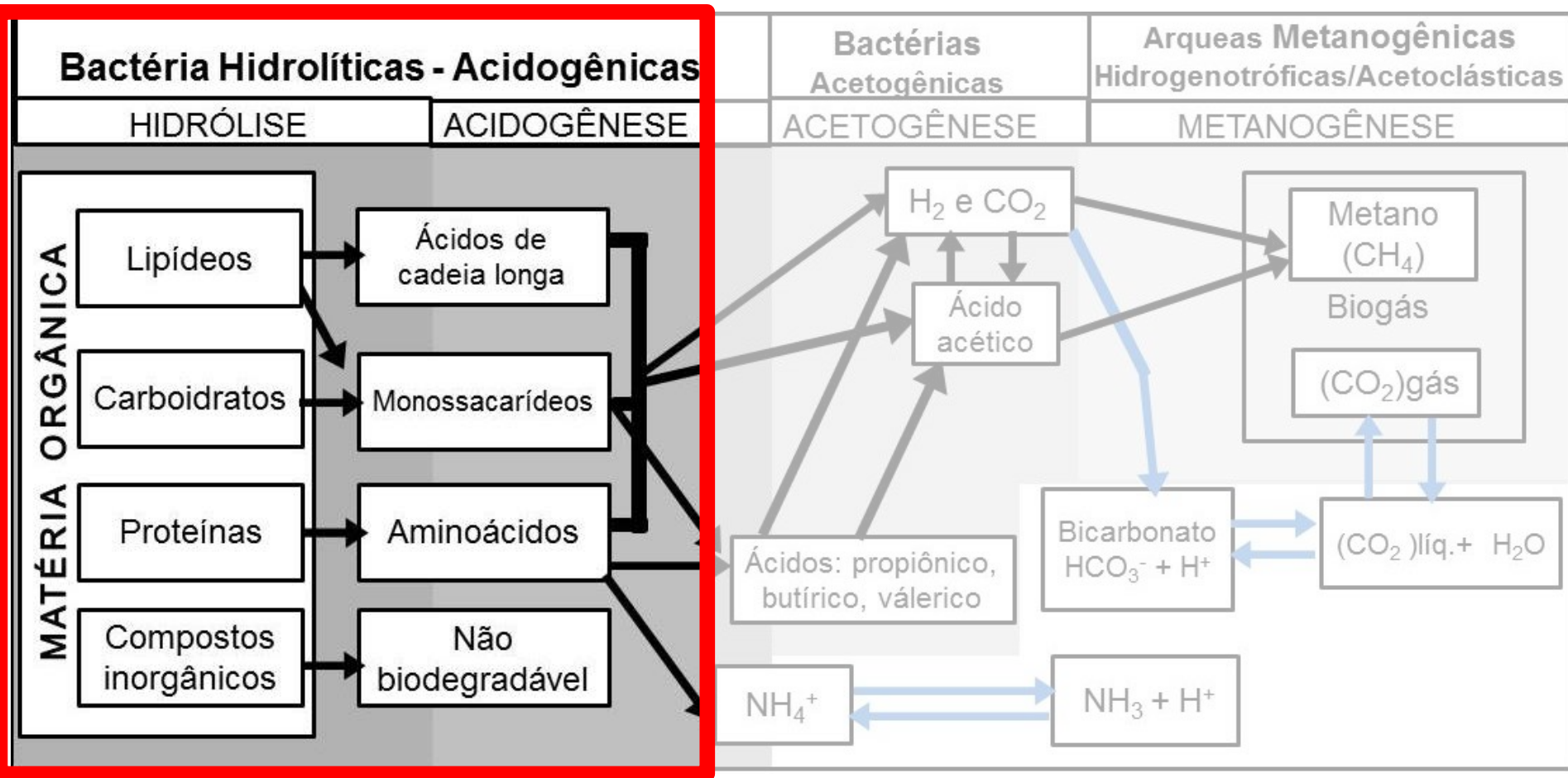


Figura 1 Rotas metabólicas envolvidos na digestão anaeróbia. Adaptado de FLOTATS, 2013.

