



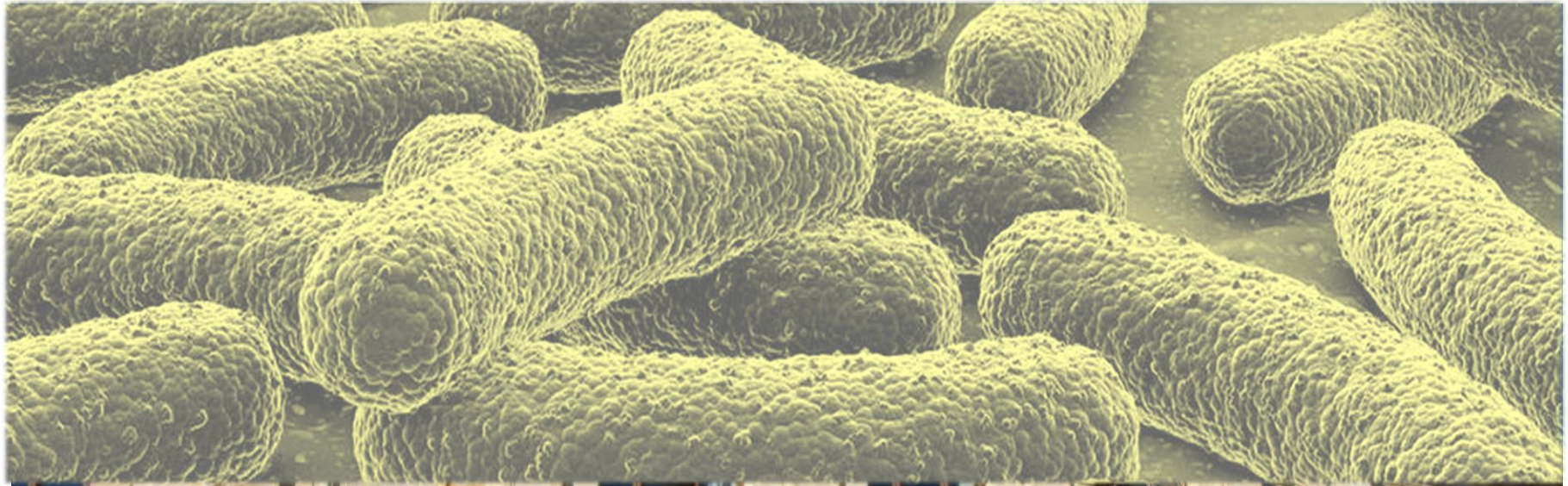
Technische
Universität
Braunschweig



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



Center for Research, Education and
Demonstration in Waste Management



BIODIGESTÃO: UMA FERRAMENTA TECNOLÓGICA EFICIENTE PARA A RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA E MÁSSICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Prof. Dr.–Eng. Klaus Fricke, Enga. e Adva. Christiane Pereira

TECHNISCHE UNIVERSITÄT CAROLO-WILHELMINA ZU BRAUNSCHWEIG

- 17.050 Estudantes
- 1.600 Cientistas
- 8 Faculdades
- 110 Institutos
- 64 Programas de Graduação
- 552 cooperações internacionais



TECHNISCHE UNIVERSITÄT CAROLO-WILHELMINA ZU BRAUNSCHWEIG

- Líder no ranking da engenharia civil na Alemanha
- 275 milhões de orçamento em 2012 sendo 30% de origem privada
- Primeiro centro tecnológico da Alemanha – fundada em 1745
- Assessoria na Alemanha para Ministério Alemão de Pesquisa e Educação, Ministério de Cooperação e Ministério de Meio Ambiente



TECHNISCHE UNIVERSITÄT CAROLO-WILHELMINA ZU BRAUNSCHWEIG

- Líder no ranking da engenharia civil na Alemanha
- 275 milhões de orçamento em 2012 sendo 30% de origem privada
- Primeiro centro tecnológico da Alemanha – fundada em 1745
- Assessoria na Alemanha para Ministério Alemão de Pesquisa e Educação, Ministério de Cooperação e Ministério de Meio Ambiente



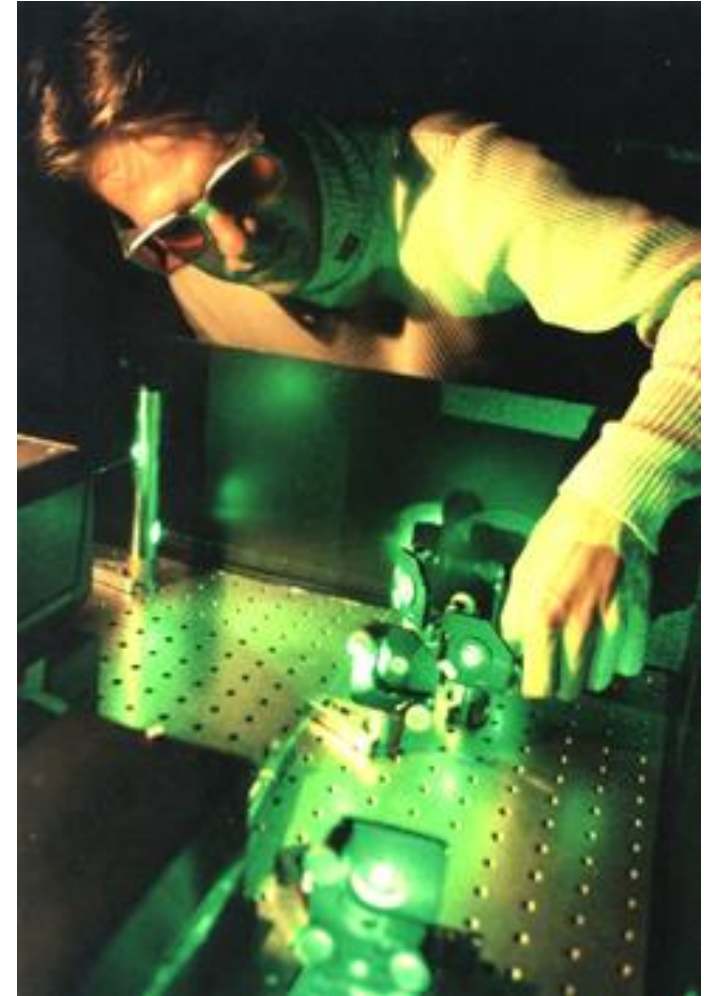
ATIVIDADES INTERNACIONAIS - EXEMPLOS

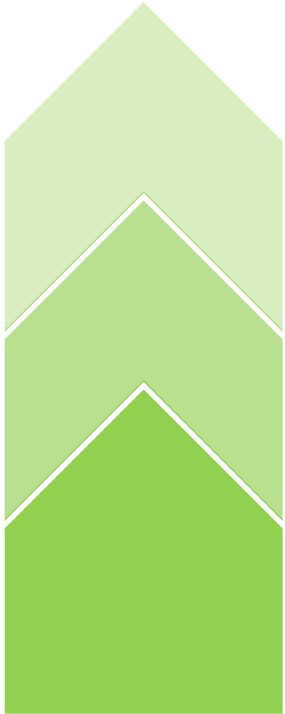
- **Mexico** – Estudo de viabilidade tecnológica e desenvolvimento de termos de referência para contratação em modalidade PPP de 3 plantas de biodigestão com capacidade unitária de 1000 t/d
- **Casaquistão** – Elaboração do plano de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos para um consórcio de 5 municípios totalizando uma população de 900.000 habitantes e desenvolvimento de termo de referência para contratação em modalidade PPP
- **Daressalam** – Projeto de compostagem
- **Cabo Verde** – Reciclagem de resíduos em navios
- **China** – tratamento mecânico e biológico (TMB) com inclusão de biodigestão
- **Hong Kong** – Tratamento de cinzas e lodos
- **Paquistão** – Tratamento mecânico e biológico e aterro



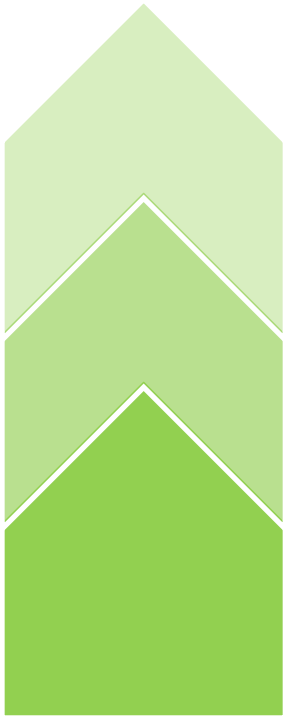
ATIVIDADES INTERNACIONAIS - BRASIL

Capacitação dos Ministérios de Meio Ambiente, Ciências e Tecnologias, Cidades e Finep em gestão ecoeficiente de resíduos foco biodigestão (11.2013), análise de risco para investimento em tecnologia de tratamento mecânico e biológico para a CAIXA ECONOMICA FEDERAL, Capacitação para a Cetesb em tecnologias ambientais (03.2014), julgamento para chamada de biogás lançada pela ANEEL (12.2012), Consultoria para o KFW da Alemanha com o objetivo de implementar sistema de valorização de resíduos na cidade de Florianópolis (04.2014), projeto INOPA de pesquisa entre os governos da Alemanha e Brasil na cidade de Jundiai-SP (01.2014), coordenação de congresso técnico Brasil-Alemanha (12.2013 e 05.2014), entre outras atividades.





- **Incremento do PIB mundial – maior consumo e maior demanda por alimentos**
- **Incremento na demanda por combustíveis fósseis, recursos primários, ampliação da utilização dos elementos da cadeia periódica**
- **Incremento nas emissões de gases de efeito estufa**
- **Aterros contribuem significativamente para as emissões de gases de efeito estufa (GHG) = 8 – 12 %**
- **Resíduos in natura depositados nos aterros se decompõem de forma descontrolada**

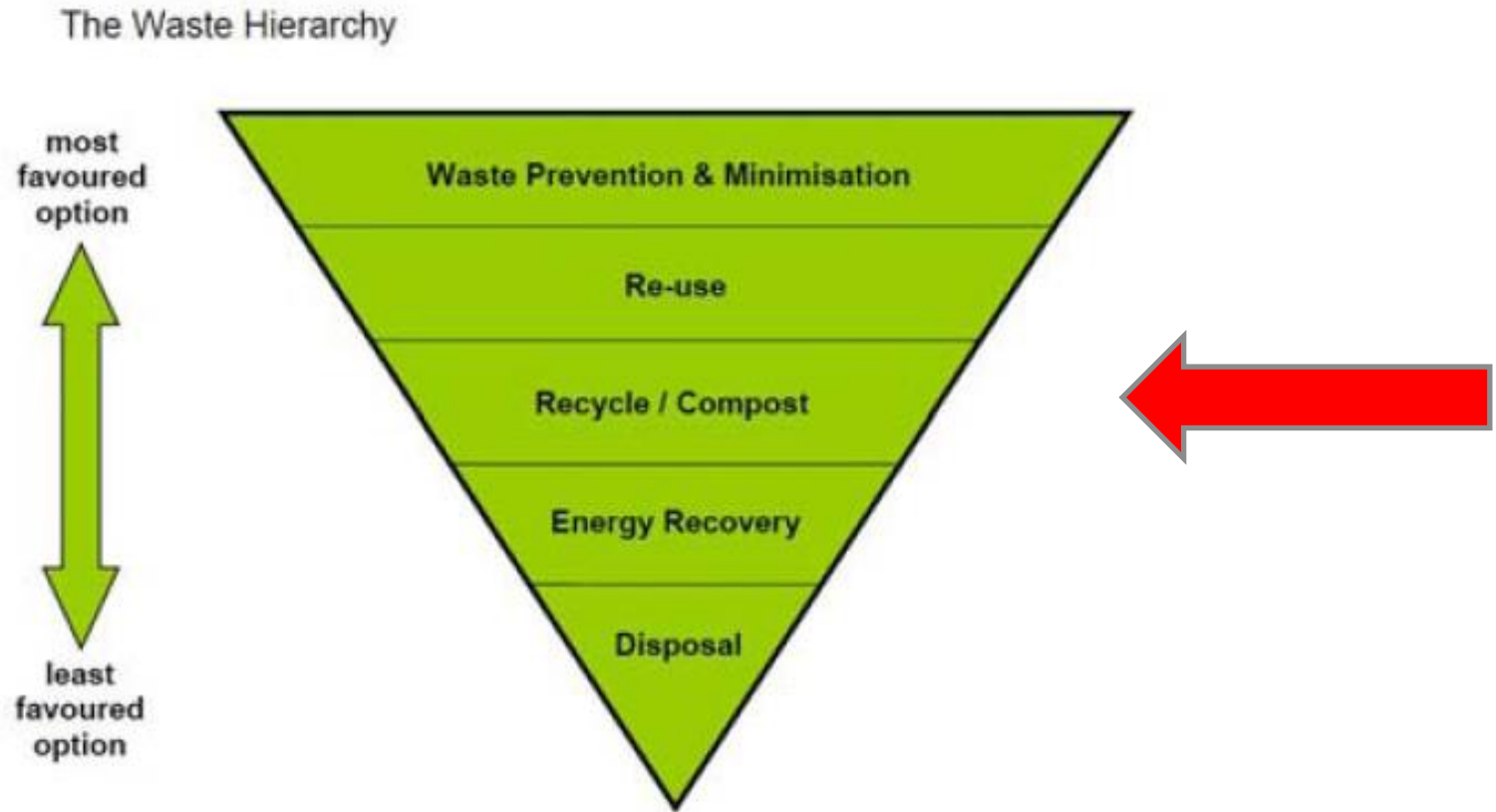


- **Emissões líquidas e gasosas provenientes dos aterros de resíduos in natura permanecem pelo período de 30 – 50 anos**
- **Incremento no preço dos recursos secundários**
- **Incremento no preço da energia**
- **Aumento da demanda por composto**
- **Matriz energética dependente da variação climática**
- **Aplicação compulsória de tecnologias de valorização segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos**
- **Racionalização de custos**

Garantir recursos...

