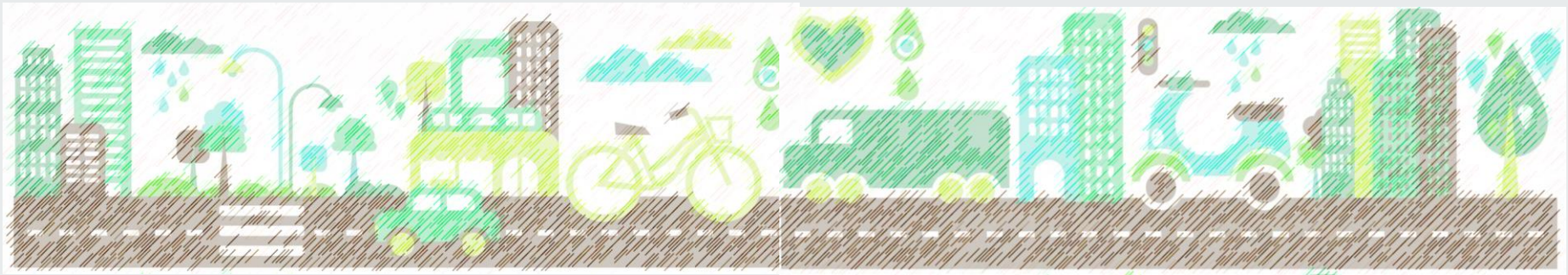


Exercício de análise LCA



Patrícia Baptista

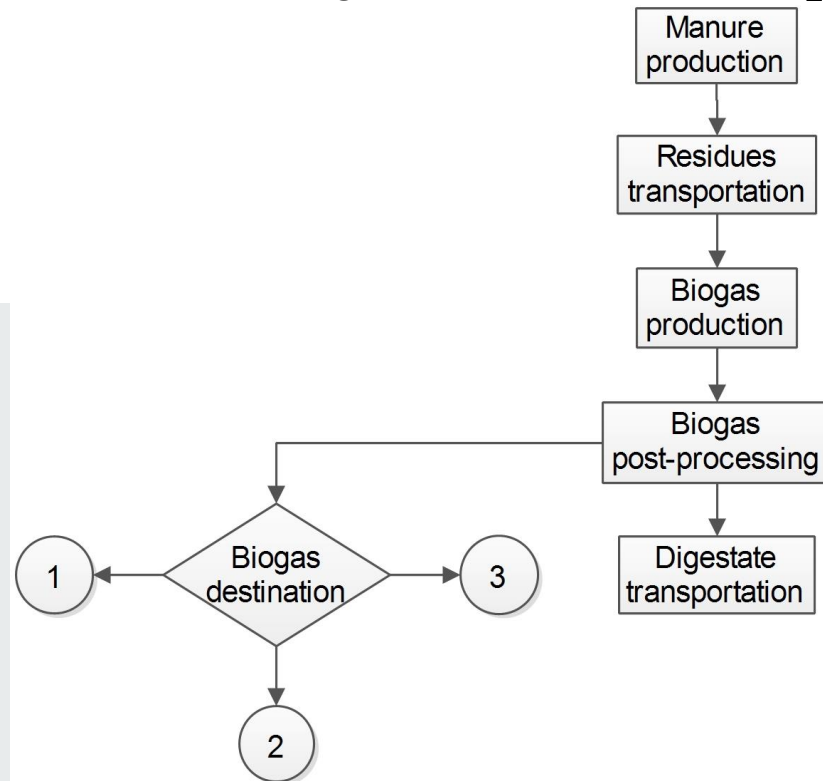
IN+ Center for Innovation, Technology and Policy Research of
Instituto Superior Técnico

patricia.baptista@tecnico.ulisboa.pt

Exemplo de produção de biogás

Comparação do potencial de produção de **biogás** partir de diferentes resíduos animais e dos respectivos impactes (consumo de energia e emissões de CO₂) em 8 municípios de Portugal:

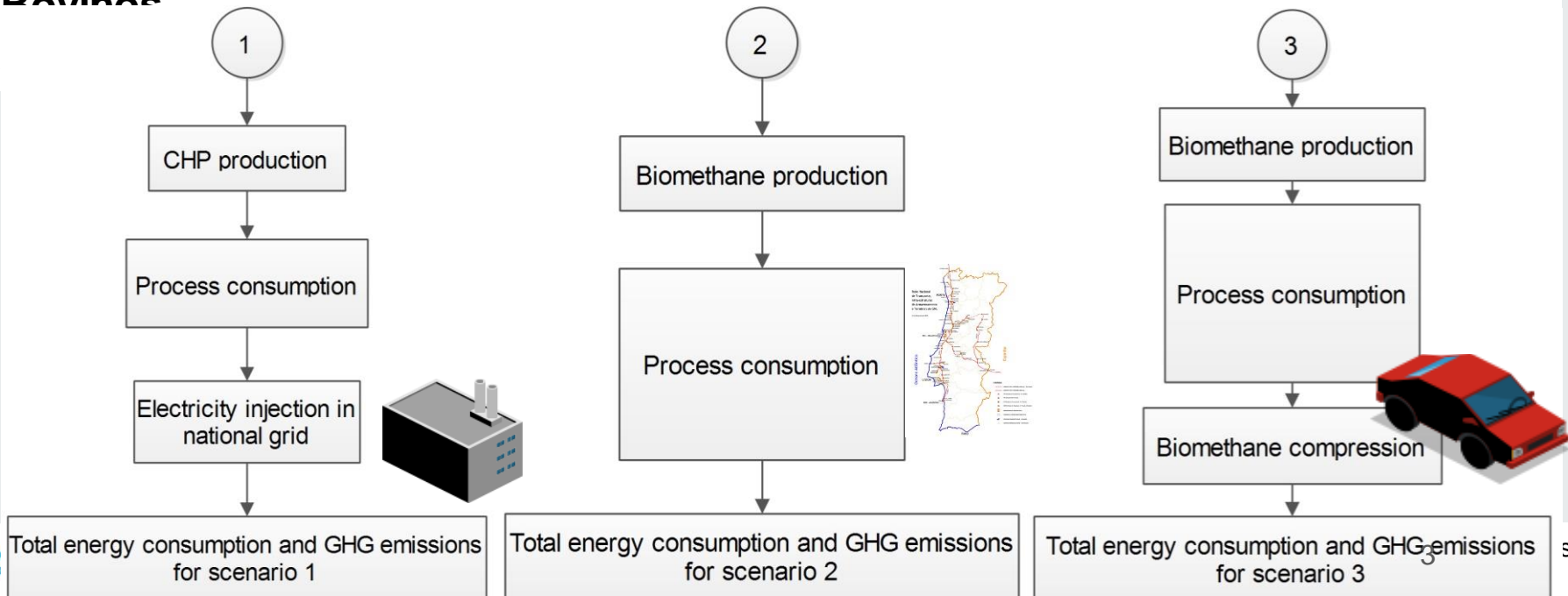
- **Equinos**
- **Suínos**
- **Bovinos**
- **Aves**



Exemplo de produção de biogás

Comparação do potencial de produção de **biogás** partir de diferentes resíduos animais e dos respectivos impactes (consumo de energia e emissões de CO₂) em 8 municípios de Portugal:

- **Equinos**
- **Suínos**
- **Bovinos**
-



Exemplo de produção de biogás

Qual o potencial de produção de biogás nos 3 cenários considerados?

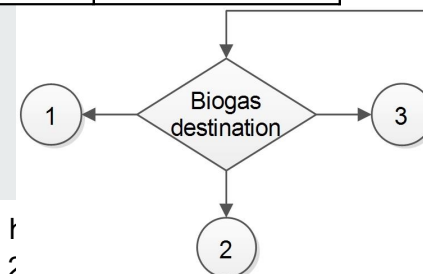
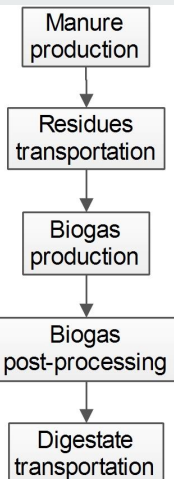
Municipality	Municipality area [km ²]	Municipality radius (worst case scenario) [km]	Type of residue	Animals/km ²
Vila do Conde	149.0	9.5	Bovine manure	259
Póvoa de Varzim	82.2	9.5	Bovine manure	221
Arcos de Valdevez	447.6	9.5	Equine manure	3
Vieira do Minho	216.4	9.5	Equine manure	3
Oliveira de Frades	145.3	9.5	Poultry manure	11925
Ferreira do Zêzere	190.3	9.5	Poultry manure	7895
Lourinhã	147.1	9.5	Swine manure	504
Porto de Mós	261.8	9.5	Swine manure	358

1st - Co-generation of energy from animal/organic waste by auto-consumption CHP plant

2nd - Biogas upgrading into biomethane followed by injection in gas grid

3rd - Biogas upgrading into biomethane followed by compression and

utilization as vehicle fuel (CBG)



Exemplo de produção de biogás

Qual o número de animais em cada municípios? Qual a produção de resíduos animais? Considere:

Municipality	Municipality area [km ²]	Municipality radius (worst case scenario) [km]	Type of residue	Animals/km ²
Vila do Conde	149.0	9.5	Bovine manure	259
Póvoa de Varzim	82.2	9.5	Bovine manure	221
Arcos de Valdevez	447.6	9.5	Equine manure	3
Vieira do Minho	216.4	9.5	Equine manure	3
Oliveira de Frades	145.3	9.5	Poultry manure	11925
Ferrel	190.3	9.5	Poultry manure	7895
Lot	147.1	9.5	Swine manure	504
Po	261.8	9.5	Swine manure	358
Equine manure	11.5			
Swine manure	2.16			
Bovine manure	25.5			
Poultry manure	0.14			

Soares, Evaluation of biogas production from horse manure and assessment of biogas pathways
 MSc thesis in Mechanical Engineering, IST, 2017.