Digestão anaeróbia

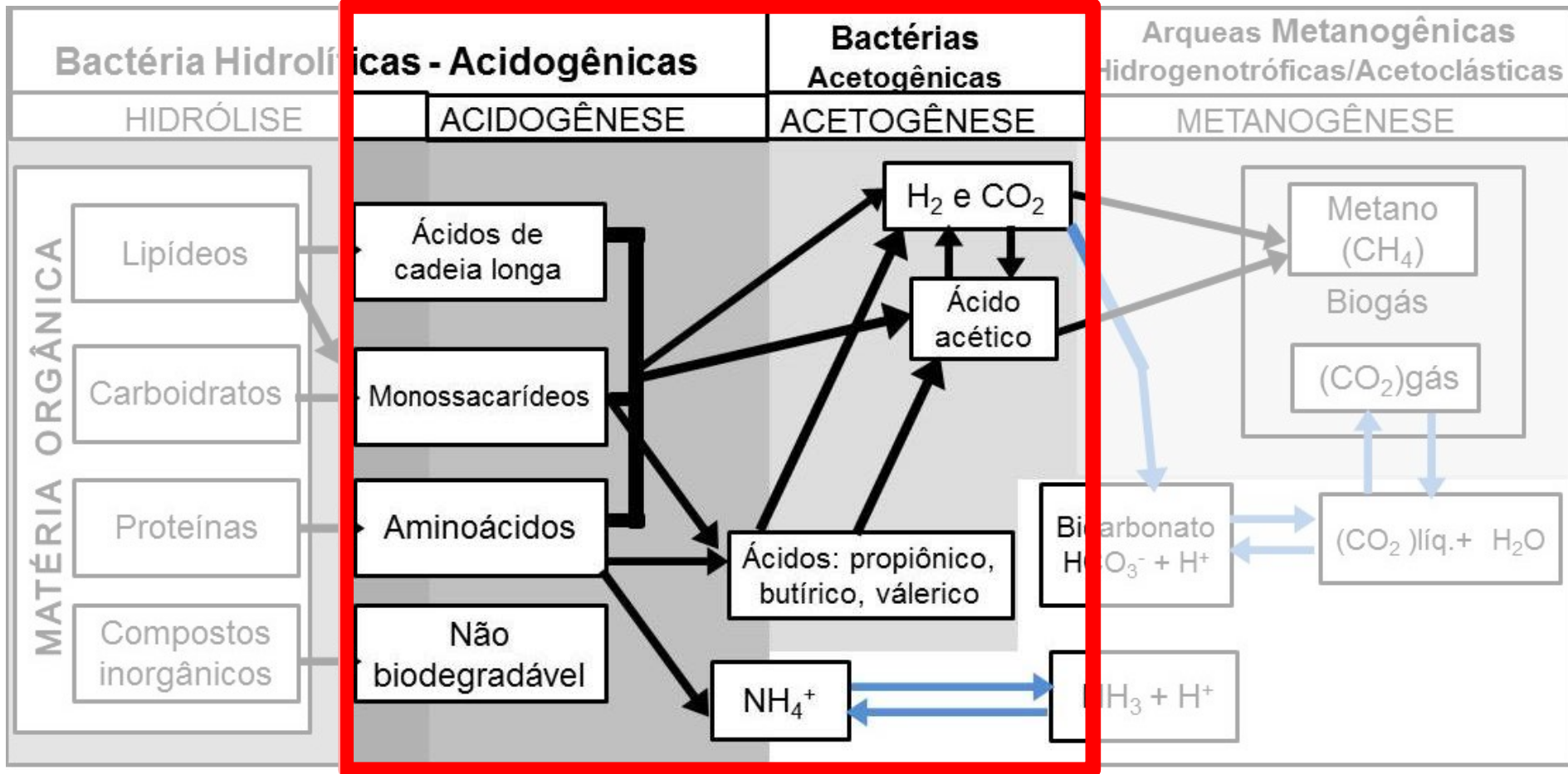


Figura 1 Rotas metabólicas envolvidos na digestão anaeróbia. Adaptado de FLOTATS, 2013.

Digestão anaeróbia

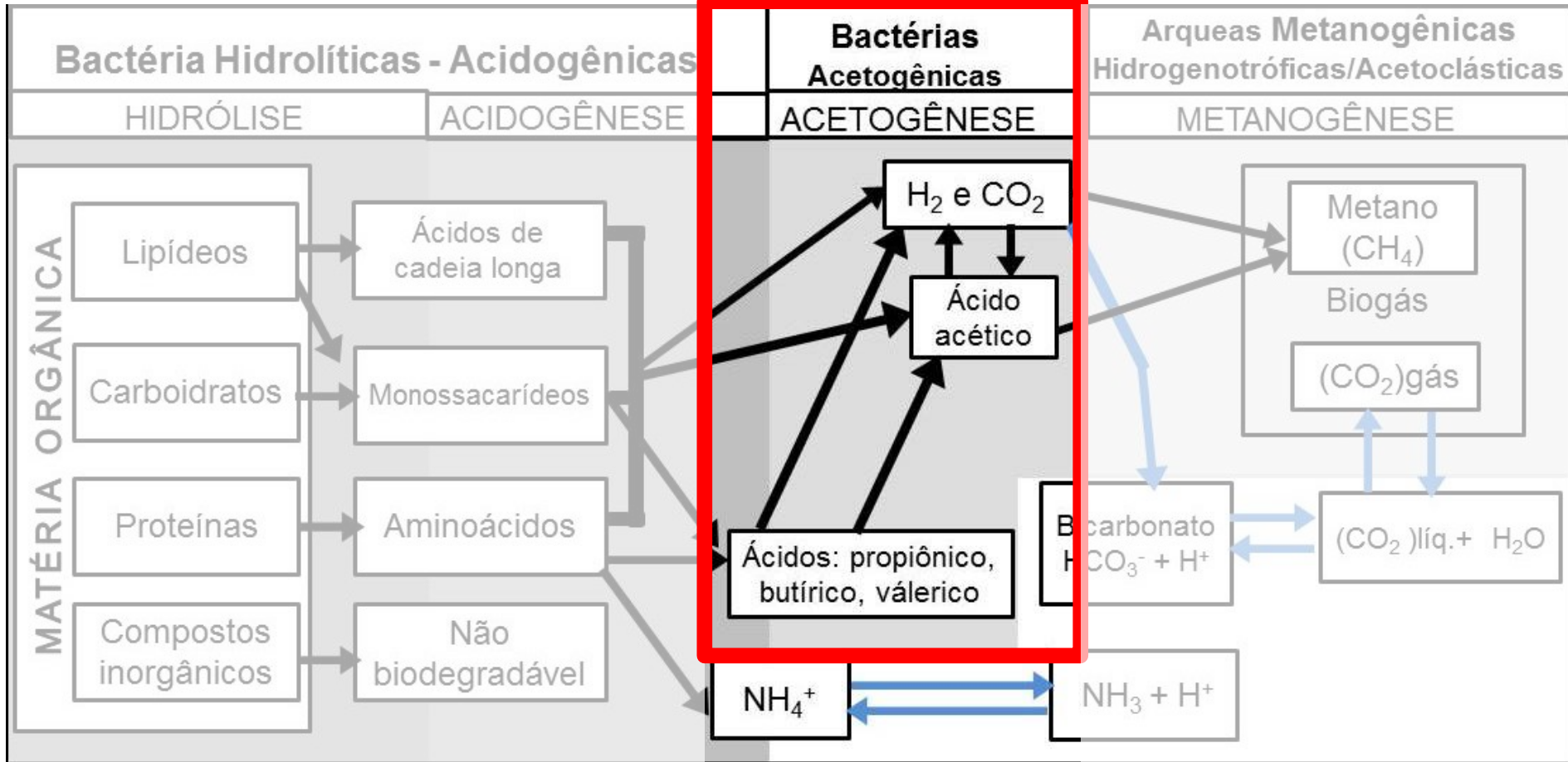


Figura 1 Rotas metabólicas envolvidos na digestão anaeróbia. Adaptado de FLOTATS, 2013.