...o que podemos fazer?

QUADRO LEGAL 1 – HIERARQUIA DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA UE E NA ALEMANHA



MÉDIA GRAVIMÉTRICA E APLICAÇÕES

50 - 60% frações orgânicas

Digestão anaeróbia



25 - 30% embalagens

Triagem

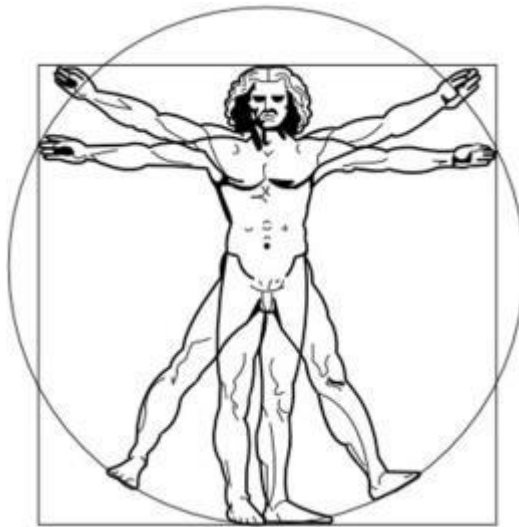


10 -25% não recicláveis

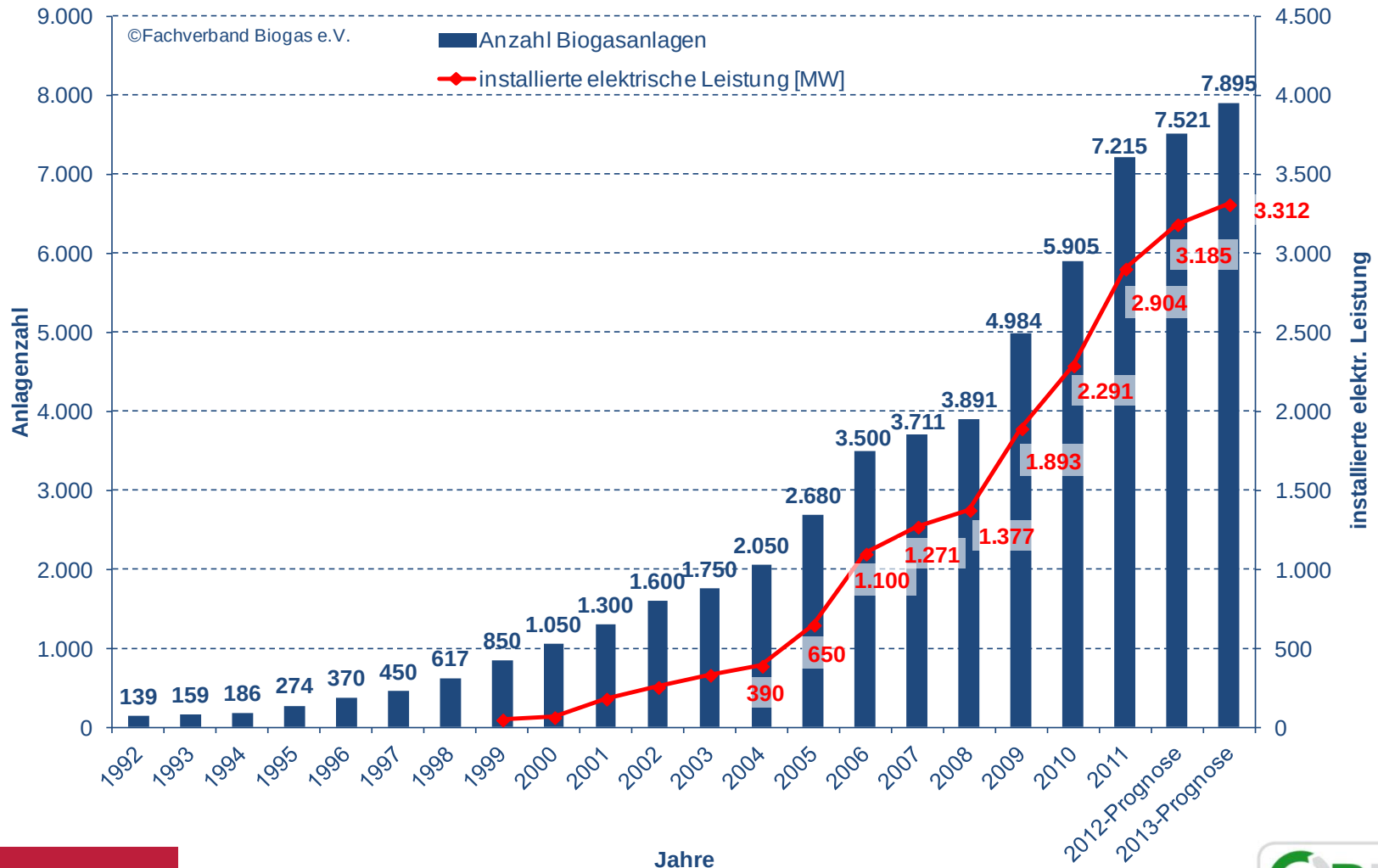
Aterramento



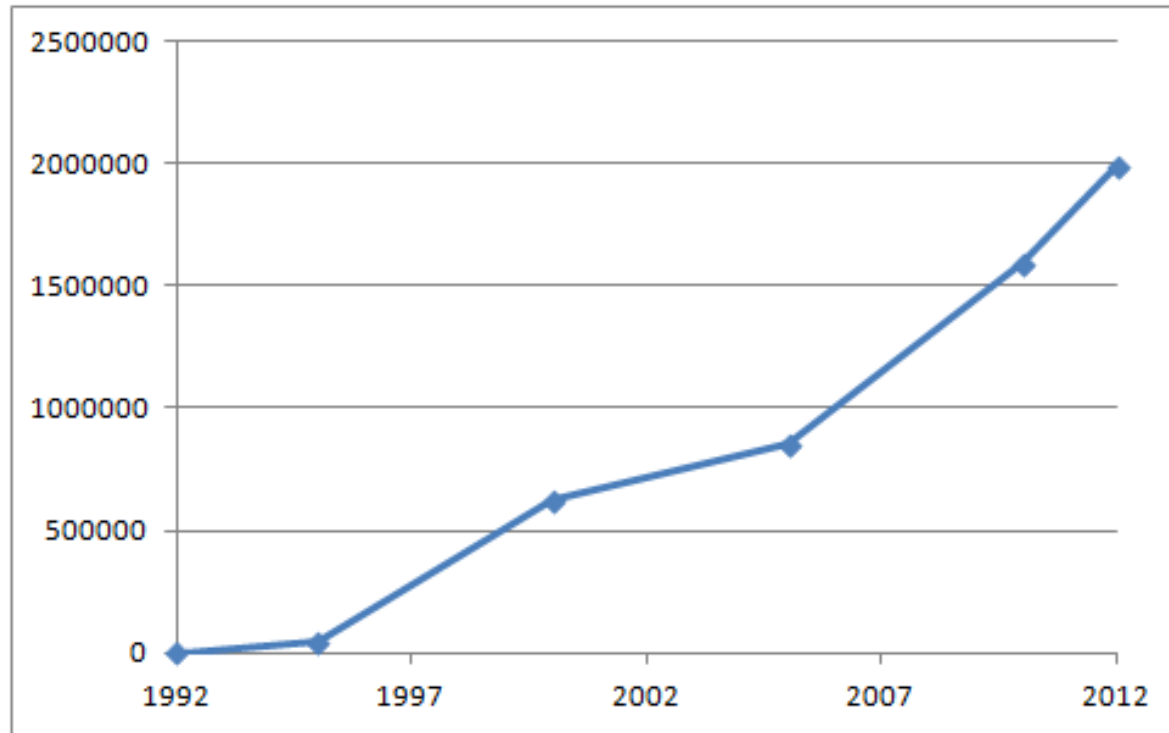
ASPECTOS TECNOLÓGICOS DA DIGESTÃO ANAERÓBIA



EVOLUÇÃO DA FERMENTAÇÃO DA BIOMASSA NA ALEMANHA – NÚMERO E ENERGIA ELÉTRICA INSTALADA (MW)



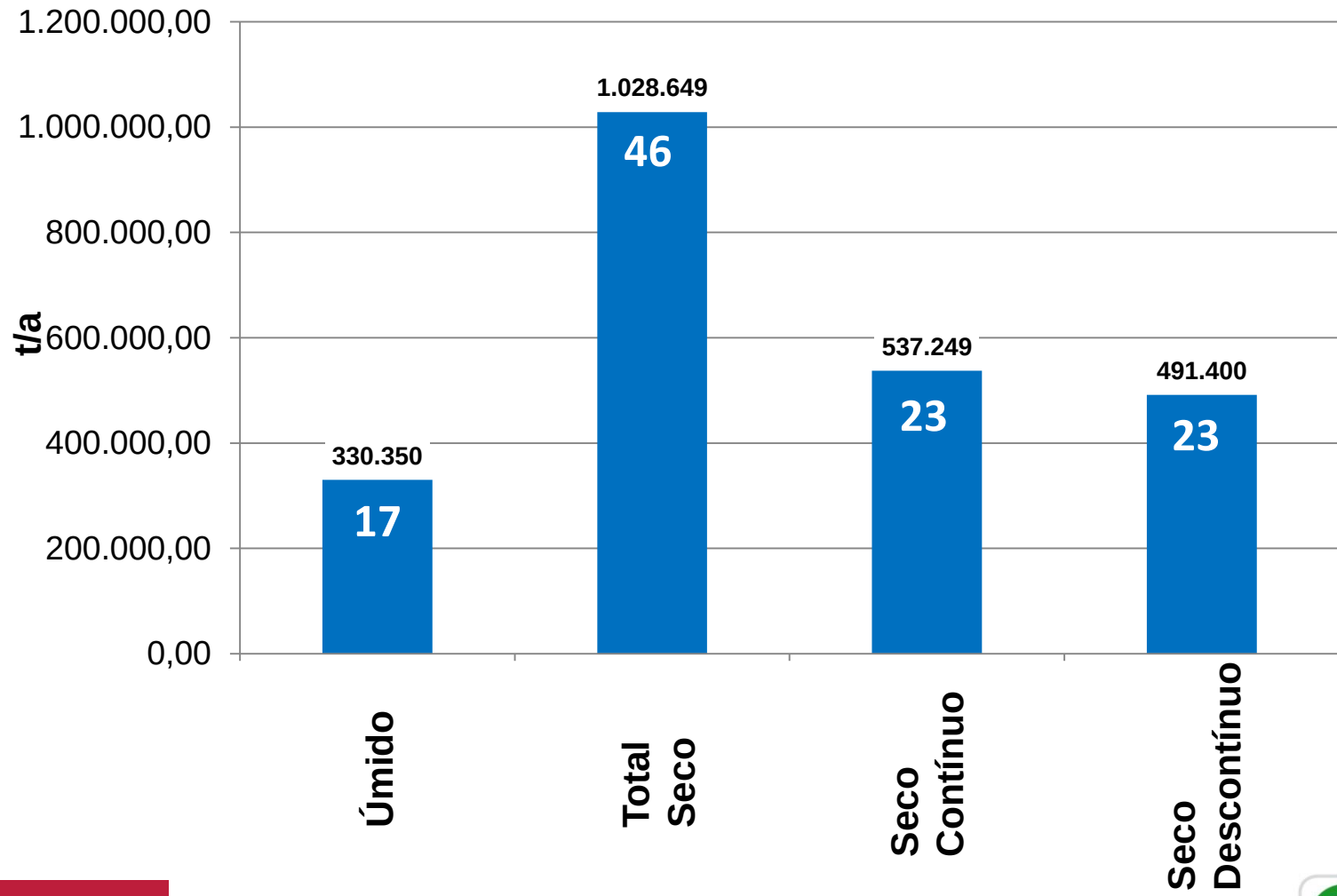
EVOLUÇÃO DA FERMENTAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E RSU



