



Elaboração de *Roadmaps* Tecnológicos da Produção de Biogás a partir de Palha e Vinhaça

Fernanda de Souza Cardoso

Dissertação de Mestrado

Orientadores

Suzana Borschiver, D.Sc.
José Vitor Bomtempo, D.Sc.

Julho de 2017

ELABORAÇÃO DE *ROADMAPS* TECNOLÓGICOS DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE PALHA E VINHAÇA

Fernanda de Souza Cardoso

Dissertação de Mestrado submetida ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientadores:
Suzana Borschiver, DSc
José Vitor Bomtempo, DSc

Rio de Janeiro, RJ – Brasil
Julho de 2017

ELABORAÇÃO DE *ROADMAPS* TECNOLÓGICOS DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE PALHA E VINHAÇA

Fernanda de Souza Cardoso

Dissertação de Mestrado submetida ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado por:

Flávia Chaves Alves, D.Sc.

Alexandre Salem Szklo, D.Sc.

Marcus Vinicius Fonseca, D.Sc.

Orientado por:

Suzana Borschiver, D.Sc.

José Vitor Bomtempo, D.Sc.

Rio de Janeiro – Brasil

Julho de 2017

Ficha Catalográfica

Cardoso, Fernanda de Souza.

Elaboração de *Roadmaps* Tecnológicos da Produção de Biogás a partir de Palha e Vinhaça / Fernanda de Souza Cardoso. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2017.

xix, 326 p.; il.

(Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Rio de Janeiro, 2017.

Orientadores: Suzana Borschiver e José Vitor Bomtempo.

1. *Roadmap* Tecnológico
2. Biogás
3. Resíduos Orgânicos
4. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação – UFRJ/EQ).
5. Suzana Borschiver e José Vitor Bomtempo. I. *Roadmaps* Tecnológicos da Produção de Biogás a partir de Palha e Vinhaça.

Dedico este trabalho a minha família,
meus amigos e meus mestres.

*“Don’t bend; don’t water it down; don’t try to make it logical;
don’t edit you own soul according to the fashion. Rather, follow
your most intense obsessions mercilessly.”*

Franz Kafka

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer a minha mãe, Lilian de Souza, por tudo o que enfrentou para que eu estivesse aqui, hoje. Sem todos os desafios pelos quais passamos juntas, eu não teria me tornado a pessoa forte e capaz de ultrapassar todos os obstáculos que aparecem em minha frente.

A minha avó, “Dalila” Augusta, que me ensinou o valor da paciência e da serenidade. A distância que nos separa se tornou intransponível, mas a senhora continuará sendo a minha maior inspiração. “Os sábios não se aborrecem”.

A minha orientadora, Suzana Borschiver, por todo o tempo por todo o apoio, compreensão, paciência, dedicação e ensinamentos durante essa trajetória que culminou na produção deste trabalho. Sob sua orientação, me tornei uma profissional mais centrada e objetiva.

Ao meu co-orientador, José Vitor Bomtempo, pelos excelentes *insights* e por me aproximar da área de economia e gestão da inovação.

Ao meu pai, Antonio Cardoso, e a minha tia Ilda por todas as oportunidades oferecidas. Sem sua ajuda, teria sido muito mais difícil atingir meus objetivos.

Aos meus mestres por enxergarem meu verdadeiro potencial e por dividirem comigo conhecimentos que levarei para o resto da vida. Agradeço especialmente as minhas professoras Ângela Fernandes e Vânia por despertarem meu amor pela leitura, aos professores Cláudio Costa e Luiz Fernando por me instigaram a amar e cursar Engenharia Química; aos professores Anderson de Sá e Rodrigo Volcan por me apresentarem à bioquímica, e aos professores Juacyara, Magali e Claudinei por me incentivarem a entrar na área de biocombustíveis e meio ambiente.

Aos meus amigos Luísa, Julia e Felipe por todo o apoio que me ofereceram durante essa longa jornada. Eu não poderia pedir por amigos melhores.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma tenham contribuído para a conclusão dessa fase da minha vida. Todo carinho, cumplicidade, amor e parceria serão lembrados eternamente.

RESUMO

Cardoso, Fernanda de Souza. **Elaboração de *Roadmaps* Tecnológico para a Produção de Biogás a partir de Palha e Vinhaça**. Orientadores: Profa. Suzana Borschiver e Prof José Vitor Bomtempo. Dissertação de Mestrado. Programa de Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

O *Roadmap* Tecnológico é uma ferramenta estratégica que descreve as etapas que uma organização deve seguir para alcançar os resultados e objetivos. Ele descreve claramente conexões entre tarefas e prioridades de ação a curto, médio e longo prazo e apresenta um roteiro efetivo que conecta tecnologia, produtos e mercado em altos níveis de abstração. Como resultado, o estado tecnológico da empresa pode ser mantido e melhorado. A palha e a vinhaça são resíduos da agroindústria que não possuem destinação adequada e geralmente estão dispostos incorretamente, contribuindo para a poluição do ar, solo e efluentes. Um dos tratamentos mais apropriados para resíduos orgânicos é a digestão anaeróbica, que produz fertilizante orgânico e biogás, um gás composto principalmente de metano. O processo de obtenção de biogás está sendo promovido como uma fonte de energia de baixo teor de carbono, potencialmente capaz de reduzir a dependência de combustíveis fósseis, uma vez que o gás pode ser atualizado e inserido na rede de gás, convertido em energia térmica e elétrica e biocombustível para transporte. Esta pesquisa visa o desenvolvimento de dois *roadmaps* tecnológicos relacionados à produção de biogás a partir de palha e vinhaça. A metodologia incluiu a pesquisa em publicações de mídia especializada, artigos científicos e patentes solicitadas e concedidas. Estes documentos técnicos foram submetidos a uma análise detalhada de vários critérios, como o ano de publicação, país de origem, tipo de autor, foco do estudo e desenvolvimento de taxonomias relacionadas ao conteúdo analisado. Esta análise foi organizada no *roadmap* tecnológico, em diferentes períodos de tempo, de acordo com as taxonomias selecionadas. Os dados revelaram que atores multinacionais especializados em áreas não relacionadas à produção de biogás, como Novozymes, Shell e Texaco, apareceram em mais de um período, cujos documentos tinham abordagens distintas, elucidando possíveis estratégias de longo prazo. Concluiu-se que o pré-tratamento é um fator crucial para a viabilidade do processo da palha e que os parâmetros do processo são mais importantes no caso da vinhaça. Houve um investimento acentuado em P&D realizado pela China nesta tecnologia em comparação com o resto do mundo, embora quase nenhuma patente tenha sido aplicada em escritórios estrangeiros. O *roadmap* tecnológico apresenta uma importante ferramenta de planejamento estratégico para a tomada de decisões dos diferentes atores da indústria.

Palavras-chave: biogás, Roadmap tecnológico, palha, vinhaça

ABSTRACT

Cardoso, Fernanda de Souza. **Development of Technology Roadmaps for Biogas Production from Straw and Vinasse**. Orientadores: Profa. Suzana Borschiver e Prof José Vitor Bomtempo. Dissertação de Mestrado. Programa de Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Technology Roadmap is a strategic tool that outlines the steps that an organization should follow to achieve the results and states objectives. It describes clearly links between tasks and priorities for action in the short, medium and long term and presents an effective script that connects technology, products and market at high levels of abstraction. As a result, the technological state of the company can be maintained and improved. Straw and vinasse are agroindustry residues that lack proper destination and are usually disposed incorrectly, contributing to the air, soil and water pollution. One of the most appropriated treatments for organic residues is the anaerobic digestion, which produces organic fertilizer and biogas, a gas mainly composed of methane. The process to obtain biogas is being promoted as an energy source of low carbon, potentially capable of reducing the dependence on fossil fuels, since the gas can be *upgraded* and be inserted in the gas grid, converted into thermal and electrical energy and biofuel for transportation. This research aims at the development of two technology roadmaps related to the biogas production from straw and vinasse. The methodology included the research in specialized media publications, scientific articles and applied for and granted patents. These technical documents were submitted to a detailed analysis of various criteria such as year of publication, country origin, type of author, focus of the study and the development of taxonomies related to the analyzed content. This analysis was organized in the technological map, at different time periods, according to the selected taxonomies. The findings suggest shows that multinational players specialized in areas unrelated to biogas production, like Novozymes, Shell and Texaco, have appeared in more than one period, whose documents had distinct approaches, elucidating possible long term strategies. The conclusion was that pretreatment is a crucial driver for process viability of straw and that the process parameters are more important in the case of vinasse. There was an increased investment in R&D carried out by China in this technology in comparison to the rest of the world, although hardly any patents were applied in foreign countries. The technology roadmap presents an important strategic planning tool for decision-making of the different players in the industry.

Keywords: biogas, Technology Roadmap, straw, vinasse

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – <i>Technology Roadmap</i> Genérico	30
Figura 2.2 - <i>Roadmap</i> Gráfico Multicamadas	31
Figura 2.3 - Tipos de <i>Technology Roadmap</i>	32
Figura 2.4 - <i>Roadmap</i> - Planejamento de Produto.....	33
Figura 2.5 - <i>Roadmap</i> - Planejamento de Serviços e Capacitações.....	34
Figura 2.6 - <i>Roadmap</i> - Planejamento Estratégico	34
Figura 2.7 - <i>Roadmap</i> - Planejamento de Longo Prazo	35
Figura 2.8 - <i>Roadmap</i> - Capacitação e Planejamento do Conhecimento.....	35
Figura 2.9 - <i>Roadmap</i> - Planejamento de Projetos	36
Figura 2.10 - <i>Roadmap</i> - Planejamento de Processos.....	36
Figura 2.11 - <i>Roadmap</i> - Planejamento Integrado.....	37
Figura 2.12 - <i>Roadmap</i> - Camadas Múltiplas.....	37
Figura 2.13 - <i>Roadmap</i> - Camadas Barras	38
Figura 2.14 - <i>Roadmap</i> - Camadas Tubular	38
Figura 2.15 - <i>Roadmap</i> - Camadas Gráfico.....	38
Figura 2.16 - <i>Roadmap</i> - Camadas Figura	39
Figura 2.17 - <i>Roadmap</i> - Camadas Fluxograma.....	39
Figura 2.18 - <i>Roadmap</i> genérico para a conexão entre recursos para os objetivos.....	40
Figura 2.19 - Metodologia para a Elaboração de <i>Roadmap</i> Tecnológico.....	41
Figura 3.1 - Esquema da Estrutura Lignocelulósica	48
Figura 3.2 - Estrutura Química da Celulose	49
Figura 3.3 - Precursores da Lignina.....	50
Figura 3.4 - Rotas Tecnológicas para a Produção de Etanol.....	52
Figura 3.5 - Fluxograma da Produção de Etanol a partir de Cana-de-Açúcar	53
Figura 4.1 - Conceito de Economia Circular Aplicado sobre a Digestão Anaeróbica ...	62
Figura 4.2 - Fluxograma do Processo de Digestão Anaeróbica	64
Figura 4.3 - Fluxograma Simplificado do Setor de Biogás.....	74
Figura 4.4- Biodigestores de Primeira Geração.....	81
Figura 4.5 - Biodigestores de Segunda Geração.....	83
Figura 4.6 - Biodigestores de Terceira Geração	84
Figura 4.7 - Tratamentos necessários para o Biogás de acordo com sua Finalidade.....	86
Figura 5.1 – Análise da Série Histórica dos Artigos.....	98
Figura 5.2 - Análise dos Países de Publicação dos Artigos	99
Figura 5.3 - Atores Responsáveis pela Publicação dos Artigos	99
Figura 5.4 - Análise Meso detalhando os Desafios Tecnológicos dos Artigos	101
Figura 5.5 - Análise Micro referente ao Pré-Tratamento da Publicação de Artigos	103
Figura 5.6 - Análise Micro referente à Matéria-Prima da Publicação de Artigos	103
Figura 5.7 - Análise Micro referente ao Processo da Publicação de Artigos.....	104
Figura 5.8 - Análise Macro referente aos Países que Solicitaram Patentes	106
Figura 5.9 - Análise Macro referente à Série Histórica de Patentes Depositadas	107
Figura 5.10 - Análise Meso detalhando os Desafios Tecnológicos das Patentes Depositadas.....	108

Figura 5.11- Análise Micro referente ao Pré-Tratamento de Patentes Depositadas.....	109
Figura 5.12 - Análise Micro referente ao Produto das Patentes Depositadas	110
Figura 5.13 - : Análise Micro referente à Matéria-Prima das Patentes Depositadas	110
Figura 5.14 - Análise Macro referente aos países com Patentes Concedidas	112
Figura 5.15 - Análise Macro referente à Série Histórica das Patentes Concedidas.....	112
Figura 5.16 - Análise Meso detalhando os Desafios Tecnológicos das Patentes Concedidas	113
Figura 5.17 - Análise Micro de Pré-Tratamento referente às Patentes Concedidas	114
Figura 5.18 - Análise Micro de Produto referente às Patentes Concedidas	115
Figura 5.19 - Análise Macro referente aos Países do Estágio Atual.....	116
Figura 5.20 - Análise Meso detalhando os Desafios Tecnológicos do Estágio Atual ..	117
Figura 5.21- Análise Micro de Insumos do Processo ao Estágio Atual.....	118
Figura 5.22 - Análise Micro de Produto referente ao Estágio Atual	119
Figura 5.23 - Análise da Série Histórica de Artigos	120
Figura 5.24 - Análise dos Países de Publicação dos Artigos.....	121
Figura 5.25 - Atores responsáveis pela Publicação de Artigos	121
Figura 5.26 - Análise Meso detalhando os Desafios Tecnológicos dos Artigos	123
Figura 5.27 - Análise Micro referente ao Produto da Publicação de Artigos	125
Figura 5.28 - Análise Micro referente à Matéria-Prima da Publicação de Artigos	125
Figura 5.29 - Análise Macro referente aos Países que Solicitaram Patentes	127
Figura 5.30 - Análise Macro referente à Série Histórica de Patentes Depositadas	128
Figura 5.31 - Análise Meso detalhando os Desafios Tecnológicos das Patentes Depositadas.....	128
Figura 5.32 - Análise Micro referente ao Produto de Patentes Depositadas.....	130
Figura 5.33 - Análise Micro referente à Matéria-Prima das Patentes Depositadas	130
Figura 5.34 - Análise Macro referente aos Países com Patentes Concedidas	131
Figura 5.35 - Análise Macro referente à Série Histórica das Patentes Concedidas.....	132
Figura 5.36 - Análise Meso detalhando os Desafios Tecnológicos das Patentes Concedidas	132
Figura 5.37 - Análise Micro de Produto referente às Patentes Concedidas	134
Figura 5.38 - Análise Macro referente aos Países do Estágio Atual.....	135
Figura 5.39 - Análise Meso detalhando os Desafios Tecnológicos do Estágio Atual ..	136
Figura 5.40 - Análise Micro de Insumos do Processo referente ao Ponto Zero.....	137
Figura 6.1 - <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Palha	140
Figura 6.2 - Ponto Zero do <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Palha.....	142
Figura 6.3 - Curto Prazo do <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Palha.....	145
Figura 6.4 - Médio Prazo do <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Palha.....	151
Figura 6.5 - Longo Prazo do <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Palha.....	162
Figura 6.6 - <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça.....	170

Figura 6.7 - Ponto Zero do <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça	172
Figura 6.8 - Curto Prazo do <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça	175
Figura 6.9 - Médio Prazo do <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça	181
Figura 6.10 - Longo Prazo do <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça	189
Figura 7.1 - <i>Clusters</i> do Ponto Zero do <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Palha	199
Figura 7.2 - <i>Clusters</i> do Curto Prazo do <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Palha	201
Figura 7.3 - <i>Clusters</i> do Médio Prazo do <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Palha	203
Figura 7.4 - <i>Clusters</i> do Longo Prazo do <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Palha	207
Figura 7.5 - <i>Clusters</i> do Estágio Atual do <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça	212
Figura 7.6 - <i>Clusters</i> do Curto Prazo do <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça	214
Figura 7.7 - <i>Clusters</i> do Médio Prazo do <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça	217
Figura 7.8 - <i>Clusters</i> do Longo Prazo do <i>Technology Roadmap</i> referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça	220

LISTA DE QUADROS

Quadro 5.1 - Palavras-Chave para a Produção de Biogás.....	93
Quadro 5.2 - Palavras-Chave para as Matérias-Primas Agroindustriais.....	94
Quadro 5.3 – Análise Meso e Micro das Patentes Depositadas	100
Quadro 5.4 - Análise Meso e Micro das Patentes Depositadas	122
Quadro 6.1 - Atores do Estágio Atual do <i>Roadmap</i> da Produção de Biogás a partir da Palha e seus <i>Drivers</i>	144
Quadro 6.2 - Atores do Curto Prazo do <i>Roadmap</i> da Produção de Biogás a partir da Palha e seus <i>Drivers</i>	147
Quadro 6.3 - Atores do Médio Prazo do <i>Roadmap</i> da Produção de Biogás a partir da Palha e seus <i>Drivers</i>	156
Quadro 6.4 - Atores do Longo Prazo do <i>Roadmap</i> da produção de biogás a partir da palha e seus <i>Drivers</i>	165
Quadro 6.5 - Atores do Estágio Atual do <i>Roadmap</i> da produção de biogás a partir da vinhaça e seus <i>Drivers</i>	173
Quadro 6.6 - Atores do Curto Prazo do <i>Roadmap</i> da produção de biogás a partir da vinhaça e seus <i>Drivers</i>	178
Quadro 6.7 - Atores do Médio Prazo do <i>Roadmap</i> da produção de biogás a partir da vinhaça e seus <i>Drivers</i>	184
Quadro 6.8 - Atores do Longo Prazo do <i>Roadmap</i> da produção de biogás a partir da vinhaça e seus <i>Drivers</i>	193
Quadro 7.7.1 - Atores Participantes de <i>Roadmaps</i> de Palha e Vinhaça de Maneira Concomitante	247
Quadro A.0.1 - Patentes Concedidas	274
Quadro A.0.2 - Patentes Depositadas	279
Quadro A.0.3 - Artigos.....	287
Quadro B.0.1 - Patentes Concedidas.....	294
Quadro B.0.2 - Patentes Depositadas.....	298
Quadro B.0.3 - Artigos.....	303
Quadro C.0.1 - Logomarcas das Empresas	310
Quadro C.0.2 - Logomarcas dos Centros de Pesquisa	316
Quadro C.0.3 - Logomarcas das Universidades	317
Quadro D.0.1 - Logomarcas das Empresas	320
Quadro D.0.2 - Logomarcas dos Centros de Pesquisa.....	326
Quadro D.0.3 - Logomarcas das Universidades	326

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Composição Química dos Resíduos Lignocelulósicos.....	50
Tabela 3.2 - Tipos de Biomassa para a Produção de Bioetanol	51
Tabela 3.3 - Características Físico-Químicas de Vinhaças de Diferentes Matérias-Primas	55
Tabela 4.1- Variação da Energia Livre de Gibbs (ΔG°) das Reações nas Diferentes Fases da Digestão Anaeróbia.....	67
Tabela 4.2 - Características e Composições Típicas do Biogás	77
Tabela 4.3 - Eficiência de Conversão Energética de Biogás em algumas Tecnologias .	78
Tabela 4.4- Necessidade de Remoção de Impurezas do Biogás de acordo com sua Finalidade	86
Tabela 5.1 - Palavras-Chave da Seleção de Matérias-Primas	96
Tabela 5.2 - Taxonomias das Publicações de Artigos	102
Tabela 5.3 - Taxonomia das Patentes Depositadas.....	109
Tabela 5.4 - Taxonomias das Patentes Concedidas	114
Tabela 5.5 - Taxonomias do Estágio Atual.....	118
Tabela 5.6 - Taxonomias das Publicações de Artigos	124
Tabela 5.7 - Taxonomia das Patentes Depositadas.....	129
Tabela 5.8 - Taxonomias das Patentes Concedidas	133
Tabela 5.9 - Taxonomias do Estágio Atual.....	137

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2G – Segunda Geração

TRM - Technology Roadmapping

INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial (Escritório de Patentes do Brasil)

USPTO - Escritório de Marcas e Patentes dos Estados Unidos

EPO - Escritório Europeu de Patentes

JPO - Escritório Japonês de Patentes

SIPO - Escritório Chinês de Patentes

PATENTSCOPE - Organização Mundial da Propriedade Intelectual

PIB – Produto Interno Bruto

DDGS - distillers dried grains with solubles

VFAs - volatile fatty acids ou ácidos graxos voláteis

% ST – porcentagem de sólidos totais

DBF - densified biomass fuel

Bio-LNG - bio-liquid natural gas ou biogás natural liquefeito

Bio-CNG - bio-compressed natural gas ou bio-gás natural comprimido

CSTR - Reator Tanque Agitado Contínuo

EGSB - reator de leito granular expandido

PSA - Pressure Swing Adsorption

UASS - reator upflow em estado sólido

UASB - reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo

GEE - Gases causadores do Efeito Estufa

C - Carbono

N - Nitrogênio

C:N – Proporção Carbono:Nitrogênio

H₂S - ácido sulfídrico

CO₂ – dióxido de carbono

H₂O – monóxido de di-hidrogênio

CH₄ - metano

SiO₂ – dióxido de silício

H₂SO₄ - Ácido sulfúrico

H₃PO₄ - Ácido Fosfórico

HNO₃ - Ácido Nítrico

HCl – Ácido clorídrico

NaOH – Hidróxido de Sódio

Ca(OH)₂ - hidróxido de cálcio

Sumário

1	– Introdução e Objetivos:	20
1.1	– Introdução:.....	20
1.2	– Objetivos:	25
1.3.1	– Objetivos Gerais:	25
1.3.2	– Objetivos Específicos:.....	25
2	– Metodologia do <i>Roadmap</i> Tecnológico	26
2.1	– Conceitos de Inteligência Competitiva, Prospecção e <i>Technology Roadmap</i> : 26	
2.2	– Tipos de <i>Roadmap</i> :	29
2.3	– Elaboração do <i>Roadmap</i> Tecnológico	40
3	– Pré-Prospecção: Resíduos Agroindustriais	45
3.1	– Matéria-Prima	45
3.1.1	– Palha.....	46
3.1.2	– Vinhaça	51
4	– Fase Pré-Prospectiva	57
4.1	– Pré-Tratamento	57
4.1.1	– Biológico.....	57
4.1.2	– Químico	59
4.1.3	– Físico.....	59
4.2	– Processo de Digestão Anaeróbica.....	60
4.2.1	– Múltiplos Estágios	63
4.2.2	– Parâmetros do Processo.....	68
4.2.3	– Codigestão.....	71
4.3	– Produtos	72
4.3.1	– Fertilizante	75
4.3.2	– Biogás	76
4.3.3	– Bioenergia	77
4.3.4	– Outros Biocombustíveis	78
4.3.5	– Outros Bioprodutos.....	80
4.4	– Insumos do Processo	80
4.4.1	– Reator.....	81
4.4.2	– Equipamentos do Processo.....	84
4.5	– Técnicas de Recuperação	85

4.5.1	– Pós-Tratamento do Biogás	85
4.5.2	– Pós-Tratamento do Digestato	89
5	- Fase de Prospecção Tecnológica	92
5.1	- Seleção das Palavras-Chave	93
5.2	- Seleção das Matérias-Primas.....	95
5.3	- Análises dos Documentos Referentes à Palha	97
5.3.1	- Artigos	97
5.3.2	- Patentes Depositadas	105
5.3.3	- Patentes Concedidas	111
5.3.4	- Estágio Atual.....	116
5.4	- Análises dos Documentos Referentes à Vinhaça	119
5.4.1	- Artigos	119
5.4.2	- Patentes Depositadas	126
5.4.3	- Patentes Concedidas	131
5.4.4	- Estágio Atual.....	134
6	- Apresentação dos <i>Roadmaps</i> Tecnológicos.....	139
6.1	- <i>Roadmap</i> Tecnológico da Digestão Anaeróbica de Palha	139
6.1.1	- Estágio Atual.....	141
6.1.2	- Curto Prazo	144
6.1.3	- Médio Prazo.....	150
6.1.4	- Longo Prazo.....	161
6.2	- <i>Roadmap</i> Tecnológico da Digestão Anaeróbica de Vinhaça	169
6.2.1	- Estágio Atual	171
6.2.2	- Curto Prazo.....	174
6.2.3	- Médio Prazo.....	180
6.2.4	- Longo Prazo.....	188
6.3	- Considerações Finais.....	197
7	- Análise Estratégica pós- <i>Roadmap</i> Tecnológico	198
7.1	- Análise Vertical	198
7.1.1	- Análise Vertical da Digestão Anaeróbica da Palha	198
7.1.2	- Análise Vertical da Digestão Anaeróbica da Vinhaça.....	211
7.1.3	- Comparação entre as Análises Verticais da Digestão Anaeróbica da Palha e Vinhaça	222
7.2	- Análise Horizontal.....	224

7.2.1	- Análise Horizontal da Digestão Anaeróbica da Palha.....	225
7.2.2	- Análise Horizontal da Digestão Anaeróbica da Vinhaça	227
7.2.3	- Comparação entre as Análises Horizontais da Digestão Anaeróbica da Palha e Vinhaça	230
7.3	- Análise dos Atores.....	231
7.3.1	- Análise dos Atores da Digestão Anaeróbica de Palha	232
7.3.2	- Análise dos Atores da Digestão Anaeróbica de Vinhaça.....	243
7.3.3	- Análise dos Atores Presentes nos Dois <i>Roadmaps</i> :.....	246
7.4	- Considerações Finais:	251
8	- Conclusões:.....	252
	Referências	257
	Apêndice A – Documentos Coletados da Palha	274
	Apêndice B – Documentos Coletados da Vinhaça	294
	Apêndice C – Logomarcas dos atores ligados à Palha.....	310
	Apêndice D – Logomarcas dos Atores ligados à Vinhaça	320

1 – Introdução e Objetivos:

1.1 – Introdução:

Nas últimas décadas, as variações do preço do petróleo e a crescente demanda energética mundial intensificaram a busca por fontes alternativas de energia (FUESS; GARCIA, 2015). As mudanças climáticas, ocasionadas principalmente pelo aumento da emissão de Gases causadores do Efeito Estufa (GEE) e da utilização de combustíveis de origem fóssil, levaram a um interesse significativo em combustíveis e produtos químicos gerados a partir de matérias-primas renováveis. Os combustíveis derivados de biomassa estão sendo promovidos como fontes de energia de baixa emissão de carbono e com potencial de reduzir a dependência em combustíveis fósseis (SHARMA, 2015).

