



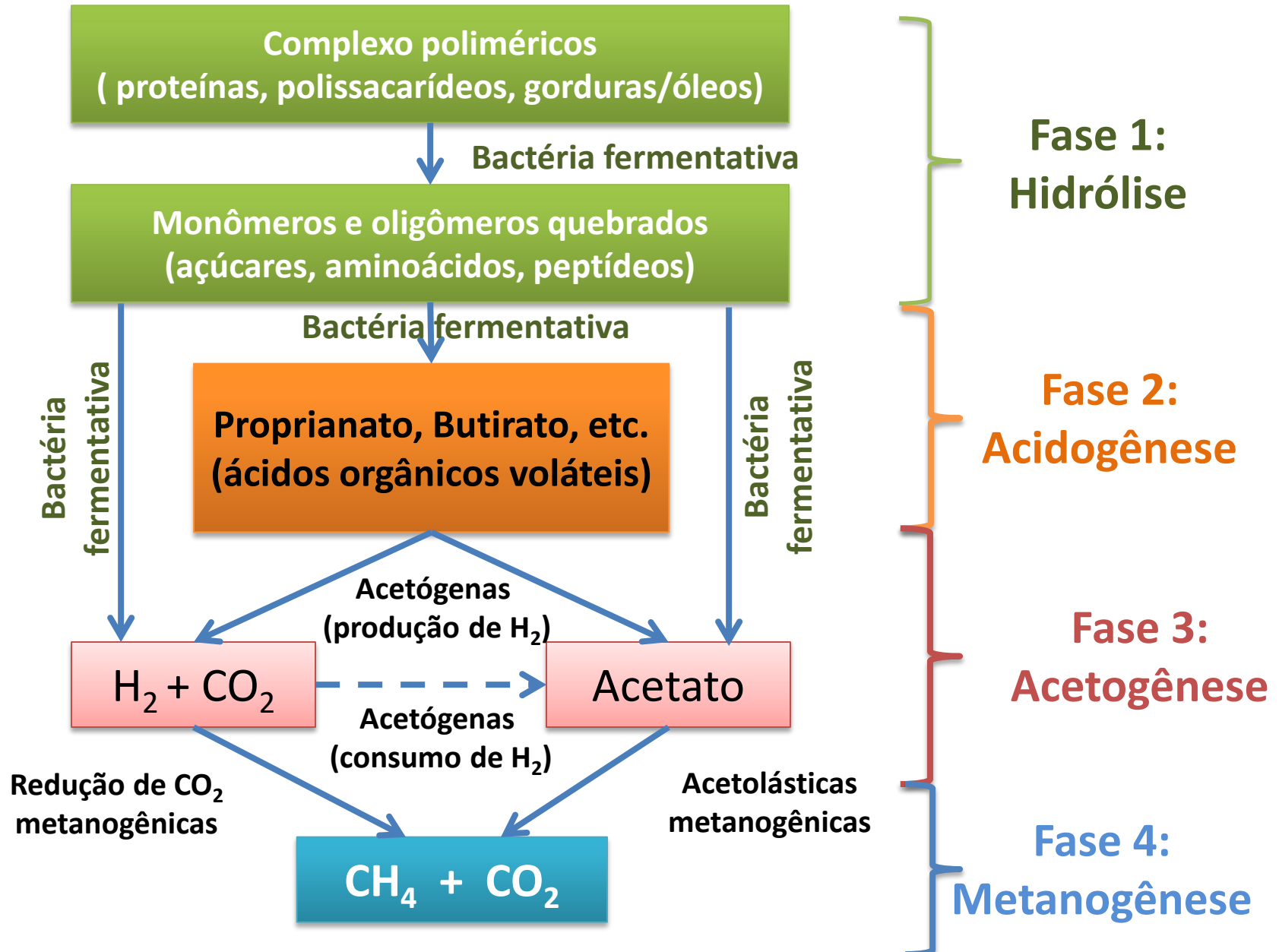
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG
Centro de Ciências e Tecnologias – CCT
Unidade Acadêmica de Engenharia Química - UAEQ