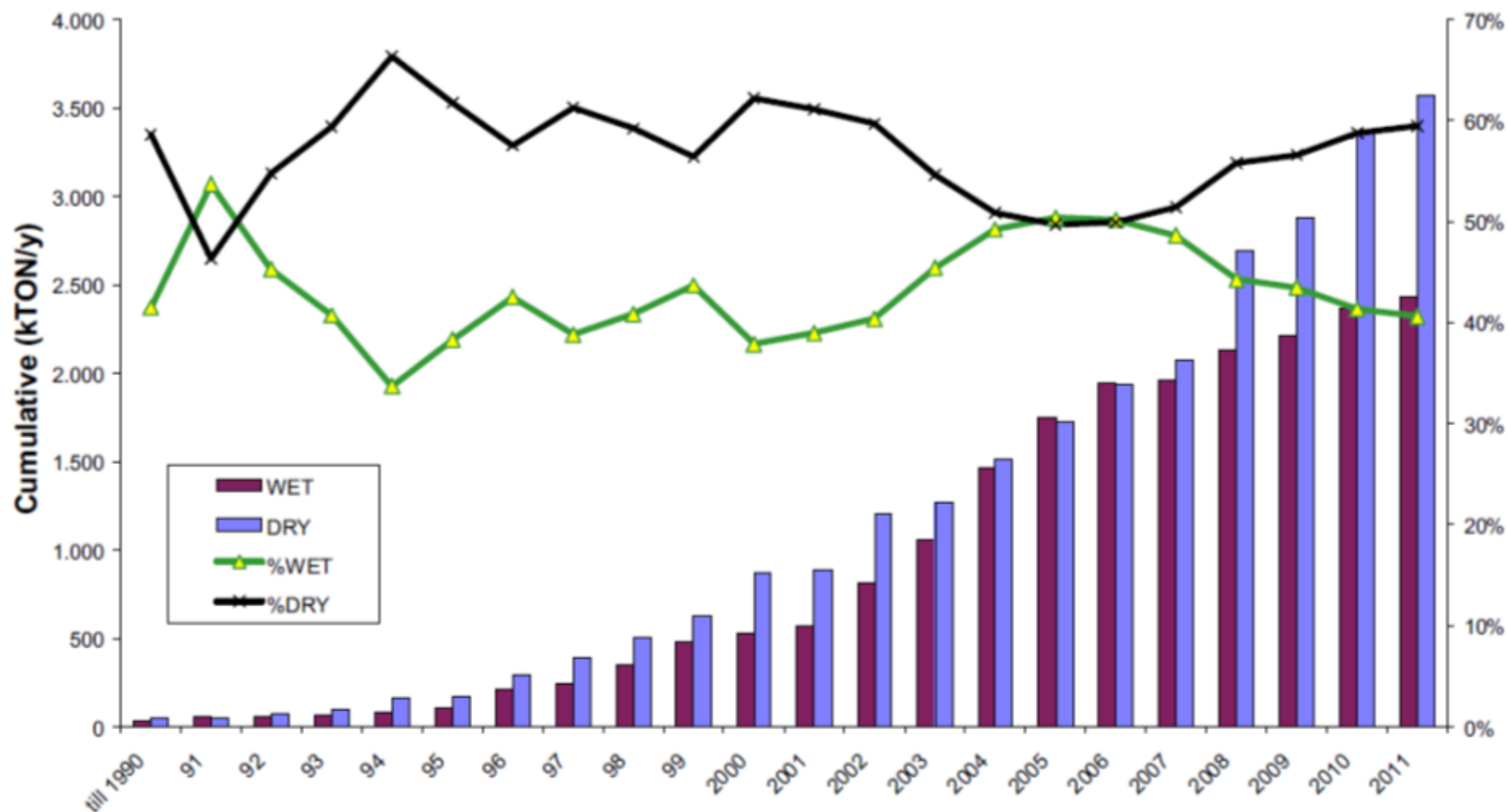
- 63 plantas de resíduos orgânicos
- 70 plantas de resíduos orgânicos industrial /comercial
- 12 plantas TMB para RSU

1.400.000 t/y cap.
750.000 t/y cap.
680.000 t/y cap.

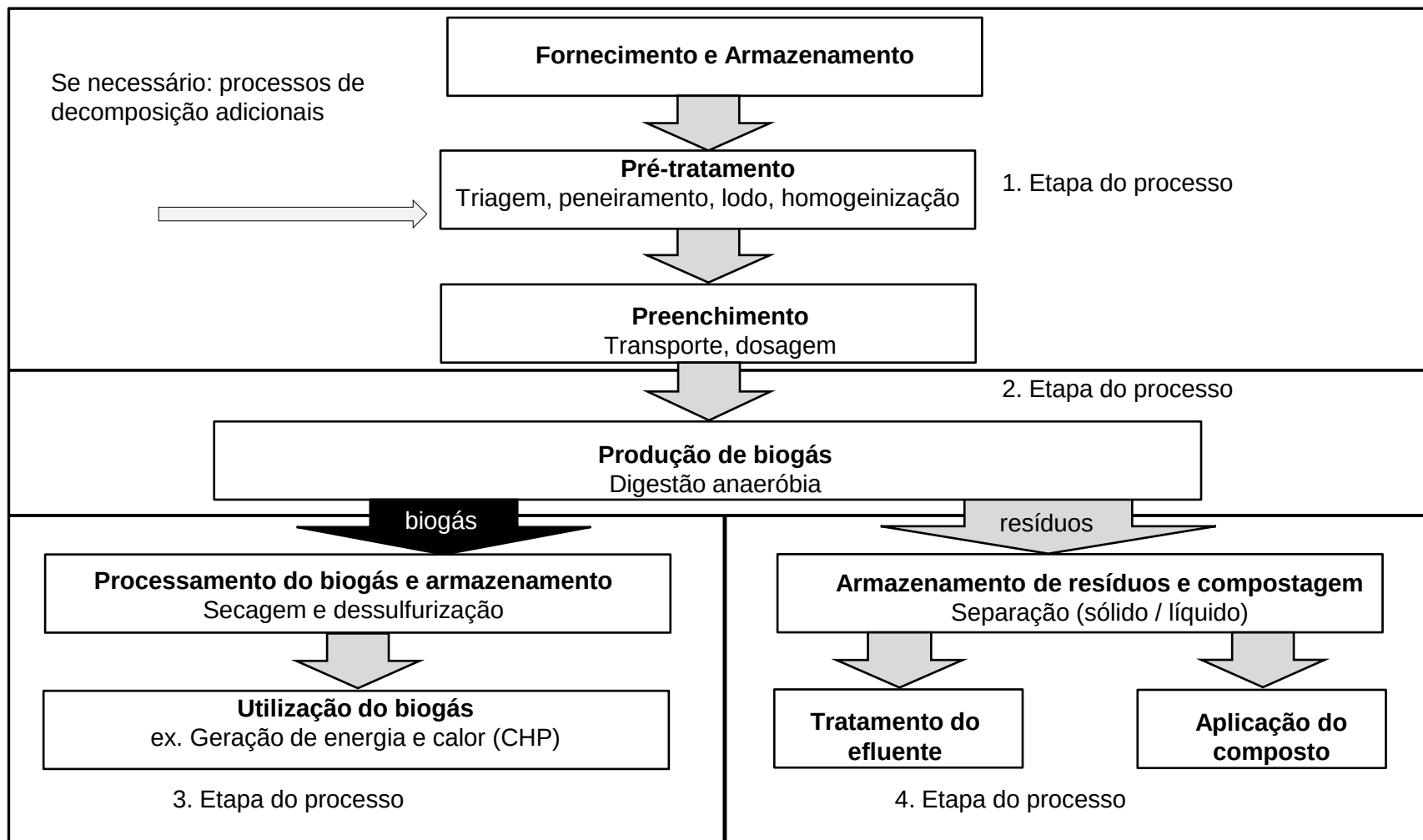
STATUS QUO ALEMANHA – RESÍDUOS ORGÂNICOS E DE PODA / SECO CONTÍNUO E DESCONTÍNUO



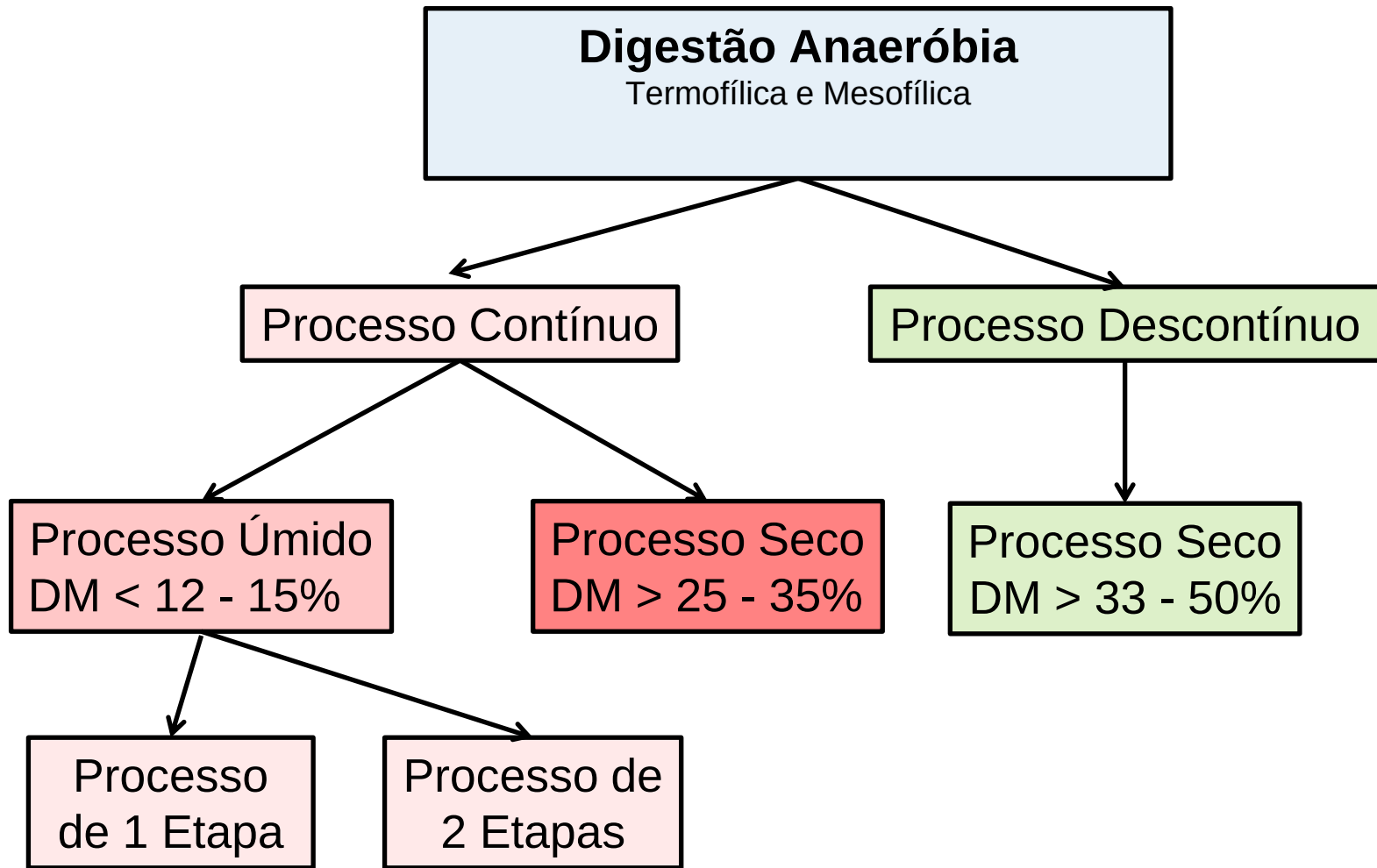
EVOLUÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE PROCESSOS SECOS E ÚMIDOS NA ALEMANHA – RSU, ORGÂNICOS E DE PODA