Melendez et al. (2013) afirmam que a biorrefinaria, em sua integridade, faz paralelo a uma refinaria de petróleo. Da mesma forma, a matéria-prima é processada, gerando produtos de alto e/ou baixo valor agregado. Porém, ao contrário da refinaria de petróleo, há uma grande gama de matérias-primas renováveis de características distintas adentrando o processo. Existem diversas tecnologias para a produção de combustíveis oriundos de biomassa e se encontram em diferentes estágios de desenvolvimento, implementação e comercialização. Uma das tecnologias destacadas é a digestão anaeróbica, também chamada de fermentação anaeróbia ou biometanação, que se utiliza de resíduos ricos em matéria orgânica biodegradável como fonte de matéria-prima para a geração de digestato e biogás, mistura gasosa rica em metano. Este processo é utilizado, principalmente, como uma forma de destinação adequada para resíduos orgânicos, como lodo de esgoto, resíduo da indústria pecuária, resíduos alimentares, resíduos sólidos urbanos, biomassa algal e resíduos lignocelulósicos.

Para a elaboração desta dissertação, foram selecionadas e analisadas duas potenciais matérias-primas distintas e passíveis de sofrerem biometanação: a vinhaça, que é de um resíduo líquido da indústria alcooleira; e a palha, resíduo sólido agrário rico em lignocelulose.

A vinhaça, ou vinhoto, se destaca como um resíduo abundante e é gerada durante a produção de bebidas alcoólicas e de etanol combustível a partir de biomassa açucarada, amilácea ou celulósica. Segundo o BNDES e CGEE (2008), para cada litro de etanol são gerados treze litros de vinhaça, porém este valor pode chegar até 20 litros

dependendo da matéria-prima e do nível tecnológico utilizado no processo de fermentação (Wilkie, 2008). Ao contrário da palha, os nutrientes encontrados na vinhaça se apresentam de maneira diretamente biodisponível, porém podem apresentar substâncias como proteínas e íons sulfato que, em elevadas concentrações, levam à inibição do processo (GARCIA, 2012).

O vinhoto é utilizado historicamente na ferti-irrigação do solo e comprovadamente traz benefícios, como a elevação do pH do solo, aumento da disponibilidade e imobilização de certos nutrientes e aumento da população microbiana. Embora este processo se mostre interessante no ponto de vista econômico, sua aplicação direta ao solo deve seguir critérios técnicos rígidos, tendo em vista o potencial poluidor e contaminante do efluente. Os principais problemas identificados são a salinização do meio e contaminação do lençol freático (BNDES; CGEE, 2008).

Tendo em vista o caráter potencialmente poluidor da vinhaça, a aplicação do processo de digestão anaeróbica neste resíduo teria o potencial de gerar biogás e digestato. Desta forma, o digestato pode substituir a própria vinhaça como fertilizante devido a sua maior estabilidade e reduzido potencial poluidor.

Já a palha é um resíduo lignocelulósico cuja destinação biológica apresenta dificuldades de implantação devido à baixa biodisponibilidade de seus nutrientes aos micro-organismos típicos do processo, que necessita de investigação e experimentação. Os principais substratos para a produção de biogás são açúcares e pequenas moléculas, porém na palha estas moléculas se encontram ligadas na celulose e hemicelulose com o objetivo de manter a estrutura da planta. Sua quebra e liberação de açúcares é dificultada pelas diferentes ligações de cadeias de celulose e a presença de lignina (MONTGOMERY; BOCHMANN, 2014).

Além dos fatos destacados acima, os resíduos lignocelulósicos se apresentam naturalmente no estado sólido e possuem um reduzido conteúdo de nitrogênio, o que aumenta a dificuldade de homogeneização do meio e requer a adição de água e/ou algum resíduo líquido rico em nitrogênio para a realização do processo de biometanação.

Uma percentagem da palha de certas plantações costuma se utilizada na proteção do solo e, a outra, geralmente para queima e geração de energia térmica. Há outras

possibilidades para este tipo de resíduo, como a geração de bioprodutos e etanol de segunda geração (2G), porém a digestão anaeróbica deste resíduo tem o potencial de gerar biogás que, dependendo de seu processo de recuperação, pode se converter em biocombustível gasoso para carros, gás de cozinha, energia elétrica e outros biocombustíveis e bioprodutos de maior valor agregado.

Para compreender o estado da arte das tecnologias envolvidas neste setor, as áreas que mais carecem de pesquisa e quais são mais exploradas é necessário um estudo de Prospecção Tecnológica. Com isso, é possível identificar janelas de oportunidade e estudar os melhores enfoques para alocação de investimentos.

Nesta dissertação, foram analisados diversos documentos técnicos, como publicações em mídia especializada, artigos científicos, patentes depositadas e concedidas, em um horizonte temporal definido. A prospecção foi realizada de maneira que fossem elaborados dois *Roadmaps* Tecnológicos, onde é apresentado o estado da arte do setor, alocado em Mercado-Produto-Tecnologia, em um horizonte temporal de estágio atual, curto, médio e longo prazo.

A metodologia para a elaboração de *roadmap* tecnológico é realizada em três etapas, sendo a primeira chamada de “Fase Pré-Prospectiva”. Ela consiste em um estudo preliminar onde são realizadas buscas menos direcionadas, com o objetivo de adquirir maior conhecimento quanto ao tema abordado. É uma etapa importante da metodologia de *roadmapping* por gerar uma base de informações que suportará a próxima etapa, levantando campos relacionados ao objeto de estudo.

A segunda etapa, “Fase de Prospecção Tecnológica”, se baseia em uma metodologia definida com palavras-chave específicas, buscas em documentos técnicos e acompanhada por uma análise mais detalhada, onde os documentos levantados são analisados por vários critérios, como ano de publicação, país de origem, tipo de autor e foco sobre o objeto de estudo.

A terceira e última etapa é a “Fase Pós-Prospectiva”, onde as análises originadas nas etapas anteriores são classificadas de acordo com uma evolução temporal das tendências observadas, permitindo a elaboração do *Roadmap* (Borschiver; Silva, 2016). Por fim, é realizada uma análise pós-*Roadmap* Tecnológico para a compreensão do comportamento dos *players* em termos estratégicos e a relação entre a atuação das

empresas ao longo do tempo. As etapas metodológicas de construção do *Roadmap* serão detalhadas em cada capítulo.

Os *Roadmaps* foram estruturados organizando os principais *players* identificados durante a pesquisa (empresas, universidades e centros de pesquisa) de acordo com o horizonte temporal, relacionando-os às taxonomias, ou *drivers*, de Mercado, Tecnologia e Produto que foram sintetizados durante a fase Pré-Prospectiva. Os estágios temporais foram divididos em:

- Estágio Atual: onde são alocados os atores que agem atualmente na área de estudo e que foram identificados durante a análise de documentos de mídia especializada, documentos de artigos e *websites* de empresas;
- Curto Prazo: atores identificados por meio de informações obtidas em patentes concedidas;
- Médio Prazo: atores identificados por meio de informações obtidas em patentes depositadas;
- Longo Prazo: atores identificados por meio de informações obtidas através de artigos científicos, com informações de pesquisa de bancada.

O tema selecionado de Produção de Biogás a partir de Resíduos Agroindustriais se destaca por sua interdisciplinaridade, envolvendo os setores de Gerenciamento de Resíduos, Planejamento Energético, Energias Renováveis e Geração de Fertilizantes Orgânicos.

Recentemente a Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia com foco no planejamento do setor energético, reconheceu o potencial energético do biogás na matriz brasileira em reunião com a Associação Brasileira de Biogás e Metano (ABiogás), organização que objetiva congrega os interesses dos vários *players* do setor. Foi vislumbrada a possibilidade de mapear as principais fontes de matéria-prima, suas localidades e a distância das redes de energia elétrica e de gás natural. Desta forma, a bioenergia e/ou biometano gerado a partir do biogás poderia ser aproveitado em uma infraestrutura e tecnologia já consolidada, solucionando potenciais problemas de logística e transporte (RODRIGUES, 2017).

Isto é indicativo do potencial estratégico do biogás para a segurança energética do Brasil e, portanto, a visualização do comportamento do mercado mundial frente a essa tecnologia e os principais *players* envolvidos em diferentes faixas temporais permite aos órgãos nacionais direcionarem projetos futuros nessa área, identificar janelas de oportunidade e avaliar possíveis parcerias para atingirem seus objetivos.

As principais taxonomias identificadas nos dois Roadmaps são “Pré-Tratamento”, “Processo”, “Pós-Tratamento”, “Produto”, “Insumos do Processo” e “Matéria-Prima”, e a avaliação dos principais *drivers* identificados ao longo do tempo para a Digestão Anaeróbica de Palha e Vinhaça permite prever tendências e oportunidades a serem exploradas neste setor. Desta forma, essa dissertação encontra-se em conformidade com as necessidades da indústria e sua realização pretende orientar investidores e pesquisadores do ramo.

Esta dissertação está estruturada em oito capítulos. O primeiro capítulo apresentou uma introdução e a justificativa do tema. No segundo, a fundamentação teórica por trás do *Roadmap* Tecnológico é apresentada para facilitar o entendimento dessa metodologia de prospecção. A fase pré-prospectiva do estudo foi separada em dois capítulos. O capítulo 3 abrange as principais informações, obtidas a partir de publicações científicas, com relação aos resíduos agroindustriais selecionados, enquanto o capítulo 4 aborda os estágios da digestão anaeróbica.

Já o capítulo 5 aborda a fase de prospecção tecnológica, com base na metodologia de busca de palavras-chaves específicas em mídias digitais, artigos e patentes, seguida pela análise destes documentos técnicos. Os *roadmaps* tecnológicos apresentados para a produção de biogás a partir de palha e vinhaça em prazos atual, curto, médio e longo são apresentados no capítulo 6. As análises verticais e horizontais de cada *roadmap* estão detalhadas no capítulo 7. As considerações finais, conclusões e perspectivas de trabalhos futuros figuram no capítulo 8. As referências citadas ao longo da dissertação são listadas na parte final.

Esta dissertação é complementada pelos Apêndices A e B, que apresentam o resumo dos documentos analisados de Digestão Anaeróbica de Palha e Vinhaça. Já os Apêndices C e D explicitam as logomarcas dos principais atores envolvidos nos *Roadmaps* de Palha e Vinhaça, respectivamente.

1.2 – Objetivos:

1.3.1 – Objetivos Gerais:

O objetivo desta dissertação de mestrado é analisar as tendências tecnológicas no setor de produção de biogás a partir de resíduos agroindustriais gerados em larga escala no país e que carecem de destinação apropriada, tendo sido selecionados a palha e a vinhaça. A elaboração de dois *Roadmaps* Tecnológicos, cada um com foco na digestão anaeróbica de um resíduo, permite que essa análise seja realizada e que haja a avaliação do estado da arte dos setores ao longo do tempo, relacionando-os ao Mercado, Produto e Tecnologia.

Com isso, a dissertação busca contribuir para o planejamento estratégico da área e a tomada de decisões por parte dos principais atores do setor, como o governo, academia e empresas.

1.3.2 – Objetivos Específicos:

Para alcançar o objetivo geral desta dissertação, foram delineados os objetivos específicos listados a seguir:

- Realizar uma análise pré-prospectiva abordando a digestão anaeróbica de resíduos agroindustriais;
- Selecionar as palavras-chave associadas a estes resíduos e da digestão anaeróbica;
- Selecionar duas matérias-primas da digestão anaeróbica da gama de resíduos agrícolas a partir das buscas em patentes solicitadas e concedidas no *Espacenet*;
- Realizar análise prospectiva de mídia digital, artigos, patentes solicitadas e concedidas para a realização das análises macro, meso e micro do setor;
- Determinar as taxonomias dos *roadmaps* para a realização das análises meso e micro;
- Construção e análise dos *roadmaps*;
- Elaboração de estudos Pós-Roadmap de análise de similaridade e relações entre os atores do processo entre Indústria e Tecnologia.

2 – Metodologia do *Roadmap* Tecnológico

2.1 – Conceitos de Inteligência Competitiva, Prospecção e *Technology Roadmap*:

A inteligência competitiva é um processo de análise e repasse de informações do ambiente interno e externo para toda a organização através de um processo sistemático que converte dados e informações em conhecimento estratégico. Sua aplicação nas empresas reduz a incerteza na tomada de decisão, prevê mudanças estruturais da indústria, previne surpresas tecnológicas, identifica ameaças e oportunidades, avalia de forma objetiva sua posição competitiva atual e futura e fornece uma vantagem competitiva pela redução do tempo de reação (PETRIE, 2010).

O processo de geração de inteligência se baseia em quatro passos (BORSCHIVER; SILVA, 2016):

- Coleta de dados, que constituem elementos da informação e representam fatos, textos, gráficos, imagens, etc.;
- Processamento destes dados de maneira a gerar informação relevante e confiável;
- O conhecimento é obtido através da interpretação e integração de diversos dados e informações;
- A inteligência é a síntese e aplicação do conhecimento à determinada situação e subsidia a tomada de decisão dos gestores de uma corporação.

Com esse diferencial competitivo, a empresa pode analisar o seu ambiente setorial, identificar tendências e usá-las como base para a análise de cenários, considerando os aspectos políticos, legais, tecnológicos e socioculturais. Essa análise pressupõe a existência de uma sistemática de inteligência competitiva que permita a busca, coleta, análise e disseminação de informações para o acompanhamento do comportamento de variáveis externas e das estratégias adotadas pelos atores relevantes que atuam no ambiente.

Os estudos de prospecção tecnológica fornecem as principais tendências no contexto mundial, permitindo a segmentação das tecnologias por setor da economia. Eles auxiliam na identificação de tecnologias promissoras e úteis para uma organização específica, além de apontar para possibilidades de negócios e parcerias. Estes estudos devem ser utilizados para a compreensão e solução de problemas de alto grau de complexidade em um longo período de tempo.

A análise prospectiva é o conjunto de atividades e métodos utilizados com o objetivo de antever o comportamento das variáveis socioeconômicas, políticas e tecnológicas, bem como suas interações.

As mudanças tecnológicas são a resposta a diversas forças que orientam as demandas tecnológicas locais e globais, que podem ser de natureza política, social, econômica ou tecnológica. A predição destas mudanças não é simples e ferramentas de inteligência competitiva e prospecção tecnológica podem ser utilizadas para guiar a tomada de decisão das empresas. Dentre elas, existe o *Roadmap* Tecnológico (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

O *Technology Roadmap*, também chamado de *roadmap* ou TRM, é uma ferramenta visual que gerencia o futuro da tecnologia e tem sido desenvolvido para os mais diversos públicos e especificidades. Trata-se de plano estratégico que descreve os passos que uma organização deve seguir para alcançar os resultados e objetivos declarados. Descreve claramente as ligações entre as tarefas e prioridades de ação a curto, médio e longo prazo e apresenta um roteiro eficaz que conecta tecnologia, produtos e mercados em níveis elevados de abstração (LEE; PARK, 2005).

A metodologia de TRM foi desenvolvida originalmente pela MOTOROLA, na década de 70, para alinhar o desenvolvimento de seus produtos e suportes tecnológicos (DRUMMOND, 2005). Inicialmente, este método era utilizado apenas por empresas e possuía um enfoque prioritariamente tecnológico. Porém, devido às possibilidades de conectar tecnologias, produtos e mercados e produzirem uma visão multidimensional de uma organização, o escopo de utilização do TRM se expandiu e, atualmente, encontram-se referências de *roadmaps* para produtos, políticas, inovação, estratégias, competências, entre outros.

A expressão “*road map*” é utilizada para se referir a um *layout* de rotas existentes em um espaço geográfico para auxiliar navegantes no planejamento de uma viagem a fim de atingir um destino específico. Esta definição auxilia na compreensão do método *Technology Roadmapping* (TRM), que consiste na representação gráfica da evolução de tecnologias, produtos e mercados existentes e que ainda serão implementados, auxiliando os líderes de uma organização no planejamento e alinhamento das ações de desenvolvimento com as metas de seu negócio, assim como um navegante utilizaria um *roadmap* para chegar ao seu destino (MATTOS NETO, 2005).

Considerando os aspectos acima, define-se *technology roadmapping* (TRM) como o método, *roadmapping* como o processo de aplicação do método e o *roadmap*, o resultado obtido em forma de mapa que é gerado ao final do processo de aplicação do método.

Trata-se de uma ferramenta que disponibiliza suporte importante para os gerentes de inovação, permitindo-lhes, com antecedência, definir a evolução tecnológica da empresa. Acompanha a relação entre as tecnologias, os seus produtos e serviços, bem como a relação com os mercados alvo. Como resultado, o estado tecnológico da empresa pode ser mantido ou melhorado, ao fornecer um modo de identificação, avaliação e seleção de alternativas tecnológicas que podem satisfazer a necessidade existente.

A definição da palavra *roadmapping* tem se mostrado uma tarefa desafiadora devido à explosão de popularidade do termo, que está sendo empregado em diversos tipos de documentos prospectivos (KAPPEL, 2001). Segundo PHAAL et al. (2004), o *technology roadmapping* representa uma metodologia para o suporte do gerenciamento e do planejamento tecnológico, especialmente para explorar e comunicar interações dinâmicas entre recursos, objetivos organizacionais e mudanças do ambiente.

Enquanto PETRICK e ECHOLS (2004) acreditam que o *technology roadmapping* consiste em uma ferramenta capaz de capacitar organizações a tomarem decisões, prevenir o desperdício de tempo e recursos e auxiliar na redução do risco associado a incertezas, MULLER (2005) descreve o *roadmap* como uma visualização do futuro, integrando todos os aspectos relevantes do negócio (mercado, produtos, tecnologia, processos e pessoas) enquanto considera a dimensão de tempo.

Em suma, os *roadmaps* estruturam a planificação estratégica e o desenvolvimento, a exploração de rotas de evolução e o acompanhamento das ações que permitem aos líderes alcançarem seus objetivos (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

Pode-se afirmar que o *Roadmap* Tecnológico, ao exibir um conjunto de *players* de diversas esferas de atuação e suas interações e tendências dentro de um setor, evidencia um Ecossistema de Inovação. Este é um conceito que parte do princípio de que os diversos atores de um setor interagem, competem, cooperam, coevoluem e percebem a influência do ambiente ao seu redor como em uma comunidade (MOORE, 1993).

Nos ecossistemas de inovação, é possível observar três dimensões: espacial, proposital e temporal (RITALA; ALMPANOPOULOU, 2017). A troca de conhecimento e tecnologia entre os atores é representada por um fluxo de informações que percorre todo o ecossistema, semeando a geração de inovações (MOORE, 1993). Quanto maior o fluxo de informações entre os *players*, maior a interdependência entre eles, e esta conexão é o que agrega os atores dentro do setor de maneira mais abrangente. Esta troca entre as organizações pode ser visualizada no *roadmap* tecnológico de maneira mais explícita na forma de uma parceria entre *players* com diferentes *expertises*.

No *Roadmap*, os *clusters* de mesma tendência e parcerias indicam que os atores competem, trocam e cooperam dentro do setor em um determinado recorte temporal, com base em seus objetivos e propósitos em comum.

Outra especificidade do *roadmap* que o conecta ao ecossistema de inovações é sua dimensão temporal, representando a evolução do ecossistema de acordo com as interações entre os atores e as forças do ambiente sobre eles. Além do ambiente, as próprias ações estratégicas dos atores do setor moldam e influenciam o ecossistema ao longo o tempo. O *roadmap* tecnológico também mostra o ambiente de um setor em diferentes recortes temporais, evidenciando a evolução deste setor de acordo com as estratégias dos *players* e a variação das tendências.

2.2 – Tipos de Roadmap:

A natureza visual dos *roadmaps* é uma de suas características mais importantes, auxiliando na discussão construtiva dos processos de prospecção tecnológica. Há diversas formas de representar um *roadmap* e alguns de seus tipos e formatos serão descritos nesta seção.

O *roadmap* mais genérico pode ser observado na Figura 2.1, que consiste em uma representação gráfica baseada no tempo com camadas que incluem perspectivas comerciais e tecnológicas (PHAAL et al., 2001; BORSCHIVER; SILVA, 2016.). É formado por uma linha temporal no eixo horizontal e por três camadas no eixo vertical, que representam as dimensões de mercado, produto e tecnologia. Nesta imagem, é possível visualizar os relacionamentos existentes entre as camadas e suas restrições de tempo.

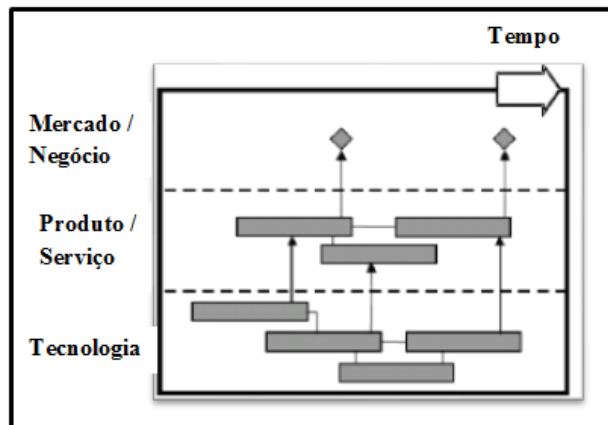


Figura 2.1 – *Technology Roadmap* Genérico

Fonte: Adaptado de PHAAL et al. (2001) e BORSCHIVER; SILVA (2016)

ALBRIGHT e KAPPEL (2003) consideram que os *roadmaps* devem possuir quatro áreas de enfoque: mercado, produto, tecnologia e plano de ação. Já GARCIA e BRAY (2007) classificam os *roadmaps* em três tipologias: o que é dirigido pelas necessidades de produto e/ou processo; o que fornece a posição competitiva da empresa e de suas competidoras quanto ao desenvolvimento e comercialização de uma tecnologia nova ou emergente; e o que objetiva identificar problemas e suas consequências para o planejamento estratégico e orçamento focado em um determinado assunto.