Digestão anaeróbia

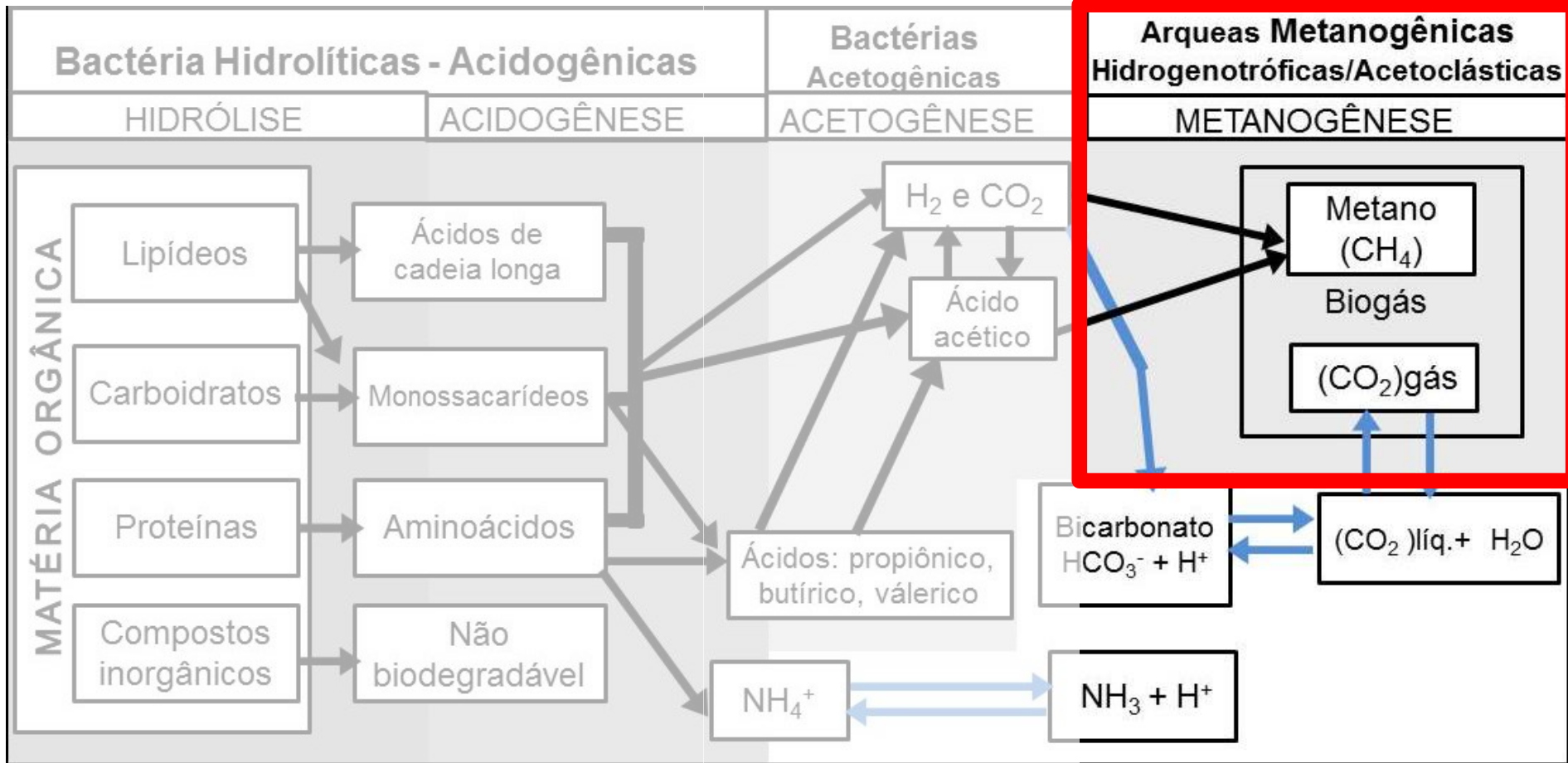


Figura 1 Rotas metabólicas envolvidos na digestão anaeróbia. Adaptado de FLOTATS, 2013.

PARÂMETROS DE PROCESSO

Temperatura ⁽¹⁷⁾(18)

PSICROFÍLICAS
(< 25°C)

MESOFÍLICA
(25°C a 45°C)

TERMOFÍLICA
(45°C a 60°C)

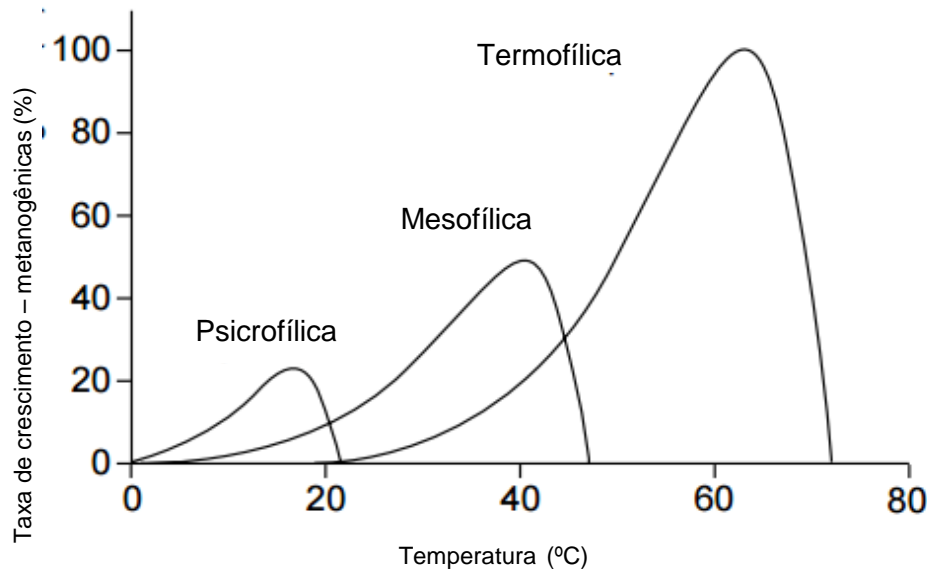


Fig. 2 Influência da temperatura na taxa de crescimento dos micro-organismos.