ÁREAS DE PROCESSO E ESTÁGIOS DE MATERIAIS



TECNOLOGIAS E PROCESSOS ANAERÓBIOS



SISTEMAS DE BIODIGESTÃO



Sistema tipo lagoa coberta
Aplicação: resíduos agrícolas



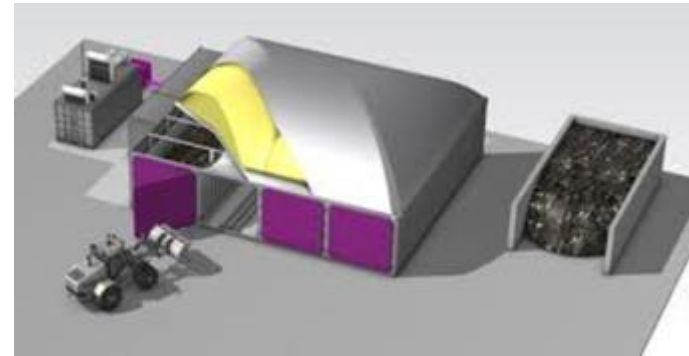
Sistema tipo plug'n flow
Aplicação: Resíduos com alto teor de sólidos



Sistema tipo formato de ovo
Aplicação: lodo de esgoto



Sistema tipo CSTR – reator de tanque de agitação contínua
Aplicação: resíduos em geral, agrícolas

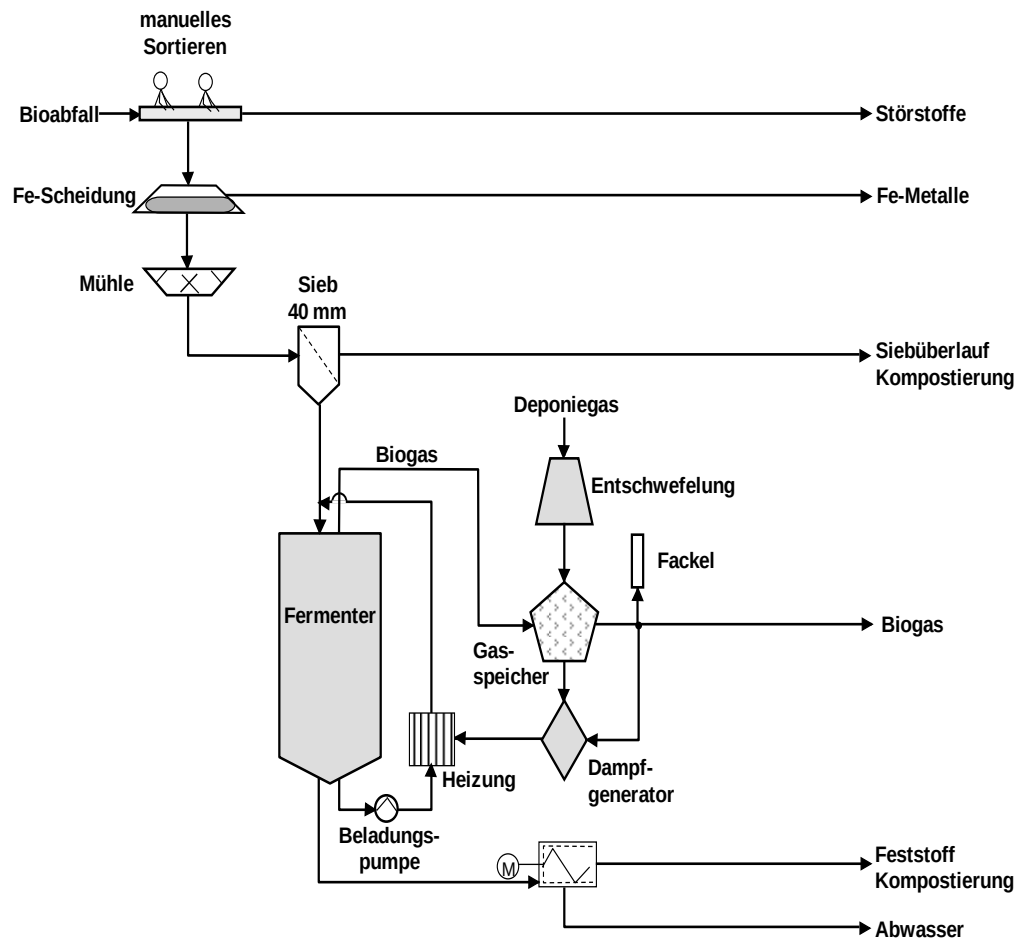


Sistema tipo garagem
Aplicação: resíduos em geral, fração orgânica do RSU

CENTRAIS DE TRATAMENTO ANAERÓBIO ÚMIDO



PROCESO DRANCO – CONTÍNUO SECO

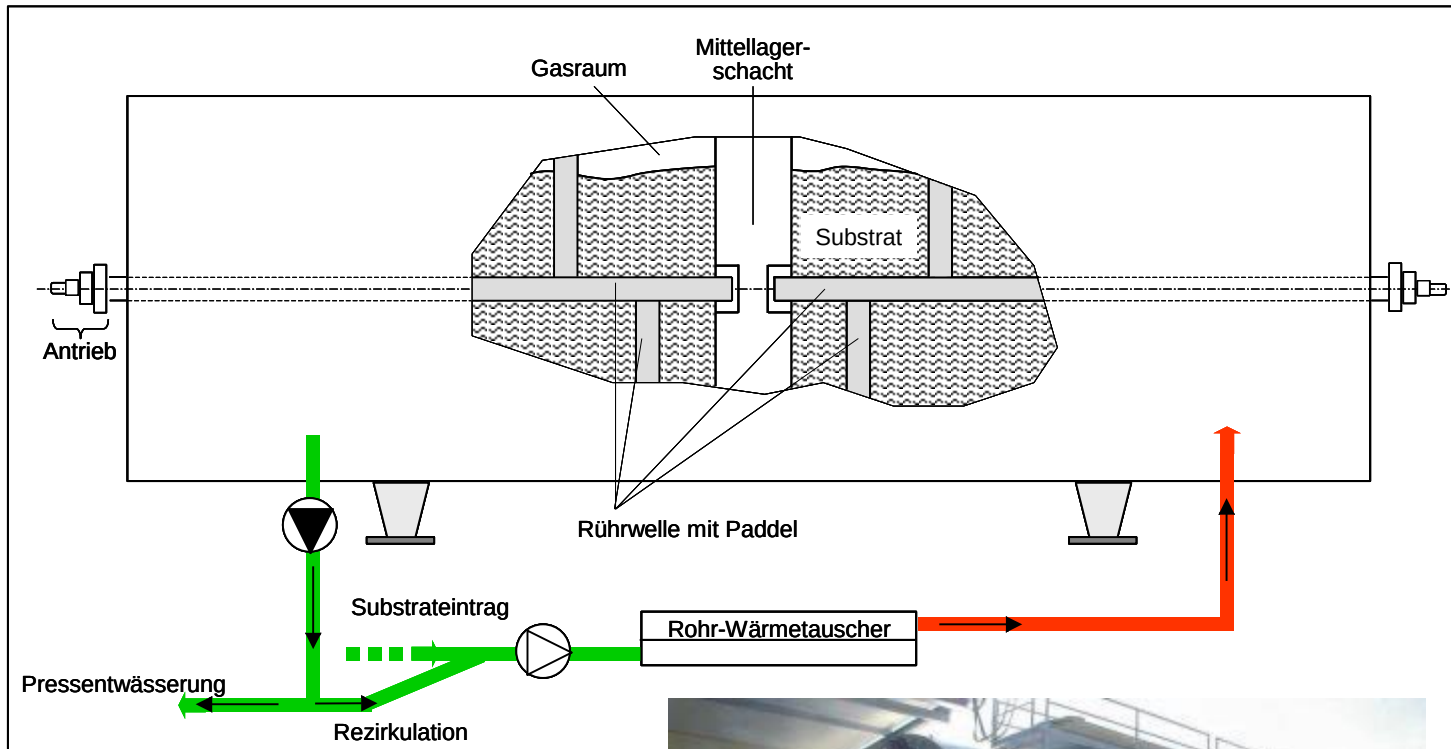


ex. Planta em Salzburg (A)

PROCESSO VALORGA - CONTÍNUO SECO



PROCESO KOMPOGAS – CONTÍNUO SECO



PROCESSO KOMPOGAS – CONTÍNUO SECO

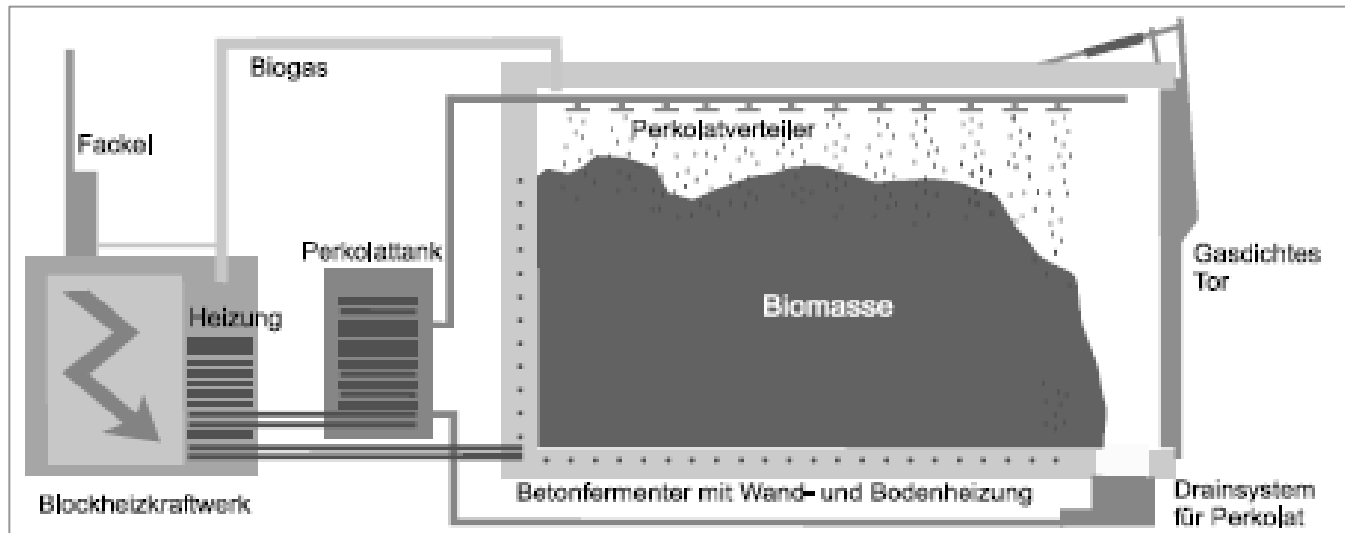


Fonte: Kolar 2014

PROCESSO BEKON - DESCONTÍNUO SECO



- Cerca de 50% do material da saída do box de fermentação é necessário para a mistura com o resíduo orgânico fresco de entrada.
- A mistura permanece 4 semanas no box de fermentação.
- Enchimento e esvaziamento só realizado através de carregadoras com rodas.
- Antes da abertura, deve-se purgar o CO₂ do box, a fim de extrair o metano. Essa mistura segue para a planta de energia e é queimada.