Exemplo de produção de biogás

Qual o número de animais em cada municípios? Qual a produção de resíduos animais? Considere:

- **Número de animais = densidade (#/km²) x área (km²)**
- **Produção anual (ton) = # x produção diária (kg/dia) x 365 x 0,001**

Residue type	Daily production [kg/day]
Equine manure	11.5
Swine manure	2.16
Bovine manure	25.5
Poultry manure	0.14

Municipality	Type of residue	Number of animals	Residues production [ton]
Vila do Conde	Bovine manure	38591	359186
Póvoa de Varzim	Bovine manure	18166	169082
Arcos de Valdevez	Equine manure	1343	12498
Vieira do Minho	Equine manure	649	6042
Oliveira de Frades	Poultry manure	1732703	16127129
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	1502419	13983760
Lourinhã	Swine manure	74138	690043
Porto de Mós	Swine manure	93724	872340

Exemplo de produção de biogás

Qual o número de animais em cada municípios? Qual a produção de resíduos animais? Considere:

- Número de animais = densidade (#/km²) x área (km²)
- Produção anual (ton) = # x produção diária (kg/dia) x 365 x 0,001

Residue type	Daily production [kg/day]
Equine manure	11.5
Swine manure	2.16
Bovine manure	25.5
Poultry manure	0.14

Municipality	Type of residue	Number of animals	Residues production [ton]
Vila do Conde	Bovine manure	38591	359186
Póvoa de Varzim	Bovine manure	18166	169082
Arcos de Valdevez	Equine manure	1343	12498
Vieira do Minho	Equine manure	649	6042
Oliveira de Frades	Poultry manure	1732703	16127129
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	1502419	13983760
Lourinhã	Swine manure	74138	690043
Porto de Mós	Swine manure	93724	872340

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes do passo de transporte? Considere transporte em camião de 16 toneladas com 90% de carga com consumo de gasóleo de 10.9 MJ/km e emissões de 0.00081 tonCO_{2eq}/km:

- **Energia (MJ) = Produção (ton) / (16 x 0,90 ton) x raio (km) x 10.9 MJ/km**
- **CO_{2eq} (ton) = Produção (ton) x raio (km) x 0.00081 tonCO_{2eq}/km**

Municipality	Type of residue	Residues production energy consumption [MJ _{prim}]	Residues production emissions [tonCO _{2eq}]	Residues transportation energy consumption [MJ _{prim}]	Residues transportation emissions [tonCO _{2eq}]
Vila do Conde	Bovine manure	0	0	2582897	193
Póvoa de Varzim	Bovine manure	0	0	1215864	91
Arcos de Valdevez	Equine manure	0	0	89873	7
Vieira do Minho	Equine manure	0	0	43448	3
Oliveira de Frades	Poultry manure	0	0	115969737	8645
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	0	0	100556830	7496
Lourinhã	Swine manure	0	0	4962080	370
Porto de Mós	Swine manure	0	0	6272973	468

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes do passo de transporte? Considere transporte em camião de 16 toneladas com 90% de carga com consumo de gasóleo de 10.9 MJ/km e emissões de 0.00081 tonCO_{2eq}/km:

- Energia (MJ) = Produção (ton) / (16 x 0,90 ton) x raio (km) x 10.9 MJ/km

- CO_{2eq} (ton) = Produção (ton) / (16 x 0,90 ton) x raio (km) x 0.00081 tonCO_{2eq}/km

Municipality	Type of residue	Residues production energy consumption [MJ _{prim}]	Residues production emissions [tonCO _{2eq}]	Residues transportation energy consumption [MJ _{prim}]	Residues transportation emissions [tonCO _{2eq}]
Vila do Conde	Bovine manure	0	0	2582897	193
Póvoa de Varzim	Bovine manure	0	0	1215864	91
Arcos de Valdevez	Equine manure	0	0	89873	7
Vieira do Minho	Equine manure	0	0	43448	3
Oliveira de Frades	Poultry manure	0	0	115969737	8645
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	0	0	100556830	7496
Lourinhã	Swine manure	0	0	4962080	370
Porto de Mós	Swine manure	0	0	6272973	468

Exemplo de produção de biogás

Qual a produção potencial de biogás? Considere:

- **Biogás (m³) = % Volatile solids content (%) x Specific biogas production (m³/ton) x Production (ton)**

- **Biogás (MJ) = 21 MJ/ m³ x Biogás (m³)**

Residue type	Digester technology	Specific biogas production [m ³ /ton _{VS} or m ³ /ton _{TS}]	VS content	TS content	CH ₄ content
Equine manure	Solid state	355	0.33	0.38	0.54
Swine manure	CSTR	289	0.05	0.054	0.66
Bovine manure	CSTR	343	0.06	0.081	0.59
Poultry manure	CSTR	362	0.08	0.102	0.59

Municipality	Type of residue	Type of digester technology	Biogas production [m ³]	Biogas energy equivalent [MJ _f]
Vila do Conde	Bovine manure	CSTR	7392048	155233008
Póvoa de Varzim	Bovine manure	CSTR	3479708	73073868
Arcos de Valdevez	Equine manure	Solid state	1443175	30306675
Vieira do Minho	Equine manure	Solid state	697685	14651385
Oliveira de Frades	Poultry manure	CSTR	466396571	9794327991
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	CSTR	404410339	8492617119
Lourinhã	Swine manure	CSTR	8972457	188421597
Porto de Mós	Swine manure	CSTR	11342819	238199199

Exemplo de produção de biogás

Qual a produção potencial de biogás? Considere:

- **Biogás (m³) = % Volatile solids content (%) x Specific biogas production (m³/ton) x Production (ton)**

- **Biogás (MJ) = 21 MJ/ m³ x Biogás (m³)**

Residue type	Digester technology	Specific biogas production [m ³ /ton _{VS} or m ³ /ton _{TS}]	VS content	TS content	CH ₄ content
Equine manure	Solid state	355	0.33	0.38	0.54
Swine manure	CSTR	289	0.05	0.054	0.66
Bovine manure	CSTR	343	0.06	0.081	0.59
Poultry manure	CSTR	362	0.08	0.102	0.59

Municipality	Type of residue	Type of digester technology	Biogas production [m ³]	Biogas energy equivalent [MJ _f]
Vila do Conde	Bovine manure	CSTR	7392048	155233008
Póvoa de Varzim	Bovine manure	CSTR	3479708	73073868
Arcos de Valdevez	Equine manure	Solid state	1443175	30306675
Vieira do Minho	Equine manure	Solid state	697685	14651385
Oliveira de Frades	Poultry manure	CSTR	466396571	9794327991
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	CSTR	404410339	8492617119
Lourinhã	Swine manure	CSTR	8972457	188421597
Porto de Mós	Swine manure	CSTR	11342819	238199199

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da produção de biogás? Considere:

- **Energia (MJ) = [Biogás produzido (MJ) x Elect cons (0.032 MJ/MJ)] + [Biogás produzido (MJ) x Heat cons (0.083 MJ/MJ)]**

- **CO_{2eq} (ton) = Biogás produzido (m³) x CH₄ content (%) x CH₄ density [kg/m³] x x 0.001 x Emissions (0.037 ton/tonCH₄) x 23 kgCO_{2eq}**

Digester	Elect cons [MJ _e /MJ _{biogas}]	Heat cons [MJ _h /MJ _{biogas}]	Emissions [ton/ton _{CH4}]
CSTR	0.032	0.083	0.037
PFR	0.03	0.083	0.037
Solid state	0.052	0.083	0.037

Biogenic methane properties:	
1 kg CH ₄ [kg _{CO2eq}]:	23
CH ₄ density [kg/m ³]	0.656

Municipality	Type of residue	Type of digester technology	Digester energy consumption [MJ _{prim}]	Digester emissions [tonCO2eq]
Vila do Conde	Bovine manure	CSTR	17851796	2435
Póvoa de Varzim	Bovine manure	CSTR	8403495	1146
Arcos de Valdevez	Equine manure	Solid state	4091401	475
Vieira do Minho	Equine manure	Solid state	1977937	230
Oliveira de Frades	Poultry manure	CSTR	1126347719	153618
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	CSTR	976650969	133201
Lourinhã	Swine manure	CSTR	21668484	2955
Porto de Mós	Swine manure	CSTR	27392908	3736

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da produção de biogás? Considere:

- Energia (MJ) = [Biogás produzido (MJ) x Elect cons (0.032 MJ/MJ)] + [Biogás produzido (MJ) x Heat cons (0.083 MJ/MJ)]

- CO_{2eq} (ton) = Biogás produzido (m³) x CH₄ content (%) x CH₄ density [kg/m³] x 0.001 x Emissions (0.037 ton/tonCH₄) x 23 kgCO_{2eq}

Digester	Elect cons [MJ _e /MJ _{biogas}]	Heat cons [MJ _h /MJ _{biogas}]	Emissions [ton/ton _{CH4}]
CSTR	0.032	0.083	0.037
PFR	0.03	0.083	0.037
Solid state	0.052	0.083	0.037

Biogenic methane properties:	
1 kg CH ₄ [kg _{CO2eq}]:	23
CH ₄ density [kg/m ³]	0.656

Municipality	Type of residue	Type of digester technology	Digester energy consumption [MJ _{prim}]	Digester emissions [tonCO2eq]
Vila do Conde	Bovine manure	CSTR	17851796	2435
Póvoa de Varzim	Bovine manure	CSTR	8403495	1146
Arcos de Valdevez	Equine manure	Solid state	4091401	475
Vieira do Minho	Equine manure	Solid state	1977937	230
Oliveira de Frades	Poultry manure	CSTR	1126347719	153618
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	CSTR	976650969	133201
Lourinhã	Swine manure	CSTR	21668484	2955
Porto de Mós	Swine manure	CSTR	27392908	3736

Exemplo de produção de biogás

Qual o impacte de pre-processamento de matérias-primas? Considere que processos mecânicos gastam 0.0036 MJ/MJ de biogás e não há perdas de matéria-prima