⁽¹⁷⁾TURCO, M. et al. Processes of biogas production: Anaerobic Digestion and Thermal Gasification. In: Treatment of Biogas for Feeding High Temperature Fuel Cells. Springer. 2016.

⁽¹⁸⁾MAO, C. et al. Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 45, p. 540–555, 2015.

PARÂMETROS DE PROCESSO

pH, Alcalinidade e Ácidos graxos voláteis

Micro-organismos

hidrolíticos e acidogênicos

(Faixa de pH 5,2 – 6,3) ⁽¹⁹⁾

Micro-organismos

Acetogênicos e Metanogênicos

(Faixa de pH 6,5 –8,0) ⁽¹⁹⁾

⁽¹⁹⁾DUBLEN, D., Steinhauser, A. **Biogas from Waste and Renewable Resources: an introduction**. Wiley-VCH, 2011.

⁽¹⁹⁾KHANAL, S. K. **Anaerobic biotechnology for bioenergy production: Principles and Applications**. Wiley- Blackwell, 2008.

PARÂMETROS DE PROCESSO

pH, Alcalinidade e Ácidos graxos voláteis

Micro-organismos

hidrolíticos e acidogênicos

(Faixa de pH 5,2 – 6,3) ⁽¹⁹⁾

Alcalinidade > importância **pH** ⁽²⁰⁾

Micro-organismos

Acetogênicos e Metanogênicos

(Faixa de pH 6,5 –8,0) ⁽¹⁹⁾

Tabela 4. Evolução da relação AI/AP.

RELAÇÃO AI/AP	CARACTERÍSTICA
> 0,4	Reator em sobrecarga
0,3 - 0,4	Faixa ótima
< 0,3	Aporte de substrato baixo

Adaptado de MÉZES et al, 2011

Alcalinidade intermediária: alcalinidade por bicarbonato;

Alcalinidade parcial: alcalinidade vinda dos AGV;

⁽¹⁹⁾DUBLEN, D., Steinhäuser, A. **Biogas from Waste and Renewable Resources: an introduction**. Wiley-VCH, 2011.

⁽¹⁹⁾KHANAL, S. K. **Anaerobic biotechnology for bioenergy production: Principles and Applications**. Wiley- Blackwell, 2008.

⁽²⁰⁾MÉZES, L. et al. Novel Approach on the basis of FOS/TAC method, *Analele Universității din Oradea, Fascicula Protecția Mediului* Vol. 17, 2011.

Carga orgânica volumétrica (COV)

x

Tempo de Retenção Hidráulica (TRH)

$$TRH = V/Q$$

$$COV = C \times Q/V$$

onde:

$$TRH = d$$

$$COV = Kg \text{ SV} \cdot m^{-3} \cdot d^{-1}$$

$$C = Kg \cdot m^{-3}$$

$$Q = m^3 \cdot d^{-1}$$

$$V = m^3$$

PARÂMETROS DE PROCESSO

Nitrogênio

O nitrogênio é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos⁽²¹⁾

Inibição do processo por amônia livre

Digestão anaeróbia de dejetos suíno –

Garcia e Angenent (2009)
200 mg.L⁻¹ reportaram inibição

Rodríguez et al. (2011)
375 mg.L⁻¹ não afetou o processo

⁽²¹⁾RAJAGOPAL, R. et al. A critical review on inhibition of anaerobic digestion process by excess ammonia. Bioresource technology. 2013.
GARCIA, M. L.; ANGENENT, L. T. Interaction between temperature and ammonia in mesophilic digesters for animal waste treatment. Water research. 2009.
RODRÍGUEZ, D.C. et al. Behaviour of molecular weight distribution for the liquid fraction of pig slurry treated by anaerobic digestion, Environmental Technology. 2011.

PARÂMETROS DE PROCESSO

Nitrogênio

O nitrogênio é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos⁽²¹⁾

Inibição do processo por amônia livre

Garcia e Angenent (2009)
200 mg.L⁻¹ reportaram inibição

Rodríguez et al. (2011)
375 mg.L⁻¹ não afetou o processo

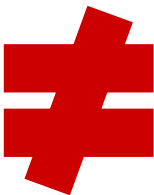
Digestão anaeróbia de dejetos suíno –

Inóculo

Adaptação da comunidade microbiana

Variabilidade das condições operacionais

Tipo de substrato ⁽²¹⁾



⁽²²⁾ HO, L.; HO, G. Mitigating ammonia inhibition of thermophilic anaerobic treatment of digested piggery wastewater: use of pH reduction, zeolite, biomass and humic acid. Water research. 2012

Ensaio Potencial Bioquímico de Biogás

Método para explorar e determinar a viabilidade dos resíduos serem utilizados como substrato para a DA; ⁽²³⁾