Technische
Universität
Braunschweig



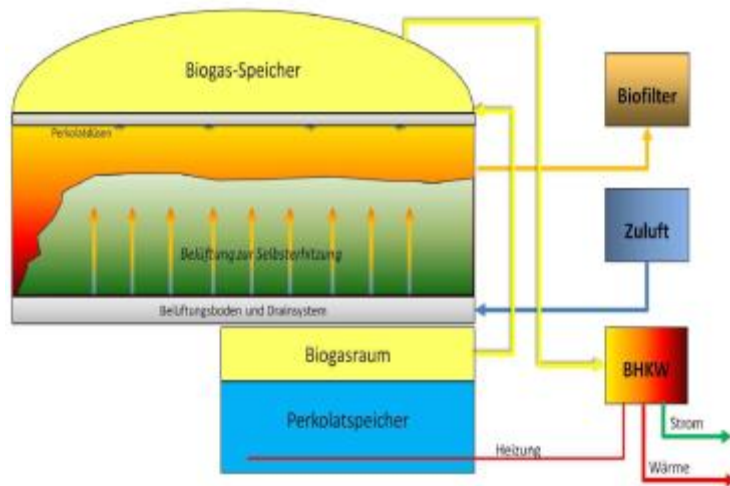


Technische
Universität
Braunschweig

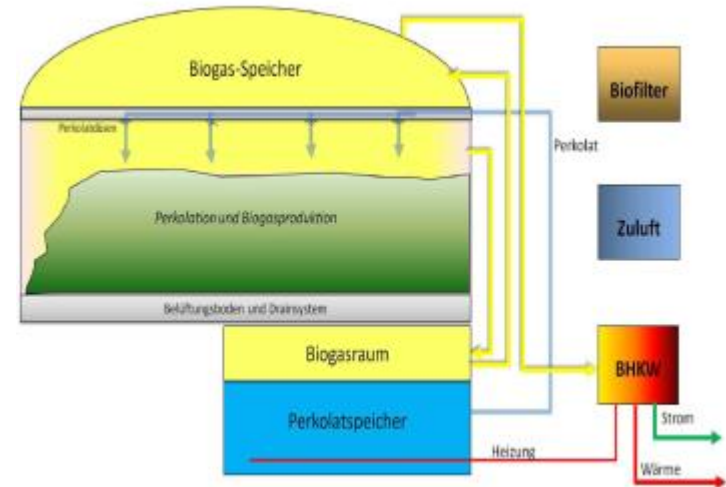


FASES DO PROCESSO – PROCESSO EGGERSMANN - DESCONTÍNUO SECO

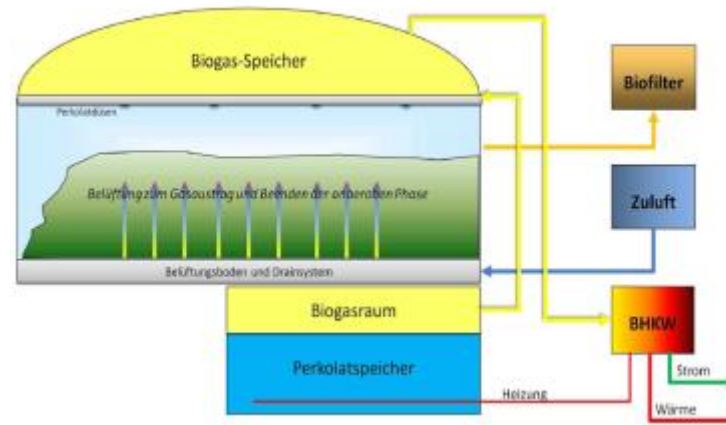
Start aeróbio, fase 1



Percolação e metanização, fase 2



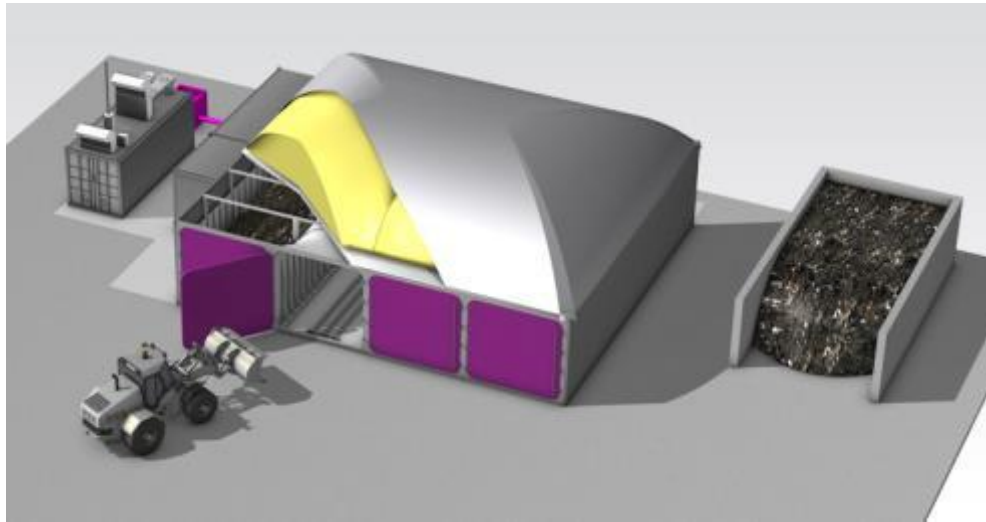
Aeração, fase 3



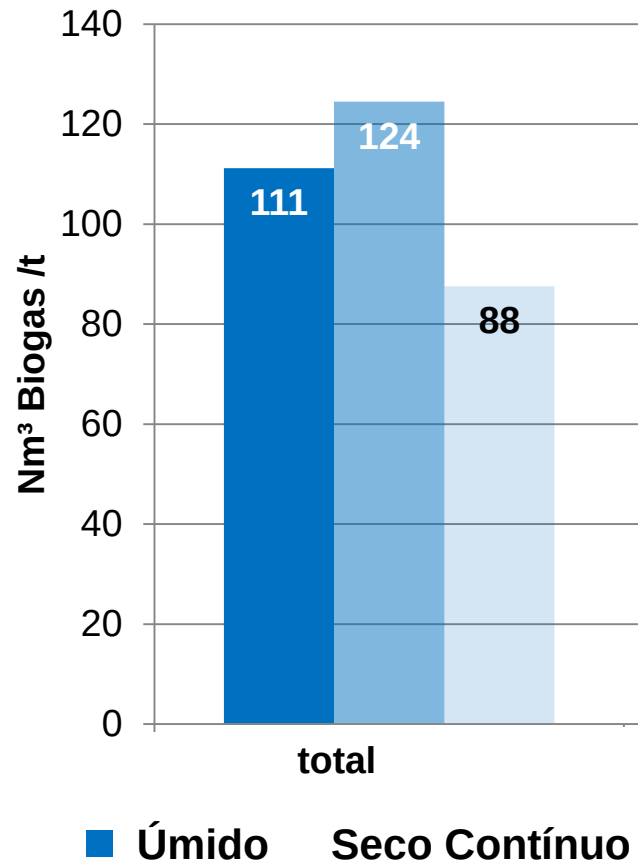
PROCESSO EGGERSMANN - DESCONTÍNUO SECO



PROCESSO EGGERSMANN - DESCONTÍNUO SECO - MÓVEL



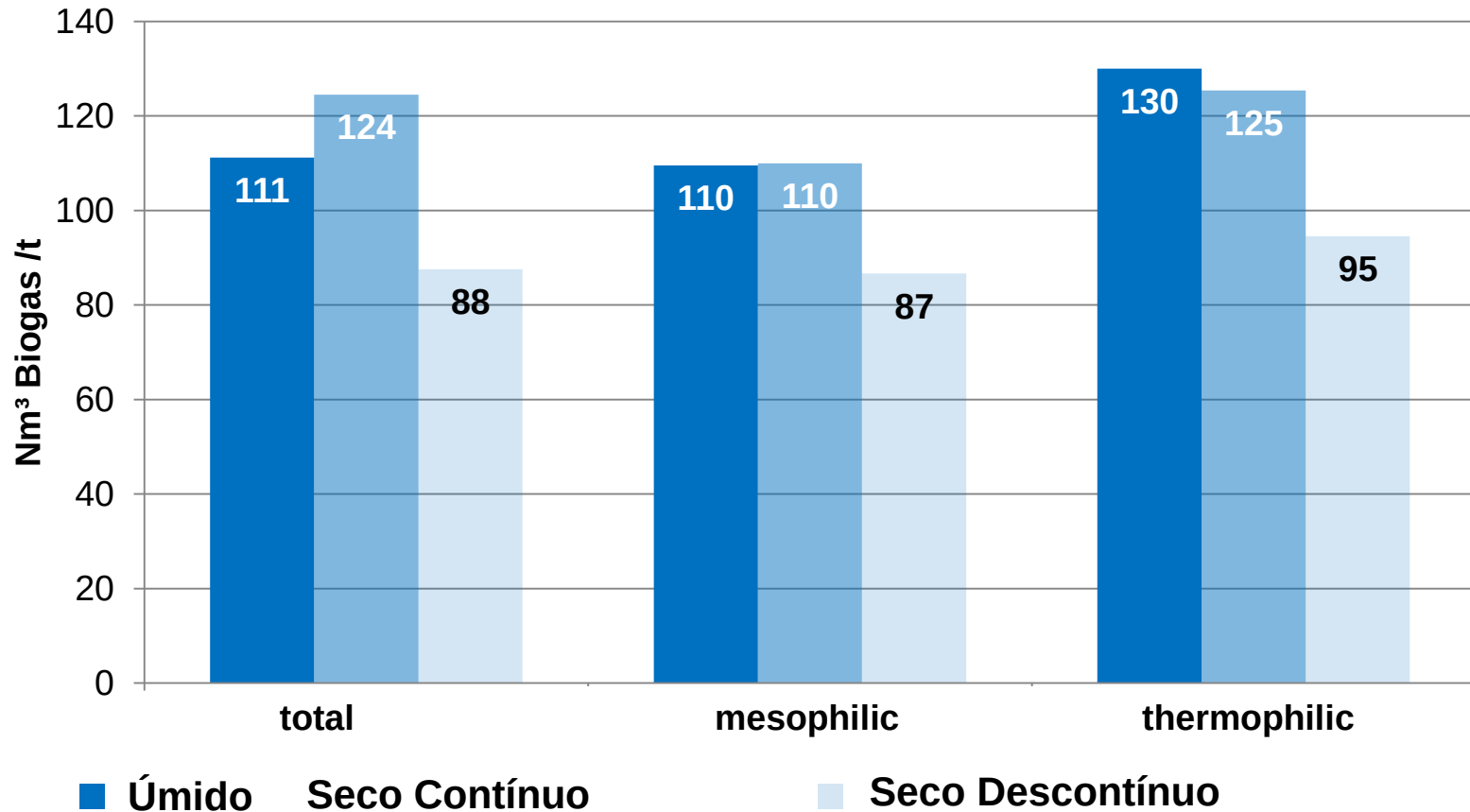
GERAÇÃO DE BIOGÁS – RESÍDUOS ORGÂNICOS E DE PODA



■ Seco Descontínuo

GERAÇÃO DE BIOGÁS – RESÍDUOS ORGÂNICOS E DE PODA

PROCESSOS MESOFÍLICOS E TERMOFÍLICOS



Até **15%** mais biogás pelo processo termofílico em tempos de retenção iguais!!

EFEITOS NA TEMPERATURA

Operação Psicrofílica

10 – 25 °C

- Baixas taxas de reação e crescimento
- Longo tempo de residência hidráulica
- + Baixa energia externa requerida

Operação Mesofílica

25 - 45 °C

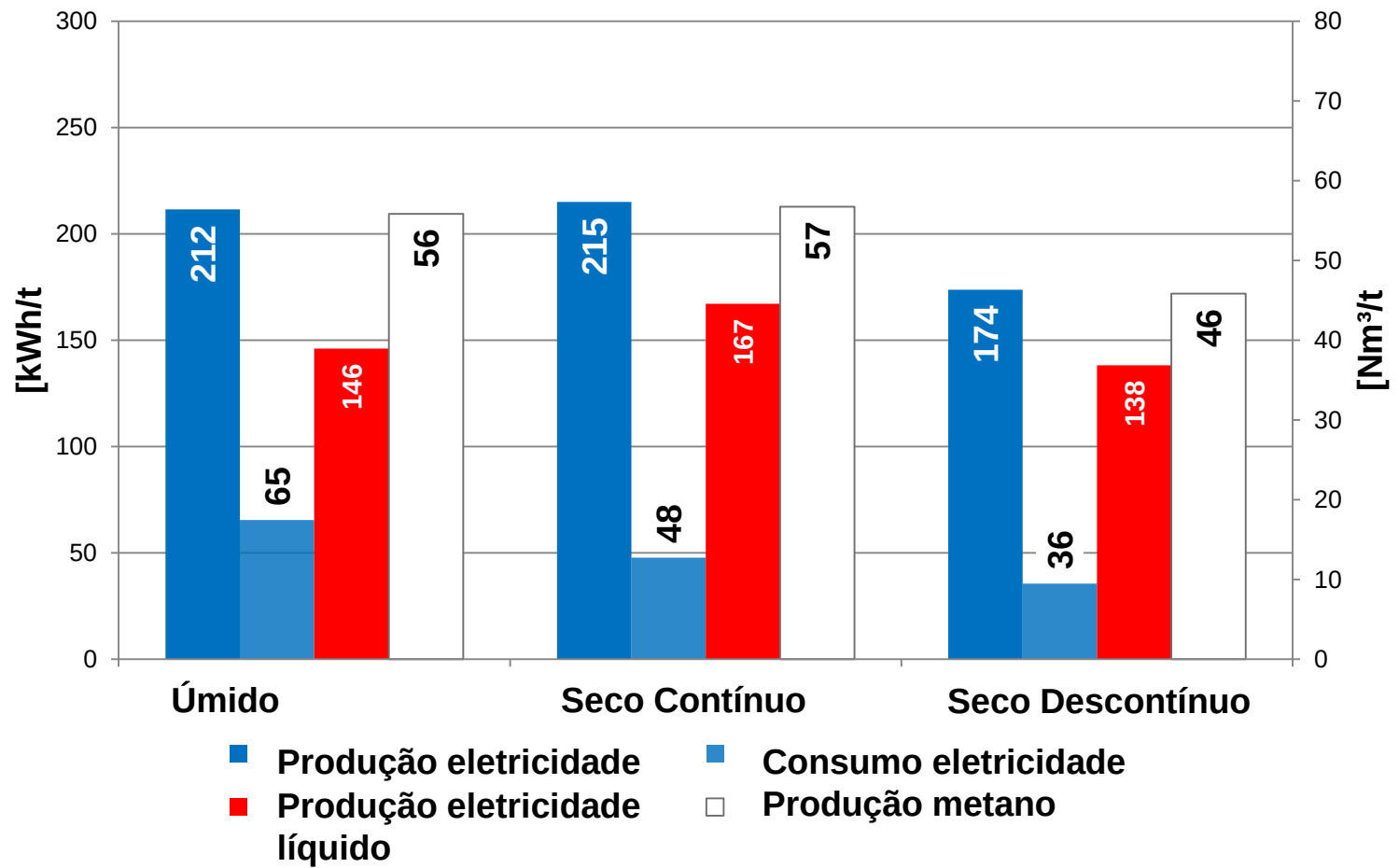
- Aquecimento externo requerido, geralmente
- + Aumento nas taxas de reação
- + Muitos organismos têm ótima performance