Energias Renováveis (Biogás)

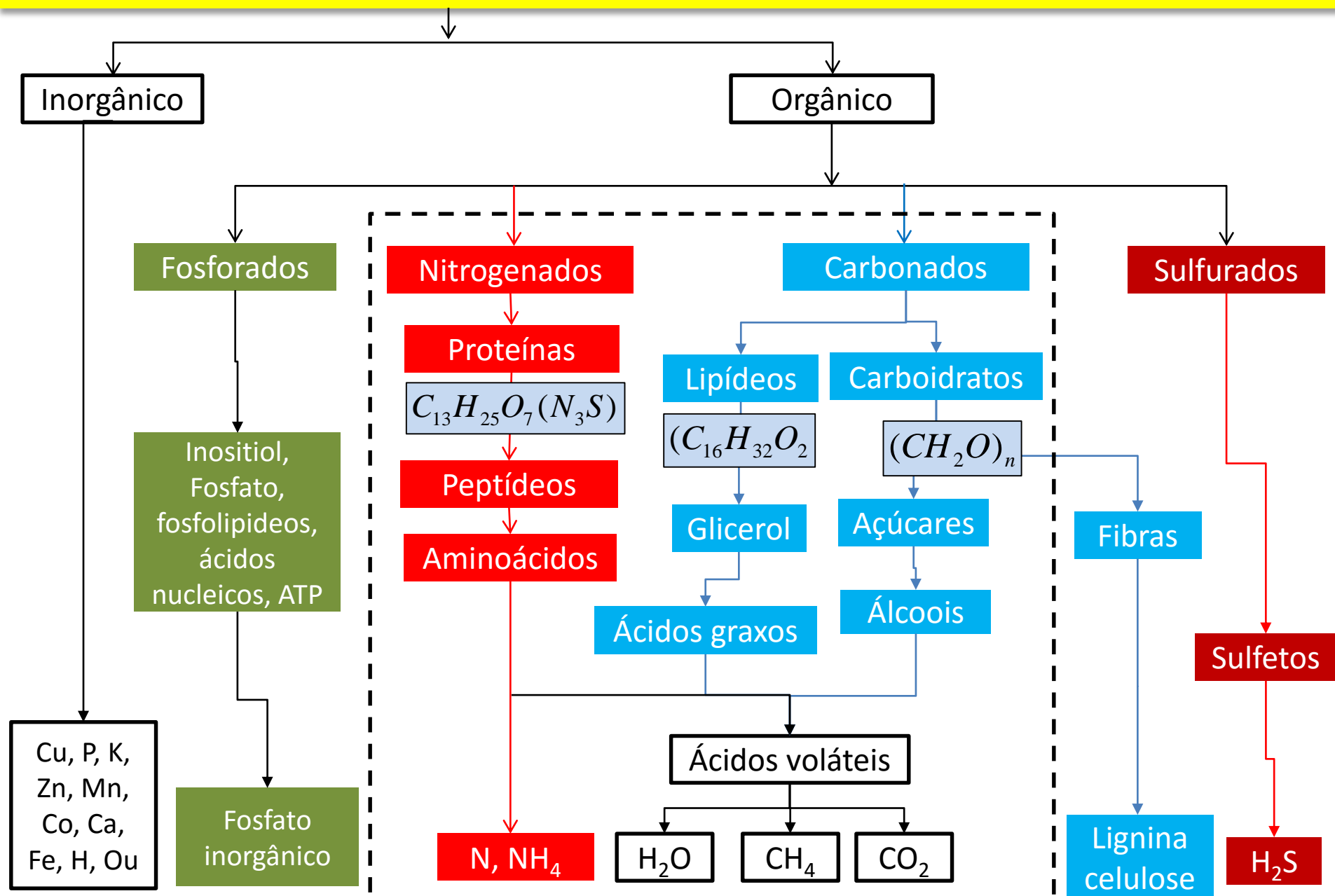
**Aula 4 – Fundamentos químico e
bioquímico da biodigestão
Anaeróbica: Parte 3**