» Escolha da configuração; ⁽²⁴⁾

» Economia; ⁽²⁴⁾

» Implementações de reatores em larga escala; ⁽²⁴⁾

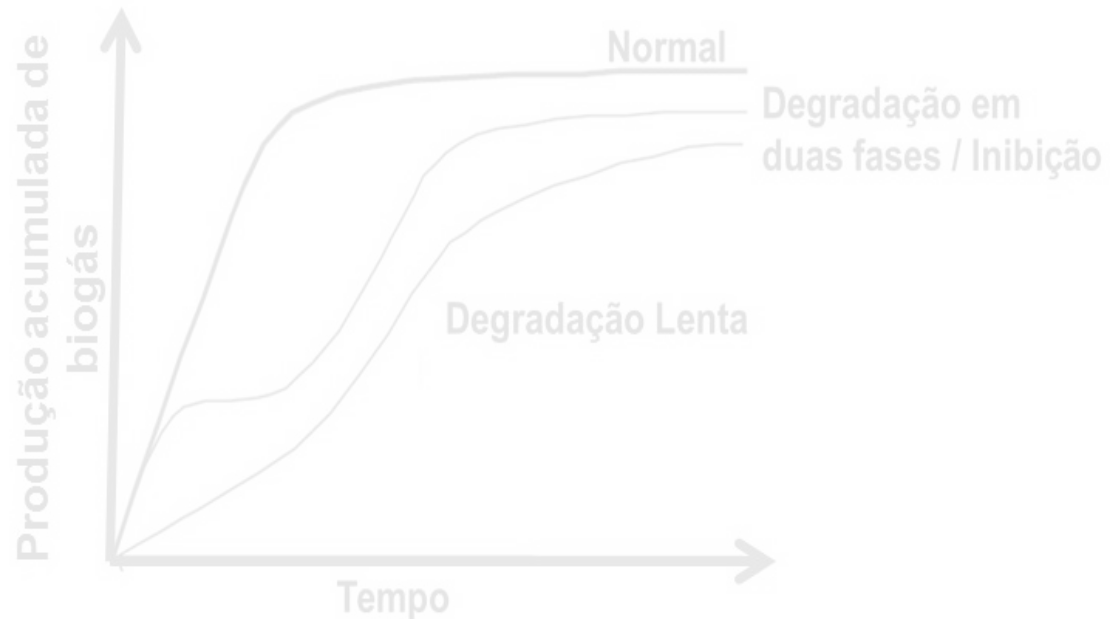


Figura 4 Exemplo de típicas curvas cumulativas de produção de biogás. Adaptado de VDI 4630

⁽²³⁾ MOREDA, I. L. **Determining anaerobic degradation kinetics from batch tests**. Water Science & Technology, v. 73. 2016

⁽²⁴⁾ LABATUT, R. A.; ANGENENT, L. T.; SCOTT, N, R. **Biochemical methane potential and biodegradability of complex organic substrates**. Bioresource Technology. 2011.

Ensaio Potencial Bioquímico de Biogás

Método para explorar e determinar a viabilidade dos resíduos serem utilizados como substrato para a DA; ⁽²³⁾



Escolha da configuração; ⁽²⁴⁾



Economia; ⁽²⁴⁾



Implementações de reatores em larga escala; ⁽²⁴⁾

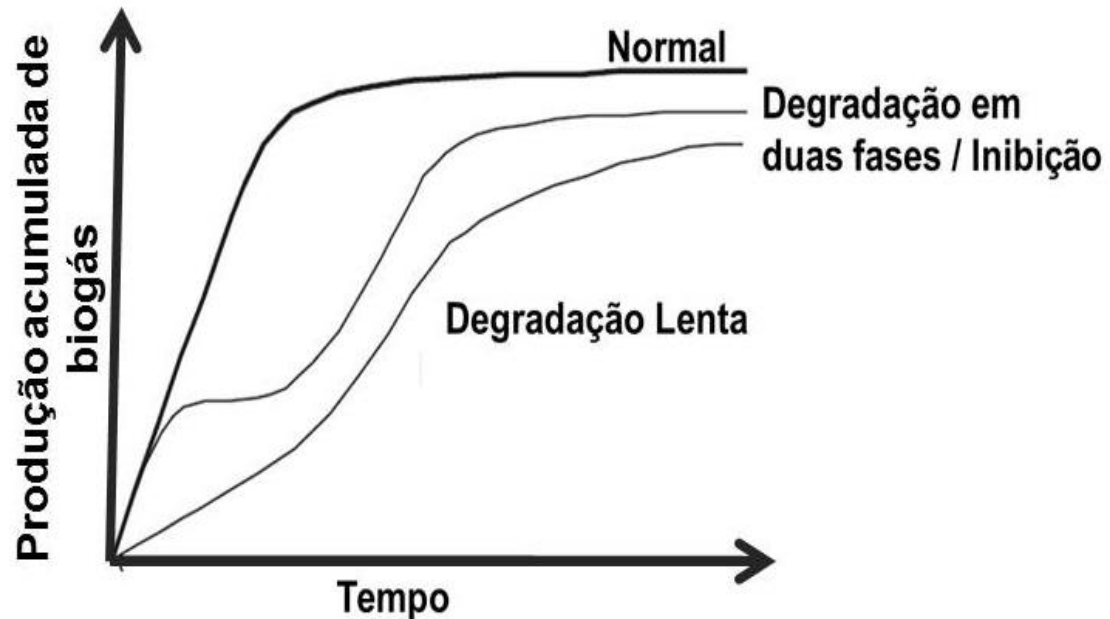


Figura 4 Exemplo de típicas curvas cumulativas de produção de biogás. Adaptado de VDI 4630

⁽²³⁾ MOREDA, I. L. **Determining anaerobic degradation kinetics from batch tests**. Water Science & Technology, v. 73. 2016
⁽²⁴⁾ LABATUT, R. A.; ANGENENT, L. T.; SCOTT, N, R. **Biochemical methane potential and biodegradability of complex organic substrates**. Bioresource Technology. 2011. VDI 4630, 2006. **Fermentation of Organic Materials – Characterization of the Substrate, Sampling, Collection of Material Data, Fermentation Tests**. The Association of German Engineers, Düsseldorf, Germany.

Potencial da carcaça para produção de biogás

Paramêtros	Carcaça	Dejeto
Sólidos totais (%)	40,7	4,6
Sólidos volatéis (%)	38,0	3,2
Nitrogênio total (mg.kg ⁻¹)	27960,0	6270,0
Nitrogênio amoniacal (mg.kg ⁻¹)	2470,0	4950,0
Proteínas (%)	15,9	0,1
Gordura (%)	17,7	NA
Relação gordura/proteína	1,1	NA
pH	6,1	7,7

Adaptado de Massé et al., 2008

Potencial da carcaça para produção de biogás

Paramêtros	Carcaça	Dejeto
Sólidos totais (%)	40,7	4,6
Sólidos volatéis (%)	38,0	3,2
Nitrogênio total (mg.kg ⁻¹)	27960,0	6270,0
Nitrogênio amoniacal (mg.kg ⁻¹)	2470,0	4950,0
Proteínas (%)	15,9	0,1
Gordura (%)	17,7	NA
Relação gordura/proteína	1,1	NA
pH	6,1	7,7

Adaptado de Massé et al., 2008

Potencial da carcaça para produção de biogás

Paramêtros	Carcaça	Dejeto
Sólidos totais (%)	40,7	4,6
Sólidos volatéis (%)	38,0	3,2
Nitrogênio total (mg.kg ⁻¹)	27960,0	6270,0
Nitrogênio amoniacal (mg.kg ⁻¹)	2470,0	4950,0
Proteínas (%)	15,9	0,1
Gordura (%)	17,7	NA
Relação gordura/proteína	1,1	NA
pH	6,1	7,7

Adaptado de Massé et al., 2008

- Resíduos que possuem altas concentrações de proteínas e lipídios são excelentes substratos para a produção de biogás; ⁽²⁵⁾
- Monodigestão é propensa a inibições devido ao acúmulo de ácidos graxos voláteis e/ou produção de amônia livre; ⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾

⁽²⁵⁾ ZHANG, Z.; JI, J. Waste Pig Carcasses as a Renewable Resource for Production of Biofuels. *Acs Sustainable Chemistry & Engineering*, 2014.