Operação Termofílica

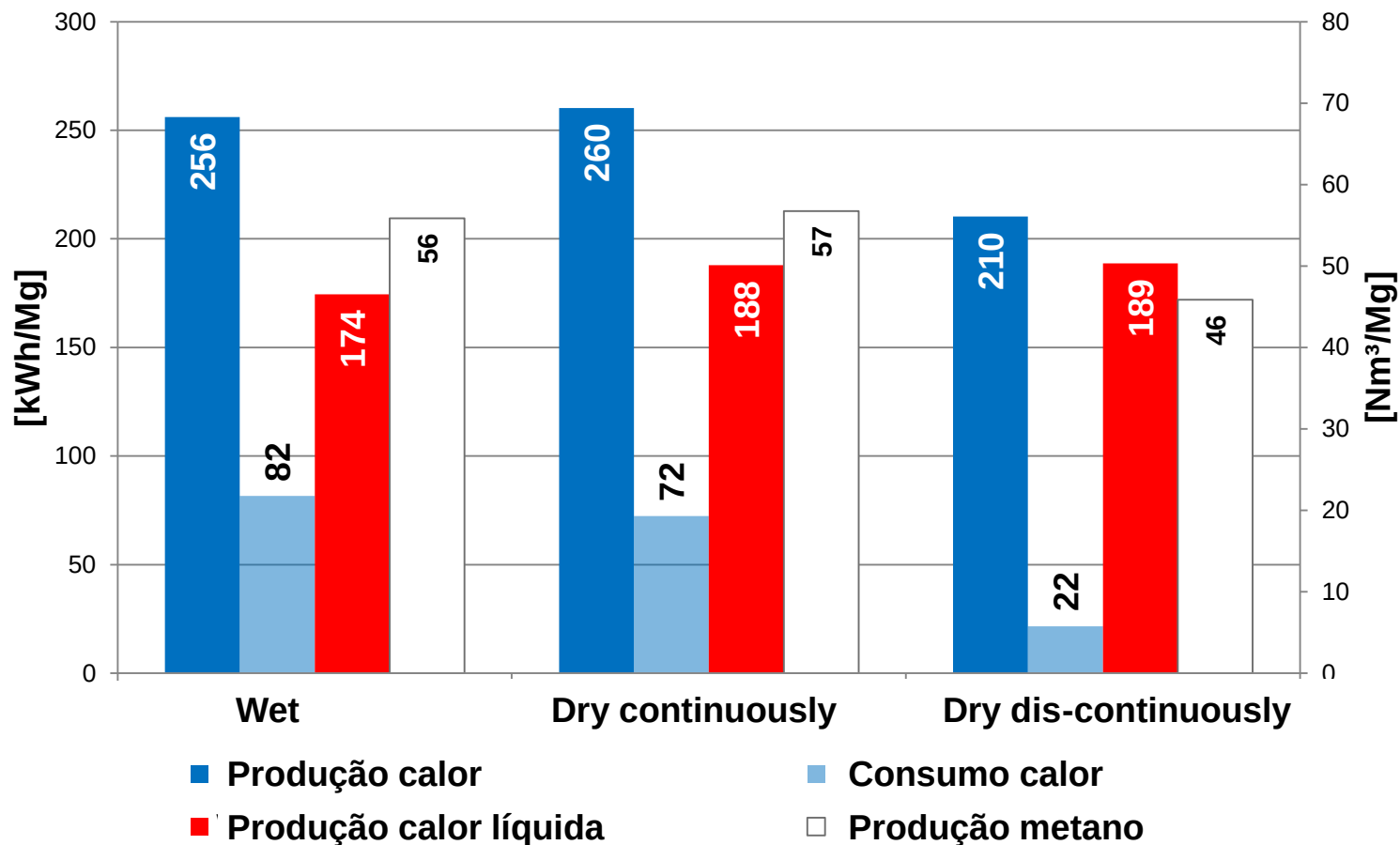
45 - 60 °C

- Substancial energia para aquecimento requerida
- + Aumento nas taxas de degradação
- + Permite degradação de substratos específicos
- + Inativação patogênica - higienização

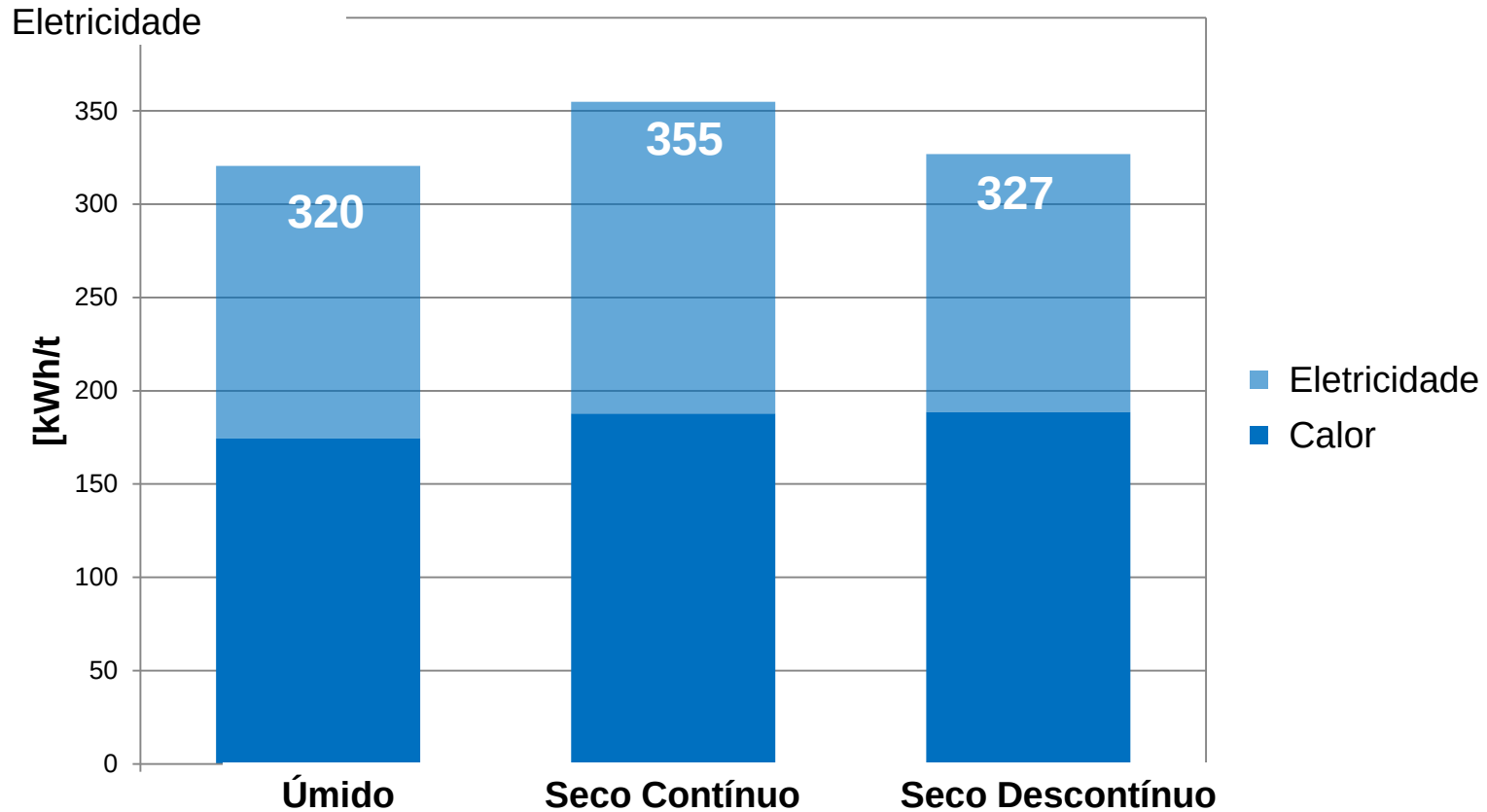
PRODUÇÃO LÍQUIDA DE ELETRICIDADE RELACIONADA AO INPUT DA PLANTA – RESÍDUOS ORGÂNICOS E DE PODA



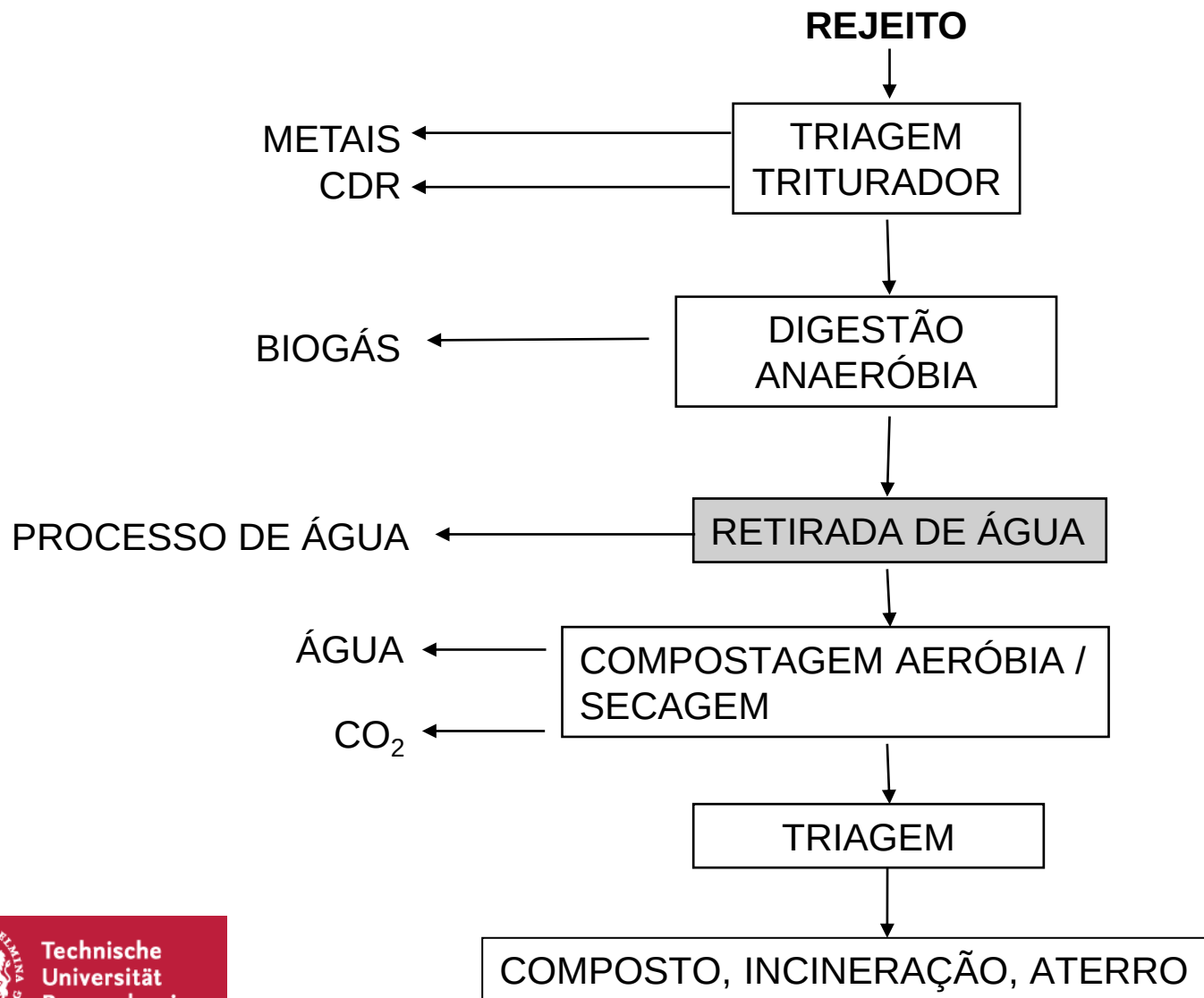
PRODUÇÃO LÍQUIDA DE CALOR RELACIONADA AO INPUT DA PLANTA – RESÍDUOS ORGÂNICOS E DE PODA