Prof. Nilton Silva

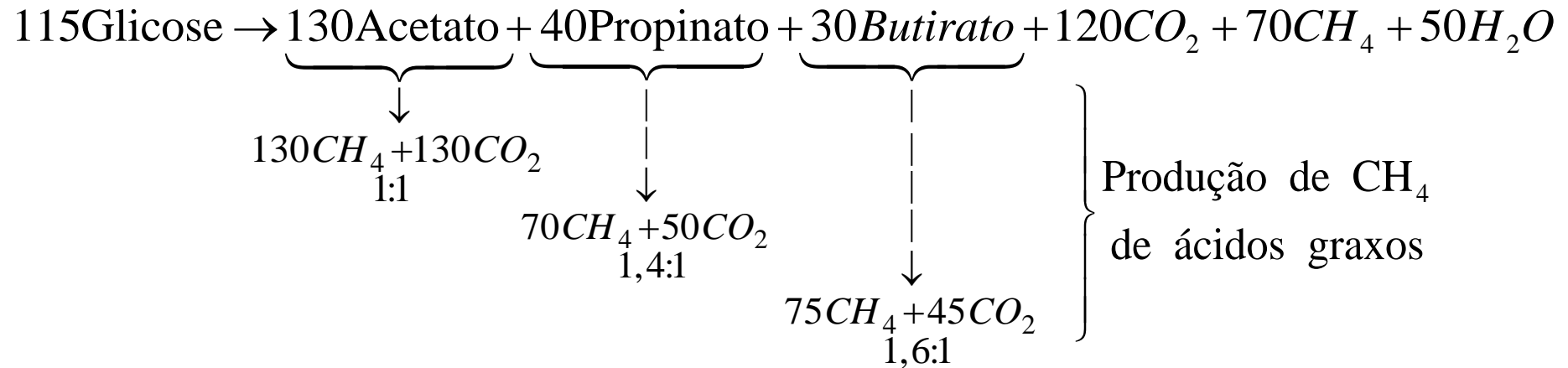
Diagrama das quatro fase de produção de biogás



Cadeia de biodigestão do esterco animal



Produção teórica de metano

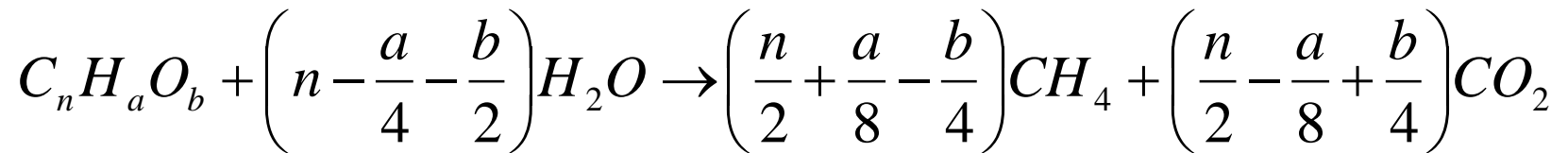


Resultados: $115 \text{Glicose} \rightarrow 345 \text{CH}_4 + 345 \text{CO}_2$

$1 \text{Glicose} \rightarrow 3 \text{CH}_4 + 3 \text{CO}_2$

Produção teórica de metano

- Uma das primeiras relações para quantificar metano foi a equação estequiométrica de Buswell e Hatfield (1936):



Produção teórica de metano

- A partir da composição definida por análise de sólido seco:

- Ex.: 48.3% C, 7.6% H, 35.8% O, 3.3% N
$$n_i = \frac{m_T \times f_{i\%} / 100}{MM_i}$$

Componente	Átomos/mol	Peso atômico (g/mol)	Contribuição de cada elemento (g)	% (massa)
N	0.236	14	3.3	3.3
C	4.025	12	48.3	48.3
H	7.600	1	7.6	7.6
O	2.238	16	35.8	35.8
Inerte			5	5
Total			100	100

$$n_C = \frac{m_T \times f_{C\%} / 100}{MM_C} = \frac{100g \times 48.3\% / 100\%}{12 \frac{g}{mol}} = 4.025$$