PHALL et al. (2004a) propuseram que a construção pode seguir duas rotas: uma utilizando a abordagem *market pull* (puxado pelo mercado) e a outra, *technology pull* (empurrado pela tecnologia), como ilustrado pela figura 2.2. Os termos *market pull* e *technology pull* se referem aos mecanismos relacionados ao fluxo de conhecimentos sobre os requisitos do mercado e das capacidades tecnológicas, respectivamente.

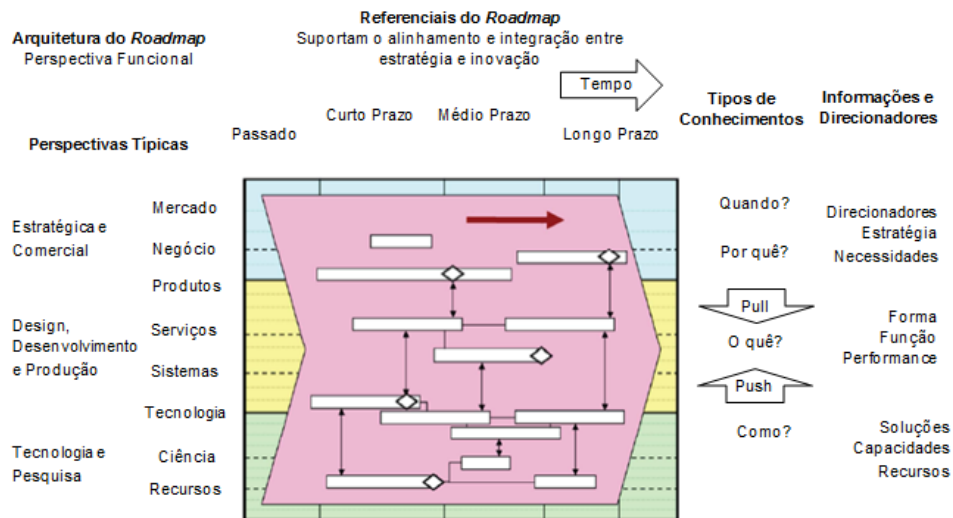


Figura 2.2 - Roadmap Gráfico Multicamadas

Fonte: Adaptado de PHAAL; MULLER (2009) e BORSCHIVER; SILVA (2016)

O formato do *roadmap* deve estar alinhado com os objetivos da aplicação do método e a sua definição auxilia na consistência dos resultados gerados e em sua compreensão, permitindo a melhor tomada de decisão pelos líderes da organização.

PHAAL et al. (2004) examinaram um conjunto de dezenas de *technology roadmaps* e os agruparam em dezesseis grandes áreas em função de seu propósito e formato, explicitados na figura 2.3.

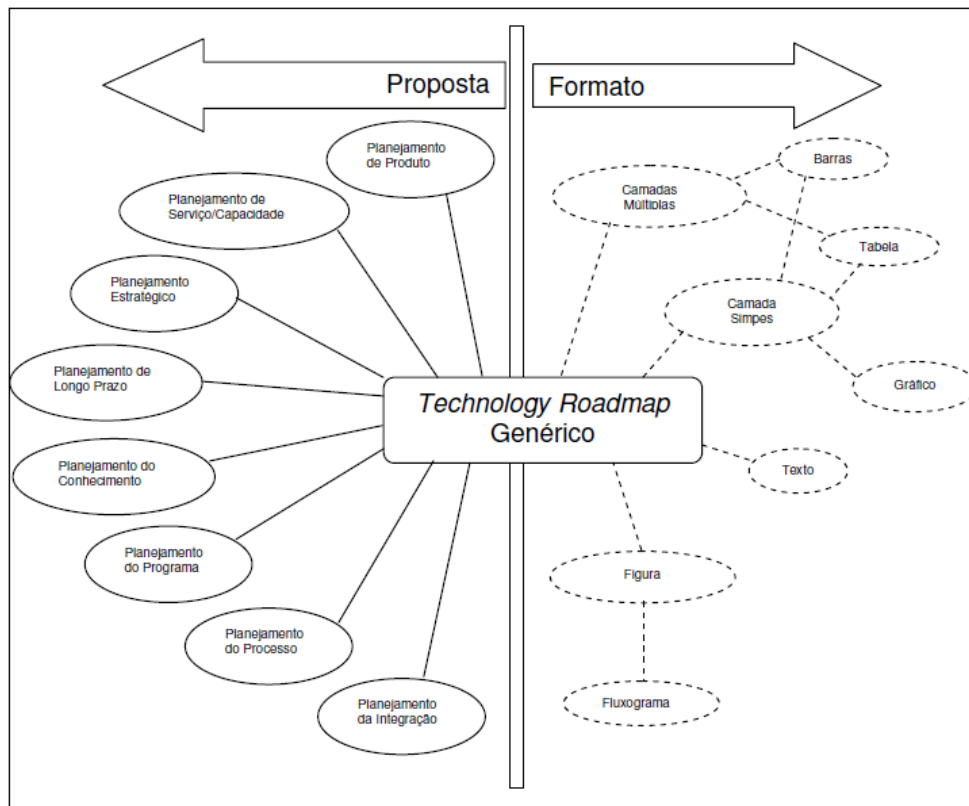


Figura 2.3 - Tipos de *Technology Roadmap*

Fonte: Adaptado de PHAAL et al. (2004) e BORSCHIVER; SILVA (2016)

Das dezesseis áreas, oito são relativas aos propósitos e oito, aos formatos dos *roadmaps*:

Formato:

- Camadas múltiplas
- Camadas barras
- Camadas tabela
- Camadas simples
- Camadas gráfico
- Camadas texto
- Camadas figura
- Camadas fluxograma

Propósito:

- Planejamento de produto
- Planejamento de serviço/capacidade
- Planejamento estratégico
- Planejamento de longo prazo
- Planejamento de conhecimento
- Planejamento do programa
- Planejamento do processo
- Planejamento de integração

As principais variações de *technology roadmaps* existentes em termos de propósito encontram-se descritas nas figuras 2.4 a 2.11 (PHAAL et al., 2001, 2004; BORSCHIVER; SILVA, 2016).

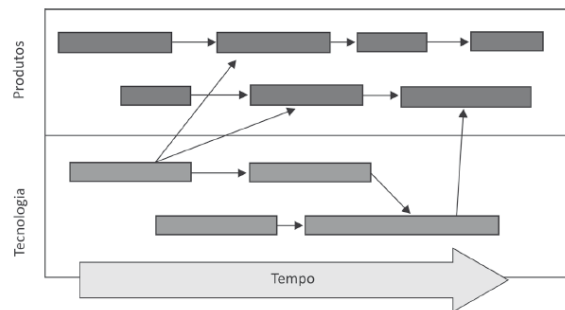


Figura 2.4 - Roadmap - Planejamento de Produto

Fonte: Adaptado de BERNAL et al (2009) e BORSCHIVER; SILVA (2016)

A figura 2.4 exibe um dos tipos mais comuns de *technology roadmap*, onde um conjunto de produtos é relacionado às tecnologias atreladas em seu desenvolvimento (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

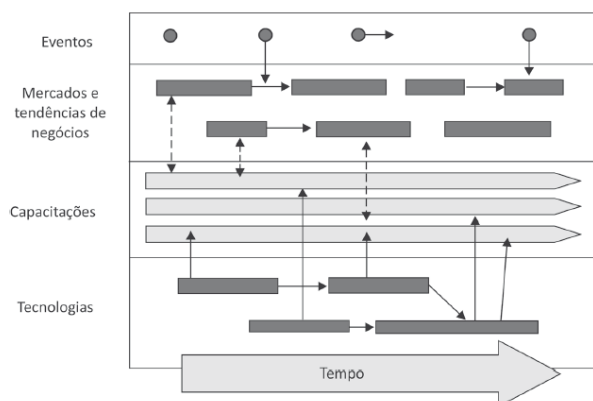


Figura 2.5 - Roadmap - Planejamento de Serviços e Capacitações

Fonte: Adaptado de BERNAL et al (2009) e BORSCHIVER; SILVA (2016)

O *Roadmap* apresentado na figura 2.5 é utilizado amplamente por empresas de fornecimento de serviços. Tem como foco tecnologias que auxiliam no desenvolvimento de recursos da empresa para a prestação de determinado serviço (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

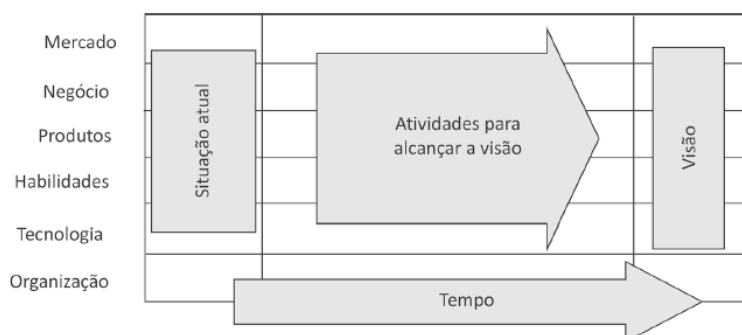


Figura 2.6 - Roadmap - Planejamento Estratégico

Fonte: Adaptado de BERNAL et al (2009) e BORSCHIVER; SILVA (2016)

A figura 2.6 exemplifica um tipo de *roadmap* que apresenta diferentes oportunidades ou ameaças de mercado e tendências do negócio em nível estratégico. Objetiva o desenvolvimento de uma visão de futuro do negócio, em termos de mercado, negócio, produto, tecnologias, habilidades requeridas, cultura, dentre outros. As lacunas podem ser identificadas comparando-as com a visão atual e opções estratégicas, que podem ser exploradas de forma a transpô-las. (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

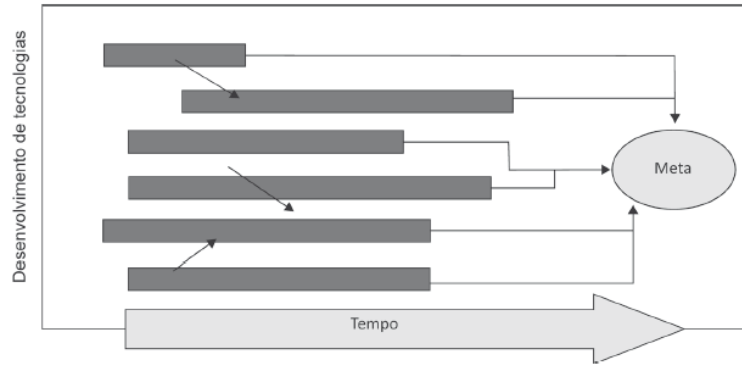


Figura 2.7 - Roadmap - Planejamento de Longo Prazo

Fonte: Adaptado de BERNAL et al (2009) e BORSCHIVER; SILVA (2016)

O *roadmap* representado pela figura 2.7 é utilizado para suportar atividades que requerem um planejamento de longo prazo. Geralmente, é aplicado para estudos em nível setorial ou nacional (*foresight*), servindo como radar para identificação de potenciais tecnologias e mercados ruptivos (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

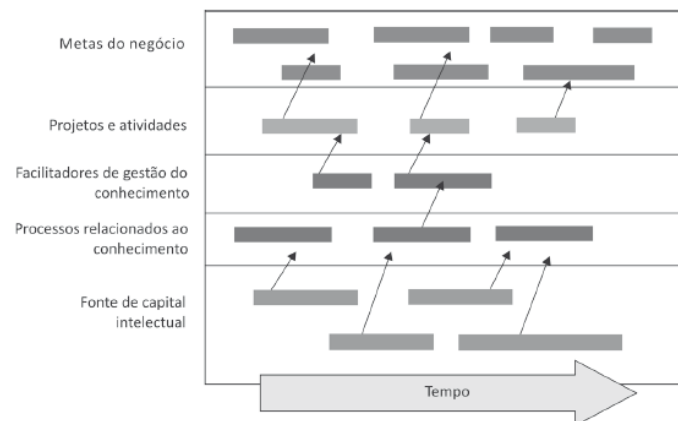


Figura 2.8 - Roadmap - Capacitação e Planejamento do Conhecimento

Fonte: Adaptado de BERNAL et al (2009) e BORSCHIVER; SILVA (2016)

A figura 2.8 representa um exemplo desenvolvido pelo *Artificial Intelligence Applications Unit da University of Edinburgh*, permitindo à organização identificar suas questões críticas em relação ao conhecimento e a inter-relação com suas habilidades internas, tecnologias e competências requeridas para entender as demandas futuras de mercado. Este *roadmap* permite alinhar o capital intelectual da empresa aos objetivos do negócio. (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

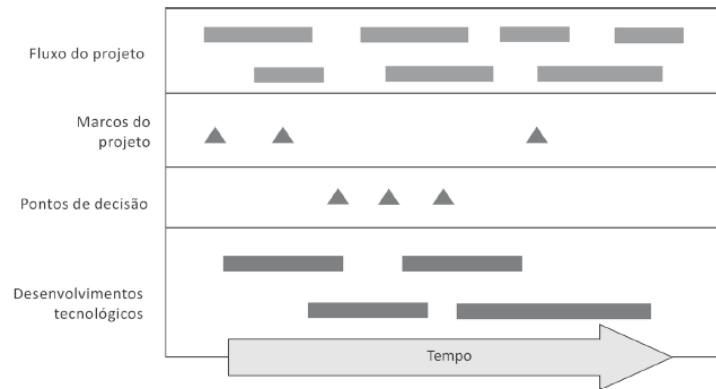


Figura 2.9 - Roadmap - Planejamento de Projetos

Fonte: Adaptado de BERNAL et al (2009) e BORSCHIVER; SILVA (2016)

A figura 2.9 representa um *roadmap* que possibilita o alinhamento de diferentes atividades de um projeto. (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

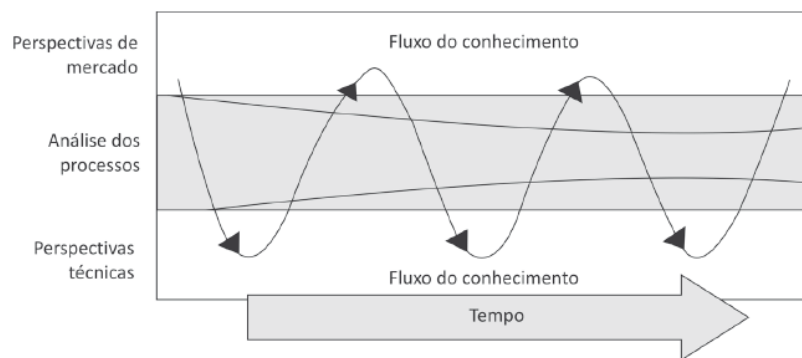


Figura 2.10 - Roadmap - Planejamento de Processos

Fonte: Adaptado de BERNAL et al (2009) e BORSCHIVER; SILVA (2016)

O *roadmap* apresentado na figura 2.10 permite gerenciar conhecimento, com foco em um processo de uma área particular da empresa.

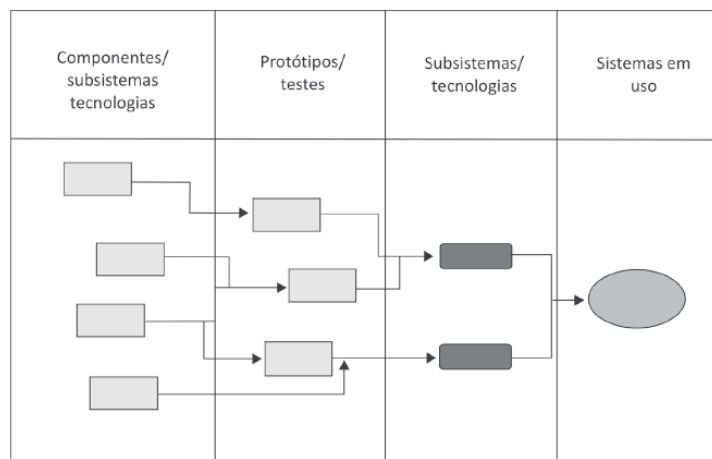


Figura 2.11 - Roadmap - Planejamento Integrado

Fonte: Adaptado de BERNAL et al (2009) e BORSCHIVER; SILVA (2016)

Através do *roadmap* representado pela figura 2.11 é possível ter uma visão a respeito da integração e da evolução das tecnologias e como elas integram produtos e sistemas para criar novas tecnologias.

Já as principais variações de *technology roadmaps* existentes em termos de formato encontram-se descritas nas figuras 2.12 a 2.17 (PHAAL et al., 2001, 2004).

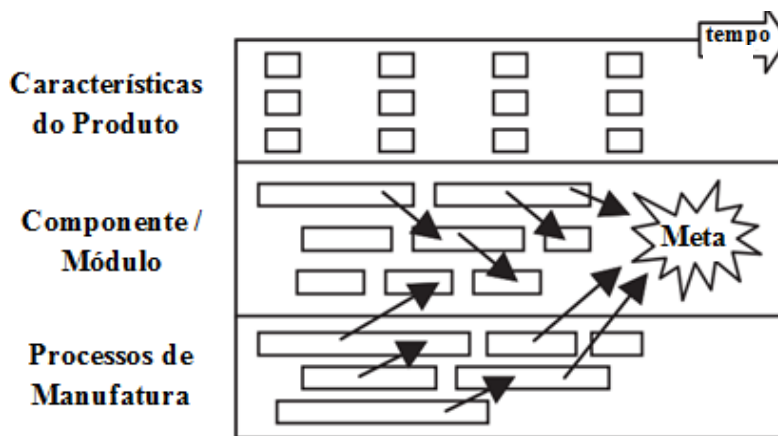


Figura 2.12 - Roadmap - Camadas Múltiplas

Fonte: Adaptado de PHAAL et al (2004) e BORSCHIVER; SILVA (2016)

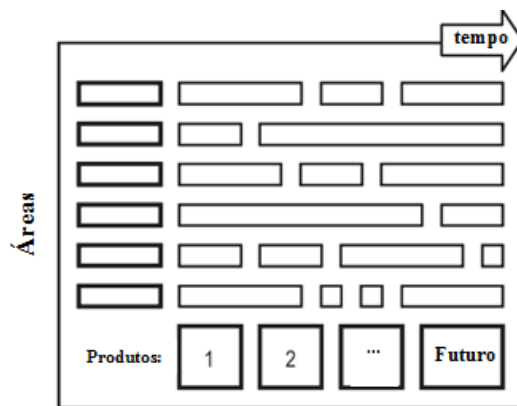


Figura 2.13 - Roadmap - Camadas Barras

Fonte: Adaptado de PHAAL et al (2004) e BORSCHIVER; SILVA (2016)

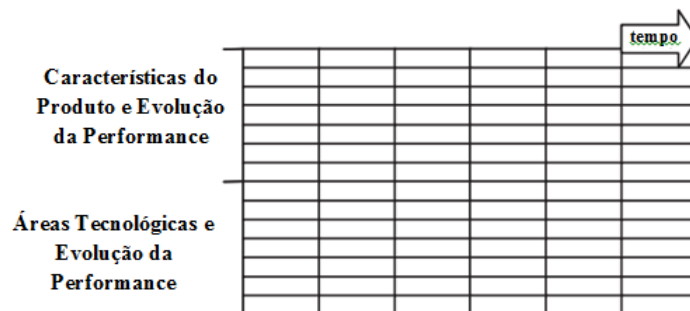


Figura 2.14 - Roadmap - Camadas Tubular

Fonte: Adaptado de PHAAL et al (2004) e BORSCHIVER; SILVA (2016)

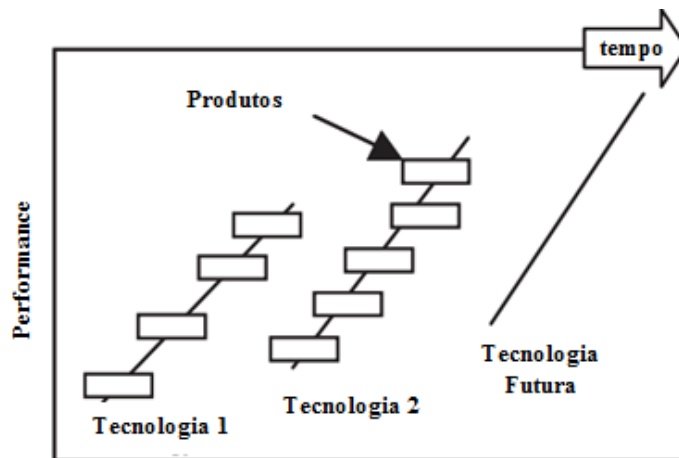


Figura 2.15 - Roadmap - Camadas Gráfico

Fonte: Adaptado de PHAAL et al (2004) e BORSCHIVER; SILVA (2016)

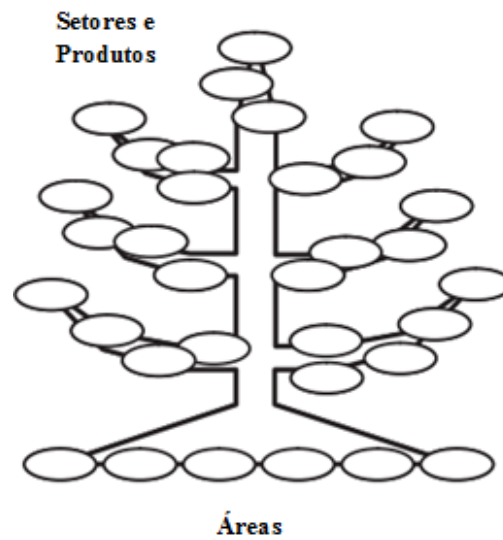


Figura 2.16 - Roadmap - Camadas Figura

Fonte: Adaptado de PHAAL et al (2004) e BORSCHIVER; SILVA (2016)

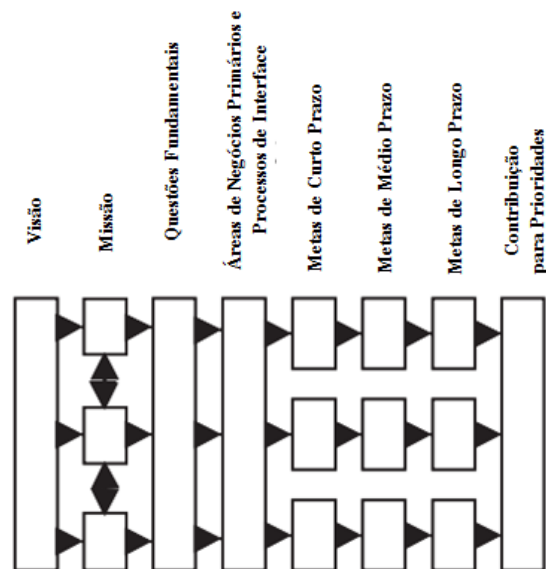


Figura 2.17 - Roadmap - Camadas Fluxograma

Fonte: Adaptado de PHAAL et al (2004) e BORSCHIVER; SILVA (2016)

Há diversas possibilidades de *design* do *roadmap*, porém é interessante observar que estes nem sempre se adequarão exclusivamente a uma das categorias acima citadas e que podem conter elementos de múltiplos tipos, sejam eles de formato ou propósito,

gerando uma figura híbrida. A seleção de sua arquitetura deve ser feita de forma a comunicar de maneira eficiente os objetivos propostos.

Um dos exemplos de *roadmaps* híbridos é o *roadmap* genérico concebido por Phaál et al (2005), que está apresentado pela figura 2.18.