⁽²⁶⁾ LEE, et al. Anaerobic digestion of cattle offal: protein and lipid-rich substrate degradation and population dynamics of acidogens and methanogens. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 2015.

⁽²⁷⁾ BÉLINE et al. Comparison of existing models to simulate anaerobic digestion of lipid-rich waste. *Bioresource Technology*. 2017.

DEJETO SUÍNO

Produção

Tabela 2: Estimativa de volume de dejetos produzidos por sistema de produção de suínos

Sistema de produção de suínos	Volume de dejetos (L. animal ⁻¹ . d ⁻¹)
Ciclo Completo (CC)	47,1
Unidade de produção de leitões (UPL)	22,8
Unidade de produção de desmamados (UPD)	16,2
Crechários (CR)	2,3
Unidade de Terminação (UT)	4,5

IN 11 – Fatma 2014



DEJETO SUÍNO

Produção

Tabela 2: Estimativa de volume de dejetos produzidos por sistema de produção de suínos

Sistema de produção de suínos	Volume de dejetos (L. animal ⁻¹ . d ⁻¹)
Ciclo Completo (CC)	47,1
Unidade de produção de leitões (UPL)	22,8
Unidade de produção de desmamados (UPD)	16,2
Crechários (CR)	2,3
Unidade de Terminação (UT)	4,5

IN 11 – Fatma 2014



DEJETO SUÍNO

Produção

Tabela 2: Estimativa de volume de dejetos produzido por sistema de produção de suínos

Sistema de produção de suínos	Volume de dejetos (L. animal ⁻¹ . d ⁻¹)
Ciclo Completo (CC)	47,1
Unidade de produção de leitões (UPL)	22,8
Unidade de produção de desmamados (UPD)	16,2
Crechários (CR)	2,3
Unidade de Terminação (UT)	4,5

IN 11 – Fatma 2014



Atratividades para a codigestão com carcaça suína ⁽²⁷⁾ ⁽²⁸⁾

- ▶▶▶ Carbono biodegradável - bom substrato para a digestão anaeróbia;
- ▶▶▶ Alcalinidade (aprox. 5000 mg.L⁻¹);
- ▶▶▶ Diluições de compostos inibitórios;
- ▶▶▶ Já existem reatores em operação;

Cuidados na codigestão



- **Digestão anaeróbia**⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾



Codigestão com dejetos suíno;

Potencialização da produção de biogás;

Cuidado com acúmulo de AGV;

Influência da temperatura do processo na remoção de patógenos;

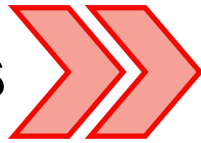
⁽¹⁴⁾ RAJAGOPAL, R.; SAADY, N. M. C. **Low-Temperature Anaerobic Co-Digestion of Swine Carcass and Swine Manure: Impact of High Swine Carcass Loading Rate.**2014.

⁽¹⁵⁾ BÉLINE, et al. Comparison of existing models to simulate anaerobic digestion of lipid-rich waste. *Bioresource Technology*, v. 226, p. 99-107. 2017.

⁽¹⁶⁾ZHANG, et al. **Influence of Temperatura and pH on Methanogenic Digestion in two-pase Anaerobic Co-digestion of pig manure with Maize Straw.** *Jornal of Residuals Science & Technonology*. 2016.

Micro-organismos modelo para a codigestão

Bactérias



E. coli ⁽²⁹⁾ → Biomarcador de contaminação fecal;

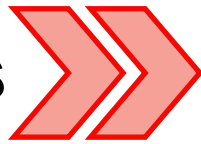
Salmonella ⁽³⁰⁾ → Agente causador da Salmonelose;

⁽²⁹⁾ LI, S. et al. Spread of extended-spectrum beta-lactamase-producing *Escherichia coli* from a swine farm to the receiving river. *Environmental Science and Pollution Research*. 2015

⁽³⁰⁾ KIM, H. B.; ISAACSON, R. E. **Salmonella in Swine: Microbiota Interactions**. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 2017.

Micro-organismos modelo para a codigestão

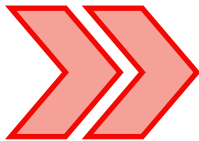
Bactérias



E. coli ⁽²⁹⁾ → Biomarcador de contaminação fecal;

Salmonella ⁽³⁰⁾ → Agente causador da Salmonelose;

Vírus



PCV2⁽³¹⁾ → considerado um dos mais resistentes e estáveis;

⁽³¹⁾ RAMIREZ, A.; ZAABEL, P. **Swine Biological Risk Management**. Veterinary Diagnostic and Production Animal. Iowa State University. 2012.

⁽³²⁾ BERTRAND, et al. **The impact of the temperature on the inactivation of enteric viruses in food and water: a review**. J. Appl. Microbiol., p.1-16, 2012.

⁽³³⁾ JOFRE, et al. **Coliphages as Model Organisms in the Characterization and Management of Water Resources**. Water, v. 8. 2016.