- Energia (MJ) = Produção biogás (MJ) x 0.0036 MJ/MJ de biogás
- CO_{2eq} (ton) = Produção biogás (MJ) x 0.0978 kg/MJ x 0.001



Residues pre-processing (feeding system):		National electricity:	
Energy cons. [MJ/MJ _{biogas}]	0.0036	Emissions [kg _{CO2eq} /MJ]	0.0978

Municipality	Type of residue	Residues pre-processing energy consumption [MJ _{prim}]	Residues pre-processing emissions [tonCO2eq]
Vila do Conde	Bovine manure	558839	55
Póvoa de Varzim	Bovine manure	263066	26
Arcos de Valdevez	Equine manure	109104	11
Vieira do Minho	Equine manure	52745	5
Oliveira de Frades	Poultry manure	35259581	3448
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	30573422	2990
Lourinhã	Swine manure	678318	66
Porto de Mós	Swine manure	857517	84

Exemplo de produção de biogás

Qual o impacte de pre-processamento de matérias-primas? Considere que processos mecânicos gastam 0.0036 MJ/MJ de biogás e não há perdas de matéria-prima

- Energia (MJ) = Produção biogás (MJ) x 0.0036 MJ/MJ de biogás

- CO_{2eq} (ton) = Produção biogás (MJ) x 0.0978 kg/MJ x 0.001

Residues pre-processing (feeding system):		National electricity:	
Energy cons. [MJ/MJ _{biogas}]	0.0036	Emissions [kg _{CO2eq} /MJ]	0.0978

Municipality	Type of residue	Residues pre-processing energy consumption [MJ _{prim}]	Residues pre-processing emissions [tonCO2eq]
Vila do Conde	Bovine manure	558839	55
Póvoa de Varzim	Bovine manure	263066	26
Arcos de Valdevez	Equine manure	109104	11
Vieira do Minho	Equine manure	52745	5
Oliveira de Frades	Poultry manure	35259581	3448
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	30573422	2990
Lourinhã	Swine manure	678318	66
Porto de Mós	Swine manure	857517	84

Exemplo de produção de biogás

Qual o impacte de transporte de volta de resíduos da digestão? Considere transporte em camião de 16 toneladas com 90% de carga com consumo de gasóleo de 10.9 MJ/km e emissões de 0.00081 tonCO_{2eq}/km:

- **Resíduos digestão (ton) = Produção (ton) x TS content (%)**

- **Energia (MJ) = Resíduos digestão (ton) / (16 x 0.90) x raio (km) x 10.9 MJ/km**

- **CO_{2eq} (ton) = Resíduos digestão (ton) / (16 x 0.90) x raio (km) x 0.00081 tonCO_{2eq}/km**

Residue type	Digester technology	TS content
OFMSW	Solid state	0.33
	CSTR	0.33
Wastewater sludge	CSTR	-
Equine manure	Solid state	0.38
Swine manure	CSTR	0.054
	PFR	0.054
Bovine manure	CSTR	0.081
	PFR	0.081
Poultry manure	CSTR	0.102

Exemplo de produção de biogás

Qual o impacto de transporte de volta de resíduos da digestão? Considere transporte em camião de 16 toneladas com 90% de carga com consumo de gasóleo de 10.9 MJ/km e emissões de 0.00081 tonCO_{2eq}/km:

- Resíduos digestão (ton) = Produção (ton) x TS content (%)

- Energia (MJ) = Resíduos digestão (ton) / (16 x 0.90) x raio (km) x 10.9 MJ/km

- CO_{2eq} (ton) = Resíduos digestão (ton) / (16 x 0.90) x raio (km) x 0.00081 tonCO_{2eq}/km

Residue type	Digester technology	TS content
OFMSW	Solid state	0.33
	CSTR	0.33
Wastewater sludge	CSTR	-
Equine manure	Solid state	0.38
Swine manure	CSTR	0.054
	PFR	0.054
Bovine manure	CSTR	0.081
	PFR	0.081
Poultry manure	CSTR	0.102

Exemplo de produção de biogás

Qual o impacte de transporte de volta de resíduos da digestão? Considere transporte em camião de 16 toneladas com 90% de carga com consumo de gasóleo de 10.9 MJ/km e emissões de 0.00081 tonCO_{2eq}/km:

- Resíduos digestão (ton) = Produção (ton) x TS content (%)

- Energia (MJ) = Resíduos digestão (ton) / (16 x 0.90) x raio (km) x 10.9 MJ/km

- CO_{2eq} (ton) = Resíduos digestão (ton) / (16 x 0.90) x raio (km) x 0.00081 tonCO_{2eq}/km

Residue type	Digester technology	TS content
OFMSW	Solid state	0.33
	CSTR	0.33
Wastewater sludge	CSTR	-
Equine manure	Solid state	0.38
Swine manure	CSTR	0.054
	PFR	0.054
Bovine manure	CSTR	0.081
	PFR	0.081
Poultry manure	CSTR	0.102

Exemplo de produção de biogás

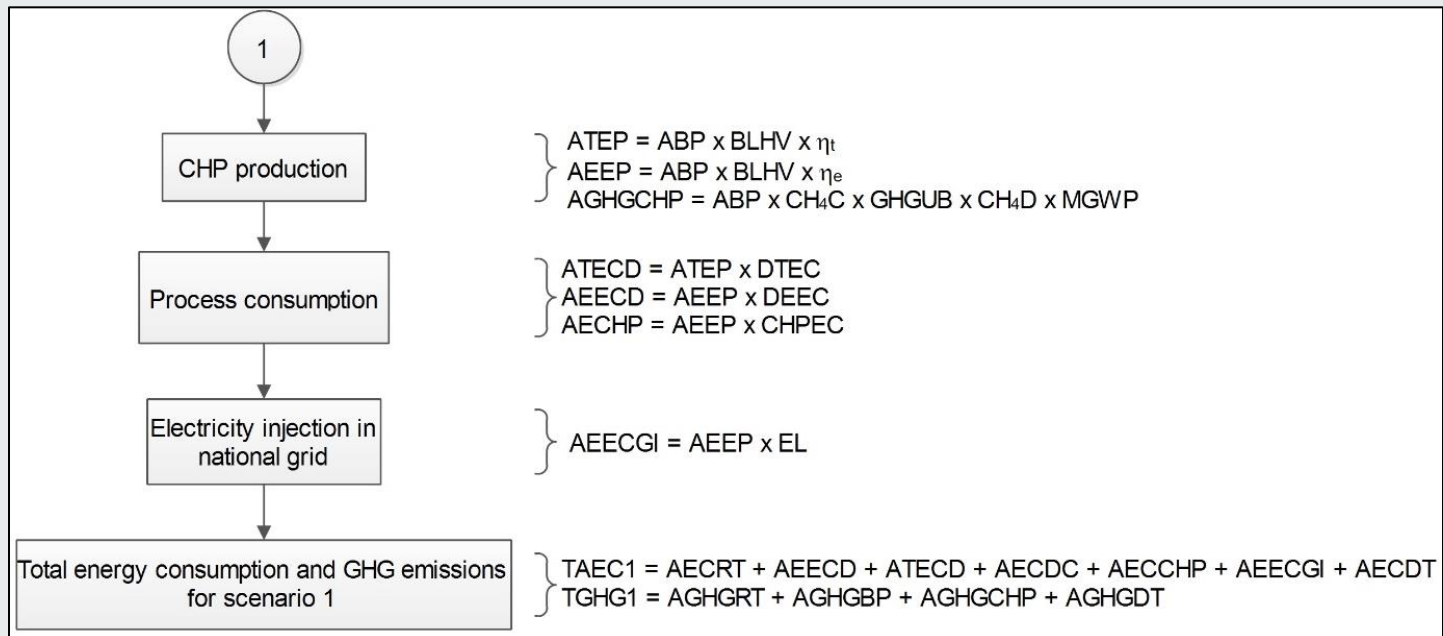
Qual o impacte de transporte de volta de resíduos da digestão? Considere transporte em camião de 16 toneladas com 90% de carga com consumo de gasóleo de 10.9 MJ/km e emissões de 0.00081 tonCO_{2eq}/km:

- Resíduos digestão (ton) = Produção (ton) x TS content (%)
- Energia (MJ) = Resíduos digestão (ton) / (16 x 0.90) x raio (km) x 10.9 MJ/km
- CO_{2eq} (ton) = Resíduos digestão (ton) / (16 x 0.90) x raio (km) x 0.00081 tonCO_{2eq}/km

Municipality	Type of residue	Digestate resultant from anaerobic digestion [ton]	Digestate transportation energy consumption [MJ _{prim}]	Digestate transportation emissions [tonCO _{2eq}]
Vila do Conde	Bovine manure	29094	209214	16
Póvoa de Varzim	Bovine manure	13696	98488	7
Arcos de Valdevez	Equine manure	4749	34150	3
Vieira do Minho	Equine manure	2296	16510	1
Oliveira de Frades	Poultry manure	1644967	11828912	882
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	1426344	10256800	765
Lourinhã	Swine manure	37262	267950	20
Porto de Mós	Swine manure	47106	338738	25

Exemplo de produção de biogás

Biogas produced was designated to utilisation in a CHP unit for heat and electricity production; to be combusted in a gas engine at lean mixture conditions, with a heat recovery unit.



Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da utilização de biogás para co-geração? Considere:

- Pós-processamento do biogás $0.002 \text{ MJ}_{\text{elect}}/\text{MJ}_{\text{biogás}}$
- Rendimento produção de electricidade 40% e LHV do biogás $21 \text{ MJ}/\text{m}^3$
- Rendimento produção de calor 48% e LHV do biogás $21 \text{ MJ}/\text{m}^3$



- Energia (MJ) = Produção biogás (MJ) x $0.002 \text{ MJ}/\text{MJ}_{\text{biogás}}$
- $\text{CO}_{2\text{eq}}$ (ton) = Energia (MJ) x $0.0978 \text{ kg}/\text{MJ}$ x 0.001
- Produção de elect (MJ) = 0.40 x Produção biogás (MJ)
- Produção de calor (MJ) = 0.48 x Produção biogás (MJ)

Municipality	Type of residue	Biogas post-processing energy consumption [MJ _{prim}]	Biogas post-processing emissions [tonCO ₂ eq]	Heat production from biogas [MJ _f]	Electricity production from biogas [MJ _f]
Vila do Conde	Bovine manure	310466	30	74511844	62093203
Póvoa de Varzim	Bovine manure	146148	14	35075457	29229547
Arcos de Valdevez	Equine manure	60613	6	14547204	12122670
Vieira do Minho	Equine manure	29303	3	7032665	5860554
Oliveira de Frades	Poultry manure	19588656	1916	4701277436	3917731196
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	16985234	1661	4076456217	3397046848
Lourinhã	Swine manure	376843	37	90442367	75368639
Porto de Mós	Swine manure	476398	47	114335616	95279680

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da utilização de biogás para co-geração? Considere:

- Pós-processamento do biogás $0.002 \text{ MJ}_{\text{elect}}/\text{MJ}_{\text{biogás}}$
- Rendimento produção de electricidade 40% e LHV do biogás 21 MJ/m^3
- Rendimento produção de calor 48% e LHV do biogás 21 MJ/m^3
- Energia (MJ) = Produção biogás (MJ) x $0.002 \text{ MJ}/\text{MJ}_{\text{biogás}}$
- $\text{CO}_{2\text{eq}}$ (ton) = Energia (MJ) x 0.0978 kg/MJ x 0.001
- Produção de elect (MJ) = 0.40 x Produção biogás (MJ)
- Produção de calor (MJ) = 0.48 x Produção biogás (MJ)

National electricity:	
Emissions [kg _{CO2eq} /MJ]	0.0978

Municipality	Type of residue	Biogas post-processing energy consumption [MJ _{prim}]	Biogas post-processing emissions [tonCO2eq]	Heat production from biogas [MJ _f]	Electricity production from biogas [MJ _f]
Vila do Conde	Bovine manure	310466	30	74511844	62093203
Póvoa de Varzim	Bovine manure	146148	14	35075457	29229547
Arcos de Valdevez	Equine manure	60613	6	14547204	12122670
Vieira do Minho	Equine manure	29303	3	7032665	5860554
Oliveira de Frades	Poultry manure	19588656	1916	4701277436	3917731196
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	16985234	1661	4076456217	3397046848
Lourinhã	Swine manure	376843	37	90442367	75368639
Porto de Mós	Swine manure	476398	47	114335616	95279680

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da utilização de biogás para co-geração? Considere:

- Pós-processamento do biogás $0.002 \text{ MJ}_{\text{elect}}/\text{MJ}_{\text{biogás}}$
- Rendimento produção de electricidade 40% e LHV do biogás $21 \text{ MJ}/\text{m}^3$
- Rendimento produção de calor 48% e LHV do biogás $21 \text{ MJ}/\text{m}^3$
- Energia (MJ) = Produção biogás (MJ) x $0.002 \text{ MJ}/\text{MJ}_{\text{biogás}}$
- $\text{CO}_{2\text{eq}}$ (ton) = Energia (MJ) x $0.0978 \text{ kg}/\text{MJ}$ x 0.001
- **Produção de elect (MJ) = $0.40 \times$ Produção biogás (MJ)**
- **Produção de calor (MJ) = $0.48 \times$ Produção biogás (MJ)**

Municipality	Type of residue	Biogas post-processing energy consumption [MJ _{prim}]	Biogas post-processing emissions [tonCO ₂ eq]	Heat production from biogas [MJ _f]	Electricity production from biogas [MJ _f]
Vila do Conde	Bovine manure	310466	30	74511844	62093203
Póvoa de Varzim	Bovine manure	146148	14	35075457	29229547
Arcos de Valdevez	Equine manure	60613	6	14547204	12122670
Vieira do Minho	Equine manure	29303	3	7032665	5860554
Oliveira de Frades	Poultry manure	19588656	1916	4701277436	3917731196
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	16985234	1661	4076456217	3397046848
Lourinhã	Swine manure	376843	37	90442367	75368639
Porto de Mós	Swine manure	476398	47	114335616	95279680

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da utilização de biogás para co-geração? Considere:

- Pós-processamento do biogás $0.002 \text{ MJ}_{\text{elect}}/\text{MJ}_{\text{biogás}}$
- Rendimento produção de electricidade 40% e LHV do biogás $21 \text{ MJ}/\text{m}^3$
- Rendimento produção de calor 48% e LHV do biogás $21 \text{ MJ}/\text{m}^3$
- Energia (MJ) = Produção biogás (MJ) x $0.002 \text{ MJ}/\text{MJ}_{\text{biogás}}$
- $\text{CO}_{2\text{eq}}$ (ton) = Energia (MJ) x $0.0978 \text{ kg}/\text{MJ}$ x 0.001
- Produção de elect (MJ) = 0.40 x Produção biogás (MJ)
- Produção de calor (MJ) = 0.48 x Produção biogás (MJ)

Municipality	Type of residue	Biogas post-processing energy consumption [MJ _{prim}]	Biogas post-processing emissions [tonCO ₂ eq]	Heat production from biogas [MJ _f]	Electricity production from biogas [MJ _f]
Vila do Conde	Bovine manure	310466	30	74511844	62093203
Póvoa de Varzim	Bovine manure	146148	14	35075457	29229547
Arcos de Valdevez	Equine manure	60613	6	14547204	12122670
Vieira do Minho	Equine manure	29303	3	7032665	5860554
Oliveira de Frades	Poultry manure	19588656	1916	4701277436	3917731196
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	16985234	1661	4076456217	3397046848
Lourinhã	Swine manure	376843	37	90442367	75368639
Porto de Mós	Swine manure	476398	47	114335616	95279680

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da utilização de biogás para co-geração? Considere:

- **Energia (MJ) = Produção biogás (MJ) x 0.032 MJ/MJ_{biogás} x 0.0375 MJ/MJ_{elect} + Elect produzida (MJ) x 0.08 MJ/MJ_{elect}**
- **CO_{2eq} (ton) = Biogás produzido (m³) x CH₄ content (%) x CH₄ density [0.656 kg/m³] x Emissions (0.01775 kg/kgCH₄) x 23 kgCO_{2eq} x 0.001**

Digester	Elect cons [MJ _e /MJ _{biogás}]	Heat cons [MJ _h /MJ _{biogás}]	Emissions [ton/ton _{CH4}]
CSTR	0.032	0.083	0.037
PFR	0.03	0.083	0.037
Solid state	0.052	0.083	0.037

CHP technology:	
Energy cons. [MJ/MJ _e]	0.0375
Emissions [kg/kg _{CH4}]	0.01755
Ele. distribution:	
Energy cons. [MJ/MJ _e]	0.08
Biogenic methane properties:	
1 kg CH ₄ [kg _{CO2eq}]:	23
CH ₄ density [kg/m ³]	0.656

Municipality	Type of residue	Biogas utilization energy consumption [MJ _{prim}]	Biogas utilization emissions [tonCO2eq]
Vila do Conde	Bovine manure	5153736	1155
Póvoa de Varzim	Bovine manure	2426052	544
Arcos de Valdevez	Equine manure	1028912	225
Vieira do Minho	Equine manure	497415	109
Oliveira de Frades	Poultry manure	325171689	72865
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	281954888	63180
Lourinhã	Swine manure	6255597	1402
Porto de Mós	Swine manure	7908213	1772

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da utilização de biogás para co-geração? Considere:

- Energia (MJ) = Produção biogás (MJ) x 0.032 MJ/MJ_{biogás} x 0.0375 MJ/MJ_{elect} + Elect produzida (MJ) x 0.08 MJ/MJ_{elect}
- CO_{2eq} (ton) = Biogás produzido (m³) x CH₄ content (%) x CH₄ density [0.656 kg/m³] x Emissions (0.01775 kg/kgCH₄) x 23 kgCO_{2eq} x 0.001

Digester	Elect cons [MJ _e /MJ _{biogás}]	Heat cons [MJ _h /MJ _{biogás}]	Emissions [ton/ton _{CH4}]
CSTR	0.032	0.083	0.037
PFR	0.03	0.083	0.037
Solid state	0.052	0.083	0.037

CHP technology:	
Energy cons. [MJ/MJ _e]	0.0375
Emissions [kg/kg _{CH4}]	0.01755
Ele. distribution:	
Energy cons. [MJ/MJ _e]	0.08
Biogenic methane properties:	
1 kg CH ₄ [kg _{CO2eq}]:	23
CH ₄ density [kg/m ³]	0.656

Municipality	Type of residue	Biogas utilization energy consumption [MJ _{prim}]	Biogas utilization emissions [tonCO2eq]
Vila do Conde	Bovine manure	5153736	1155
Póvoa de Varzim	Bovine manure	2426052	544
Arcos de Valdevez	Equine manure	1028912	225
Vieira do Minho	Equine manure	497415	109
Oliveira de Frades	Poultry manure	325171689	72865
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	281954888	63180
Lourinhã	Swine manure	6255597	1402
Porto de Mós	Swine manure	7908213	1772