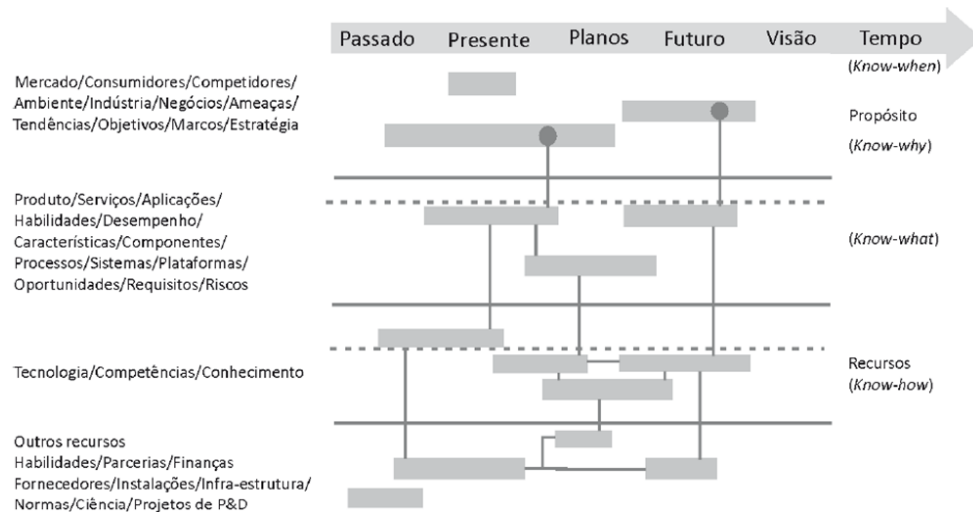


Figura 2.18 - Roadmap genérico para a conexão entre recursos para os objetivos

Fonte: LOPES Jr. et al. (2011) (apud PHAAL et al., 2005)

2.3 – Elaboração do Roadmap Tecnológico

O *roadmap* pode ser compreendido como uma representação organizada que inter-relaciona informações obtidas a partir do estudo de um tema específico. Para a sistematização dos procedimentos e garantia da obtenção do objetivo final, há a necessidade do estabelecimento de uma metodologia. De maneira objetiva, a construção do *roadmap* se divide em três etapas principais, como esquematizado pela figura 2.19.

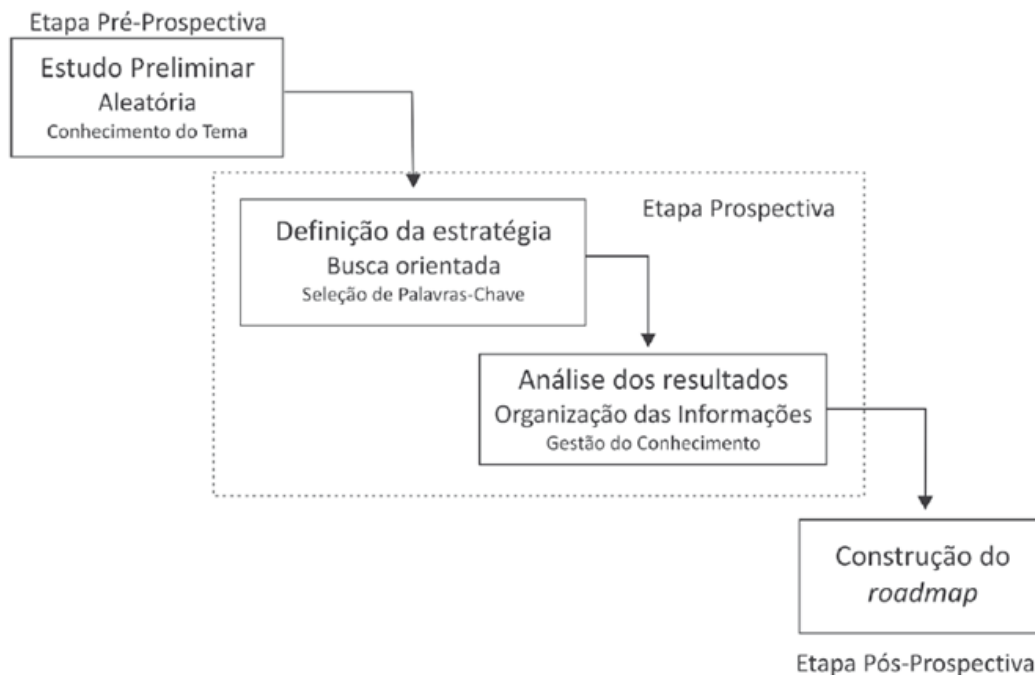


Figura 2.19 - Metodologia para a Elaboração de Roadmap Tecnológico

Fonte: BORSCHIVER; SILVA (2016)

A primeira etapa do processo é a Pré-Prospectiva, que se baseia na busca aleatória a respeito do assunto abordado para se obter uma visão geral do estado da arte. Nesta etapa, é definida a abordagem que será adotada no estudo e a estratégia da busca dos documentos.

A segunda etapa é a Prospectiva, iniciada pela busca orientada de documentos conforme a estratégia definida na fase anterior. A concretização e maturidade das informações obtidas costumam ser alocadas em quatro períodos temporais, que têm atrelados a si um tipo de documento (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

- **Estágio Atual (ano zero)** – Neste período, encaixam-se as informações obtidas através de mídias especializadas, *websites* de empresas, organizações governamentais e não governamentais. Os conteúdos destes documentos são, obrigatoriamente, voltados para ações, tecnologias, parcerias e outros movimentos atuais.
- **Curto Prazo** – São analisadas patentes concedidas (do inglês, *issued patents*) que, em teoria, demonstram grau avançado de desenvolvimento tecnológico pelo detentor da patente. Esta conclusão baseia-se no fato de

que se já houve proteção da patente, o objeto está mais próximo de sua fase comercial.

- Médio Prazo – São analisadas patentes solicitadas (do inglês, *applied patents*) que, apesar de demonstrarem um grau avançado do desenvolvimento da tecnologia pelo detentor da patente, como a proteção ainda está sob análise, possivelmente o objeto está mais distante de sua fase comercial.
- Longo Prazo – São analisados artigos científicos, que demonstram um alto grau inicial do desenvolvimento da tecnologia, uma vez que se encontram ainda em fase de estudo acadêmico.

Dentre as informações científicas e tecnológicas, destacam-se os artigos científicos e o uso de bancos de dados de patentes. Um dos mecanismos mais utilizados pela comunidade científica para a disseminação de resultados das pesquisas é a publicação de artigos em periódicos científicos. Pela sua condição de fonte de informação original e de qualidade, o artigo constitui-se como veículo de transmissão de conhecimento produzido pelos pesquisadores, servindo de literatura base para corroborar os estudos já existentes e inspirar novas pesquisas (PIZZANI et al., 2008; BORSCHIVER; SILVA, 2016). Existem diversas bases de artigos, porém a selecionada por este trabalho foi a Scopus. Esta é a maior base de dados de resumos e citações de literatura científica revisada por pares e conta com ferramentas inteligentes para a análise e visualização da pesquisa, oferecendo uma visão abrangente sobre a produção de pesquisa do mundo nas áreas de ciência, tecnologia, medicina, ciências sociais e artes e humanidades (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

Outra forma de verificar o desenvolvimento de uma determinada tecnologia é a análise de documentos de patentes. São excelentes indicadores de inovação, produtividade, estrutura e desenvolvimento da tecnologia ou indústria específica. A patente é um meio de difusão tecnológica uma vez que, no conteúdo da patente, o estado da arte é um elemento crítico. No relatório descritivo, este deve estar apresentado de forma clara, o qual geralmente é apresentado por citações de outras patentes ou demais literaturas, a fim de esclarecer o avanço do desenvolvimento tecnológico pleiteado do pedido de patente.

Há diversas bases de dados onde as patentes podem ser buscadas, como o INPI, o Escritório de Marcas e Patentes dos Estados Unidos (USPTO), Escritório Europeu de Patentes (Espacenet), Escritório Japonês de Patentes (JPO), Escritório Chinês de Patentes (SIPO) e Organização Mundial da Propriedade Intelectual (PATENTSCOPE).

Para o estudo deste trabalho, foram realizadas buscas no Espacenet e na USPTO. O Espacenet é uma base de dados gratuita que contém mais de 90 milhões de documentos de patente de diferentes países e é mantida pelo Escritório Europeu de Patentes (EPO). Permite a pesquisa nos dados bibliográficos dos documentos de patente, bem como o acesso ao texto completo de grande parte destes documentos. Na USPTO é possível pesquisar pedidos de patente e também patentes concedidas nos Estados Unidos.

Dados das patentes como seu número, título, resumo, cessionário, inventor, país de origem e data de depósito ou pedido foram coletados e analisados. Adicionalmente, as patentes chinesas analisadas cujos nomes dos cessionários foram erroneamente traduzidos no site do Espacenet tiveram seu ideograma correto identificado através da busca do número do documento correspondente na base de dados da SIPO.

Após a pesquisa e coleta dos documentos, há a análise dos resultados obtidos e esquematização em base de dados para facilitar a posterior estruturação do *roadmap*. Geralmente, é utilizada a ferramenta computacional Microsoft Excel, parte do Pacote Office da Microsoft. A etapa de prospecção deve ser sistematizada para a extração da informação necessária (BORSCHIVER; SILVA, 2016). A metodologia utilizada é segmentada em três níveis:

- Macro – Contempla informações imediatas do documento, como o título, ano, autor e origem do autor;
- Meso – Neste nível é necessária a leitura do resumo do documento de forma a extrair suas informações principais. Em seguida, são criadas taxonomias de forma a definir o assunto do documento e o seu agrupamento antes de passar para o nível seguinte de análise.
- Micro – Dentro de cada classe Meso podem-se extrair informações ainda mais detalhadas, que possibilitem a compreensão e caracterização mais aprofundada daquela taxonomia.

Cada camada, neste trabalho, se refere a uma taxonomia Meso, enquanto as subcamadas são as taxonomias Micro.

Na última etapa, Pós-Prospectiva, as informações analisadas são organizadas em forma de mapa, destacando visualmente os aspectos mais relevantes do estudo, assim como a inter-relação entre as informações. O modelo adotado para este estudo é o genérico proposto por Phaal et al. (2005), que consiste em representação gráfica baseada no tempo e compreende um número de camadas e subcamadas que tipicamente incluem perspectivas comerciais e tecnológicas.

Os Capítulos 3 e 4 a seguir abordarão a fase pré-prospectiva de explicitação detalhada do estado da arte dos resíduos estudados e da produção de biogás. Já o Capítulo 5 apresentará a etapa prospectiva, indicando a busca orientada dos documentos conforme a estratégia de busca selecionada. Os espaços temporais e taxonomias serão explicitados e analisados de acordo com o resíduo do qual o biogás se oriunda.

No sexto e sétimo capítulos, estão apresentados os *roadmaps* tecnológicos de palha e vinhaça e as análises pós-*roadmap*, respectivamente. Foram realizadas análises verticais, horizontais e a análise dos atores presentes nos mapas tecnológicos para, ao final, chegar às conclusões apresentadas no capítulo 8.

3 – Pré-Prospecção: Resíduos Agroindustriais

A fase pré-prospectiva do trabalho se refere à pesquisa aprofundada do assunto para a melhor compreensão dos documentos levantados durante a fase seguinte de prospecção tecnológica e aquisição de conhecimento para reconhecer os desafios e oportunidades do tema abordado.

Este capítulo oferece uma compreensão aprofundada quando aos resíduos selecionados no estudo e das oportunidades e desafios envolvendo sua utilização como matéria-prima para a geração de biogás.

3.1 – Matéria-Prima

O Brasil é um país de destaque no setor agrícola, que possui uma grande participação e elevado efeito multiplicador do complexo industrial no PIB (produto interno bruto). O elevado peso de produtos agrícolas na pauta de exportações e sua contribuição para o controle da inflação exemplificam a importância da agricultura para o desempenho da economia nacional (IPEA, 2012).

O uso de produtos agrícolas como matéria-prima em biorrefinarias leva a intensos debates éticos, como a discussão entre o uso dessas matérias-primas para a produção de biocombustíveis e/ou bioprodutos em detrimento à alimentação, o que leva a uma busca por matérias-primas alternativas.

O setor agropecuário gera resíduos e subprodutos que estão associados ao desperdício no uso de insumos, às perdas entre produção e consumo e aos materiais que, gerados ao longo da cadeia agroindustrial, não possuem valor econômico evidente. Esses resíduos são potenciais poluidores de corpos hídricos e solos, além de acarretarem problemas de saúde pública. Com isso, devem sofrer uma destinação adequada, transporte e disposição final de modo que não afetem em demasia o preço do produto final. Em razão disto, diversos esforços têm sido voltados para a minimização e/ou reuso de resíduos, bem como ao estabelecimento de novos usos de produtos e subprodutos agrícolas em substituição aos recursos não renováveis (ROSA et al., 2011).

A digestão anaeróbica para produção de biogás é uma prática de tratamento de resíduos orgânicos realizada há séculos, porém ganhou maior destaque mundial nos últimos anos com o aumento da preocupação socioambiental quanto à dependência de

combustíveis fósseis, à destinação correta dos resíduos e às mudanças climáticas derivadas do agravamento do efeito estufa. Resíduos orgânicos biodisponíveis e não recalcitrantes podem ser utilizados como matéria-prima para a digestão anaeróbica, como resíduos alimentares, biomassa celular e algal, resíduos agrossilvopastoris, a fração orgânica do resíduo sólido urbano; águas residuais e lodo de esgoto (CURRY; PILLAY, 2012; KAYHANIAN; RICH, 1995).

Devido ao fato da agricultura se tratar de um setor econômico estratégico para o Brasil e dos esforços de valorização de seus resíduos, optou-se pela seleção de dois resíduos agroindustriais passíveis de sofrerem digestão anaeróbica, cuja metodologia de escolha será explicitada no capítulo 5.

3.1.1 – Palha

Segundo Melendez et al. (2013), a biomassa é a matéria orgânica derivada de um organismo vivo com potencial para ser usada como matéria-prima em refinaria e ser processada. Para os autores, em uma biorrefinaria tradicional, o preço da matéria-prima associada à analogia de transporte é crucial, tendo em vista que não há uma vasta literatura explicitando o uso de maquinário de coleta de resíduos agrícolas, apenas de colheita e plantio. Também afirmam que a quantidade de biomassa supera a sua qualidade em importância e que uma oferta elevada de resíduos alavancaria as biorrefinarias, mas esse pensamento vai contra o que afirma o trabalho de Bomtempo (2012). Para este autor, a questão de logística e suprimento é igualmente importante, já que a produção agrícola é dispersa em grandes áreas. Porém, a disponibilidade de biomassa, apenas, não facilita ou induz a transição da matéria-prima fóssil para a biomassa. A sua natureza causa dificuldades para a indústria, que se desenvolveu para o processamento de líquidos.

A biomassa lignocelulósica é considerada o composto orgânico mais abundante da biosfera, totalizando aproximadamente 50% da biomassa terrestre (PEREIRA Jr. *et al.*, 2008) e está presente em uma vasta variedade, que vai desde o bagaço de cana-de-açúcar ao resíduo urbano.

Aproximadamente 700 milhões de toneladas de resíduos agrícolas são gerados em todo o território da China anualmente, correspondendo a mais de 50% do montante de biomassa gerado no país. A palha de arroz é um dos principais resíduos agrários

gerados, podendo chegar a 203 milhões de toneladas anuais (LUO et al., 2015), seguido pela palha de milho (YANG et al., 2013).

O principal resíduo gerado a partir da safra do trigo é a palha, correspondente a 50% do peso da planta e é comumente utilizada como palhada ou cama para instalação de animais. A partir da produção nacional, estima-se que sejam gerados até seis milhões de toneladas (FERREIRA-LEITÃO et al., 2010).

Segundo Santos et al. (2012), para cada tonelada de cana-de-açúcar, cerca de 140kg de palha e 140 kg de bagaço, em base seca, são gerados. Em termos energéticos, a palha representa 1/3 do potencial energético da cana-de-açúcar que, atualmente, é subaproveitada. Durante a safra de 2010/2011, gerou-se cerca de 208 milhões de toneladas de bagaço de cana e palha de cana, cada (ROCHA et al., 2011).

Já o Brasil é o nono maior produtor de arroz, tendo produzido 10,6 milhões de toneladas em 2016. A palha de arroz é um subproduto do beneficiamento do arroz e representa cerca de 23% do peso desse produto agrícola (PINHEIRO; GAIDZINSKI; SOUZA, 2007) e costuma ser utilizado para fins menos nobres, como adsorvente na remoção de metais pesados de águas residuais e/ou ácidos graxos livres de óleo de soja (NUNES et al., 2013).

Uma das práticas mais comuns no Brasil, e no mundo, é a queima da palha com o propósito de facilitar as operações da colheita. Porém, essa prática libera emissões de gases do efeito estufa na atmosfera, como gás carbônico (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) e a formação de ozônio (O₃), além da poluição atmosférica pela fumaça e fuligem (ANTUNES; AZANIA; AZANIA, 2013). Além disso, a queimada da palha nos campos pode ser prejudicial à estrutura do solo e à qualidade do plantio da nova safra (WU et al., 2015).

Outra prática em ascensão é a de lançar as folhas secas e os ponteiros sobre a superfície, formando uma cobertura morta denominada palhada. Essa cobertura sofre ação física, química e biológica, beneficiando o solo com nutrientes e matéria orgânica e ajudando a reduzir o uso de fertilizantes. Porém, essa prática se mostra igualmente prejudicial, pois emite quase o dobro de óxido nitroso na atmosfera se comparada à queimada da mesma, um gás de potencial de efeito estufa 296 vezes maior ao do dióxido de carbono (JUTTEL, 2011).

Logo, a digestão anaeróbica da palha tem o potencial de simultaneamente reduzir a poluição ambiental e de evitar o desperdício de possíveis fontes energéticas. Há geração preferencial de metano e dióxido de carbono no reator, que será utilizado para geração energética ou outro fim mais nobre, e o nitrogênio formado será purificado do biogás na forma de amônia ou fixado no digestato, que pode ser usado como fertilizante e retornar ao setor agrícola (WU et al., 2015).

A principal característica deste tipo de resíduo é a presença de celulose, hemicelulose e lignina. Uma das matérias-primas selecionadas para este estudo foi a palha, um resíduo lignocelulósico oriundo da agricultura, cuja estrutura básica está ilustrada na figura 3.1.

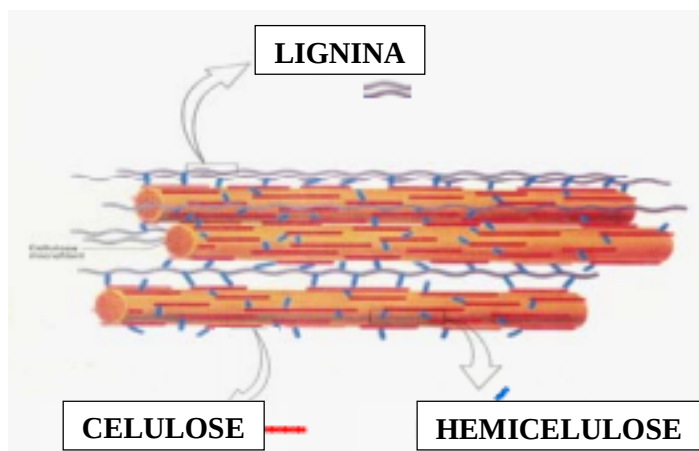


Figura 3.1 - Esquema da Estrutura Lignocelulósica

Fonte: PEREIRA Jr. et al (2008)

Uma das tendências tecnológicas observadas nos últimos anos é a de utilizar a digestão anaeróbia para oferecer destinação aos resíduos lignocelulósicos, que podem ser de origem agroindustrial, florestal, espécies de plantas daninhas e/ou não-nativas, resíduos urbanos e espécies vegetais não comestíveis (GONÇALVES, 2015).

Apesar de se tratar de uma matéria-prima com potencial para geração de biogás, a lignocelulose é uma molécula orgânica de estrutura muito complexa, compacta e cristalina para o consórcio microbiano tipicamente relatado na digestão anaeróbica assimilar facilmente (AVFALL SVERIGE, 2012).

A palha é composta principalmente por três frações: celulose, hemicelulose e lignina. A celulose é um polímero de subunidades de D-glicose, formando cadeias de

ligação beta-1,4 que mantém uma estrutura linear e plana. A unidade polimérica que se repete é a celobiose, dissacádeo 4-0-(*beta*-D-glycopyranosil-D-glucopyranose), e as cadeias estão alinhadas de maneira complexa, formando estruturas cristalinas e amorfas que estão estabelecidas por intra e inter ligações de hidrogênio, garantindo à celulose sua resistência à hidrólise (MONTGOMERY; BOCHMANN, 2014), como ilustrado na figura 3.2.

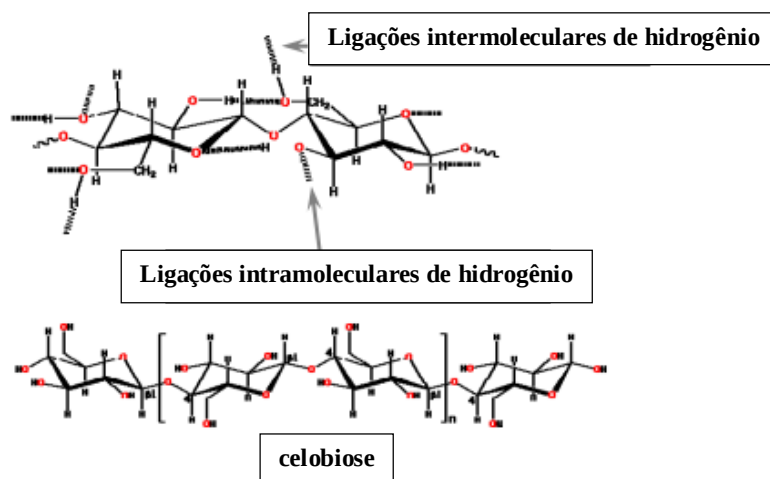


Figura 3.2 - Estrutura Química da Celulose

Fonte: PEREIRA Jr. et al (2008) (apud COUGHLAN, 1985)

Já a hemicelulose possui estrutura amorfa com alto grau de ramificações, sendo mais facilmente hidrolisada que a celulose, e consiste de heteropolímeros de manose, xilose, galactose, ramnose, arabinose e ácidos urônicos (PEREIRA JR. et al., 2008). O conjunto formado pela celulose e hemicelulose é comumente chamado de holocelulose.

A lignina consiste de heteropolímeros hidrofóbicos de três fenilpropanóis que lhe conferem a coloração amarronzada: para-coumaril, coniferil e sinapil, ilustrados na figura 3.3. Possui uma estrutura amorfa e polímeros ligados covalentemente aos polissacarídeos da parede celular, conferindo maior resistência à planta contra ataques microbianos e representando um fator limitante na degradação da holocelulose (CARRERE, 2015).

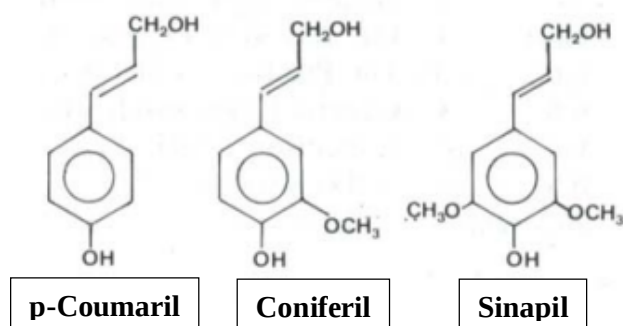


Figura 3.3 - Precursores da Lignina

Fonte: Alterado de PEREIRA Jr. et al. (2008)

A tabela 3.1 apresenta a composição química das palhas mais citadas durante a busca nos documentos de patentes e artigos.

Tabela 3.1 - Composição Química dos Resíduos Lignocelulósicos

Matéria-Prima	Composição (%)		
	Celulose	Hemicelulose	Lignina
Palha de Cana [1]	39	30	35
Palha de Milho [2]	36	28	29
Palha de Cevada [3]	44	27	7
Palha de Aveia [3]	41	16	11
Palha de Arroz [4]	38	27	8
Palha de Algodão [5]	42	12	15
Palha de Trigo [6]	35	24	25

Fonte: Adaptado de: [1] NUNES et al. (2013) *apud* SILVA (2009), SANTOS et al. (2012); [2] PEREIRA Jr. et al. (2008), *apud* OLSSON; HAHN-HAGERDAL (1996); [3] PEREIRA Jr. et al. (2008), *apud* AWAFO (1998); [4] NUNES et al. (2013) *apud* SILVA et al. (2005), SANTOS et al. (2012); [5] PEREIRA Jr. et al. (2008), *apud* GHOSH; SINGH (1993); [6] NUNES et al. (2013) *apud* CANILHA et al. (2004).