Potencial Bioquímico de Biogás



Carne processada: $1211 \pm 37 L_{N_{biogás}} \cdot kg_{SVadic}^{-1}$;
Carcaça suína: $1076 \pm 37 L_{N_{biogás}} \cdot kg_{SVadic}^{-1}$

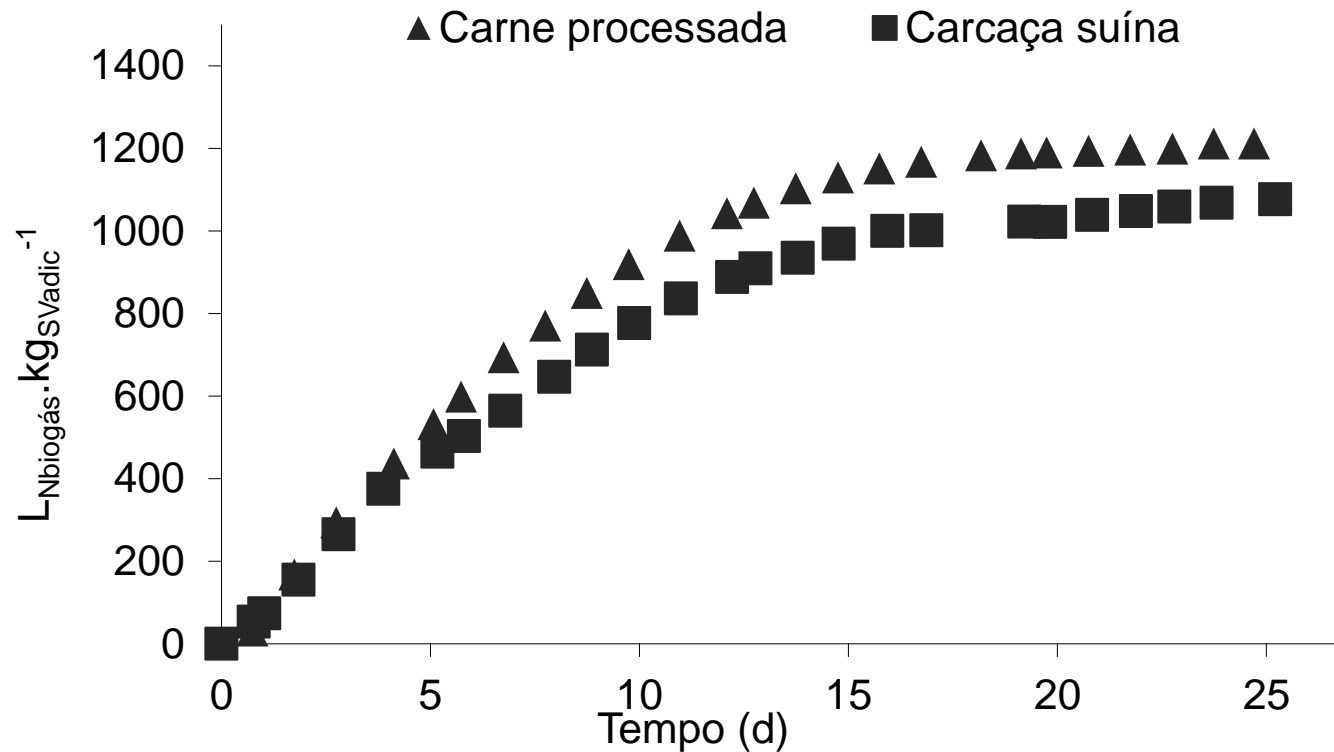


Figura 5 Média do Potencial Bioquímico de Biogás das amostras: carne processada e carcaça suína.

Potencial Bioquímico de Biogás



Carne processada: $1211 \pm 37 L_{\text{Nbiogás}} \cdot \text{kg}_{\text{SVadic}}^{-1}$;

Carcaça suína: $1076 \pm 37 L_{\text{Nbiogás}} \cdot \text{kg}_{\text{SVadic}}^{-1}$



Velocidade máxima de degradação entre 2º e 3º dia, sendo: CP: 145

$L_{\text{Nbiogás}} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{kg}_{\text{SVadic}}^{-1}$; CS: 130 $L_{\text{Nbiogás}} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{kg}_{\text{SVadic}}^{-1}$