Exemplo de produção de biogás

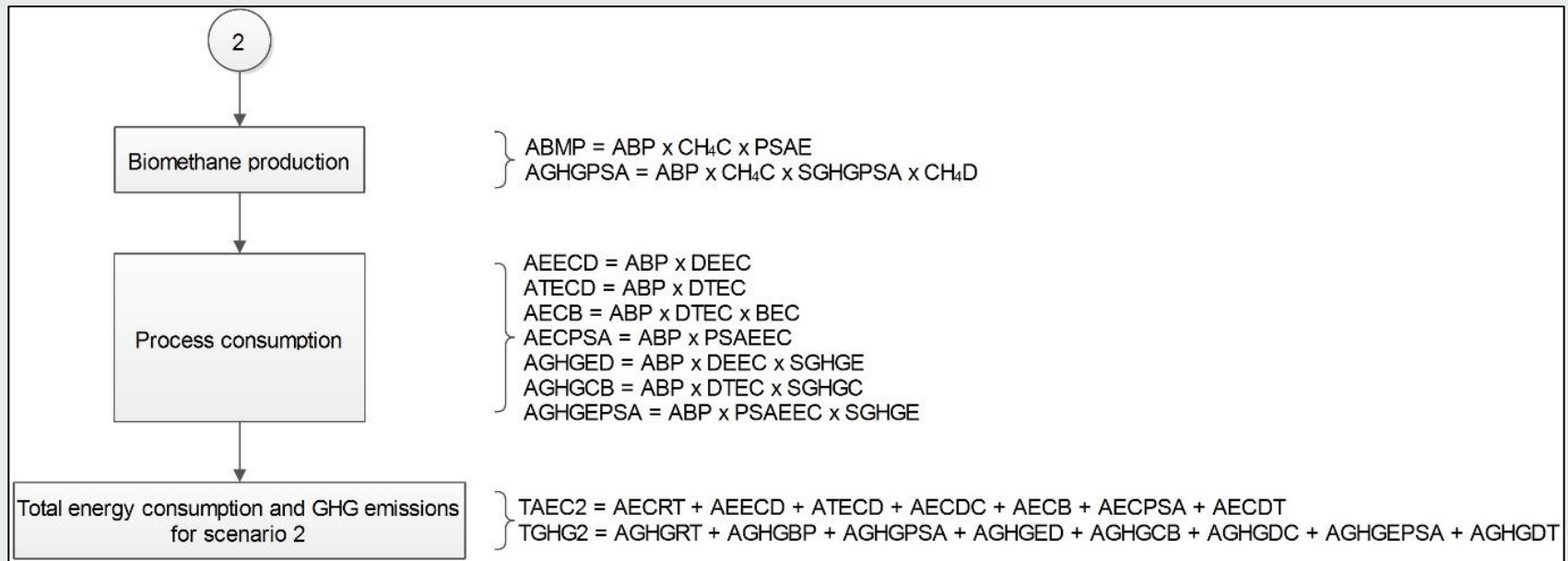
Quais os impactes totais da utilização de biogás para co-geração?

- Total = transporte resíduos + pré-processamento + digestão + transporte resíduos digestão + pós-processamento + utilização biogás
- Rácio: energia ou emissões por unidade de energia final

Municipality	Type of residue	Total energy consumption [MJ _{prim}]	Total emissions [tonCO ₂ eq]	Energy ratio [MJ _{prim} /MJ _f]	Emissions ratio [gCO ₂ eq/MJ _f]
Vila do Conde	Bovine manure	26666948	3884	0.195	28.4
Póvoa de Varzim	Bovine manure	12553113	1828	0.195	28.4
Arcos de Valdevez	Equine manure	5414053	727	0.203	27.3
Vieira do Minho	Equine manure	2617358	351	0.203	27.2
Oliveira de Frades	Poultry manure	1634166294	241374	0.190	28.0
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	1416978143	209293	0.190	28.0
Lourinhã	Swine manure	34209272	4850	0.206	29.3
Porto de Mós	Swine manure	43246747	6132	0.206	29.3

Exemplo de produção de biogás

Biogas was allocated to an upgrading process, to generate biomethane for partial substitution of natural gas in the national grid



Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da purificação de biometano para injeção na rede?

Considere processo de *Vacuum Pressure Swing Adsorption (VPSA)*:

- **Biometano VPSA (m³) = Biogás (m³) x CH₄ content (%) x 0.855**
- **Biometano VPSA (MJ) = Biometano VPSA (m³) x 35 MJ/m³**
- **Energia (MJ) = Biogás (MJ) x 0.002 MJ/MJ_{biogás}**
- **CO_{2eq} (ton) = Energia (MJ) x 0.0978 kg/MJ x 0.001**



VPSA technology:	
Methane recovery [kg/kg _{CH4}]	0.855
Energy cons. [MJ/m ³ _{biogás}]	0.954
Emissions [kg _{CH4} /kg _{biogás}]	0.0325

Methane LHV [MJ/m³]: 35

Biogas post-processing:

Energy cons. [MJ/MJ_{biogás}]: 0.002

Municipality	Type of residue	Biomethane obtained from biogas by VPSA [m ³]	Biomethane energy equivalent [MJ _f]	Biogas post-processing energy consumption [MJ _{prim}]	Biogas post-processing emissions [tonCO _{2eq}]
Vila do Conde	Bovine manure	3728919	130512165	310466	30
Póvoa de Varzim	Bovine manure	1755339	61436865	146148	14
Arcos de Valdevez	Equine manure	728010	25480350	60613	6
Vieira do Minho	Equine manure	351947	12318145	29303	3
Oliveira de Frades	Poultry manure	235273750	8234581250	19588656	1916
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	204004796	7140167860	16985234	1661
Lourinhã	Swine manure	4526156	158415460	376843	37
Porto de Mós	Swine manure	5721885	200265975	476398	47

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da purificação de biometano para injeção na rede?

Considere processo de *Vacuum Pressure Swing Adsorption* (VPSA):

- Biometano VPSA (m³) = Biogás (m³) x CH₄ content (%) x 0.855
- **Biometano VPSA (MJ) = Biometano VPSA (m³) x 35 MJ/m³**
- Energia (MJ) = Biogás (MJ) x 0.002 MJ/MJ_{biogás}
- CO_{2eq} (ton) = Energia (MJ) x 0.0978 kg/MJ x 0.001

VPSA technology:	
Methane recovery [kg/kg _{CH4}]	0.855
Energy cons. [MJ/m ³ _{biogás}]	0.954
Emissions [kg _{CH4} /kg _{biogás}]	0.0325

Methane LHV [MJ/m³]: 35

Biogas post-processing:

Energy cons. [MJ/MJ_{biogás}]: 0.002

Municipality	Type of residue	Biomethane obtained from biogas by VPSA [m ³]	Biomethane energy equivalent [MJ _f]	Biogas post-processing energy consumption [MJ _{prim}]	Biogas post-processing emissions [tonCO _{2eq}]
Vila do Conde	Bovine manure	3728919	130512165	310466	30
Póvoa de Varzim	Bovine manure	1755339	61436865	146148	14
Arcos de Valdevez	Equine manure	728010	25480350	60613	6
Vieira do Minho	Equine manure	351947	12318145	29303	3
Oliveira de Frades	Poultry manure	235273750	8234581250	19588656	1916
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	204004796	7140167860	16985234	1661
Lourinhã	Swine manure	4526156	158415460	376843	37
Porto de Mós	Swine manure	5721885	200265975	476398	47

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da purificação de biometano para injeção na rede?

Considere processo de *Vacuum Pressure Swing Adsorption (VPSA)*:

- Biometano VPSA (m³) = Biogás (m³) x CH₄ content (%) x 0.855
- Biometano VPSA (MJ) = Biometano VPSA (m³) x 35 MJ/m³
- Energia (MJ) = Biogás (MJ) x 0.002 MJ/MJ_{biogás}
- CO_{2eq} (ton) = Energia (MJ) x 0.0978 kg/MJ x 0.001

VPSA technology:	
Methane recovery [kg/kg _{CH4}]	0.855
Energy cons. [MJ/m ³ _{biogás}]	0.954
Emissions [kg _{CH4} /kg _{biogás}]	0.0325

Methane LHV [MJ/m³]: 35

Biogas post-processing:

Energy cons. [MJ/MJ_{biogás}]: 0.002

Municipality	Type of residue	Biomethane obtained from biogas by VPSA [m ³]	Biomethane energy equivalent [MJ _f]	Biogas post-processing energy consumption [MJ _{prim}]	Biogas post-processing emissions [tonCO _{2eq}]
Vila do Conde	Bovine manure	3728919	130512165	310466	30
Póvoa de Varzim	Bovine manure	1755339	61436865	146148	14
Arcos de Valdevez	Equine manure	728010	25480350	60613	6
Vieira do Minho	Equine manure	351947	12318145	29303	3
Oliveira de Frades	Poultry manure	235273750	8234581250	19588656	1916
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	204004796	7140167860	16985234	1661
Lourinhã	Swine manure	4526156	158415460	376843	37
Porto de Mós	Swine manure	5721885	200265975	476398	47

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da purificação de biometano para injeção na rede?

Considere processo de *Vacuum Pressure Swing Adsorption (VPSA)*:

- Biometano VPSA (m³) = Biogás (m³) x CH₄ content (%) x 0.855
- Biometano VPSA (MJ) = Biometano VPSA (m³) x 35 MJ/m³
- Energia (MJ) = Biogás (MJ) x 0.002 MJ/MJ_{biogás}
- CO_{2eq} (ton) = Energia (MJ) x 0.0978 kg/MJ x 0.001

VPSA technology:	
Methane recovery [kg/kg _{CH4}]	0.855
Energy cons. [MJ/m ³ _{biogás}]	0.954
Emissions [kg _{CH4} /kg _{biogás}]	0.0325

Methane LHV [MJ/m³]: 35

Biogas post-processing:

Energy cons. [MJ/MJ_{biogás}]: 0.002

Municipality	Type of residue	Biomethane obtained from biogas by VPSA [m ³]	Biomethane energy equivalent [MJ _f]	Biogas post-processing energy consumption [MJ _{prim}]	Biogas post-processing emissions [tonCO _{2eq}]
Vila do Conde	Bovine manure	3728919	130512165	310466	30
Póvoa de Varzim	Bovine manure	1755339	61436865	146148	14
Arcos de Valdevez	Equine manure	728010	25480350	60613	6
Vieira do Minho	Equine manure	351947	12318145	29303	3
Oliveira de Frades	Poultry manure	235273750	8234581250	19588656	1916
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	204004796	7140167860	16985234	1661
Lourinhã	Swine manure	4526156	158415460	376843	37
Porto de Mós	Swine manure	5721885	200265975	476398	47

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da injeção na rede? Considere:

- **Energia (MJ) = Biogás (m³) x 0.954 MJ/m³ + [Biometano VSPA (m³)/5148.5 m³] x Distance to grid (km) x 16.5 MJ/km**
- **CO_{2eq} (ton) = Biogás (m³) x 0.954 MJ/m³ x 0.0978 kg/MJ x 0.001 + Biogás produzido (m³) x CH₄ density (kg/m³) x 0.0325 kg_{CH₄}/kg_{biogás} x 23 kgCO_{2eq} x 0.001 + [Biometano VSPA (m³)/5148.5 m³] x Distance to grid (km) x 0.0012 ton/km**

Biomethane transportation:

Truck capacity [m ³]	5148.5
Fuel cons. [MJ/km]	16.5
Emissions [ton _{CO2eq} /km]	0.0012

VPSA technology:

Methane recovery [kg/kg _{CH₄}]	0.855
Energy cons. [MJ/m ³ _{biogás}]	0.954
Emissions [kg _{CH₄} /kg _{biogás}]	0.0325

Biogenic methane properties:

1 kg CH ₄ [kg _{CO2eq}]:	23
CH ₄ density [kg/m ³]	0.656

Municipality	Type of residue	Distance to nearest NG grid point [km]	Biomethane utilization energy consumption [MJ _{prim}]	Biomethane utilization emissions [tonCO _{2eq}]	Total energy consumption [MJ _{prim}]	Total emissions [tonCO _{2eq}]	Energy ratio [MJ _{prim} /MJ _f]	Emissions ratio [gCO _{2eq} /MJ _f]
Vila do Conde	Bovine manure	106.00	8318767	4409	29831979	7138	0.229	54.7
Póvoa de Varzim	Bovine manure	102.00	3893447	2074	14020508	3358	0.228	54.7
Arcos de Valdevez	Equine manure	46.70	1485747	850	5870888	1352	0.230	53.1
Vieira do Minho	Equine manure	105.00	784024	416	2903967	658	0.236	53.4
Oliveira de Frades	Poultry manure	141.00	551257640	280143	1860252245	448652	0.226	54.5
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	54.70	421570215	238705	1556593470	384818	0.218	53.9
Lourinhã	Swine manure	56.40	9377834	5298	37331509	8746	0.236	55.2
Porto de Mós	Swine manure	48.20	11704921	6686	47043455	11046	0.235	55.2

Exemplo de produ o de biogás

Quais os impactes da inje o na rede? Considere:

- Energia (MJ) = Biogás (m³) x 0.954 MJ/m³ + [Biometano VSPA (m³)/5148.5 m³] x Distance to grid (km) x 16.5 MJ/km
- CO_{2eq} (ton) = Biogás (m³) x 0.954 MJ/m³ x 0.0978 kg/MJ x 0.001 + Biogás produzido (m³) x CH₄ density (kg/m³) x 0.0325 kg_{CH4}/kg_{biogás} x 23 kgCO_{2eq} x 0.001 + [Biometano VSPA (m³)/5148.5 m³] x Distance to grid (km) x 0.0012 ton/km

Biomethane transportation:

Truck capacity [m ³]	5148.5
Fuel cons. [MJ/km]	16.5
Emissions [ton _{CO2eq} /km]	0.0012

VPSA technology:

Methane recovery [kg/kg _{CH4}]	0.855
Energy cons. [MJ/m ³ _{biogas}]	0.954
Emissions [kg _{CH4} /kg _{biogas}]	0.0325

Biogenic methane properties:

1 kg CH ₄ [kg _{CO2eq}]:	23
CH ₄ density [kg/m ³]	0.656

Municipality	Type of residue	Distance to nearest NG grid point [km]	Biomethane utilization energy consumption [MJ _{prim}]	Biomethane utilization emissions [tonCO2eq]	Total energy consumption [MJ _{prim}]	Total emissions [tonCO2eq]	Energy ratio [MJ _{prim} /MJ _f]	Emissions ratio [gCO2eq/MJ _f]
Vila do Conde	Bovine manure	106.00	8318767	4409	29831979	7138	0.229	54.7
P�voa de Varzim	Bovine manure	102.00	3893447	2074	14020508	3358	0.228	54.7
Arcos de Valdevez	Equine manure	46.70	1485747	850	5870888	1352	0.230	53.1
Vieira do Minho	Equine manure	105.00	784024	416	2903967	658	0.236	53.4
Oliveira de Frades	Poultry manure	141.00	551257640	280143	1860252245	448652	0.226	54.5
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	54.70	421570215	238705	1556593470	384818	0.218	53.9
Lourinhã	Swine manure	56.40	9377834	5298	37331509	8746	0.236	55.2
Porto de M�s	Swine manure	48.20	11704921	6686	47043455	11046	0.235	55.2

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da injeção na rede? Considere:

- Total = transporte resíduos + pré-processamento + digestão + transporte resíduos digestão + pós-processamento + utilização biogás (VSPA+compressão)
- Rácio: energia ou emissões por unidade de energia final

Biomethane transportation:

Truck capacity [m ³]	5148.5
Fuel cons. [MJ/km]	16.5
Emissions [ton _{CO2eq} /km]	0.0012

VPSA technology:

Methane recovery [kg/kg _{CH4}]	0.855
Energy cons. [MJ/m ³ _{biogas}]	0.954
Emissions [kg _{CH4} /kg _{biogas}]	0.0325

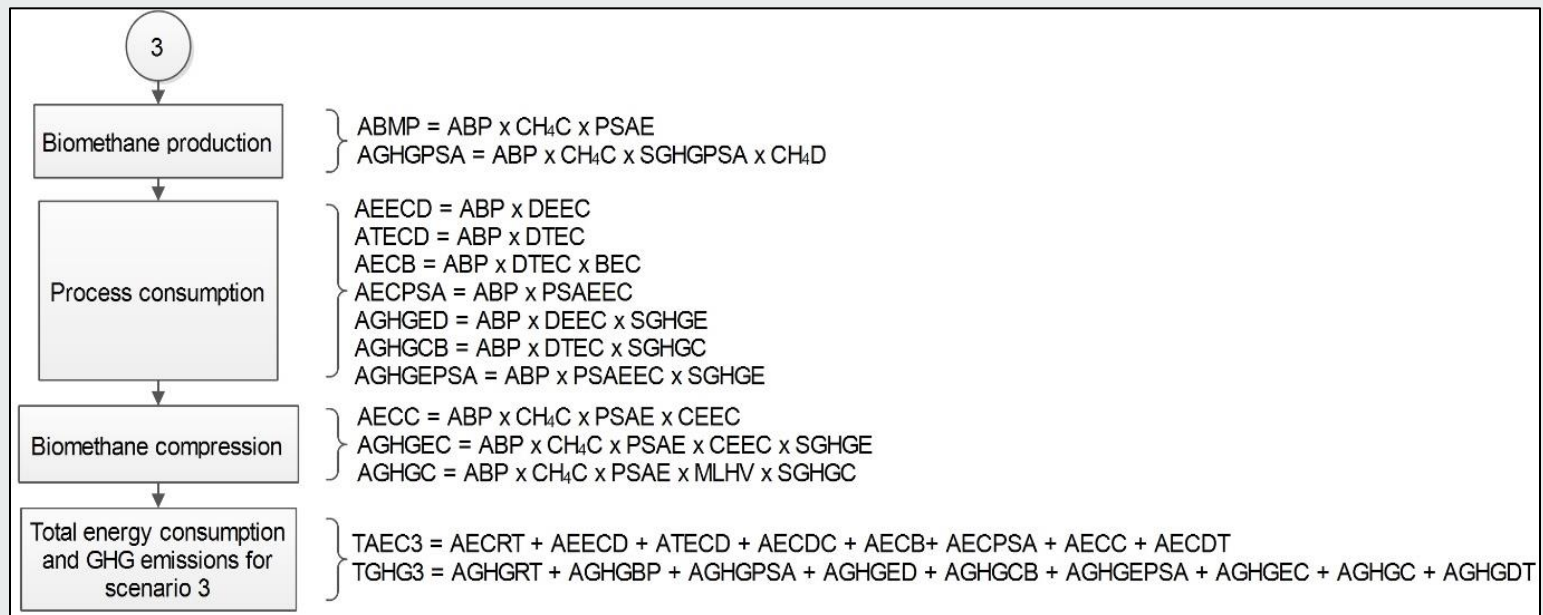
Biogenic methane properties:

1 kg CH ₄ [kg _{CO2eq}]:	23
CH ₄ density [kg/m ³]	0.656

Municipality	Type of residue	Distance to nearest NG grid point [km]	Biomethane utilization energy consumption [MJ _{prim}]	Biomethane utilization emissions [tonCO2eq]	Total energy consumption [MJ _{prim}]	Total emissions [tonCO2eq]	Energy ratio [MJ _{prim} /MJ _f]	Emissions ratio [gCO2eq/MJ _f]
Vila do Conde	Bovine manure	106.00	8318767	4409	29831979	7138	0.229	54.7
Póvoa de Varzim	Bovine manure	102.00	3893447	2074	14020508	3358	0.228	54.7
Arcos de Valdevez	Equine manure	46.70	1485747	850	5870888	1352	0.230	53.1
Vieira do Minho	Equine manure	105.00	784024	416	2903967	658	0.236	53.4
Oliveira de Frades	Poultry manure	141.00	551257640	280143	1860252245	448652	0.226	54.5
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	54.70	421570215	238705	1556593470	384818	0.218	53.9
Lourinhã	Swine manure	56.40	9377834	5298	37331509	8746	0.236	55.2
Porto de Mós	Swine manure	48.20	11704921	6686	47043455	11046	0.235	55.2

Exemplo de produção de biogás

Biogas was also allocated to an upgrading process, to generate compressed biomethane (bio-CNG) for utilisation as vehicle fuel



Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da purificação + compressão de biometano para injeção para uso veicular? Considere:

- **Energia (MJ) = Biogás (MJ) x 0.002 MJ/MJ_{biogás}**
- **CO_{2eq} (ton) = Energia (MJ) x 0.0978 kg/MJ x 0.001**