Produção teórica de metano

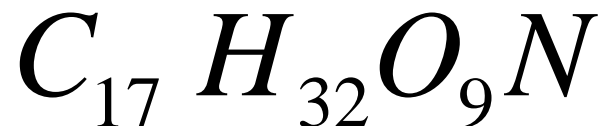
- A partir da composição definida por análise de sólido seco:
- Ex.: 48.3% *C*, 7.6% *H*, 35.8% *O*, 3.3% *N*

Assim: $n = 17$, $a = 32$, $b = 9$

Definição dos índices mínimos		
Componente	Átomos/mol	Índice mínimo
N	0.236	1
C	4.025	17
H	7.600	32
O	2.2375	9

$$n_{\min N} = \frac{n_{N_2}}{n_{\min, i}} = \frac{n_{N_2}}{n_{N_2}}$$

$$n_{\min C} = \frac{n_C}{n_{N_2}}, \quad n_{\min H} = \frac{n_H}{n_{N_2}}, \quad n_{\min O} = \frac{n_O}{n_{N_2}}$$

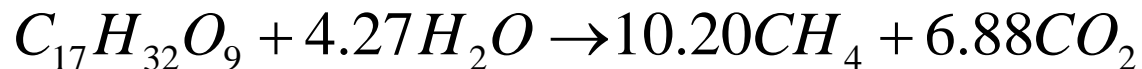
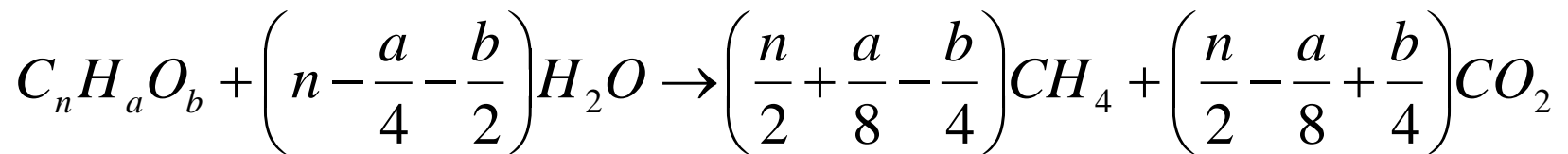


Produção teórica de metano

- A partir da composição definida por análise de sólido seco:

- Ex.: 48.3% C, 7.6% H, 35.8% O, 3.3% N
$$n_i = \frac{m_T \times f_{i\%}}{MM_i} / 100$$

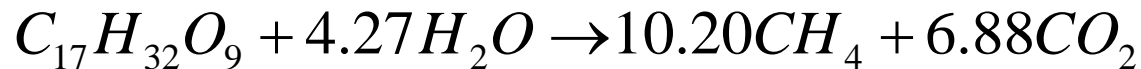
Componente	Átomos/mol	Índice mínimo
N	0.236	1
C	4.025	17
H	7.600	32
O	2.2375	9



Produção teórica de metano

- A partir da composição definida por análise de sólido seco:
- Ex.: 48.3% C, 7.6% H, 35.8% O, 3.3% N

Assim: $n = 17$, $a = 32$, $b = 9$



Estequiometria:

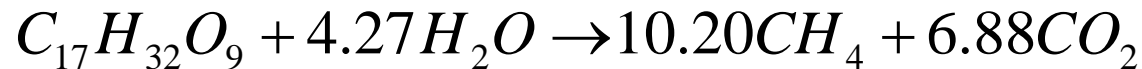
C_n	H_a	O_b	$+ (n-a/4-b/2) H_2O$	$-->$	$(n+a/8-b/4)CH_4$	$+ (n-a/4-b/2)CO_2$
17	32	9	4.27		10.20	6.88
$mC_nH_aO_b$ (g)			mH_2O (g)		mCH_4 (g)	mCO_2 (g)
389.03			76.84		163.12	302.75

$$m_{C_nH_aO_b} = n(MM_C) + a(MM_H) + b(MM_O)$$

Produção teórica de metano

- A partir da composição definida por análise de sólido seco:
- Ex.: 48.3% C, 7.6% H, 35.8% O, 3.3% N