Como é possível observar pelos dados explicitados na tabela 3.1, a palha de diferentes origens será composta por diferentes proporções de lignina, celulose e hemicelulose. Com isso, cada tipo de palha pode requerer um pré-tratamento adequado. Por exemplo, elevadas concentrações de hemicelulose e baixas de celulose tornariam o

pré-tratamento alcalino mais promissor, enquanto o contrário tornaria o processo ácido mais adequado (PEREIRA, JR. et al., 2008).

Explicações mais aprofundadas quanto aos pré-tratamentos das matérias-primas e sua seleção estão explicitados nos capítulos seguintes.

3.1.2 - Vinhaça

A vinhaça é o principal resíduo líquido da produção de bioetanol, contendo uma elevada demanda química de oxigênio em adição a sua acidez e característica corrosiva. A produção de bioetanol se utiliza de matérias-primas açucaradas, amiláceas e celulósicas, como listado na tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Tipos de Biomassa para a Produção de Bioetanol

Tipo de Biomassa	Exemplos
Biomassa Açucarada	Cana-de-açúcar; Sorgo sacarino; Beterraba açucareira.
Biomassa Amilácea	Milho; Mandioca; Trigo; Cevada.
Biomassa Celulósica	Palha; Bagaço.

Fonte: Adaptado do texto de FUESS (2012)

Enquanto a biomassa açucarada já se encontra prontamente biodisponível para os micro-organismos do processo de produção de etanol, tanto a biomassa amilácea quanto a celulósica necessitam de processamentos anteriores à fermentação para se tornarem mais assimiláveis à população microbiana. Entre a biomassa celulósica e a amilácea, a primeira necessita de pré-tratamentos devido à presença de lignina na parede celular dos vegetais (FUESS, 2012).

As duas etapas principais da produção de bioetanol são a fermentação da fonte de açúcares e a destilação da solução alcoólica produzida durante o processo

fermentativo. Porém, cada tipo de biomassa exigirá um processamento diferenciado, como demonstra a figura 3.4.

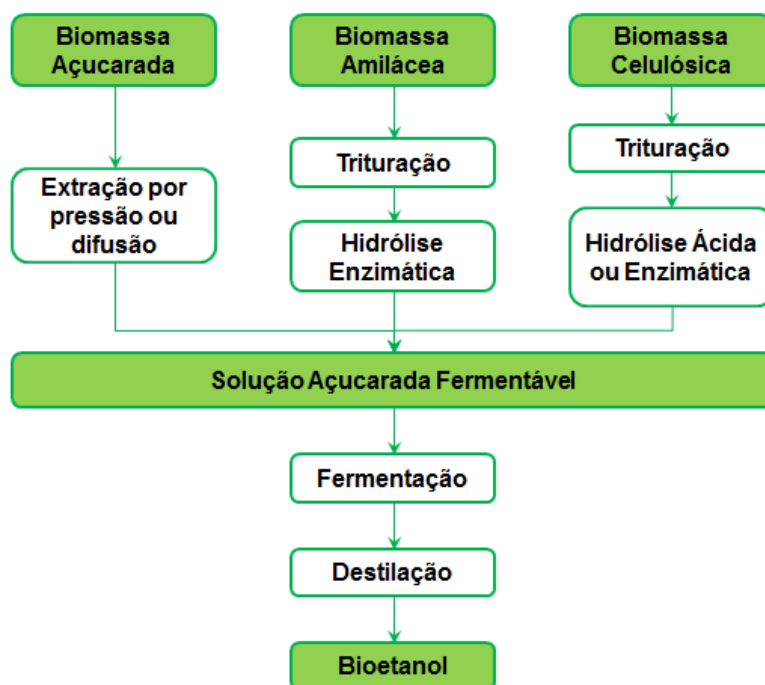


Figura 3.4 - Rotas Tecnológicas para a Produção de Etanol

Fonte: Modificado de BNDES e CGEE (2008)

A Figura 3.5 ilustra o processo de produção de bioetanol a partir da cana-de-açúcar. O emprego de uma biomassa açucarada se inicia com a extração do caldo pela pressão exercida pelos rolos da moenda, separando-o do bagaço e da palha. Já as biomassas amilácea e celulósica exigem trituração e um tipo de hidrólise para a mais fácil assimilação dos açúcares.

Na etapa seguinte, a solução açucarada fermentável tem sua temperatura, concentração de açúcares, pH, concentração de nutrientes e salinidade corrigidos para as condições ótimas da levedura *Saccharomyces cerevisiae* para a etapa subsequente de fermentação.

Após a correção, o caldo recebe nome de mosto que, após a fermentação, torna-se vinho (mosto fermentado) de concentração alcoólica entre 7% e 10% (em volume). Este é enviado a colunas de destilação, onde o etanol é recuperado na forma hidratada,

gerando vinhaça. Tratamentos posteriores de desidratação permitem a obtenção do álcool anidro (FUESS, 2012).

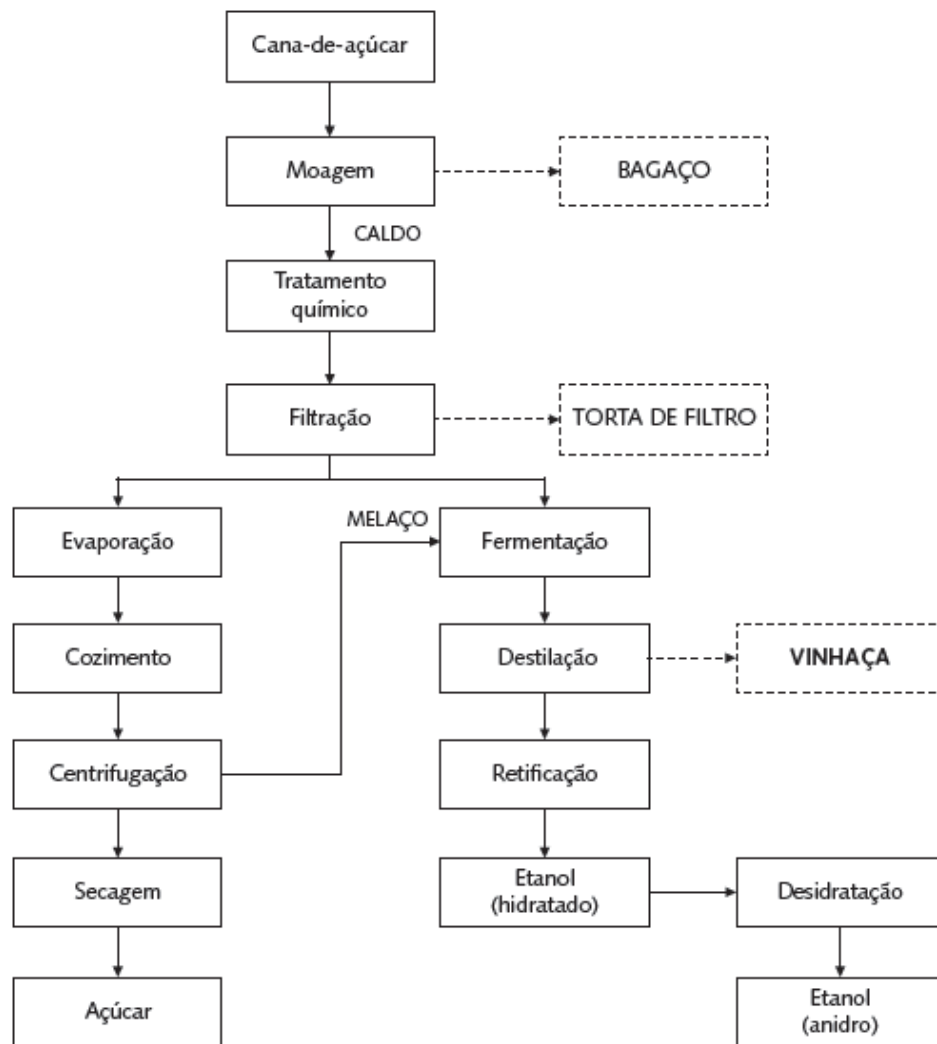


Figura 3.5 - Fluxograma da Produção de Etanol a partir de Cana-de-Açúcar

Fonte: FUESS (2012) apud SEABRA (2008)

A moagem dos grãos pode ser realizada tanto em via úmida como seca, que é a mais utilizada atualmente. Em seguida, ocorre a etapa de sacarificação, que corresponde a um processo de hidrólise enzimática ou ácida a altas temperaturas. Há adição de enzimas do tipo alfa-amilases à 90°C ao material para que as cadeias de amido se quebrem em dextranas e, em seguida, o processo tem sua temperatura reduzida para 60°C para a ação da enzima glicoamilase para que atuem nas extremidades das dextranas, produzindo açúcares fermentáveis (FUESS, 2012 *apud* Wilkie et al., 2000).

Após esse processo, a vinhaça íntegra advinda da destilação (*whole stillage*) é centrifugada para a remoção de sólidos, gerando uma vinhaça fina (*thin stillage*) e grânulos que, após a secagem, são chamados de *distillers dried grains with solubles* (DDGS) (BNDES; CGEE, 2008).

A mandioca é uma planta de origem brasileira que é cultivada em regiões tropicais da África e Ásia devido ao elevado conteúdo de amido nas raízes, à baixa exigência edafoclimática (qualidade de solo e tipo de clima) e à possibilidade de produção ao longo do ano inteiro.

Além de sua ampla utilização como alimento básico na dieta humana e animal, na China a mandioca é semi-industrializada para a exportação como tapioca e utilizada localmente para a produção de bebidas alcoólicas. Apesar de ter sido empregada efetivamente em destilarias da Tailândia, a tentativa de implementar o uso desta matéria-prima durante a primeira fase do Próalcool, em 1970, não obteve êxito devido ao preço elevado do etanol de mandioca quando comparado ao de cana-de-açúcar. Já alguns países como a Alemanha e Inglaterra vêm produzindo bioetanol a partir do trigo mediante um processo industrial similar ao do milho (BNDES; CGEE, 2008).

A vinhaça é utilizada tradicionalmente para a ferti-irrigação dos campos agrícolas, e pode acarretar melhorias, como o aumento da disponibilidade e imobilização de nutrientes, o poder de retenção de água, aumento da população microbiana e a elevação do pH do solo. Este último se deve ao fato da vinhaça, apesar do pH ácido, ser consumida de maneira aeróbica e acarretaria no consumo de íon H⁺, responsáveis pela acidez. Porém sua aplicação direta ao solo tem um alto potencial poluidor e leva ao acúmulo de sais solúveis, que pode levar à queda da qualidade da lavoura. Logo, sua digestão anaeróbica representa uma destinação alternativa mais apropriada para a redução de sua carga poluidora e, em adição, gera biogás que pode ser convertido em energia para a planta (FUESS; GARCIA, 2014; MORAES *et al.*, 2014).

No estudo de Fuess e Garcia (2015), calculou-se que cinco a quinze por cento do consumo energético global da indústria alcooleira poderia ser suprida pelo potencial energético de metano da vinhaça, independente da matéria-prima (ex: cana-de-açúcar, milho ou mandioca). A associação entre a queima do bagaço e a digestão anaeróbica de vinhaça nas destilarias baseadas no uso de cana-de-açúcar podem substituir 130% do combustível fóssil utilizado na planta alcooleira. Também afirmam que os ganhos

econômicos poderiam chegar a US\$ 0.1901/L de etanol produzido nas cadeias de produção baseadas em melaços no Brasil, e US\$ 0.0512/L nas cadeias baseadas em milho dos Estados Unidos.

No trabalho de Moraes et al. (2014), foi feita uma avaliação da produção de biogás em biorrefinarias em termos energéticos, ambientais e econômicos. O potencial energético da vinhaça gerada em uma única biorrefinaria pode suprir a demanda energética de uma cidade de 130 mil habitantes. Como biocombustível alternativo, o biogás pode substituir 40% do suprimento anual de diesel em operações agrícolas de uma biorrefinaria de cana-de-açúcar e ainda gerar 14 MW.h anualmente a partir da cogeração.

Para que haja uma biometanação eficiente da vinhaça, é importante analisar se a mesma é capaz de suprir todos os requisitos nutricionais da digestão anaeróbica e se não possui nenhum contaminante que possa inibir o processo. Para esta análise, a simples identificação da matéria-prima que originou a vinhaça já oferece uma razoável resposta, como pode ser observado pela tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Características Fisico-Químicas de Vinhaças de Diferentes Matérias-Primas

Matéria-prima	Produção (L/LEtOH)	DBO (g/L)	DQO (g/L)	Ntotal (mg/L)	Ptotal (mg/L)	K (mg/L)	SO42- (mg/L)	pH
Melaço (beterraba)	11,6	44,9	91,1	3569	163	10030	3716	5,35
Caldo de cana	16,3	16,7	30,4	628	130	1952	1356	4,04
Melaço de cana	14,0	39,0	84,9	1229	187	5124	3478	4,46
Material celulósico	11,1	27,6	61,3	2787	28	39	651	5,35
Mandioca	16,0	31,4	81,1	650	124	nd	nd	3,50
Milho	nd	26,9	64,5	755	1170	nd	nd	3,65
Sorgo Sacarino	nd	46,0	79,9	800	100	nd	nd	450

Nd – Dado não disponível

Fonte: Adaptado dos resultados de diversos autores encontrados em FUESS (2012)

A vinhaça oriunda das matérias-primas açucaradas, como o caldo de cana e os melaços de beterraba e cana, apresentam concentrações elevadas de íon sulfato na vinhaça devido à correção do pH do mosto com ácido sulfúrico.

Wilkie et al. (2000) observaram em seu estudo uma alta concentração de nitrogênio total na vinhaça de cevada, atingindo os 6000 mg/L. Segundo os autores, este

valor seria suficiente para inibir um processo de digestão anaeróbica e este valor se deve ao alto conteúdo proteico de grãos de cereais, que se refletiria na concentração de nitrogênio.

O pH das vinhaças das mais diferentes origens é extremamente reduzido e inadequado para a metanização, tornando necessária a correção do pH para a alcalinização do meio.

É possível observar boas concentrações de potássio, cálcio e magnésio, o que indica seu significativo potencial fertilizante, porém a elevada concentração de matéria orgânica, explicitada pelos valores de DQO e DBO, explicita a necessidade de tratamento deste resíduo antes de seu uso como fertilizante (FUESS, 2012) e justifica a aplicação do processo de digestão anaeróbica neste resíduo.

4 – Fase Pré-Prospectiva

A fase pré-prospectiva do trabalho se refere à pesquisa aprofundada do assunto para a melhor compreensão dos documentos levantados durante a fase seguinte de prospecção tecnológica e aquisição de conhecimento para reconhecer os desafios e oportunidades do tema abordado.

Através da metodologia citada no capítulo 3, foram realizados estudos prospectivos cujos resultados estão explicitados no capítulo 5, e elaborados dois *roadmaps* tecnológicos, que estão apresentados no capítulo 6 e são analisados no capítulo 7.

4.1 – Pré-Tratamento

Há pré-tratamentos aos quais as matérias-primas podem ser submetidas de maneira que, quando aplicados apropriadamente, intensificam o potencial e a taxa de produção de metano do biogás, aprimorando a performance do biodigestor. Estes pré-tratamentos visam à deslignificação da biomassa, redução da cristalinidade da celulose e hidrólise da celulose e hemicelulose em açúcares mais biodisponíveis ao consórcio microbiano (LALAK, 2016).

Porém, pré-tratamentos muito rigorosos podem levar à formação de componentes recalcitrantes e/ou tóxicos, reduzindo o potencial de produção de metano e tendo potencial de inviabilizar o processo (KIM, 2013; LI; JIN, 2015).

Diversas tecnologias de pré-tratamento foram estudadas e reportadas na literatura para a redução da recalcitrância de certas matérias-primas, havendo métodos físicos e/ou químicos e biológicos. Os pré-tratamentos e a sua seleção são cruciais para que estes açúcares passem para uma forma mais biodisponível e aumentem a viabilidade da digestão anaeróbica.

4.1.1 - Biológico

O pré-tratamento biológico engloba os processos microbiológicos e enzimáticos. A ensilagem, método utilizado predominantemente com o propósito de armazenamento, é considerada como uma tecnologia de pré-tratamento controversa. Apesar de haver estudos que demonstrem o aumento do rendimento em metano do biogás gerado a partir

de certas culturas (PAKARINEN et al., 2011), há outros estudos (KREUGER et al., 2011) que apontam erros não reportados de cálculo em diversas pesquisas e que a ensilagem possui um efeito mínimo sobre a produção de metano.

O pré-tratamento biológico pode ser mais lento do que o químico ou físico, porém apresenta a vantagem de poder ser realizado em temperaturas mais amenas e sem o uso de agentes químicos.

O pré-tratamento enzimático consiste na adição de uma ou um *pool* de enzimas ao biodigestor. As enzimas, que podem ser celulasas, celobíases, xilanases, endoglucanases, dentre outras, são utilizadas para reduzir a viscosidade do resíduo a ser tratado e solubilizar açúcares, que estarão mais biodisponíveis aos micro-organismos (CARRERE, 2015).

Há estudos que afirmam que a adição de enzimas durante o processo de digestão anaeróbica não altera a concentração de metano no biogás gerado, e um grupo de estudiosos avaliou o efeito de dezenas de preparados enzimáticos comerciais e especulou que as enzimas estivessem sendo degradadas pelos micro-organismos nativos da digestão anaeróbica (MONTGOMERY; BOCHMANN, 2014).

Há diversas enzimas no mercado oferecidas por diferentes empresas, porém alguns destes preparados podem oferecer um custo relativamente alto para uma variação limitada no rendimento de biogás.

O pré-tratamento aeróbico se baseia no fato de que alguns micro-organismos aeróbicos produzem naturalmente enzimas que degradam celulose, hemicelulose e/ou lignina em maior quantidade e mais rapidamente, solubilizando o substrato. Isto elimina etapas *downstream* de separação e purificação das enzimas necessárias para um pré-tratamento enzimático, tornando-o um método potencialmente mais viável.

Já o processo de bioadição é caracterizado pela inserção de micro-organismos capazes de secretar exoenzimas hidrolíticas, ao invés da adição de enzimas puras ao processo. Os micro-organismos adicionados costumam pertencer ao reino fungi, especialmente o fungo lignolítico (*white-rot fungi*), e são realizados em reatores de estado sólido (LALAK, 2016). Os fungos foram utilizados em estudos não apenas para deslignificar a matéria-prima, como para a retirada de toxinas fenólicas (DHOUIB et al., 2006) e retirar toxinas de cascas de café-cereja (JAYACHANDRA et al., 2011).

4.1.2 - Químico

Os pré-tratamentos químicos podem ser realizados tanto em altas temperaturas quanto em temperatura ambiente. O método ácido é realizado com a adição de ácidos diluídos como H_2SO_4 , H_3PO_4 , HNO_3 e HCl à biomassa, levando à hidrólise da hemicelulose, porém não possui efeito direto sobre a lignina (KNAPPERT et al., 1981). Sob essas condições, compostos furânicos podem ser formados.

Já o pré-tratamento alcalino envolve soluções alcalinas, como NaOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ou amônia, que auxiliam na quebra da lignina e têm efeito satisfatório na solubilização da hemicelulose. Além disso, o ambiente alcalino aumenta a estabilidade do processo de digestão anaeróbica e reduz a possibilidade de quedas abruptas de pH (CARRERE, 2015). Porém, este método é geralmente inviável devido aos altos custos dos álcalis (CHANG et al., 1997).

O pré-tratamento oxidativo se baseia no uso de peróxido de hidrogênio ou ozônio e seu efeito sobre a lignocelulose é semelhante ao do processo alcalino devido a sua capacidade em quebrar a lignina, porém tem o potencial de gerar substâncias inibidoras. O estudo de Song et al. (2012) avaliou o efeito do pré-tratamento usando peróxido de hidrogênio e amônia e concluiu que a produção de biogás duplicou, porém seu alto custo o torna inviável como pré-tratamento em larga escala.

Comparada aos demais pré-tratamentos, a adição de ureia é um tratamento de fácil aplicação, altera a estrutura lignocelulósica, enfraquece as ligações de hidrogênio, parcialmente dissolve a lignina e hemicelulose, aumenta o conteúdo de nitrogênio da matéria-prima e pode contribuir para o equilíbrio da razão carbono:nitrogênio (C:N), cuja importância será explicitada nos capítulos subsequentes (LUO et al., 2015).

4.1.3 - Físico

Dentre os métodos físicos, podem ser citados os processos mecânicos e os térmicos. Dentre os métodos mecânicos, o de tritura (britagem ou moagem) da biomassa é intensamente estudado e aplicado na indústria, pois promove a redução do tamanho de partícula e o aumento da área superficial do resíduo, deixando a matéria-prima mais disponível para a decomposição microbiana e levando a maiores taxas de produção de metano.

Apesar disso, equipamentos de tritura demandam muita energia e o estudo do tamanho de partícula da biomassa reduzida o suficiente para a digestão anaeróbica efetiva, sem tornar o processo inviável economicamente, é necessário (LUO et al., 2014).

A explosão a vapor se trata de um pré-tratamento físico popular em escala laboratorial, onde a biomassa é submetida a uma descompressão explosiva, degradando a hemicelulose, hidrolisando a celulose e aumentando o rendimento em biogás. Porém, caso o processo seja realizado em condições demasiadamente severas, pode levar à geração de compostos furânicos e fenólicos que são inibitórios aos micro-organismos.

Os pré-tratamentos físico-químicos são processos promissores que fundem a explosão a vapor com a adição de agentes químicos, como ácidos e bases, combinando as qualidades dos dois métodos. Porém, se trata de um método que pode requerer uma alta entrada de energia, equipamentos especiais, além da possibilidade de produzir compostos inibitórios.

Segundo a patente de Yang, Ma e Li (2014), o pré-tratamento hidrotérmico de lavagem a quente de matéria-prima lignocelulósica, em temperatura acima da temperatura de transição vítrea da lignina, tem o efeito de reduzir a ligação entre a lignina e a celulose. Isto aprimora a liquefação e sacarificação enzimática, reduz o consumo da celulose, remove inibidores de enzimólise e do processo de fermentação.

4.2 – Processo de Digestão Anaeróbica

Há diversas tecnologias de processamento de materiais orgânicos biodegradáveis que podem ser bioquímicas, termoquímicas ou químicas (MELENDEZ et al, 2013). Dentre as rotas bioquímicas, a digestão anaeróbia é uma das opções de destinação apropriada potencialmente mais viáveis técnica e economicamente (SMITH, 2015).

A digestão anaeróbica é um processo através do qual uma variedade de populações microbianas decompõe matéria orgânica biodegradável na ausência de oxigênio (LASTELLA, 2002). Este processo também é popularmente conhecido como fermentação anaeróbica, biometanação, biometanização, metanação e metanização. Seus principais produtos são o biogás, um biocombustível de alto poder calorífico e composto por aproximadamente 60% de metano e 40% de dióxido de carbono, e o

digestato, resíduo sólido rico em nitrogênio que, dependendo de suas características, pode ser utilizado como fertilizante (LANSING, 2008).

Esta fermentação pode ser conduzida a temperaturas reduzidas, faixas estreitas de pH e em fase sólida ou líquida com base na umidade do resíduo a ser tratado (KIM, 2003). A umidade e tipo de matéria-prima também auxiliam na seleção do melhor reator, ou biodigestor, e condições de operação do processo (NISHIO & NAKASHIMADA, 2013).

A digestão anaeróbia é uma tecnologia bem estabelecida na Europa e Ásia, sendo responsável pelo tratamento dos resíduos orgânicos de diversos países europeus e a produção de biocombustível através deste processo contribui para a maior independência da região deste tipo de fonte de energia (DE BAERE, 2000; JINGURA, MATENGAIFA, 2009).

Esta destinação não é tão utilizada quanto o processo aeróbio devido ao maior tempo necessário para que atinja a estabilização (FERNANDEZ et al., 2010) e baixa eficiência de remoção de compostos orgânicos. A estrutura lignocelulósica dos materiais a serem decompostos está relacionada à taxa de biodegradação do rejeito sólido orgânico, já que estas substâncias se mostram menos biodisponíveis para os micro-organismos (NISHIO, NAKASHIMASA, 2013).

Outra de suas desvantagens é a possibilidade do processo se tornar instável quando operado sob certas condições. Isto pode ser causado pela acumulação de compostos intermediários tóxicos e muitos meses podem ser necessários para recuperar a eficiência do reator (STEYER et al., 2002). A melhor forma de se controlar o processo é monitorando as suas variáveis chave, como pH e temperatura do meio de cultura.