Biogas post-processing:		National electricity:	
Energy cons. [MJ/MJ _{biogas}]	0.002	Emissions [kgCO _{2eq} /MJ]	0.0978

Municipality	Type of residue	Biogas post-processing energy consumption [MJ _{prim}]	Biogas post-processing emissions [tonCO _{2eq}]
Vila do Conde	Bovine manure	310466	30
Póvoa de Varzim	Bovine manure	146148	14
Arcos de Valdevez	Equine manure	60613	6
Vieira do Minho	Equine manure	29303	3
Oliveira de Frades	Poultry manure	19588656	1916
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	16985234	1661
Lourinhã	Swine manure	376843	37
Porto de Mós	Swine manure	476398	47

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da purificação + compressão de biometano para injeção para uso veicular? Considere:

- Energia (MJ) = Biogás (MJ) x 0.002 MJ/MJ_{biogás}
- CO_{2eq} (ton) = Energia (MJ) x 0.0978 kg/MJ x 0.001

Biogas post-processing:		National electricity:	
Energy cons. [MJ/MJ _{biogas}]	0.002	Emissions [kgCO _{2eq} /MJ]	0.0978

Municipality	Type of residue	Biogas post-processing energy consumption [MJ _{prim}]	Biogas post-processing emissions [tonCO _{2eq}]
Vila do Conde	Bovine manure	310466	30
Póvoa de Varzim	Bovine manure	146148	14
Arcos de Valdevez	Equine manure	60613	6
Vieira do Minho	Equine manure	29303	3
Oliveira de Frades	Poultry manure	19588656	1916
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	16985234	1661
Lourinhã	Swine manure	376843	37
Porto de Mós	Swine manure	476398	47

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da purificação + compressão de biometano para injeção para uso veicular? Considere:

$$\text{Energia (MJ)} = \text{Biogás (m}^3\text{)} \times 0.954 \text{ MJ/m}^3 + \text{Biometano VSPA (m}^3\text{)} \times 1.008 \text{ MJ/m}^3 + \text{Biometano VSPA (m}^3\text{)} / 5148.5 \text{ m}^3 \times \text{Distance to CNG post (km)} \times 16.5 \text{ MJ/km}$$

Biomethane compression:	
Energy cons. [MJ/m ³ _{biom}]	1.008
Emissions [g _{CO2eq} /MJ _{biom}]	1.61
Biogenic methane properties:	
1 kg CH ₄ [kg _{CO2eq}]:	23
CH ₄ density [kg/m ³]	0.656

Biomethane transportation:		VPSA technology:	
Truck capacity [m ³]	5148.5	Methane recovery [kg/kg _{CH4}]	0.855
Fuel cons. [MJ/km]	16.5	Energy cons. [MJ/m ³ _{biogas}]	0.954
Emissions [ton _{CO2eq} /km]	0.0012	Emissions [kg _{CH4} /kg _{biogas}]	0.0325

Municipality	Type of residue	Distance to nearest CNG post [km]	Biomethane utilization energy consumption [MJ _{prim}]	Biomethane utilization emissions [tonCO2eq]	Total energy consumption [MJ _{prim}]	Total emissions [tonCO2eq]	Energy ratio [MJ _{prim} /MJ _f]	Emissions ratio [gCO2eq/MJ _f]
Vila do Conde	Bovine manure	21.10	12077517	4911	33590729	7640	0.257	58.5
Póvoa de Varzim	Bovine manure	33.12	5662828	2317	15789889	3601	0.257	58.6
Arcos de Valdevez	Equine manure	70.733	2219581	967	6604722	1469	0.259	57.7
Vieira do Minho	Equine manure	37.39	1138786	465	3258729	707	0.265	57.4
Oliveira de Frades	Poultry manure	52.34	788413580	311611	2097408185	480120	0.255	58.3
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	109.21	627207050	272968	1762230305	419081	0.247	58.7
Lourinhã	Swine manure	47.61	13940200	5990	41893875	9438	0.264	59.6
Porto de Mós	Swine manure	70.67	17472581	7603	52811115	11963	0.264	59.7

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da purificação + compressão de biometano para injeção para uso veicular? Considere:

$$\begin{aligned}
 \text{- CO}_{2\text{eq}} \text{ (ton)} &= \text{Biogás (m}^3\text{)} \times 0.954 \text{ MJ/m}^3 \times 0.0978 \text{ kg/MJ} \times 0.001 + \text{Biogás (m}^3\text{)} \\
 &\times \text{CH}_4 \text{ density (kg/m}^3\text{)} \times 0.0325 \text{ kg}_{\text{CH}_4}\text{/kg}_{\text{biogás}} \times 23 \text{ kgCO}_{2\text{eq}} \times 0.001 + \text{Biometano} \\
 &\text{VSPA (m}^3\text{)} \times 1.008 \text{ MJ/m}^3_{\text{biometano}} \times 1.61 \text{ g/MJ} \times 0.001 + \text{Biometano VSPA (MJ)} \times \\
 &1.61 \text{ g/MJ} \times 10^{-6} + [\text{Biometano VSPA (m}^3\text{)}/5148.5 \text{ m}^3] \times \text{Distance to CNG post} \\
 &\text{(km)} \times 0.0012 \text{ ton/km}
 \end{aligned}$$

Biomethane compression:

Energy cons. [MJ/m ³ _{biom}]	1.008
Emissions [gCO _{2eq} /MJ _{biom}]	1.61

Biogenic methane properties:

1 kg CH ₄ [kgCO _{2eq}]:	23
CH ₄ density [kg/m ³]	0.656

Municipality	Type of residue	Distance to nearest CNG post [km]	Biomethane utilization energy consumption [MJ _{prim}]	Biomethane utilization emissions [tonCO _{2eq}]	Total energy consumption [MJ _{prim}]	Total emissions [tonCO _{2eq}]	Energy ratio [MJ _{prim} /MJ _f]	Emissions ratio [gCO _{2eq} /MJ _f]
Vila do Conde	Bovine manure	21.10	12077517	4911	33590729	7640	0.257	58.5
Póvoa de Varzim	Bovine manure	33.12	5662828	2317	15789889	3601	0.257	58.6
Arcos de Valdevez	Equine manure	70.733	2219581	967	6604722	1469	0.259	57.7
Vieira do Minho	Equine manure	37.39	1138786	465	3258729	707	0.265	57.4
Oliveira de Frades	Poultry manure	52.34	788413580	311611	2097408185	480120	0.255	58.3
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	109.21	627207050	272968	1762230305	419081	0.247	58.7
Lourinhã	Swine manure	47.61	13940200	5990	41893875	9438	0.264	59.6
Porto de Mós	Swine manure	70.67	17472581	7603	52811115	11963	0.264	59.7

Exemplo de produção de biogás

Quais os impactes da purificação + compressão de biometano para injeção para uso veicular? Considere:

- Total = transporte resíduos + pré-processamento + digestão + transporte resíduos digestão + pós-processamento + utilização biogás (VSPA+compressão+transporte)

- Rácio: energia ou emissões por unidade de energia final

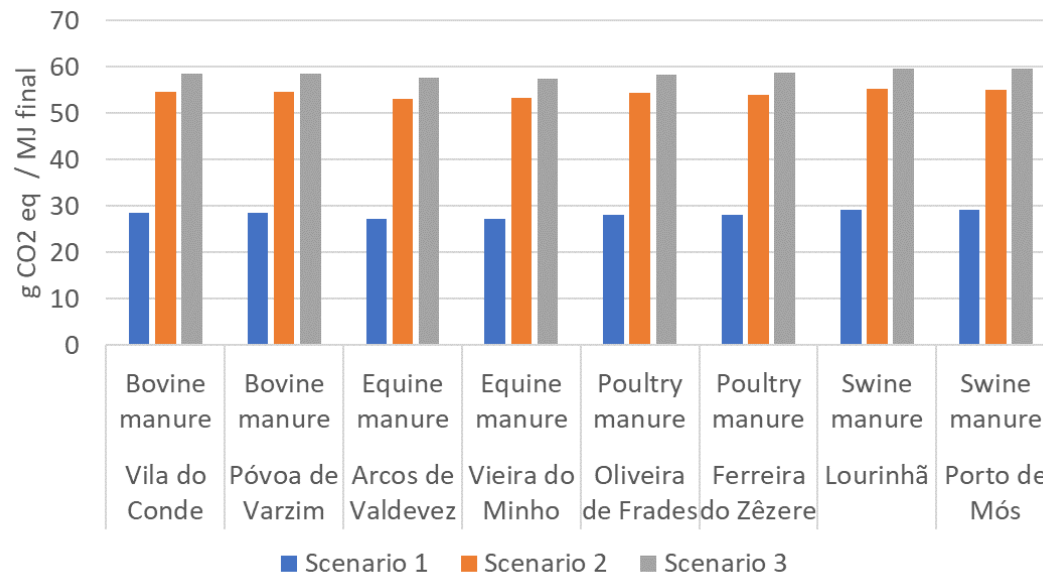
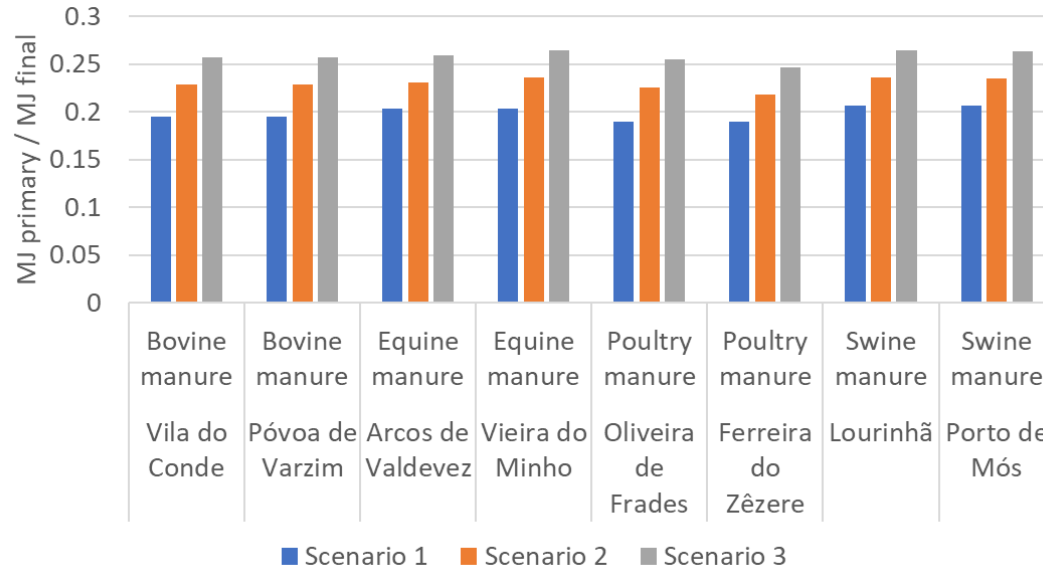
Biomethane compression:	
Energy cons. [MJ/m ³ _{biom}]	1.008
Emissions [g _{CO2eq} /MJ _{biom}]	1.61
Biogenic methane properties:	
1 kg CH ₄ [kg _{CO2eq}]:	23
CH ₄ density [kg/m ³]	0.656