Assim: $n = 17$, $a = 32$, $b = 9$



Sólidos voláteis (kg) (SV)	Água necessária (kg)	-->	Predição de CH ₄ (kg)	Predição de CO ₂ (kg)
285	56		120	222

$$m_{H_2O} = \left(\frac{m_{SV} \times m_{H_2O}^*}{m_{C_nH_aO_b}^*} \right) \quad m_{CH_4} = \left(\frac{m_{SV} \times m_{CH_4}^*}{m_{C_nH_aO_b}^*} \right) \quad m_{CO_2} = \left(\frac{m_{SV} \times m_{CO_2}^*}{m_{C_nH_aO_b}^*} \right)$$

Produção teórica de metano

- A partir da composição definida por análise de sólido seco:
- Ex.: 48.3% *C*, 7.6% *H*, 35.8% *O*, 3.3% *N*

Assim: $n = 17$, $a = 32$, $b = 9$

Predição de CH ₄ (kg)	Predição de CO ₂ (kg)
120	222

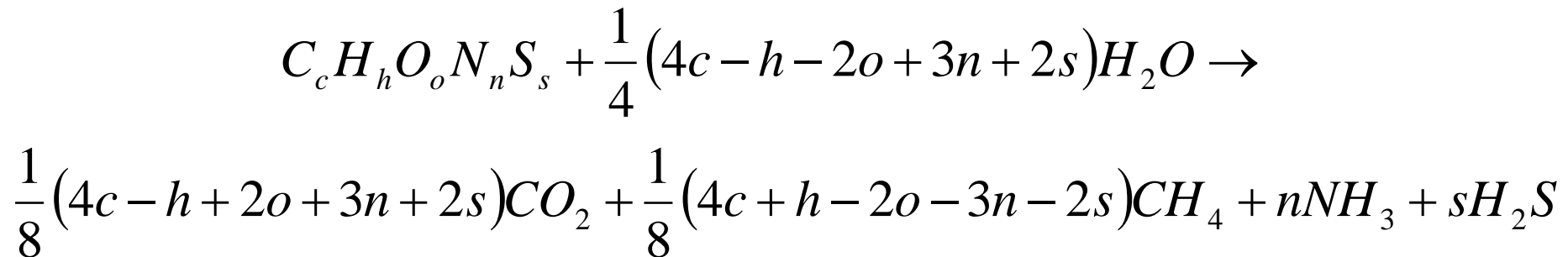
Densidade:		Predição de CH ₄ (m ³ _n)	Predição de CO ₂ (m ³ _n)
CH ₄ (m ³ _n /kg) =	0.714	167	113
CO ₂ (m ³ _n /kg) =	1.963	Composição do biogás:	
		% CH ₄ (vol/vol)	% CO ₂ (vol/vol)
		60	40

Produção teórica de metano

Substrato	Produção de biogás (NL/kg SV)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	Formulas elementares para o cálculo de Buswell	Fórmula elementar
Carboidratos	746	50	50	(CH ₂ O) _n	Glicose
Lipídeos	1390	72	28	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	Ácido palmítico
Proteínas	800	60	40	C ₁₃ H ₂₅ O ₇ (N ₃ S)	Aminoácido