Dentre suas vantagens, destacam-se o baixo requerimento energético para a operação, a não necessidade de aeração e menor produção de biomassa, o que reduz o volume de resíduo gerado pelo tratamento (ANGENENT et al., 2004). Os processos anaeróbios possuem elevada tolerância a altas cargas orgânicas e a biomassa pode ser preservada dentro do biodigestor sem alimentação por vários meses. Além disso, o metano gerado é coletado como gás combustível ao invés de ser lançado para a atmosfera. Posteriormente, pode ser queimado, gerando energia e convertendo-se em dióxido de carbono (AUGENBRAUN et al., 1997).

O processo de digestão anaeróbica se encaixa no conceito de economia circular, que contrasta com o a economia linear tradicionalmente aplicada em indústrias. A economia linear se baseia no “*take, make and dispose*”, onde a matéria-prima (tanto de origem fóssil quanto renovável) é captada, processada por setores do mercado e gera produtos e subprodutos. Os resíduos do processamento ou o produto pós-consumo são ambientalmente destinados e dispostos. Já a economia circular, segundo a Circular Economy Portal (2015), estimula o contínuo ciclo de desenvolvimento que preserva e aumenta o capital natural, otimizando o uso de recursos, minimizando a geração de resíduos e incentivando seu reaproveitamento. Desta forma, evita-se o agravamento da poluição ambiental e economiza no consumo dos insumos do processo.

A figura 4.1 mostra a visão da digestão anaeróbica através do conceito de economia circular.

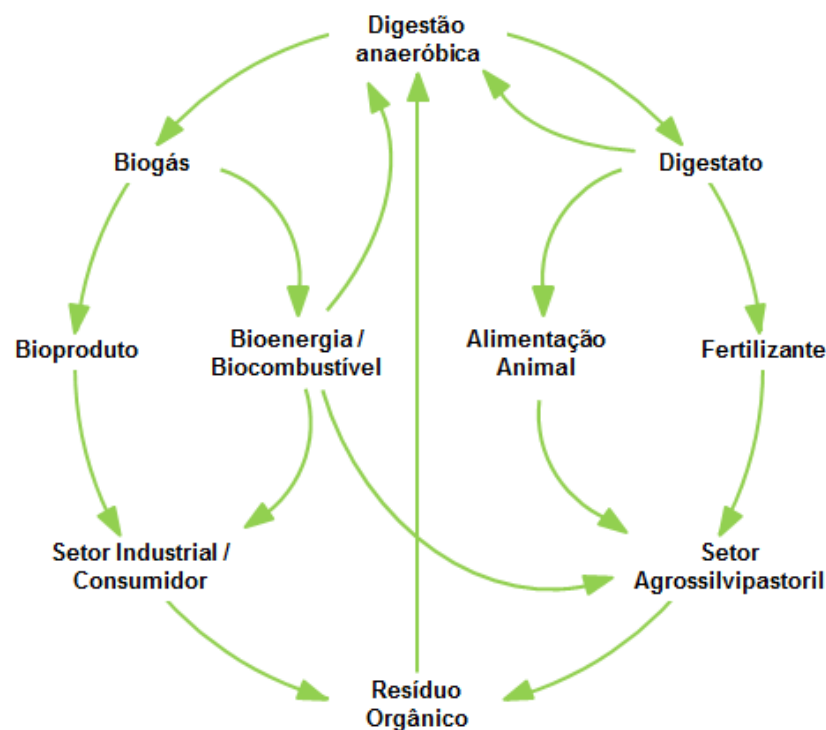


Figura 4.1 - Conceito de Economia Circular Aplicado sobre a Digestão Anaeróbica

Fonte: Criação própria

Como ilustrado na figura 4.1, a digestão anaeróbica gera dois produtos: o digestato e o biogás. A partir do digestato, há o potencial de formação de fertilizante ou de alimento animal, e ambas são destinadas ao setor agrossilvipastoril. O próprio

digestato ou sua fração líquida também podem ser reciclados ao processo de digestão anaeróbica, reduzindo o consumo de água da unidade (LYU et al., 2015).

Já o biogás, após um *upgrade*, pode formar bioprodutos, bioenergia e biocombustíveis, que são destinados a setores industriais ou diretamente ao consumidor. A bioenergia e o biocombustível podem ser retornados à planta de digestão anaeróbica para economizar no custo dos insumos de energia térmica e elétrica. Também podem ser destinados ao setor agrossilvipastoril, auxiliando na secagem de grãos ou substituindo os combustíveis do maquinário da colheita.

Tanto o setor agrossilvipastoril quanto os demais setores e consumidores finais dos produtos da digestão anaeróbica são responsáveis pela geração de resíduos orgânicos, como esgoto, dejetos animais, palha, restos hortifrutigranjeiros, fração orgânica dos resíduos sólidos municipais e lodo. Esses resíduos podem ser destinados como matéria-prima à digestão anaeróbica, fechando o ciclo.

4.2.1 – Múltiplos Estágios

A digestão anaeróbia clássica abrange quatro etapas que ocorrem de maneira concomitante e codependente de populações microbianas distintas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.

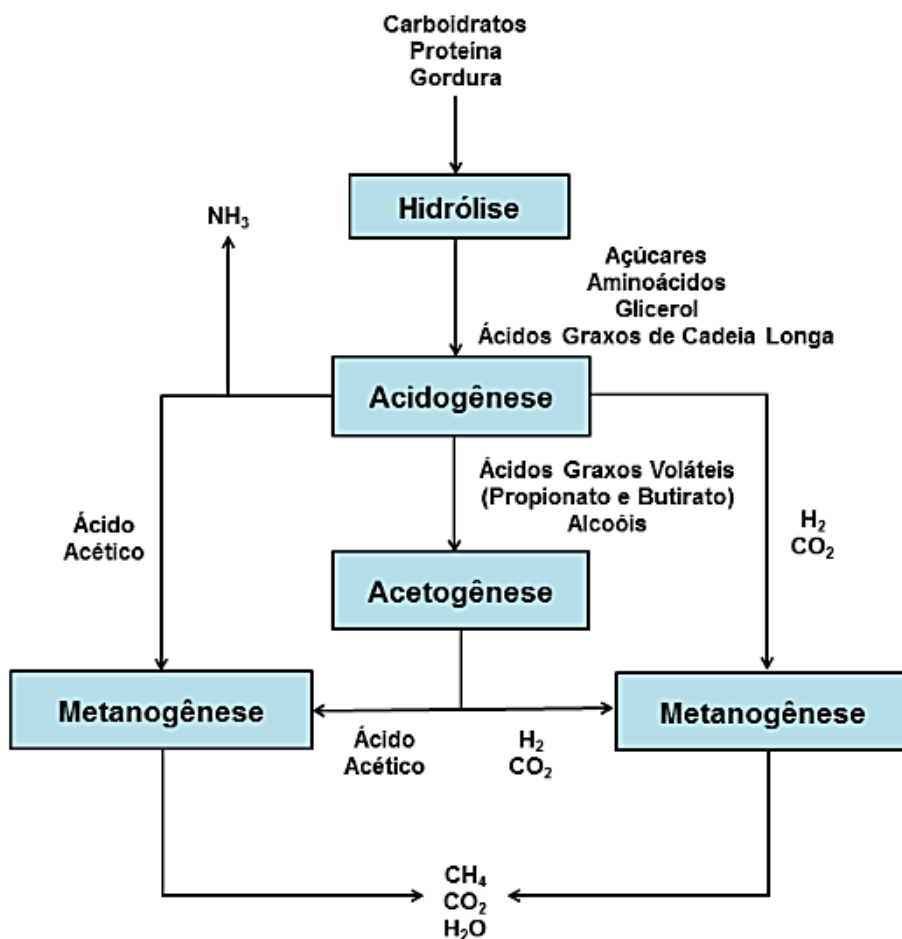


Figura 4.2 - Fluxograma do Processo de Digestão Anaeróbica

Fonte: Alterado de YEBO et al. (2011)

Durante a hidrólise, macromoléculas orgânicas, como carboidratos, proteínas e lipídeos, são despolimerizadas por enzimas extracelulares. A literatura sugere que a hidrólise de substâncias orgânicas complexas a compostos solúveis se trata de um fator limitante para a degradação de rejeitos com alto teor de sólidos (PARK et al., 2005). Consequentemente, pré-tratamentos físicos, químicos e/ou biológicos são requeridos para aumentar a solubilidade do resíduo e acelerar a taxa de biodegradação dos sólidos orgânicos (BAYR et al., 2013; CHARLES et al., 2009).

Um grande grupo de microrganismos está envolvido nesta primeira fase, que vão desde os aeróbicos facultativos aos anaeróbios estritos, e os filos mais comumente encontrados são os *Firmicutes* e *Bacteroidetes* (NISHIO, NAKASHIMASA, 2013).

Na etapa subsequente de acidogênese, também conhecida como fermentação, os açúcares, aminoácidos, glicerol e ácidos graxos de cadeia longa são degradados, produzindo ácido acético, ácidos graxos voláteis (principalmente propionato e butirato), alcoóis, amônia, hidrogênio e dióxido de carbono (LASTELLA et al., 2002).

Os ácidos graxos voláteis (*volatile fatty acids*, VFAs) são ácidos graxos de cadeia curta, com seis átomos de carbono ou menos, que podem ser destilados em pressão atmosférica. Na digestão anaeróbica, os VFAs são de suma importância para a manutenção da performance estável do reator e para a produção de biogás. São usados como parâmetros importantes para o monitoramento do processo e indicadores de problemas (WAGNER et al., 2016).

Anaeróbicos estritos como os do gênero *Clostridium*, *Bacteroides* e *Butyrivibrio* e anaeróbios facultativos do gênero *Bacillus*, *Enterobacter* e *Lactobacillus* já foram identificados como micro-organismos representantes da fase acidogênica. Na fase de acetogênese, outro consórcio bacteriano é responsável por consumir os ácidos graxos voláteis, gerando ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono. Foram isolados de meios de cultura de digestão anaeróbica bactérias como a *Syntrophomonas wolfei* e *Syntrophobacter wolinii* (NISHIO; NAKASHIMASA, 2013).

Dois grupos de arqueias são responsáveis pela fase metanogênica. As arqueias hidrogenotróficas, como as do gênero *Methanobacterium*, *Methanobrevibacter*, *Methanococcus*, *Methanospirillum*, *Methanogenium* e *Methanoculleus*, são autotróficas e consomem hidrogênio e dióxido de carbono para gerar metano e vapor d'água. Já as arqueias acetotróficas, também chamadas de acetoclásticas, *Methanosarcina* e *Methanosaeta* são heterotróficas responsáveis pela quebra do ácido acético em metano e dióxido de carbono (LASTELLA et al., 2002; NISHIO; NAKASHIMASA, 2013).

Por convenção, a produção de metano se dá majoritariamente pelas reações realizadas pelas arqueias acetoclásticas, responsáveis por até 70% da produção de metano (METCALF; EDDY, 2003). Porém esse grupo tende a ser inibido em condições de estresse, como elevação das concentrações de amônia do meio (ANGENENT et al., 2004).

Segundo Qiao et al. (2013), as bactérias mais abundantes da digestão anaeróbica de palha de milho foram as do filo *Firmicutes*, *Chloroflexi*, *Actinobacteria*,

Bacteroidetes e *Proteobacteria*. Já as arqueias, as predominantes foram as do filo *Euryarchaeota* (90%), enquanto as *Crenarchaeota* representaram apenas 10% da população deste tipo de microrganismo.

Já o estudo de Lebuhn et al. (2014) aborda o estudo da população microbiana de palha e feno a diferentes temperaturas (mesofílica e termofílica) e em reator de duas etapas (no primeiro ocorrem reações de hidrólise e acidogênese, no segundo, acetogênese e metanogênese). Membros mais presentes no sistema de hidrólise e acidogênese foram o *Clostridium IV* e *Prevotella* foram mais abundantes no sistema de hidrólise operando em condições mesofílicas (38°C), *Clostridium III* e *Lachnospiraceae* sob condições intermediárias (45°C) e *Clostridium IV* e *Thermohydrogenium/Thermoanaerobacterium* sob temperaturas termofílicas (55°C).

No estudo de Wang et al. (2014), o biorreator de duas fases que realizava a codigestão de resíduos hortifrutigranjeiros e palha de trigo apresentou boa decomposição de celulose e excelente produção de biogás. Houve dominância dos seguintes micro-organismos: bactérias *Bacteroidales*, *Clostridiales* e *Syntrophobacterales*, e arqueias *Methanosaeta*, *Methanosarcina*, *Methanoculleus*, *Methanospirillum* e *Methanobacterium* com predominância da *Methanosaeta*, indicando que a principal rota metanogênica tomada foi a acetoclástica. No estudo de van Haandel et al. (2014), que buscou a otimização da metanogênese de vinhaça em reator UASB, também foi observada a dominância da *Methanosaeta* sobre a metanogênese acetoclástica, que se sobrepôs à *Methanosarcina*.

Através da avaliação dos estudos acima, é possível observar que a população microbiana que se adapta e predomina durante a digestão anaeróbica depende de diversos fatores, dentre eles o tipo de reator, número de fases do reator, temperatura do meio e tipo de matéria-prima.

Como pode ser observado na Tabela 4.1, há reações acetogênicas termodinamicamente desfavoráveis em condições padrão, mas que ocorrem naturalmente em processos anaeróbios. Estas reações só se tornam possíveis caso seus produtos sejam mantidos em baixa concentração, o que ocorre graças à sintrofia entre micro-organismos acetogênicos e metanogênicos. As arqueias hidrogenotróficas e acetotróficas consomem o dióxido de carbono, hidrogênio e acetato produzidos pelas

bactérias acetogênicas, mantendo-os em baixas concentrações no meio e permitindo que as reações endergônicas ocorram (NISHIO, NAKASHIMASA, 2013).

Tabela 4.1- Variação da Energia Livre de Gibbs (ΔG°) das Reações nas Diferentes Fases da Digestão Anaeróbia

Fase	Substratos	Produtos	ΔG° (kJ)
Acidogênese	$C_6H_{12}O_6 + 4 H_2O \rightarrow$	$2 CH_3COO^- + 2 HCO_3^- + 4 H^+ + 4 H_2$	-207
	$C_6H_{12}O_6 + 2 H_2O \rightarrow$	$CH_3(CH_2)_2COO^- + 2 HCO_3^- + 3 H^+ + 2 H_2$	-135
	$3 C_6H_{12}O_6 \rightarrow$	$4 CH_3CH_2COO^- + 2 CH_3COO^- + 2 CO_2 + 2 H_2O + 2 H^+ + H_2$	-922
Acetogênese	$CH_3CH_2OH + H_2O \rightarrow$	$CH_3COO^- + H^+ + 2 H_2$	+10
	$CH_3CH_2COO^- + 3 H_2O \rightarrow$	$CH_3COO^- + H^+ + 3 H_2 + HCO_3^-$	+76
	$CH_3(CH_2)_2COO^- + 2 H_2O \rightarrow$	$2 CH_3COO^- + H^+ + 2 H_2$	+48
	$2 HCO_3^- + 4 H_2 + H^+ \rightarrow$	$CH_3COO^- + 4 H_2O$	-105
Metanogênese	$CO_2 + 4 H_2 \rightarrow$	$CH_4 + 2 H_2O$	-130
	$4 HCOO^- + 4 H^+ \rightarrow$	$CH_4 + 3 CO_2 + 2 H_2O$	-120
	$4 CO + 2 H_2O \rightarrow$	$CH_4 + 3 CO_2$	-186
	$CH_3COO^- + H^+ \rightarrow$	$CH_4 + CO_2$	-33
	$4 CH_3OH \rightarrow$	$3 CH_4 + CO_2 + 2 H_2O$	-309
	$4 (CH_3)_3NH^+ + 6 H_2O \rightarrow$	$9 CH_4 + 3 CO_2 + 4 NH_4^+$	-666
Denitrificação	$12 NO_3^- + C_6H_{12}O_6 \rightarrow$	$12 NO_2^- + 6 CO_2 + 6 H_2O$	-1'946
	$8 NO_2^- + C_6H_{12}O_6 \rightarrow$	$4 N_2O + 6 CO_2 + 6 H_2O$	-632
	$12 N_2O + C_6H_{12}O_6 \rightarrow$	$12 N_2 + 6 CO_2 + 6 H_2O$	-134
Redução de Sulfato	$4 H_2 + SO_4^{2-} + H^+ \rightarrow$	$4 H_2O + HS^-$	-152
	$CH_3COO^- + SO_4^{2-} \rightarrow$	$2 HCO_3^- + HS^-$	-48
	$4 CH_3CH_2COO^- + 3 SO_4^{2-} \rightarrow$	$4 CH_3COO^- + 4 HCO_3^- + H^+$	-151

Fonte: Alterado de SILVA, 2009

Porém, as arqueias metanogênicas são muito sensíveis quando comparadas às demais populações bacterianas envolvidas na digestão anaeróbia. O pH ideal para a manutenção da atividade destas arqueias varia de 6,5 a 8,2, enquanto para as bactérias atuantes nas fases de hidrólise e acidogênese é de 5,5 a 6,5. No caso da digestão anaeróbia proceder em apenas um reator, opta-se por manter o ambiente ótimo para as arqueias, mas a literatura sugere um crescimento na utilização de dois biodigestores em série. O primeiro mantém um pH ácido para otimizar as primeiras duas fases da digestão anaeróbia e seu digestato, que se encontra em uma forma mais biodisponível, alimenta o segundo biodigestor, que mantém um pH levemente básico para favorecer a acetogênese e metanogênese (KIM et al., 2003).

Caso o meio seja inibitório para as arqueias metanogênicas, seja pelo pH ácido ou alta concentração de componentes tóxicos no meio, bactérias redutoras de sulfato podem se estabelecer e consumir os substratos da fase metanogênica (ECKE,

LAGERKVIST, 2000). Com isso, há geração de ácido sulfídrico, que reduz a qualidade do biogás e seu valor comercial.

4.2.2 – Parâmetros do Processo

Os processos de digestão anaeróbia são classificados pelos parâmetros operacionais críticos, como continuidade, conteúdo sólido, temperatura de operação, número de resíduos utilizados e configuração do reator, que será abordada mais a frente (YEBO et al., 2011).

A percentagem de sólidos totais (% ST) é o oposto da umidade e este valor da matéria-prima que adentra o reator determina se a fermentação anaeróbica será sólida (seca) ou úmida. A digestão anaeróbia com conteúdo úmido, que possui menos de 20% de sólidos totais, é a mais utilizada tradicionalmente para resíduos como vinhaça, esgoto, dejetos animais e água residual de abatedouros. Já a fermentação de conteúdo seco, de 30 a 20% ST, é vantajosa por seu resíduo ser mais facilmente manuseável, aumentar a taxa de produção de biogás por unidade de volume e o reduzido consumo de água, o que contribui para a destinação do resíduo orgânico de maneira mais eficiente (LUO et al., 2015; SHI et al., 2014). Também gera um digestato pelletizado de mais fácil manuseio e que apresenta vantagens como fertilizante, por liberar seus nutrientes de forma mais lenta sob o solo. Porém, sua transferência de massa é menor e a carga orgânica é mais elevada, o que faz com que o reator demore mais para iniciar a alimentação e que a descarga do reator seja dificultada. Isto resulta em um tempo de retenção três vezes maior no biodigestor e pode aumentar o gasto energético pelo aquecimento e agitação do reator (YEBO et al., 2011, WU et al., 2015, MA et al.; 2015b).

A temperatura de operação é de grande importância para o controle do processo e, conseqüentemente, a qualidade do biogás e do digestato formado. A digestão anaeróbia que ocorre em temperaturas abaixo de 25°C, típica de pântanos, é chamada psicrófila, enquanto em temperaturas acima de 45°C é chamada termófila, geralmente em ecossistemas geotermicamente aquecidos. O termo mesófilico é usado para temperaturas intermediárias e é encontrado no sistema digestivo de animais ruminantes e cupins (KHALID et al., 2011.).

A digestão anaeróbia em temperaturas mesofílicas e termofílicas é mais facilmente encontrada na literatura. Em temperaturas abaixo de 30°C, os micro-organismos apresentam menor velocidade de crescimento, enquanto em temperaturas acima de 65°C, grande parte das enzimas produzidas pelos microrganismos do processo se desnatura e impossibilita a geração de metano. Foi relatado que o rendimento de metano não varia entre 30 e 65°C, porém é sabido que temperaturas mais altas dentro deste intervalo levam a tempos de retenção menores (KHALID et al., 2011).

O processo termofílico exige atenção, já que pode ocasionar descontrole no processo. Ao se operar um reator com temperaturas elevadas, a população microbiana tem seu metabolismo acelerado, resultando no aumento da velocidade das fases de hidrólise e acidogênese. Com isso, as bactérias acetogênicas não são capazes de assimilar todo o ácido gerado, que se acumula no meio. Isto resulta em uma redução drástica do pH e a morte de bactérias mais frágeis e arqueias metanogênicas. Com isto, deixa-se de produzir metano e toda a digestão anaeróbia eventualmente entra em colapso, extinguindo também o tratamento do resíduo e deteriorando a qualidade do digestato formado. Para reverter este problema, basta a implementação de um bom sistema de controle de pH no biodigestor (SUN et al., 2012).

Arqueias metanogênicas apresentam requerimento nutricional específico e bastante estudado para seu crescimento robusto. A deficiência de um de seus nutrientes minerais essenciais pode levar a uma bioconversão instável ou incompleta e, em último caso, na falha da biodigestão (YEBO et al., 2011).

Para o bom funcionamento do metabolismo das arqueias e um processo de digestão anaeróbia estável, os nutrientes precisam se encontrar nas razões e concentrações corretas (KAYHANIAN, RICH, 1995).

O carbono é um bloco de construção biológico de grande importância para a célula bacteriana. Como resíduos orgânicos são muito ricos em carbono, raramente este se mostra um nutriente limitante. Os requerimentos nutricionais acerca do carbono giram em torno de suas razões com outros macronutrientes importantes para o metabolismo dos micro-organismos do processo, como nitrogênio e fósforo. A concentração ideal de macronutrientes importantes para o metabolismo dos micro-organismos do processo também é visada por aumentar o rendimento de produção de metano (TAKASHIMA; SPEECE, 1990; CARRERE, 2015).

Razões mais citadas na literatura são Carbono e Nitrogênio (C:N), cujo valor ótimo de carbono total para nitrogênio total varia de 20:1 a 30:1 (YEBO et al., 2011). Razões inferiores a esta faixa revelam um meio muito rico em proteínas ou outros compostos ricos em nitrogênio, que poderiam levar a uma elevada geração de amônia e inibir as arqueias metanogênicas. Razões superiores apontam para um meio pobre em nitrogênio e que necessita de suplementação para o bom funcionamento dos micro-organismos (VON SPERLING, 1996).

O nitrogênio é de suma importância para a manutenção e proliferação microbiana, sendo imprescindível na síntese de proteínas, RNA e DNA (TAKASHIMA, SPEECE, 1990). Este processo também é sensível a concentrações acima de 150 mg.L^{-1} de amônia livre, resultante da degradação anaeróbia de componentes ricos em proteína (FOUNTOULAKIS et al., 2008). A literatura sugere que isto se deve, em parte, à redução da atividade específica de arqueias metanogênicas com o aumento da concentração de amônia (CHEN et al., 2008).

O fósforo também é necessário, principalmente para a síntese de ácidos nucleicos, porém em quantidade muito menor quando comparado ao requerimento de nitrogênio e carbono. Já o potássio aumenta a permeabilidade da parede celular, auxiliando no transporte celular de nutrientes e no balanço catiônico (WANG, 1984).

O requerimento de enxofre é uma questão complexa para a digestão anaeróbia, já que além de se tratar de um nutriente importante para os micro-organismos das quatro fases, em caso de descontrole do processo pode ser consumido por bactérias redutoras de sulfato, gerando ácido sulfídrico e reduzindo o valor do biogás. Também pode ser inibidor em concentrações acima de 200 mg.L^{-1} . As arqueias só consomem formas reduzidas de enxofre, como o sulfito, que é importante para o funcionamento de enzimas específicas (KAYHANIAN, RICH, 1995).