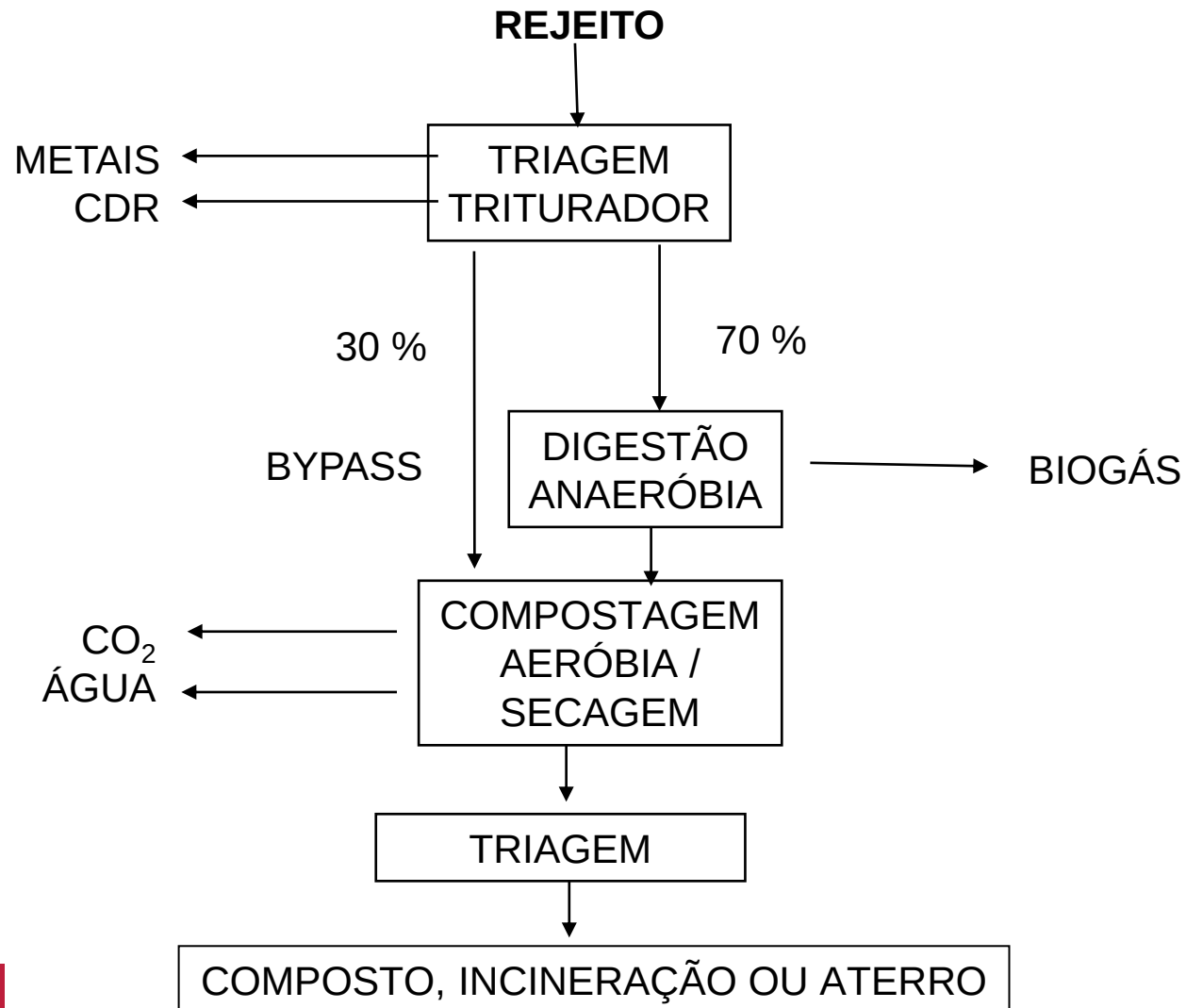
PRODUÇÃO LÍQUIDA DE ENERGIA RELACIONADA COM O INPUT DA PLANTA – RESÍDUOS ORGÂNICOS E DE PODA



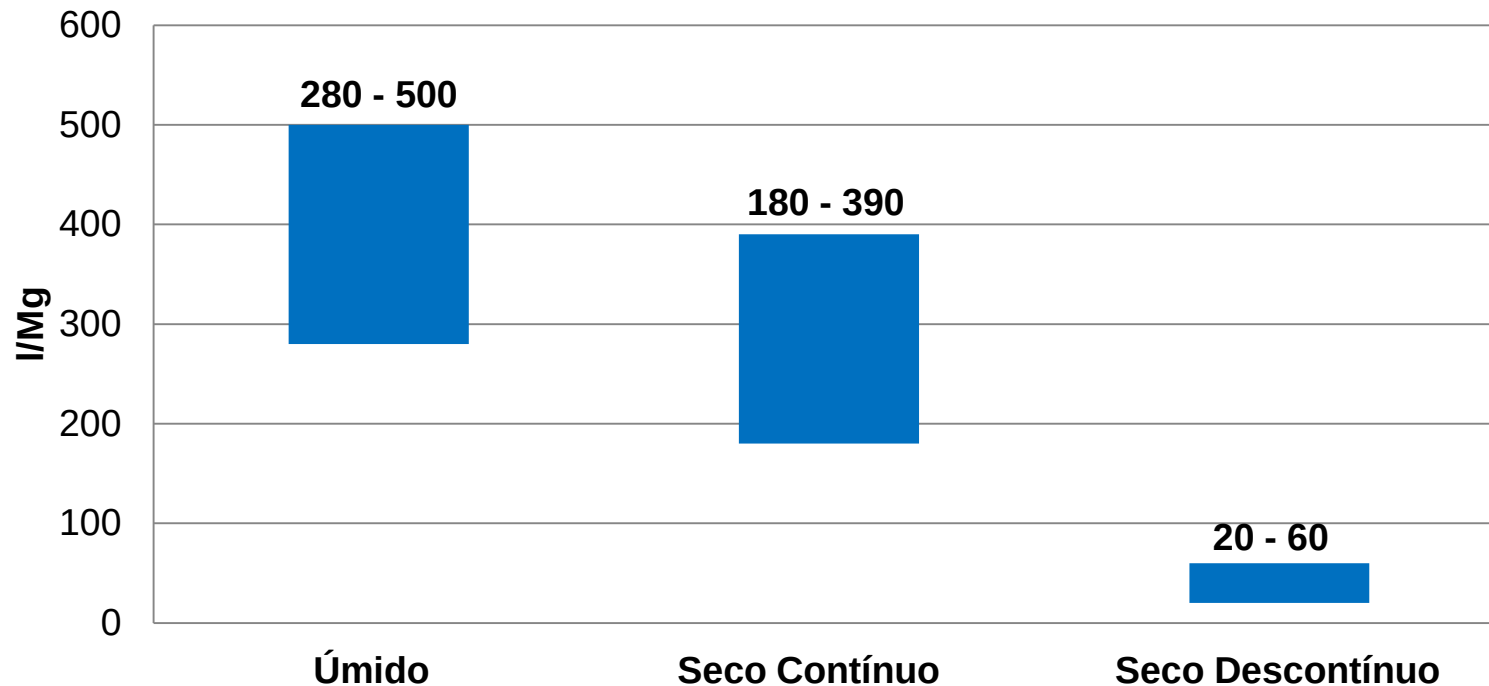
CONCEITOS TÉCNICOS – DIGESTOR DE FLUXO COMPLETO



CONCEITOS TÉCNICOS – DIGESTOR DE FLUXO PARCIAL



EXCEDENTE DE ÁGUA – RESÍDUOS ORGÂNICOS E DE PODA



Até **30% do consumo de eletricidade** é necessário para o processo de retirada de água

PROBLEMAS TÉCNICOS E OPERACIONAIS

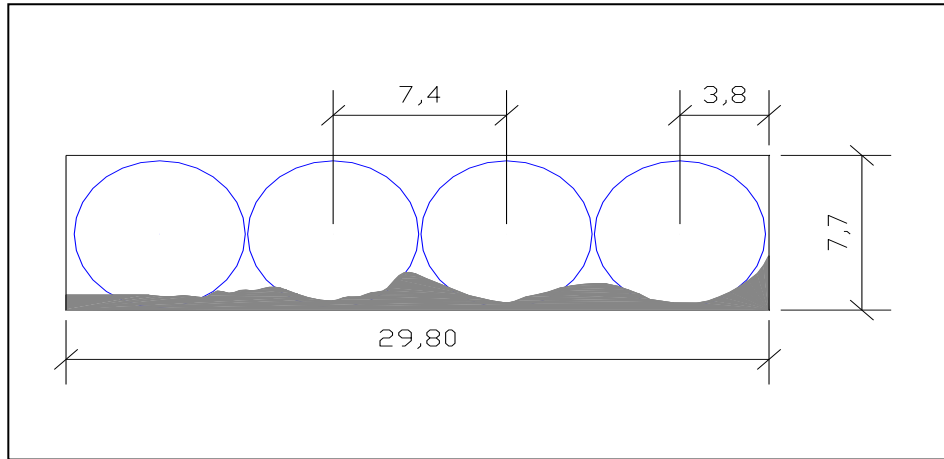
- Sedimentação no fermentador
- Camada sobrenadante no fermentador
- Incrustação
- Abrasão
- Corrosão
- Falta de profissionais qualificados em todas os níveis
-

Consequências:

- Menor tempo de depreciação
- Maiores custos de manutenção
- Menor disponibilidade e consequente menor produção de biogás
- Receitas menores de venda de eletricidade

.....

PROBLEMAS TÉCNICOS E OPERACIONAIS – EX. SEDIMENTAÇÃO



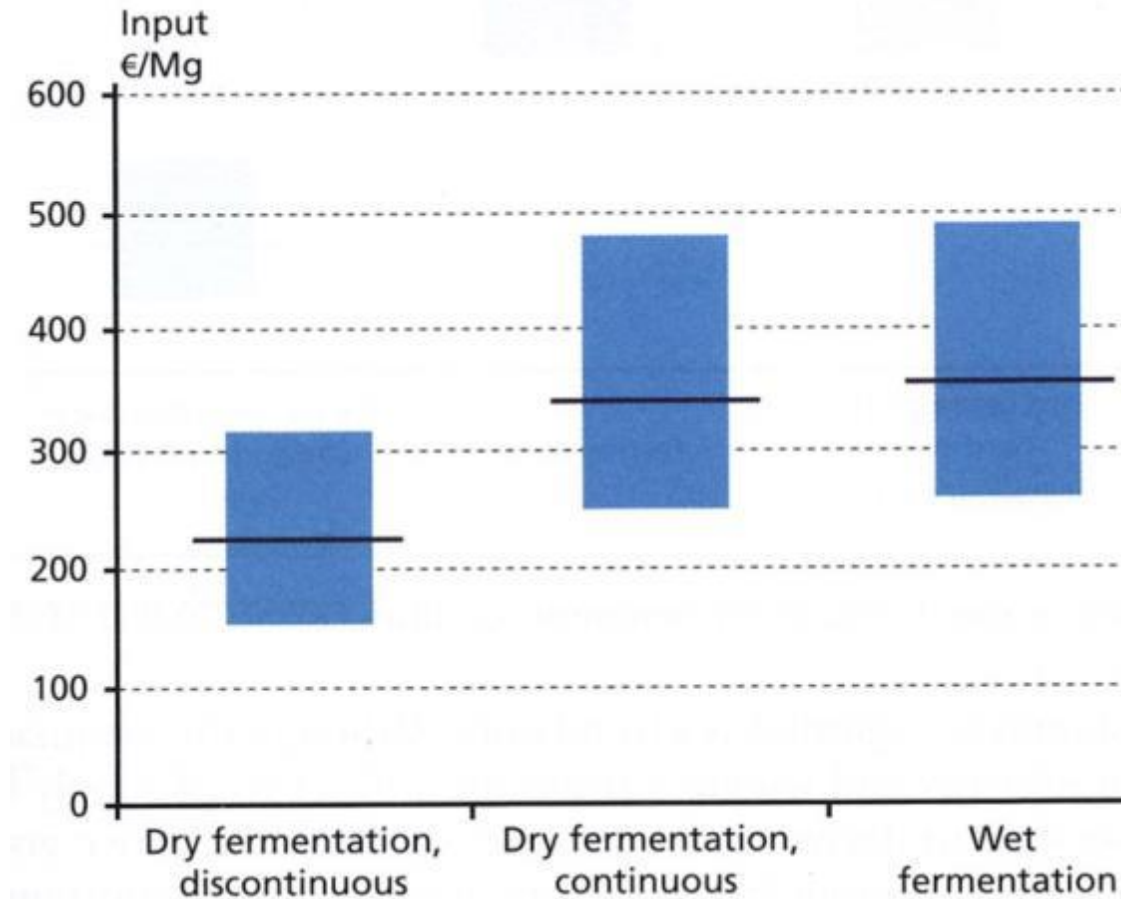
Abertura do fermentador:

- Após 6 meses?
 - Após 2 anos?
 - Nunca
- **Eliminação do material pesado**
 - **Janela de viscosidade estreita**
 - **Compensação e irrigação**
 - **Geometria adequada**
 - **Monitoramento (tempo de execução)**
 - **Fermentador redundante**
 - **Considerar aberturas do fermentador e limpeza**
 - **Catálogo de garantia**

TERMOS TÉCNICOS E OPERACIONAIS PARA AVALIAÇÃO TÉCNICA

Critério	Úmido Contínuo	Seco Contínuo	Seco Descontínuo
Complexidade dos Equipamentos			
- Pré-tratamento	--	0	+
- Fermentação	0	0	0
- Retirada de água	-	0	++
Potencial de disastre no fermentador	0	0	+
Disponibilidade da planta	0	0	+
Desgaste / Manutenção	-	0	+
Excedente descarte de água	-	0	++
Facilidade de utilização	-	0	+
Custos de Investimento	.	0	+
Custos Operacionais (depende da receita com eletricidade)	?	?	?

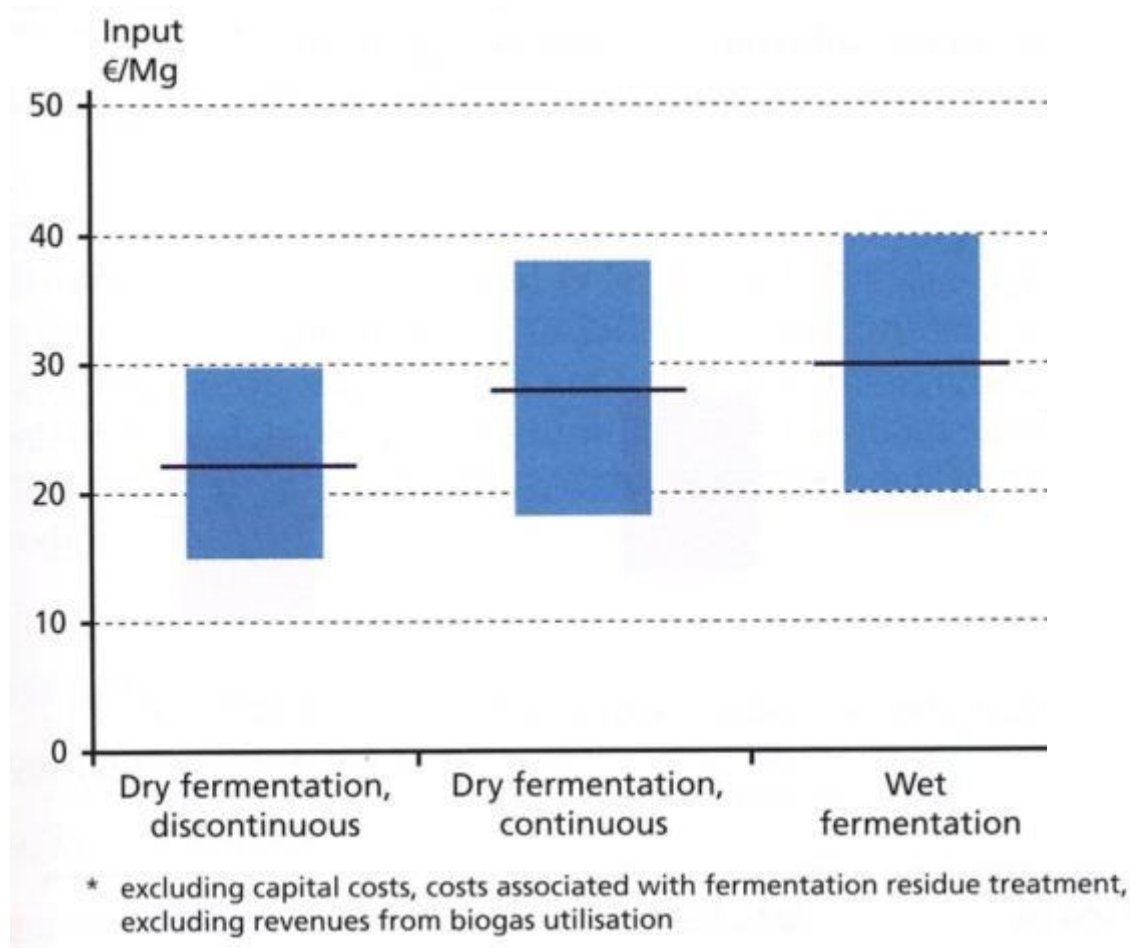
CUSTOS DE INVESTIMENTO PARA PLANTAS DE BIODIGESTÃO COM CAPACIDADE PARA 20.000T/A



(Source: Oldhafen et al. 2011)

Source: Data based on: 2008 manufacturer specifications and author's calculations

CUSTOS DE OPERAÇÃO PARA PLANTAS DE BIODIGESTÃO COM CAPACIDADE PARA 20.000T/A



(Source: Oldhafen et al. 2011)

PANORAMA BRASILEIRO DE BIOGÁS

Grid-connected biogas plants in operation and in licensing in Brazil

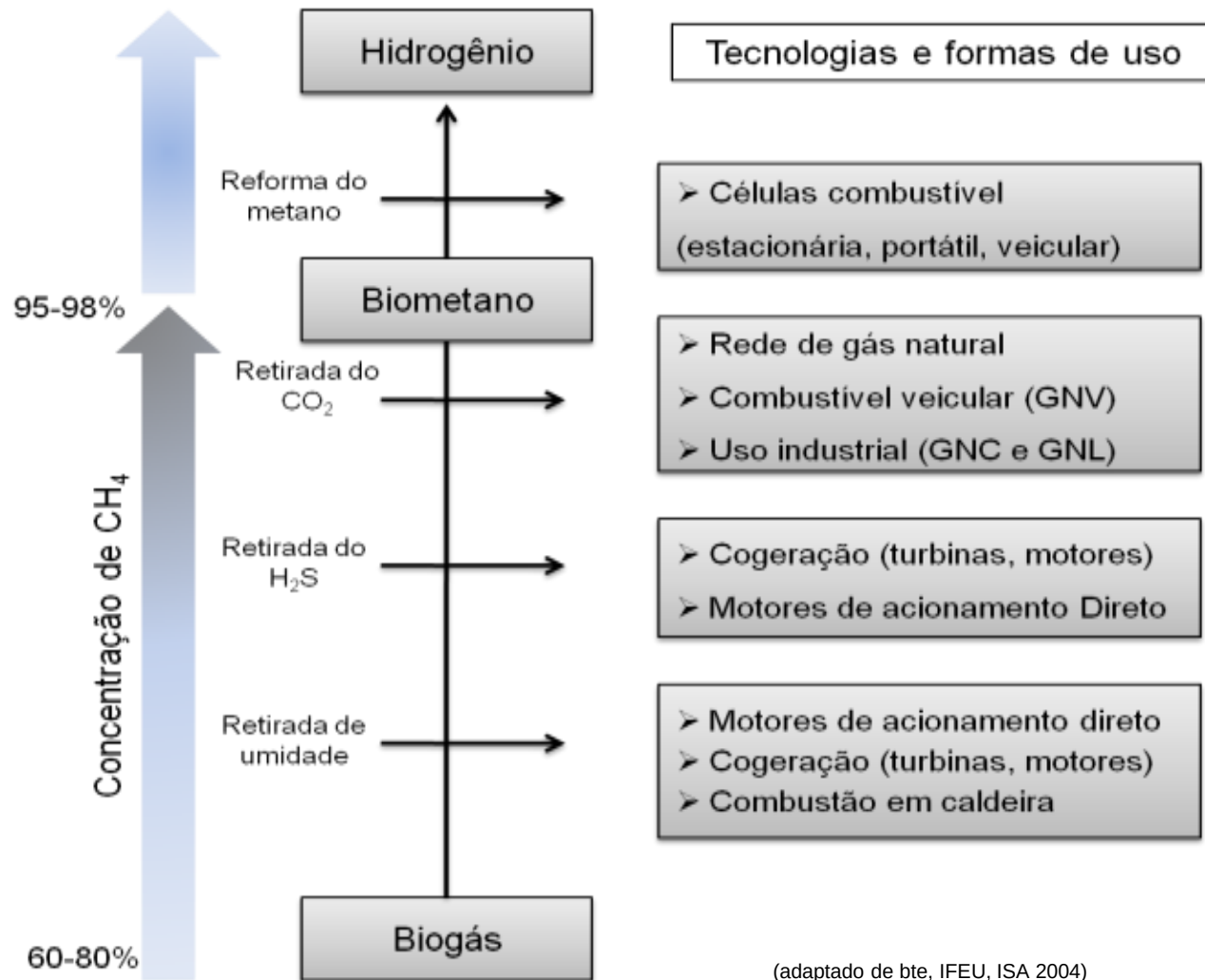
Biogas Plants In Operation		
Substrate	Nº of plants	Installed capacity (MW)
Landfill gas	7	77
Wastewater	3	4
Manure	10	2
Food Industry	2	0,9
Total	22	84

Biogas Plants In Licensing		
Substrate	Nº of plants	Installed capacity (MW)
Landfill gas	4	68
Wastewater	1	2,6
Food Industry	1	0,04
Sugar cane Residues	2	15,8
Total	8	86

(Adapted from ANEEL, 2014)

Source: Biogas Journal
May 2014 – Jens Giersdorf e
Victor Valente

APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS



(adaptado de bte, IFEU, ISA 2004)

TENDÊNCIAS E CONCLUSÕES

- A pesquisa de fermentação de resíduos sólidos mostra que a performance de tecnologias úmidas não é melhor que tecnologias secas e, portanto, o esforço elevado para tecnologias úmidas não é justificado,
- A tendência na fermentação de resíduos sólidos se direciona para as tecnologias secas – o desenvolvimento nem sempre se dirige do mais simples para o mais complexo,
- Se as tecnologias contínuas ou descontínuas serão preferidas, há uma influência forte de receitas recuperáveis,
- A pesquisa mostra que processos termofílicos têm mais produção líquida de gás,
- Os maiores riscos podem ser a defasagem de profissionais devidamente treinados,
- Pré-requisito para o sucesso da fermentação é o desenvolvimento de um sistema global incluindo compostagem, aplicação do composto e disposição do rejeito não-reciclável em aterro.

RECOMENDAÇÕES

- Iniciar o processo em plantas menores
- Tamanho da planta: capacidade de cerca de 30.000 até 50.000t/ano
- Usar diferentes tipos de tecnologias
- Tecnologia modular permite um perfeito encaixe e expansão
- Acumular experiência por um período maior do que um ano
- Ajustes subsequentes da tecnologia e das estratégias de gerenciamento de resíduos
- Expansão das plantas

CONVITE



2º CONGRESSO TÉCNICO
Brasil Alemanha
Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos Urbanos

A Comissão Organizadora do 2º Congresso Técnico Brasil Alemanha, tem a honra de convidá-lo a participar do evento que será realizado nos dias 27 e 28 de maio de 2014 das 08h às 18h, na ALESC - Assembleia Legislativa do Estado de Santa Catarina, localizada na Rua Doutor Jorge Luz Fontes, 310 - Centro - Florianópolis-SC.

INSCRIÇÃO GRATUITA

Confirme sua presença pelo site www.congressobrasilalemanha.com.br



CONTATO

Prof.Dr.-Eng. Klaus Fricke

klaus.fricke@tu-bs.de

Diretor do Instituto Leichtweiss de
Resíduos e Recursos Naturais



Enga. e Advogada

Christiane Pereira (Coordenadora
das atividades da TUBS no Brasil)

chrdiasp@tu-braunschweig.de

AGRADECIMENTOS



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



Technische
Universität
Braunschweig