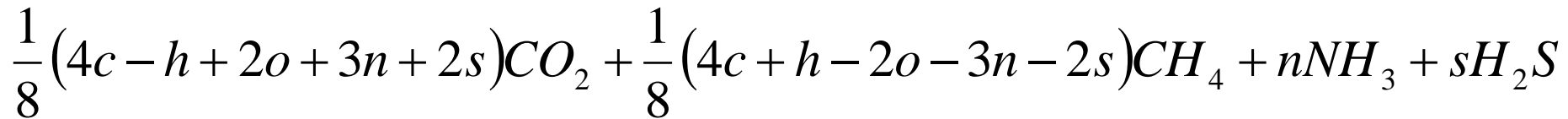
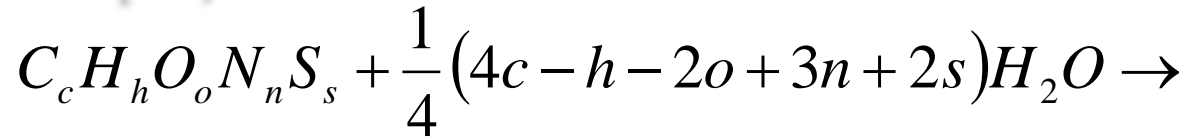
Produção teórica de metano

- Em 1952, Buswell propôs a fórmula baseada na decomposição química para prever a produção dos produtos da digestão a partir da seguinte equação:



Produção teórica de metano

- Em 1952, Buswell propôs a fórmula baseada na decomposição química para prever a produção dos produtos da digestão a partir da seguinte equação:

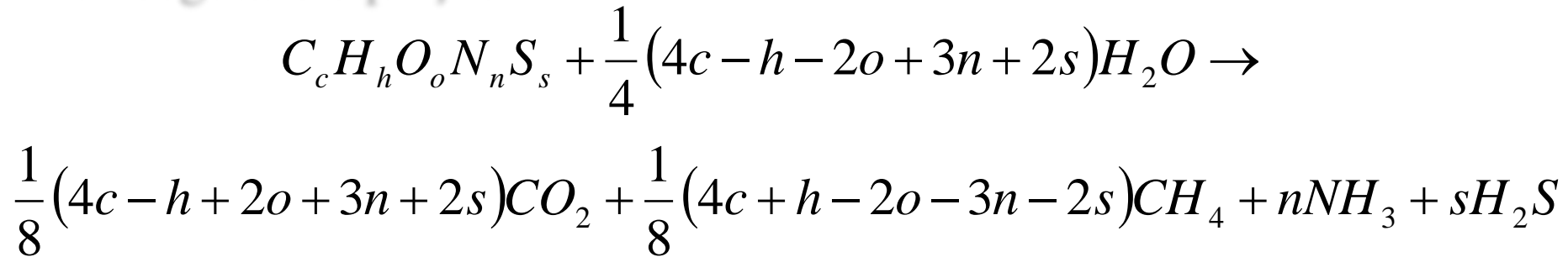


Cálculo da composição do biogás baseado no peso percentual dos elementos

Componente	Átomos/mol	Peso atômico (g/mol)	Contribuição de cada elemento (g)	% (massa)
C	8.000	12	96.00	48.00
H	15.400	1	15.40	7.70
O	4.625	16	74.00	37.00
N	0.871	14	12.20	6.10
S	0.075	32	2.40	1.20
Total			200	100.00

Produção teórica de metano

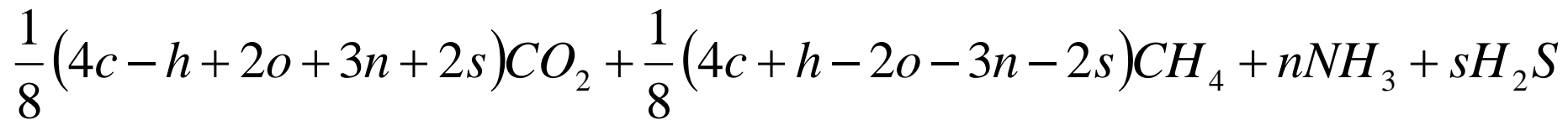
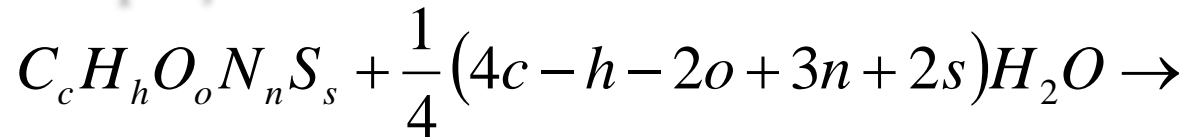
- Em 1952, Buswell propôs a fórmula baseada na decomposição química para prever a produção dos produtos da digestão a partir da seguinte equação:



Definição dos índices mínimos		
Elemento	Átomos/mol	Índice mínimo
C	8.000	8
H	15.400	15.4
O	4.625	5
N	0.871	0.87
S	0.075	0.08

Produção teórica de metano

- Em 1952, Buswell propôs a fórmula baseada na decomposição química para prever a produção dos produtos da digestão a partir da seguinte equação:

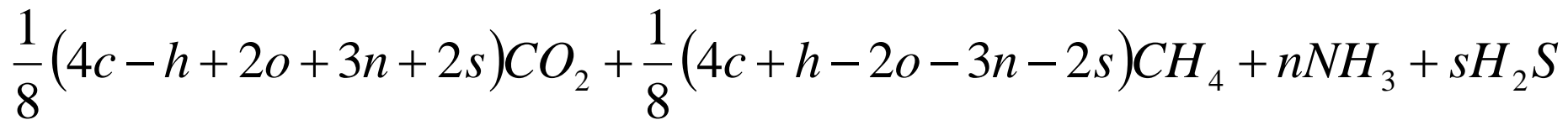
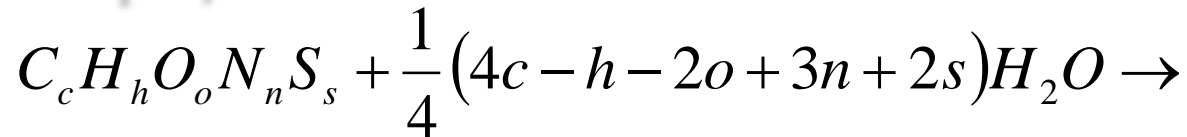


Estequiometria:

C _c	H _h	O _o	N _n	S _s	+1/4 (4c-h-2o+3n+2s)H ₂ O	-->	1/8(4c-h+2o+3n+2s)CO ₂	1/8(4c+h-2o-3n-2s)CH ₄	nNH ₃	sH ₂ S
8	15	5	0.87	0.08	2.53		3.58	4.42	0.87	0.08
mC _c H _h O _o N _n S _s (g)					mH ₂ O(g)	-->	mCO ₂ (g)	mCH ₄ (g)	mNH ₃ (g)	mH ₂ S(g)
200.00					45.51		157.38	70.77	14.81	2.55

Produção teórica de metano

- Em 1952, Buswell propôs a fórmula baseada na decomposição química para prever a produção dos produtos da digestão a partir da seguinte equação:



Sólidos voláteis (kg) (SV)	Água necessária (kg)	-->	Predição de CH ₄ (kg)	Predição de CO ₂ (kg)	Predição de NH ₃ (kg)	Predição de H ₂ S (kg)
200	46		71	157	15	3
Densidade:			Predição de CH ₄ (m ³ _n)	Predição de CO ₂ (m ³ _n)	Predição de NH ₃ (kg)	Predição de H ₂ S (kg)
CH ₄ (m ³ _n /kg) =	0.71		99	80	20	2
CO ₂ (m ³ _n /kg) =	1.96		Composição do biogás:			
NH ₃ (m ³ _n /kg) =	0.76		% CH ₄ (vol/vol)	% CO ₂ (vol/vol)	% NH ₃ (vol/vol)	% H ₂ S (vol/vol)
H ₂ S (m ³ _n /kg) =	1.52		49	40	10	1

Referências

- Buswell, A. M. and Hatfield, W. D. (1936) Bulletin No. 32, Anaerobic Fermentations. State of Illinois Department of Registration and Education, Division of the State Water Survey, Urbana, Illinois. Available from: <http://webh20.sws.uiuc.edu/pubdoc/B/ISWSB-32.pdf>.
- Buswell, A. M., and H. F. Mueller (1952) “Mechanism of Methane Fermentation.” Ind. Eng. Chem., 44, 3, 550–552.