Biomethane transportation:		VPSA technology:	
Truck capacity [m ³]	5148.5	Methane recovery [kg/kg _{CH4}]	0.855
Fuel cons. [MJ/km]	16.5	Energy cons. [MJ/m ³ _{biogas}]	0.954
Emissions [ton _{CO2eq} /km]	0.0012	Emissions [kg _{CH4} /kg _{biogas}]	0.0325

Municipality	Type of residue	Distance to nearest CNG post [km]	Biomethane utilization energy consumption [MJ _{prim}]	Biomethane utilization emissions [tonCO2eq]	Total energy consumption [MJ _{prim}]	Total emissions [tonCO2eq]	Energy ratio [MJ _{prim} /MJ _f]	Emissions ratio [gCO2eq/MJ _f]
Vila do Conde	Bovine manure	21.10	12077517	4911	33590729	7640	0.257	58.5
Póvoa de Varzim	Bovine manure	33.12	5662828	2317	15789889	3601	0.257	58.6
Arcos de Valdevez	Equine manure	70.733	2219581	967	6604722	1469	0.259	57.7
Vieira do Minho	Equine manure	37.39	1138786	465	3258729	707	0.265	57.4
Oliveira de Frades	Poultry manure	52.34	788413580	311611	2097408185	480120	0.255	58.3
Ferreira do Zêzere	Poultry manure	109.21	627207050	272968	1762230305	419081	0.247	58.7
Lourinhã	Swine manure	47.61	13940200	5990	41893875	9438	0.264	59.6
Porto de Mós	Swine manure	70.67	17472581	7603	52811115	11963	0.264	59.7

Ciclo de vida de fontes energéticas

Exemplo de pro...



segment of biogas pathways

Ciclo de vida de fontes energéticas

Review of life cycle assessment for biogas production in Europe

O. Hijazi*, S. Munro, B. Zerhusen, M. Effenberger

Bavarian State Research Center for Agriculture, Institute for Agricultural Engineering and Animal Husbandry, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising, Germany

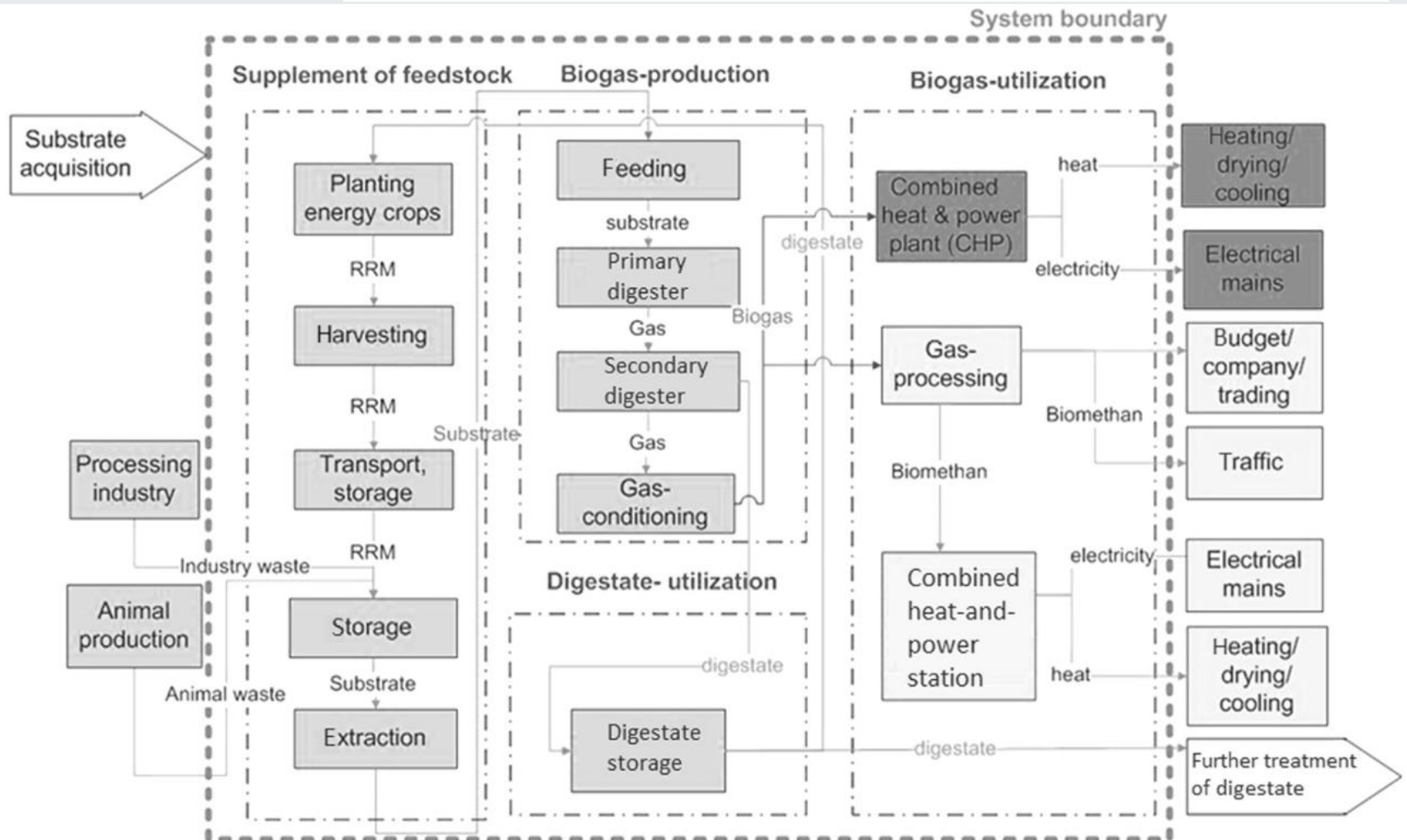


Fig. 1. Structure of biogas energy systems. RRM: renewable raw material.

Ciclo de vida de fontes energéticas

Review of life cycle assessment for biogas production in Europe

O. Hijazi*, S. Munro, B. Zerhusen, M. Effenberger

Bavarian State Research Center for Agriculture, Institute for Agricultural Engineering and Animal Husbandry, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising, Germany

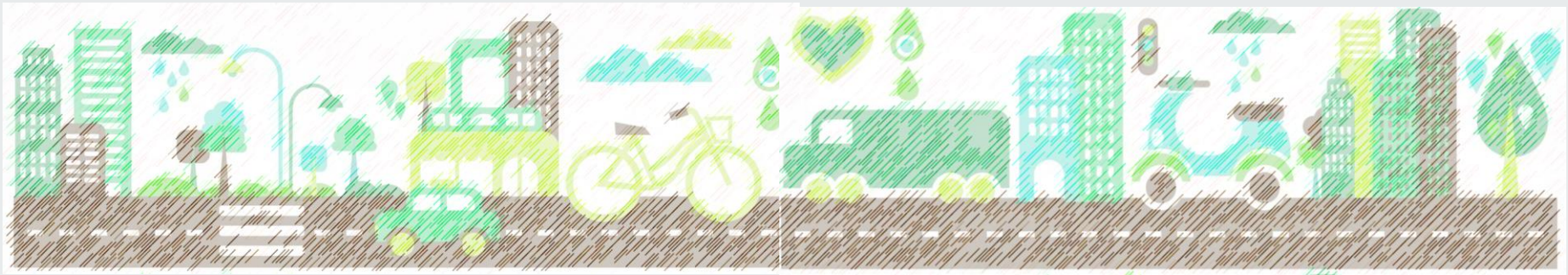
Regardless of the selection of feedstock, the following measures are necessary – if not legally required, anyway – to minimize the environmental effects of biogas systems (impact categories that are most affected by these measures are stated in brackets):

- Installing a flare to avoid discharge of biogas to the atmosphere during outages of the combined heat-and-power unit (GWP);
- Covering the storage tank for digested residues and collecting the residual biogas production (GWP, EP);
- Minimizing the parasitic electricity demand of the biogas plant and supplying it from low-emission sources (GWP, RC);
- Utilizing as much heat output from the CHPU as possible to substitute fossil energy carriers (GWP, RC);
- Employing high-efficiency CHPUs, possibly with additional exhaust gas treatment (RC, GWP, AC, EP);
- Checking the biogas plant for leakages on a regular basis (GWP).

Conclusões

- **Caracterização detalhada do processo e suas fronteiras**
- **Inventários de entradas/saídas (matéria, consumo de energia, emissões)**
- **Laboratorial versus Industrial (scale-up), influência de fatores de escala**
- **Inclusão de passos de transporte e de destino dos sub-produtos**

Exercício de análise LCA



Patrícia Baptista

IN+ Center for Innovation, Technology and Policy Research of
Instituto Superior Técnico

patricia.baptista@tecnico.ulisboa.pt