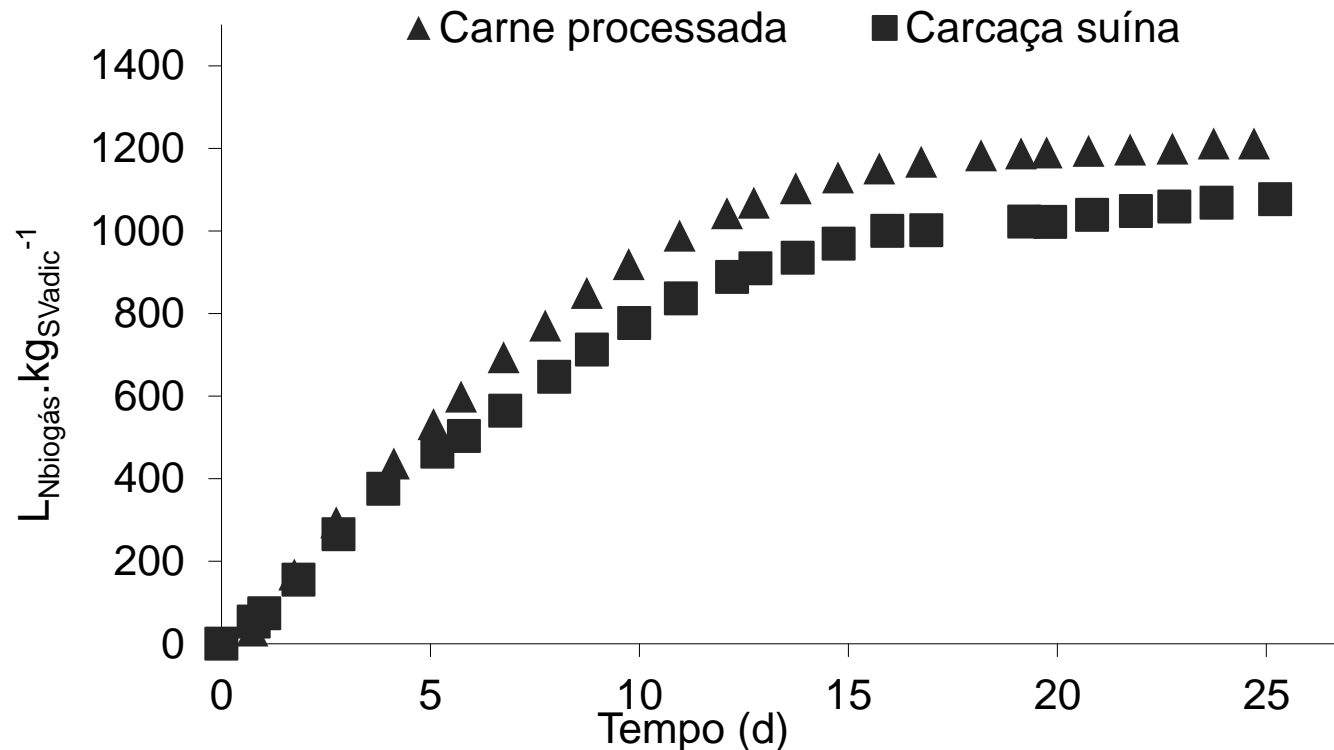


Figura 5 Média do Potencial Bioquímico de Biogás das amostras: carne processada e carcaça suína.

INATIVAÇÃO DE MICRO-ORGANISMOS MODELO



Inativação dos micro-organismos modelo

 **A temperatura é principal fator de influência na inativação de patógenos;** ⁽³⁵⁾ ⁽³⁶⁾

 **Desnaturação das proteínas;** ⁽³⁷⁾

⁽³⁵⁾ PANDEY, P.K.; SOUPIR M. L. **Escherichia coli inactivation kinetics in anaerobic digestion of dairy manure under moderate, mesophilic and thermophilic temperatures.** AMB express. 2011.


⁽³⁶⁾ FRANKE-WHITTLE, I.; INSAM, H. **Treatment alternatives of slaughterhouse wastes, and their effect on the inactivation of different pathogens: A review.** Critical review in Microbiology, 2013.

⁽³⁷⁾ ZIEMBA, C.; PECCIA, J.; **Net energy production associated with pathogen inactivation during mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of sewage sludge.** Water Research, 2011.

Inativação dos micro-organismos modelo

 **A temperatura é principal fator de influência na inativação de patógenos;** ⁽³⁵⁾ ⁽³⁶⁾

 **Desnaturação das proteínas;** ⁽³⁷⁾

 **Quanto maior a temperatura menor o tempo necessário para a inativação de patógenos;** ⁽³⁸⁾ ⁽³⁹⁾


⁽³⁸⁾ SCAGLIA, et al. **Sanitation ability of anaerobic digestion performed at different temperature on sewage sludge.** Science of Total Environment, v.466-467, p.888-897, 2014.

⁽³⁹⁾ CHEN, et al. **Anaerobic digestion in mesophilic and room temperature conditions: Digestion performance and soil-borne pathogen survival.** Journal of Environmental Sciences, 2016.

Inativação dos micro-organismos modelo

 **A temperatura é principal fator de influência na inativação de patógenos;** ⁽³⁵⁾ ⁽³⁶⁾

 **Desnaturação das proteínas;** ⁽³⁷⁾

 **Quanto maior a temperatura menor o tempo necessário para a inativação de patógenos;** ⁽³⁸⁾ ⁽³⁹⁾

⁽⁴⁰⁾ MOHAIBES, M.; HEINONEN-TANSKI, H. **Effect of temperature on survival of micro-organisms and performance of anaerobic two-stage reactors treating cattle slurry.** Environmental Technology, 2012.

⁽⁴¹⁾ JOFRE, J.; LUCENA, F.; BLANCH, A. R.; MUNIESA, M. **Coliphages as Model Organisms in the Characterization and Management of Water Resources.** Water, v. 8. 2016.

A carcaça suína apresenta um potencial elevado de geração de biogás ($1076 \pm 48 \text{ L}_{\text{Nbiogás}} \cdot \text{kg}_{\text{SVadic}}^{-1}$)

A codigestão de dejetos suínos e carcaça suína resulta em um aumento na produção de biogás em comparação com a monodigestão do dejetos suínos (de 15% a 119%).

A carcaça suína apresenta um potencial elevado de geração de biogás ($1076 \pm 48 \text{ L}_{\text{Nbiogás}} \cdot \text{kg}_{\text{SVadic}}^{-1}$)

A codigestão de dejetos suínos e carcaça suína resulta em um aumento na produção de biogás em comparação com a monodigestão do dejetos suínos (de 15% a 119%).

Durante a codigestão a 37°C ocorre uma redução de patógenos maior que o mesmo processo a 24°C .

Biodigestores sem sistema de aquecimento e em temperaturas mesofílicas recomenda-se a utilização de processo de pré ou pós-tratamento.

Cursos EAD

Curso de atualização em energias do biogás

Curso de operacionalização de biodigestores

<https://cibiogas.org/>

Comunicado Técnico 537

ISSN 0100-8862
Versão Eletrônica
Outubro, 2016
Concórdia, SC

Foto: Ricardo L.R. Steinmetz/Embrapa



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

<http://www.cnpsa.embrapa.br/biogásfert>

The screenshot shows a web browser window displaying the website for Rede BiogásFert. The browser's address bar shows the URL www.cnpsa.embrapa.br/biogásfert/. The page header includes a contact number (+55 (49) 3441-0400), the text 'Fale conosco - SAC', and logos for Embrapa, Rede BiogásFert, and ITAIPU. A navigation menu contains the items 'A REDE', 'RESULTADOS', 'PARCEIROS', and 'CONTATO'. The main content area features a background image of laboratory glassware with the text 'É O DESAFIO DA PESQUISA PARA OS PRÓXIMOS ANOS' overlaid. The Windows taskbar at the bottom shows the date as 26/11/2015 and the time as 18:01.



Obrigado!

Para maiores informações:
airton.kunz@embrapa.br
www.embrapa.br/suinos-e-aves/tec-dam

Agradecimento especial:

MSc Deisi Tapparo

<http://portalpos.unioeste.br/index.php/tes-dis-eng-agricola>