Outros minerais, como potássio, cobre, cobalto e ferro, são citados na literatura como nutrientes geralmente encontrados em arqueias, porém seu acréscimo ao meio nem sempre aumenta a produção de biogás ou auxilia na estabilidade do processo (KAYHANIAN, RICH, 1995). É importante destacar que nem todos os componentes do resíduo a ser tratado estão biodisponíveis. Há metais e componentes orgânicos recalcitrantes que ficarão concentrados no resíduo, podendo se tornar tóxicos.

Além dos nutrientes presentes na matéria-prima, há estudos que buscam definir as condições ideais nas quais se apresenta para o melhor desempenho da digestão anaeróbica. O tamanho de partícula reduzido aumenta a área superficial do resíduo e costuma aumentar sua taxa de produção de metano, porém devem ser realizados estudos para garantir que a energia gasta em pré-tratamentos físicos necessários para tal fim não inviabilizem o processo economicamente.

É usual a adição de um consórcio que pode ser encontrado naturalmente em resíduos ou adicionado em forma de inóculo. Este processo é comumente chamado de semeadura e pode ser realizado a partir de lodo anaeróbico que advém de um biodigestor que já esteja produzindo boas concentrações de metano em seu biogás, e este inóculo pode ser aclimatado para o resíduo que se deseja tratar ou não. A aclimação exige um processo de adaptação da população microbiana em condições anaeróbicas ao resíduo que se objetiva tratar em condições semelhantes às de processo. Seu objetivo é o de “semear” o meio de cultura com bactérias e arqueias especializadas para a digestão anaeróbica bem equilibrada do resíduo específico que se deseja tratar e de aumentar o rendimento de metano no biogás (KIM; OH, 2011; SHI et al., 2014).

4.2.3 - Codigestão

Em teoria, qualquer resíduo rico em matéria orgânica biodegradável pelos microrganismos presentes no processo de digestão anaeróbica é potencial matéria-prima para a digestão anaeróbia. A literatura sugere que a matéria-prima mais utilizada é o esterco de origem agropecuária. Porém, por apresentar alta concentração de nitrogênio, esta matéria-prima tem potencial para inibir as arqueias metanogênicas e ocasionar colapso do processo de digestão (MATA-ALVAREZ et al., 2011).

Resíduos de abatedouro são conhecidos por serem ricos não apenas em nitrogênio, mas também em gordura. Esta, em grandes quantidades, pode impermeabilizar as membranas bacterianas e impedir a passagem de nutrientes para o interior da célula e a excreção de enzimas extracelulares, causando a morte do micro-organismo (KHALID et al., 2011).

Já o uso de biomassa lignocelulósica se mostra um desafio pela baixa concentração de nitrogênio disponível, que se trata de um macronutriente importante para o funcionamento do organismo microbiano. O uso da fração orgânica dos resíduos

sólidos como matéria-prima geralmente causa inibição da população bacteriana por estarem impregnados por metais pesados.

Resíduos orgânicos biodegradáveis das mais variadas fontes podem sofrer digestão anaeróbia. Foi convencionado que a digestão anaeróbia de apenas uma espécie de resíduo, ou monodigestão, apresenta desvantagens devido às propriedades e concentrações dos seus componentes. Muitos exigem fortificação de nutrientes ou maior atenção ao controle e pH do processo, o que gera um custo adicional à digestão anaeróbia. Uma solução simples encontrada para o equilíbrio entre macro e micronutrientes, correção da umidade e/ou diluição de compostos inibitórios ou tóxicos foi a de misturar dois ou mais resíduos de diferentes origens (MATA-ALVAREZ et al., 2011).

Este procedimento é chamado de codigestão e o número de publicações que abordam este tópico cresceu drasticamente nos últimos anos, sendo considerado o de maior relevância dentro das pesquisas de digestão anaeróbia da atualidade. A codigestão de dois resíduos misturados tem o potencial de superar a soma da monodigestão dos dois resíduos separados na geração de metano, sem afetar a qualidade do digestato, o que aumenta a viabilidade econômica do processo (MATA-ALVAREZ et al., 2014).

Para que haja maior rendimento na produção de metano, há autores que acreditam que o resíduo da digestão anaeróbia deve apresentar umidade entre 80 e 99%, já que esta influencia diretamente na transferência de massa e oferta de nutrientes para os micro-organismos (KIM; OH, 2011). Com isso, muitos artigos que relatam a digestão anaeróbia de resíduos mais secos, como resíduos urbanos de feiras e alimentares, fazem diluição dos mesmos em água, ou fazem uma codigestão com outro resíduo de maior umidade (KIM; OH, 2011; LIU et al., 2013a; ZUPANCIC et al., 2008).

Há exemplos como a palha, que é um resíduo sólido rico em carbono, porém pobre em nitrogênio, afetando sua razão C:N. Uma solução para este problema é a codigestão da palha com algum resíduo rico em nitrogênio, como resíduos animais e biomassa algal, para realizar uma fortificação nutricional e balancear seus nutrientes.

4.3 - Produtos

A cadeia produtiva de biogás é fortemente integrada a diversos setores do mercado, que vão desde o tratamento e gerenciamento de resíduos ao suprimento de

fertilizantes para a agropecuária, geração de energia renovável e síntese de bioprodutos *drop in* (biometanol e ácido acético) e *non drop in* (solutos biocompatíveis e polímeros biodegradáveis) (IEA, 2013), como ilustrado pela figura 4.3.

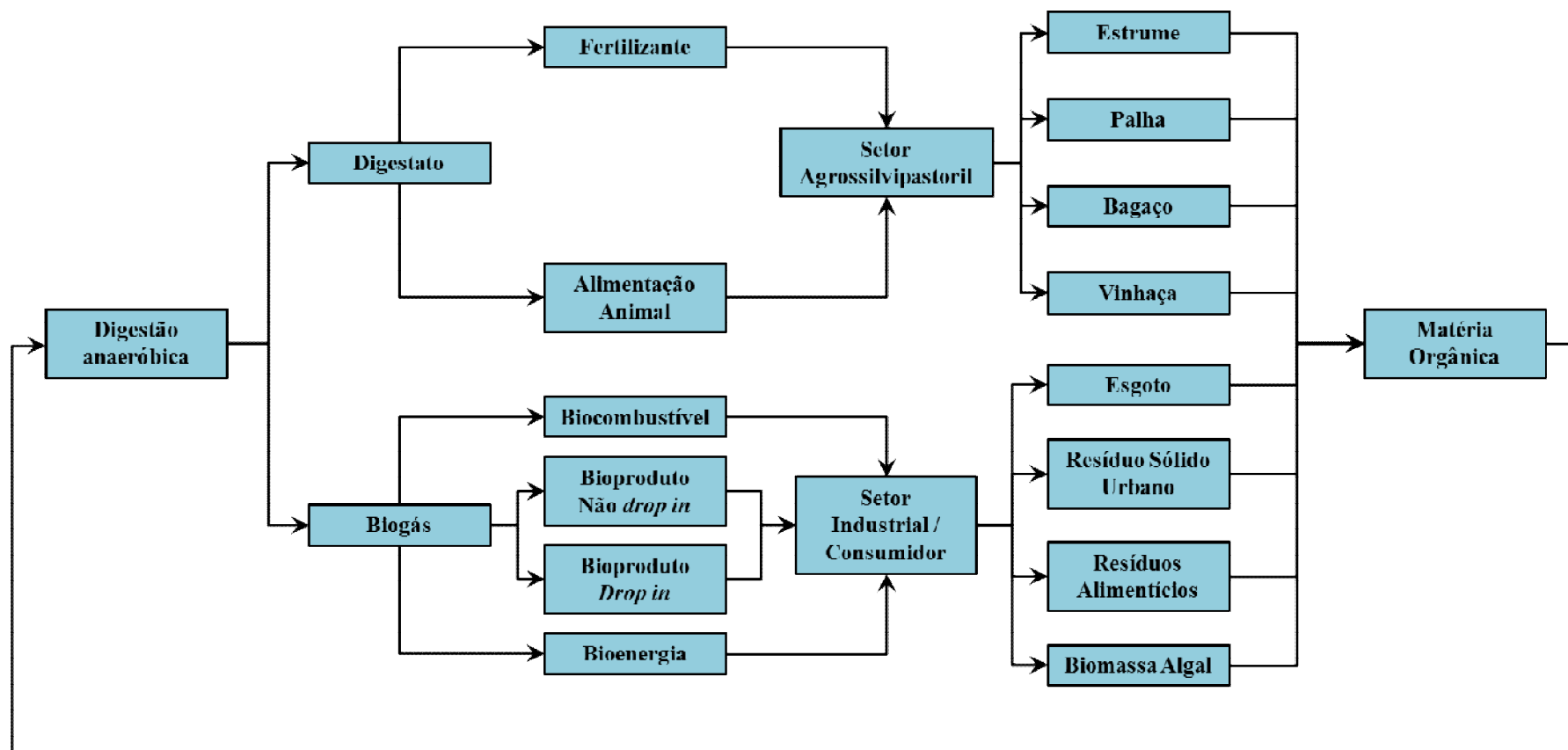


Figura 4.3 - Fluxograma Simplificado do Setor de Biogás

Fonte: Autoria própria

Logo, além de apresentar uma solução ambiental para os resíduos orgânicos, os produtos gerados são benéficos para o setor da agropecuária e a produção de biogás pode alavancar a economia do país, contribuir positivamente para a geração de produtos de maior valor agregado, a distribuição de energia e a menor dependência de combustíveis de origem fóssil.

Há diversas aplicações possíveis para o biogás que vão desde seu aproveitamento energético a geração de bioprodutos de maior valor agregado.

4.3.1 - Fertilizante

Os fertilizantes são empregados com o propósito de suprir as necessidades nutricionais das plantas, que se mostram insuficientes no solo. Os fertilizantes são classificados como minerais quando constituídos por compostos inorgânicos, orgânicos quando constituídos por compostos orgânicos de origem animal ou vegetal e mistos quando se tratarem de uma mistura de fertilizante mineral e orgânico (SOUZA, 2012). Corretivos são capazes de neutralizar a acidez dos solos. Sua qualidade depende da natureza química dos constituintes, poder de neutralização, teor de cálcio e magnésio, solubilidade, granulometria e reatividade (ALCARDE, 2005).

A qualidade do fertilizante está ligada a características físicas, químicas ou físico-químicas: sua distribuição granulométrica, estado físico, fluidez, densidade, consistência, número de nutrientes e sua forma química, teor de nutrientes, presença de compostos indesejáveis, solubilidade, higroscopicidade, empedramento e índice salino (RODELLA; ALCARDE, 2000). A presença de metais pesados tem adquirido maior importância nos últimos anos, já que além de exercerem efeitos negativos sobre o crescimento das plantas, afetam os processos bioquímicos do solo e podem ser carregados pelas chuvas aos lençóis freáticos, contaminando recursos hídricos importantes à biota (TSUTIYA, 1999).

Tradicionalmente, estrume ou vinhaça são destinados diretamente ou após a compostagem para a correção do solo na indústria agrícola (GEBREZGABHER et al., 2010; FUESS; GARCIA, 2014), porém esta prática leva à degradação do ar, solo e fontes hídricas. Novas legislações para a proteção do solo foram promulgadas em diversos países para controlar a aplicação de fertilizantes desta natureza ao solo (VAN HORN et al., 2003).

Diversos estudos mostram que o digestato gerado de uma digestão ou codigestão anaeróbia bem sucedida pode apresentar características superiores a fertilizantes de ótima qualidade devido à menor demanda química de oxigênio, baixa concentração de metais pesados e maior biodisponibilidade de macronutrientes, como nitrogênio e fósforo (OWAMAH, 2014; ROMERO et al., 2013; UGOJI, 1997).

Logo, destinar os resíduos como matéria-prima para a digestão anaeróbia e aproveitar o digestato como fertilizante tem potencial para solucionar este problema e produzir energia ou produtos de maior valor agregado. Aplicá-lo ao solo se mostra uma opção mais atrativa em termos ambientais, pois permite que os nutrientes sejam recuperados e reduz a perda de matéria orgânica sofrida por solos sob exploração agrícola (MATA-ALVAREZ et al., 2011).

Com isto, a digestão anaeróbia torna-se uma alternativa viável como fonte de energia renovável no setor agropecuário, cujo PIB em 2014 representou entre 22 e 23% do PIB total da economia brasileira, com cerca de R\$ 1,1 trilhão (FERNANDES, 2014). Seus resíduos podem ser utilizados como matéria-prima e o digestato produzido tem potencial para substituir o uso de fertilizantes comerciais para pastos e plantações. A importação de fertilizantes no país chega a 75%, demonstrando uma dependência nacional que pode ser solucionada (GANDRA, 2014).

4.3.2 - Biogás

O processo de digestão anaeróbia teve um crescimento expressivo com a primeira crise energética de 1973 e os estudos realizados deixaram de focar apenas no tratamento da matéria orgânica para abranger, também, a geração de biogás de qualidade superior.

A qualidade do biogás está diretamente associada às impurezas presentes no biogás e à sua concentração de metano, já que é proporcional ao poder calorífico, podendo atingir 9000 kcal.m^{-3} (MATA-ALVARES et al., 2000).

A seleção da matéria-prima com condições nutricionais ótimas e a operação do reator em condições propícias para a metanogênese contribuem para uma digestão anaeróbica bem sucedida, reduzindo a possibilidade de ação das bactérias redutoras de sulfato e aumentando a produção de metano.

A Tabela 4.2 apresenta as características e composições típicas de um biogás produzido a partir da matéria orgânica de resíduos agropecuários em reatores anaeróbios.

Tabela 4.2 - Características e Composições Típicas do Biogás

Parâmetro	Biogás - digestão anaeróbica ²
Poder calorífico inferior (MJ/Nm ³)	23
Metano (%vol)	53-70
Dióxido de carbono (%vol)	30-47
Nitrogênio (%vol)	-
Ácido sulfídrico (ppm)	<1000
Amônia (ppm)	<100

² Produzido a partir da matéria orgânica de resíduos agropecuários em reatores anaeróbios.

Fonte: ZANETTE (2009)

Dependendo da finalidade que se deseja dar ao biogás, exigências maiores quanto a sua pureza e concentração de metano serão realizadas. Para isso, é necessário o seu *upgrade*, ou pós-tratamento. Quanto mais nobre a sua finalidade, como a geração de bio-GNV ou inserção na rede de gás, mais complexo e custoso será o *upgrade*, exigindo uma avaliação de viabilidade técnica e econômica para cada caso.

4.3.3 - Bioenergia

A bioenergia gerada a partir do biogás pode ser elétrica, térmica ou combinada dependendo da tecnologia de conversão energética aplicada.

A conversão energética do biogás é realizada por motores de combustão interna, que se trata de uma máquina térmica simples e robusta, onde a energia química do combustível é convertida em trabalho mecânico, partindo de sua combustão (PECORA, 2006). Também pode haver combustão direta em caldeiras ou pelo emprego de turbina a gás, porém estes equipamentos atingem valores de eficiência (ou de rendimento) da conversão energética que não ultrapassam os 30%. A eficiência de conversão energética de algumas tecnologias está apresentada na tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Eficiência de Conversão Energética de Biogás em algumas Tecnologias

Tecnologia de Conversão	Potência Energética (MW)	Eficiência Energética (%)
Motores a gás	0,03 – 20	30 – 34
Motores diesel: diesel + biogás	Nd	30 – 35
Turbinas a gás (pequeno e médio porte)	0,50 – 150	20 – 30
Microturbinas	0,03 – 0,10	24 – 28

Nd – Dado não disponível

Fonte: Adaptado de Fuess (2012) *apud* Pecora (2006)

Motores que, apesar de haverem sido projetados para um tipo específico de combustível, foram adaptados para o emprego do biogás ou qualquer outro gás combustível, apresentam eficiência de conversão energética reduzida, bem como maior emissão de gases do efeito estufa.

Alguns trabalhos citam o potencial do uso da bioenergia gerada a partir da digestão anaeróbica para a substituição de energia de origem fóssil na planta, gerando economia e redução da pegada de carbono do processo (ASATO et al., 2014; FUESS; GARCIA, 2014; FUESS; GARCIA, 2015).

4.3.4 – Outros Biocombustíveis

Um grande interesse quanto à aplicação da digestão anaeróbia é o de acoplar esta tecnologia à produção de etanol de segunda geração (2G). O biogás gerado tem o potencial de alimentar energeticamente e termicamente a planta de geração de etanol 2G, tornando-a mais independente de combustíveis fósseis e contribuindo para sua maior viabilidade econômica (LYU et al., 2015; VASIL, 2016; XU, 2016).

Esta ideia se encaixa no conceito de biorrefinaria, análogo ao da refinaria de petróleo, onde há integração entre os processos de conversão de biomassa e equipamentos para a produção de combustíveis, energia, calor e produtos químicos de maior valor agregado a partir da biomassa (GONÇALVES, 2015; SHARMA, 2015).

Alguns trabalhos citam o uso digestato gerado a partir da digestão anaeróbica de palha ou vinhaça como meio de cultura de microalgas, cujo óleo é usado para a produção de biodiesel. Formagini et al. (2014) realizaram experimento onde o digestato

da produção de biogás a partir da vinhaça é usado como meio de cultura de microalgas, cujo óleo é usado para a produção de biodiesel. Nesse mesmo sistema, o dióxido de carbono gerado a partir da fermentação alcoólica que gerou a vinhaça é utilizado como fonte de carbono das microalgas, e o líquido alcalino resultante da cultura de microalgas tem o potencial corrigir o pH da vinhaça, naturalmente ácida, para a digestão anaeróbica.

A palha de milho, como a palha de arroz, é um dos resíduos agrícolas mais abundantes na China. Ela é utilizada para a produção de combustível de biomassa densificada (*densified biomass fuel*, DBF), que é uma matéria-prima sólida que teve seu volume reduzido com o objetivo de aumentar sua densidade energética. A característica mais importante desse biocombustível sólido é a de permanecer íntegro durante a prensagem e manuseio, além de ter uma boa performance como combustível. Porém um dos problemas da produção de DBF a partir da palha é o seu rápido desgaste, o que reduz a qualidade do biocombustível.

Uma das soluções encontradas por Yang et al. (2013) é a de digerir anaerobicamente a palha para a produção de biogás e digestato. O digestato é seco e prensado para a geração de um DBF de maior qualidade do que o gerado diretamente da palha de milho, como o seu conteúdo energético 32% superior e conteúdo de lignina, 7,9% maior. Wei e Han (2015) também patentearam uma metodologia de produção de combustível sólido de biomassa a partir do digestato produzido a partir da codigestão de palha, folhas, casca de arroz e casca de milho para a substituição do carvão.

É possível gerar gás natural liquefeito (bio-liquid natural gas, bio-LNG) ou comprimido (bio-compressed natural gas, bio-CNG) a partir do *upgrade* do biogás gerado a partir da digestão anaeróbica. A empresa Qitaihe Baotailong Coal Chemical Industry Co, LTD é cessionária de duas patentes solicitadas que concernem à fermentação de palha para a geração de biogás, que é purificado e refinado para que possua todas as qualidades do gás natural de origem fóssil. Em seguida, é liquefeito ou comprimido para armazenamento. As patentes afirmam que uma tonelada de palha tem o potencial de gerar 283 litros de bio-LNG (MA et al., 2015a) ou 180 metros cúbicos de bio-CNG (QIN et al., 2015), potencialmente reduzindo a dependência chinesa do gás natural estrangeiro.

Biocombustível veicular é um substituto potencial do gás natural veicular (GNV) e comumente chamado de bio-GNV e é gerado a partir do *upgrade* do biogás (LI; YU, 2013).

4.3.5 – Outros Bioprodutos

Os bioprodutos *drop in*, como biometanol e ácido acético, podem ser sintetizados a partir dos componentes do biogás, que são considerados mais “verdes” devido a sua origem renovável. Algumas empresas, como a Mango Materiais, estão inovando e utilizando o biogás para a produção de bioprodutos *non drop in*, como polímeros biodegradáveis PHB, úteis para diversos setores como o de próteses e embalagens alimentícias (LAIRD, 2014).

Há documentos neste trabalho que citam a digestão anaeróbica para a produção de ácidos graxos voláteis (LIU et al., 2013b; XIE et al., 2013; XIE et al., 2014), carvão ativado (FANG et al., 2015), alimento animal (ZHOU et al., 2014; TANG, 2014a; TANG, 2014b; TANG, 2014c; TANG, 2014d), ácido sulfídrico (FOODY; TOLAN, 2016), dióxido de carbono para a rede alimentícia (CHENG et al, 2015).

XIE et al. (2013; 2014) foram responsáveis pela aplicação de duas patentes para a produção de digestato rico em ácidos graxos voláteis a partir da vinhaça de mandioca com o objetivo de tratar esgoto urbano. Os ácidos graxos voláteis podem ser usados como fonte de carbono para micro-organismos em reatores de desnitrificação de esgoto para a remoção de compostos ricos em nitrogênio e fósforo.

Fang et al. (2015) patentearam uma metodologia para a utilização do digestato para geração de carvão ativado para tratamento de águas residuais contaminadas com cádmio, já que esse produto possui excelente adsorção desses íons específicos.

4.4 – Insumos do Processo

As condições operacionais do biodigestor, como a velocidade de agitação e controle de temperatura e pH, são essenciais para a melhor operação do processo. Além destas, a forma e tipo de biodigestor também é impactante para a digestão. A literatura sugere um crescimento na utilização de dois biodigestores em série, onde o primeiro mantém um pH ácido para otimizar as primeiras duas fases da digestão anaeróbia. Seu digestato, que se encontra em uma forma mais biodisponível, alimenta o segundo

biodigestor, que mantém um pH levemente básico para favorecer a acetogênese e metanogênese (KIM, 2003).

4.4.1 - Reator

Os reatores onde ocorre a digestão anaeróbia, também chamados de biodigestores ou fermentadores, devem ser completamente herméticos, já que concentrações acima de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ de oxigênio geram um ambiente de alta toxicidade para as bactérias e arqueias estritamente anaeróbias. Os biodigestores podem ser classificados de diversas formas, sendo a mais usual a de separá-los pela forma de imobilização dos micro-organismos presentes.

Nos reatores de primeira geração, apresentados na Figura 4.4, a população bacteriana se encontra em suspensão e são mais utilizados em função de seu baixo custo e simplicidade de operação. Dentre eles estão: o Reator em Batelada, um tanque com agitação mecânica que não admite entrada ou saída de reagentes ou produtos durante o processo; o Reator Tanque Agitado Contínuo (CSTR) convencional, com agitação e recolhimento contínuo de todo o biogás gerado; o CSTR com recirculação de biogás, que dispensa o uso de agitação já que parte do biogás gerado é re-injetado na parte inferior do reator e as bolhas formadas proporcionam turbulência, que promove a transferência de massa necessária; e o *plugflow* horizontal, ou reator de fluxo pistonado horizontal, no qual parte do digestato gerado é misturado ao resíduo e bombeado de volta ao biodigestor para o aumento da eficiência do processo (NISHIO, NAKASHIMASA, 2013).

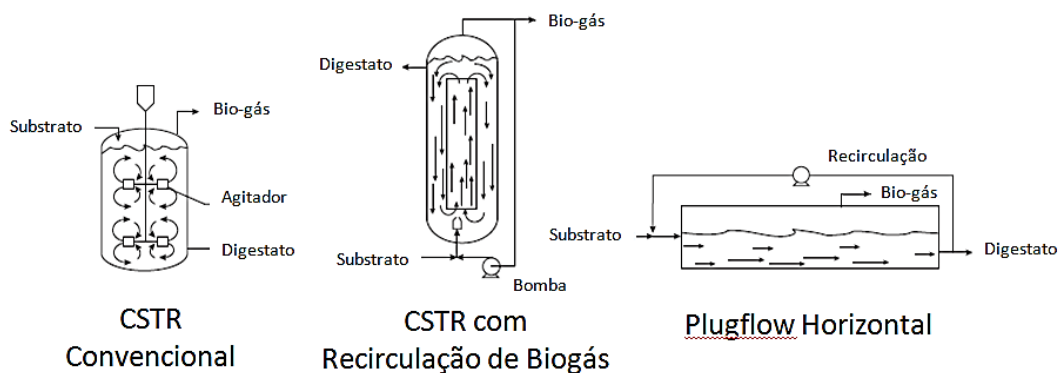


Figura 4.4- Biodigestores de Primeira Geração

Fonte: Adaptado de NISHIO, NAKASHIMASA (2013)

A Figura 4.5 apresenta reatores de segunda geração, cujos micro-organismos se apresentam suportados ou sedimentados. O reator do tipo filtro anaeróbio contém micro-organismos suportados em um leito de britas que convertem resíduo em digestato, gerando biogás. Parte do digestato é recirculado para aumentar a eficiência do processo (NISHIO, NAKASHIMASA, 2013).

O reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo, ou UASB, se baseia na capacidade de agregação das bactérias e arqueias anaeróbias. O resíduo entra pela parte inferior do reator, sendo consumido por micro-organismos agregados em um leito de lodo granular. Durante o processo, bolhas de biogás são geradas e sobem até a superfície pela diferença de densidade, perturbando o leito e permitindo que parte dos grânulos seja carregada à superfície. Os anteparos, ou defletores de gases, agem guiando os gases até o separador trifásico e atuam na separação sólido-líquido na lateral do reator, provocando turbulência no fluxo ascendente da mistura e permitindo que os micro-organismos desçam para o leito de lodo granular. Já o separador trifásico se incumbe de separar grânulos microbianos, digestato líquido, que é recolhido pela lateral superior do biodigestor, e biogás gerado, coletado no topo. Este tipo de reator vem ganhando aceitação por combinar uma boa eficiência de remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos com a baixa necessidade de terreno, operação simples e baixos custos de construção, operação e manutenção (NISHIO, NAKASHIMASA, 2013).

O reator de leito granular expandido, ou EGSB, se assemelha ao reator UASB, porém é maior em comprimento e com uma alta taxa de reciclo para aumentar a velocidade do fluxo ascendente. Com isso, há aumento do contato entre grânulos e o resíduo, permitindo o tratamento de resíduos de alta carga, superior a $30 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ (LIM, 2009).

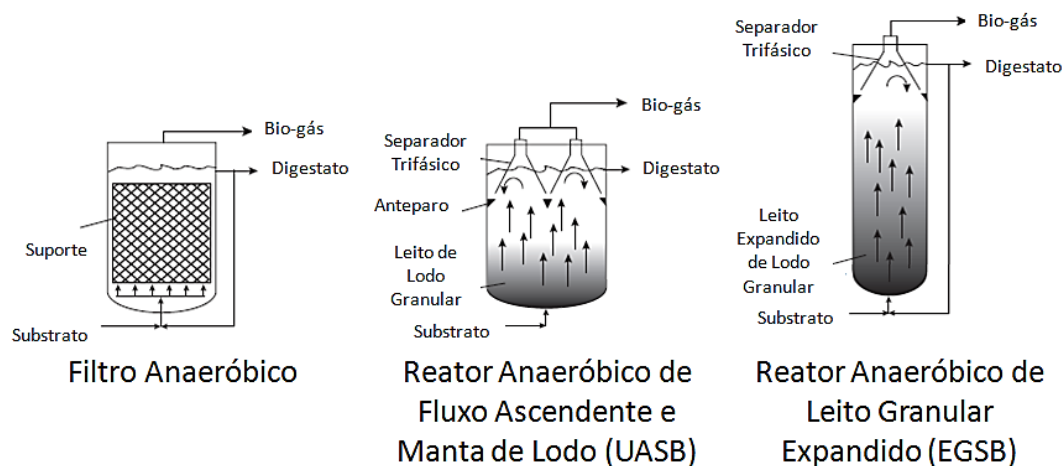


Figura 4.5 - Biodigestores de Segunda Geração

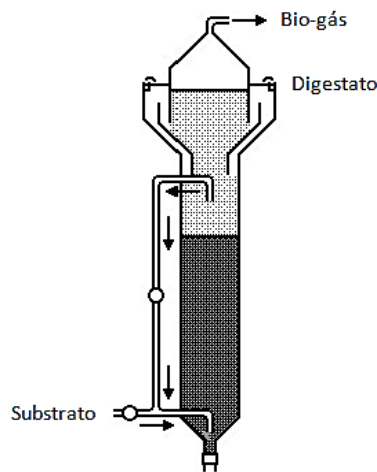
Fonte: Alterado de NISHIO, NAKASHIMASA (2013)

A Figura 4.6 ilustra os biodigestores de terceira geração, nos quais os micro-organismos encontram-se aderidos a um suporte que pode ser expandido ou fluidizado. Os reatores anaeróbicos de leito expandido e de leito fluidizado são muito similares estruturalmente e no modo de funcionamento. O resíduo é injetado na parte inferior do reator e passa por um leito suportado de lodo. O biogás gerado sai pelo topo, e o digestato por pequenas saídas laterais superiores. Há uma taxa de reciclo alta e regulável para a manipulação da velocidade do fluxo ascendente (LIM, 2009).

A diferença entre os dois reatores se encontra no estado do leito inerte de areia, cascalho ou plástico durante o processo. Para partículas de forma e tamanho uniforme, a relação entre queda de pressão e velocidade do fluxo ascendente é praticamente linear até que se atinja a velocidade de mínima fluidização. A partir deste ponto, o aumento de velocidade não altera a queda de pressão e o leito passa a ser chamado de fluidizado. Reatores de leito expandido são mecanicamente mais fáceis de operar e suas partículas costumam ter diâmetro maior, enquanto os de leito fluidizado são conhecidos pela maior eficiência na remoção de altas cargas orgânicas (WEBER, 2006).

Autores divergem quanto às diferenças entre estes dois reatores. Kunii e Levenspiel (1969) afirmam que velocidades acima da velocidade mínima de fluidização já permitem considerar o leito como fluidizado, e velocidades abaixo desta promovem um leito expandido. Já autores como Jewell et al. (1982) discordam, se baseando apenas na altura do leito para definir se este se encontra expandido ou não durante o processo.

Alturas de leito durante a operação do reator de 10 a 25% superiores à altura do leito em repouso caracteriza o reator como leito expandido, enquanto em leitos fluidizados, a expansão é da ordem de 80 a 100%.



Reator Anaeróbico de
Leito Expandido e
Leito Fluidizado

Figura 4.6 - Biodigestores de Terceira Geração

Fonte: Alterado de REATORES – CETESB

4.4.2 – Equipamentos do Processo

Os parâmetros do processo de digestão anaeróbica necessitam de controladores, como os de temperatura (WANG; ZOU, 2012) e pH. Há equipamentos de detecção para produtos intermediários da produção de biogás, como ácidos graxos voláteis e acetato, bem como para a detecção de íons de sulfato.

Equipamentos de pré-tratamento também foram citados em patentes analisadas. Xiong et al. (2015) patentearam um sistema de pré-tratamento de resíduos ricos em lignina, envolvendo tanto um pré-tratamento mecânico de corte e maceração da palha quanto um subsequente pré-tratamento biológico de pré-digestão primária em reator *plugflow* para acelerar o processo de hidrólise. A patente de Foody e Tolan (2016) se refere a uma metodologia de pré-tratamento químico de resíduo lignocelulósico combinando a ação do ácido sulfúrico e/ou sulfídrico e a oxidação úmida para gerar um resíduo rico em compostos fenólicos que, segundo os autores, é fermentado anaerobicamente para a geração de biogás rico em metano e ácido sulfídrico. Após a

dessulfurização do biogás, o ácido sulfídrico gerado é reciclado ao processo de pré-tratamento. Jiao et al. (2014a; 2014b) foram responsáveis por duas patentes que incluem tanques de pré-tratamento aeróbio e microaeróbio e equipamentos acessórios para os mesmos.

Agitadores são importantes principalmente para resíduos sólidos com teor de sólidos acima de 20% que apresentam maior dificuldade de homogeneização (LUO et al., 2016b). Guo et al. (2014) patentearam um equipamento de mistura da palha em digestão anaeróbica que combina equipamentos mecânicos e hidráulicos, auxiliando na homogeneização dentro do tanque. Já os dispositivos de alimentação específicos para inserção de resíduos sólidos com o objetivo de evitar a entrada de oxigênio no processo foram patenteadas (PERSKE, G., 2012; YUE et al., 2012.)

4.5 – Técnicas de Recuperação

O biogás gerado a partir da digestão anaeróbia é rico em metano, porém possui impurezas como dióxido de carbono e, dependendo do controle do processo, concentrações elevadas de ácido sulfídrico e amônia. Caso o meio seja inibitório aos micro-organismos metanogênicos, seja pelo pH ácido ou alta concentração de componentes tóxicos no meio, bactérias redutoras de sulfato podem se estabelecer e consumir os substratos da fase metanogênica (ECKE & LAGERKVIST, 2000). Com isso, há geração de ácido sulfídrico, que reduz a qualidade do biogás e seu valor comercial.

De acordo com a técnica de recuperação, ou *clean up*, ao qual é submetido, o biogás pode ter diferentes aplicações. Seus fins energéticos se estendem desde a inserção de biometano na rede de gás natural ou utilização como combustível veicular até a queima do biogás para a geração de energia elétrica ou térmica.

Além da finalidade energética, o biogás tem potencial de ser convertido a produtos de maior valor agregado. Porém, para que tenha esta finalidade, técnicas de separação mais impactantes financeiramente são necessárias.

4.5.1 – Pós-Tratamento do Biogás

A Tabela 4.4 indica a necessidade de remoção de impurezas do biogás de acordo com a aplicação desejada. Altas concentrações de CH₄ estão relacionadas ao maior

poder calorífico, enquanto baixas concentrações de impurezas, como vapor d'água, nitrogênio, oxigênio, amônia, siloxanas e ácido sulfídrico (H₂S), permitem uma destinação mais nobre ao gás.

Tabela 4.4- Necessidade de Remoção de Impurezas do Biogás de acordo com sua Finalidade

Aplicação	H ₂ S	CO ₂	H ₂ O
Caldeiras	<1000 ppm	Não	Não
Fogões	Sim	Não	Não
Co-geração	<1000 ppm	Não	Condensação do vapor
Combustível veicular	Sim	Recomendável	Sim
Rede de gás natural	Sim	Sim	Sim

Fonte: ZANETTE (2009)

As tecnologias de *upgrade*, ou tratamento do biogás podem ser dispendiosas e comprometer a viabilidade econômica do processo. Logo, a necessidade de pós-tratamento deve ser analisada e, geralmente, varia de acordo com a finalidade do biogás (ZANETTE, 2009) e com as características da planta (PETERSSON; WEELINGER, 2009).

A Figura 4.7, que explicita os tratamentos necessários para o biogás de acordo com sua finalidade, indica que para a queima do biogás em caldeiras são necessários tratamentos mais simples e menos dispendiosos, enquanto o uso como combustível veicular e injeção na rede de gás natural exige um gás de maior pureza e tratamentos mais dispendiosos (IEA, 2013).

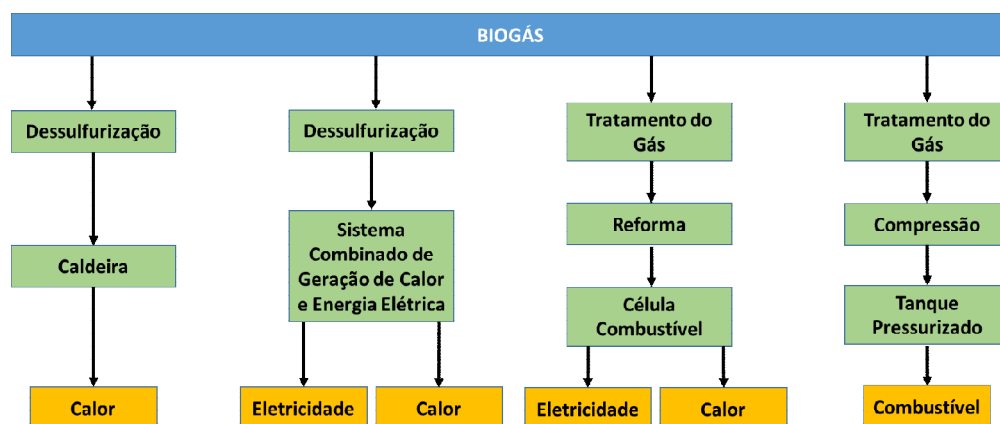


Figura 4.7 - Tratamentos necessários para o Biogás de acordo com sua Finalidade

Fonte: adaptado de IEA, 2013

Dentre os tipos de *upgrade* do biogás, há a remoção de água que geralmente satura o biogás e pode se condensar nas tubulações e causar corrosão. Dentre as metodologias de tratamento, há o resfriamento, compressão, absorção e adsorção. O aumento de pressão ou redução de temperatura fará com que a água presente no biogás se condense e possa ser removida, enquanto a adsorção pode ser realizada com uso de óxido de silício (SiO_2), carvão ativado ou peneiras moleculares, que podem ser regenerados com aquecimento ou redução de pressão. Já a absorção pode ser realizada com soluções de glicol ou sais higroscópicos (PETERSSON; WEELINGER, 2009).

A remoção do ácido sulfídrico, formado pelos micro-organismos redutores de sulfato presentes na digestão anaeróbica, ocorre pela precipitação dos compostos sulfurados presentes na matéria-prima ainda dentro do reator com o uso de cloretos de ferro II e III ou sulfato de ferro. Há maneiras alternativas de se precipitar os íons sulfato no digestato, como a patenteada por LIAO et al. (2014), onde a vinhaça é codigerida com cinzas de palha para que estas adsorvam e precipitem os sulfatos.

Também pode haver a dessulfurização do biogás com o uso de carvão ativado engenheirado com poros de tamanho específico e impregnado com permanganato, iodeto de potássio, carbonato de potássio ou óxido de zinco, tendo o biogás sido oxidado com a adição de oxigênio na presença de água. Outra opção é a absorção química com lavagem com hidróxido de sódio, uso de materiais revestidos com óxido de ferro ou pelo uso de soluções de quelato férrico III. Há também a opção de tratamentos biológicos, onde o sulfeto de hidrogênio é oxidado por micro-organismos do gênero *Thiobacillus* e *Sulfolobus*. Por se tratarem de bactérias aeróbicas, a adição de oxigênio ao biogás é necessária (ZHENG, 2015; COLTURATO, 2015).

Nitrogênio e oxigênio podem ser contaminantes do biogás. O oxigênio não é um componente encontrado naturalmente no biogás, já que o processo é anaeróbico e qualquer oxigênio presente no reator seria consumido pelas bactérias aeróbicas facultativas presentes na fase de hidrólise e acidogênese, porém pode contaminar o biogás por problemas no processo e/ou equipamentos. Para remover estes contaminantes, podem ser usados carvão ativado, peneiras moleculares ou membranas, logo uma percentagem desses gases pode ser extraída, também, durante o processo de dessulfurização. A remoção completa desses componentes é muito dispendiosa, logo

não costuma ser realizada a não ser que o uso do biogás seja para fins muito nobres (PETERSSON; WEELINGER, 2009).

A amônia é gerada pela degradação de proteínas e outros compostos nitrogenados na matéria-prima da digestão anaeróbica. Costuma ser separada do biogás durante o processo de secagem ou em outro processo de *upgrade*, então geralmente não é necessário um processo específico para a sua remoção. Materiais particulados podem causar desgaste mecânico de motores e turbinas a gás, sendo removidos através de filtragem mecânica (HOYER et al., 2016).

As siloxanas são compostos que contêm ligação entre oxigênio e silício e estão presentes em xampus e desodorantes, sendo então encontrados no biogás advindos da digestão anaeróbica em aterros e esgotos. Quando queimadas, as siloxanas geram óxido de silício, um pó branco que pode gerar problemas nos motores a gás. Costumam ser removidas por resfriamento do biogás, adsorção em carvão ativado (este não pode ser regenerado, apenas descartado), alumínio ativado ou sílica gel e pela absorção em soluções de hidrocarbonetos. Podem ser removidos, também, durante o processo de dessulfurização (PETERSSON; WEELINGER, 2009).

Dentre as tecnologias aplicadas em grande escala ou escala piloto para o processo de *upgrade* do biogás, estão a Adsorção por Variação de Pressão (*Pressure Swing Adsorption* – PSA), Absorção e Membranas. Também existem técnicas em ascensão, como o *Upgrading* Criogênico, que faz uso da diferença entre os pontos de sublimação do dióxido de carbono e metano para separá-los (HOYER et al., 2016).

Durante a aplicação da técnica PSA, o dióxido de carbono é separado do biogás em superfície de carvão ativado ou zeólitas sob elevadas pressões. O material adsorvente é regenerado por redução sequencial da pressão, o que dá nome à técnica. Caso haja umidade ou sulfeto de hidrogênio no biogás, estes ficarão adsorvidos no material e podem destruir sua estrutura, logo a técnica de PSA deve ser utilizada após procedimentos de secagem e dessulfurização do biogás (PETERSSON; WEELINGER, 2009).

No processo de absorção, o biogás entra em contato com um líquido em contrafluxo dentro de uma coluna recheada com polímeros para aumentar sua área de contato. Seu princípio se baseia na maior solubilidade do dióxido de carbono quando

comparado ao metano. Dentre os processos de absorção há a Lavagem com Água (do inglês, *Water Scrubbing*), onde o dióxido de carbono é mais solúvel a baixas temperaturas. A Lavagem com Solvente Orgânico (do inglês, *Organic Physical Scrubbing*) se dá com o uso de polietileno glicol, no qual o dióxido de carbono é mais solúvel do que na água. A Lavagem Química (do inglês, *Chemical Scrubbing*) é realizada com o uso de soluções de aminas, que são fortemente seletivas e reduzem a perda de metano durante o processo. Em todos os três processos é imprescindível a dessulfurização prévia do biogás (ZHENG, 2013; SHAH; NAGARSHETH, 2015).

As membranas são feitas de material permeável ao dióxido de carbono, água e amônia, pouco permeável para o sulfeto de hidrogênio e nitrogênio e praticamente impermeável ao metano. Antes deste processo, é importante que haja a dessulfurização do biogás e filtragem para a remoção de água, óleo e aerossóis. É um método clássico e suas primeiras plantas foram construídas em 1970 nos Estados Unidos. Apesar de seu *design* ter sido otimizado ao longo dos anos com pressões de operação e perdas de metano reduzidas, se trata da técnica de *upgrade* de biogás menos utilizada (HOYER et al., 2016).

Uma técnica observada durante a análise de patentes revelou inovadora no *upgrade* do biogás, onde a biodescarbonização se dá com a aplicação do biogás diretamente no cultivo de microalgas, que consomem o dióxido de carbono como fonte de carbono (LIM et al., 2015).

4.5.2 – Pós-Tratamento do Digestato

O tratamento aplicado ao digestato está geralmente associada ao seu estado físico, sua finalidade e a viabilidade econômica do processo, pois os pós-tratamentos podem ser muito dispendiosos e tornarem todo o processo inviável. Segundo a BioEnergy Farm (2017), materiais sólidos são geralmente utilizados para alimentação animal, condicionamento do solo e como composto, concentrados líquidos podem ser usados para ferti-irrigação e o líquido purificado, reciclado ao processo.

Os pós-tratamentos mais comuns do digestato sólido é a sua secagem para aplicação no solo. Digestatos com uma maior umidade podem sofrer separação sólido-líquido, onde sua fração sólida pode ser diretamente aplicada ao solo, ou sofrer compostagem ou secagem para a formação de composto ou sólidos secos para

estabilizar o resíduo (ZENG; ZENG, 2016), podendo haver granulação para a produção de alimento animal ou fertilizante (XU et al., 2014).

Já a fração líquida é passível de evaporação para gerar concentrado líquido ou remoção de sólidos avançada, condicionamento e *stripping*, formando líquido com menor concentração de nitrogênio, sendo ambos potencialmente destinados à fertirrigação. Também há a possibilidade de tratamento biológico para a formação de água parcialmente purificada, que pode ser reciclada ao processo ou disposta no ambiente. Caso haja a remoção de sólidos avançada, seguido pela ultrafiltração e osmose reversa, há a geração de água purificada que pode ter uso na planta ou disposta corretamente (WERENER, 2014).

Também pode haver sua incineração para a geração energética (LUO et al., 2016a), processos de nitrificação/denitrificação e o peneiramento. Resíduos líquidos costumam ser filtrados (CHI et al., 2015; QUIAO et al., 2012) ou sofrer coagulação (LIU et al., 2013a; RODRIGUES et al., 2014).

Fang et al. (2015) patentearam uma metodologia de processamento do digestato que engloba sua maceração, tratamento com hidróxido de potássio, lavagem com água aquecida, secagem e granulação para a produção de carvão ativado com elevados índices de adsorção de íons cádmio.

O processo de denitrificação/nitrificação objetiva a eliminação dos compostos nitrogenados de uma substância, reduzindo seu potencial poluente e equilibrando as concentrações de nutrientes. A primeira etapa é a nitrificação autotrófica, onde ocorre a oxidação da amônia a nitrato em condições aeróbicas em duas sub-etapas distintas que são realizadas por bactérias quimio-autotróficas diferentes: nitrificação e oxidação do nitrito a nitrato. A denitrificação é o processo de redução onde o nitrato gerado durante a nitrificação é usado como receptor de elétrons e passando para a forma de nitrogênio (PHILIPS *et al.*, 2002).

A compostagem se baseia em um processo aeróbico controlado, onde uma população diversa de micro-organismos atua em duas etapas: a primeira, onde as reações bioquímicas são mais intensas e ocorrem geralmente em condições termofílicas; e a segunda, chamada de fase de maturação, onde ocorre a humificação. Seu objetivo é

estabilizar a matéria-prima e reduzir seu potencial poluidor. O peneiramento geralmente ocorre para a retirada de impurezas diversas do digestato pós-compostagem.

Dependendo da umidade do digestato gerado, este pode necessitar de uma separação sólido-líquida, onde o líquido (ou lixiviado) é reciclado para o reator ou usado para a ferti-irrigação. A fração sólida pode ser usada para alimentação animal ou queima para geração energética, como afirma o Guia Técnico Ambiental de Biogás na Indústria (2015).

5 - Fase de Prospecção Tecnológica

Como citado anteriormente no Capítulo 2, a fase prospectiva se baseia na busca orientada de documentos conforme a estratégia definida na fase anterior. A concretização e maturidade das informações obtidas foram alocadas em quatro períodos temporais, que têm atrelados a si um tipo de documento:

- Longo Prazo – São analisados artigos científicos;
- Médio Prazo – São analisadas patentes depositadas (do inglês, *applied patents*);
- Curto Prazo – São analisadas patentes concedidas (do inglês, *issued patents*);
- Estágio Atual (ano zero) – Neste período, encaixam-se as informações obtidas através de mídias especializadas, *websites* de empresas, organizações governamentais e não governamentais.

Após a pesquisa e coleta dos documentos, há a análise dos resultados obtidos e esquematização em base de dados para facilitar a posterior estruturação do *roadmap*. Geralmente, é utilizada a ferramenta computacional Microsoft Excel, parte do Pacote Office da Microsoft. A etapa de prospecção deve ser sistematizada para a extração da informação necessária. A metodologia utilizada é segmentada em três níveis:

- Macro – Contempla informações imediatas do documento, como o título, ano, autor e origem do autor;
- Meso – Neste nível é necessária a leitura do resumo do documento de forma a extrair suas informações principais. Em seguida, são criadas taxonomias de forma a definir o assunto do documento e o seu agrupamento antes de passar para o nível seguinte de análise.
- Micro – Dentro de cada classe Meso podem-se extrair informações ainda mais detalhadas, que possibilitem a compreensão e caracterização mais aprofundada daquela taxonomia.

Este capítulo objetiva explicitar as metodologias utilizadas para a seleção das matérias-primas e palavras-chave que seriam utilizadas ao longo do trabalho, bem como as metodologias de seleção de bases de dados e análise dos artigos, documentos de patente e mídia especializada obtidos.

5.1 - Seleção das Palavras-Chave

Primeiramente foi feito um levantamento de palavras-chave através de entrevistas com dois professores especialistas em biogás da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ): A professora Magali Christe Cammarota, doutora do departamento de Engenharia Bioquímica da Escola de Química da UFRJ; e o Professor Isaac Volschan Junior, doutor do Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Escola Politécnica da UFRJ.

As entrevistas foram realizadas separadamente e o objetivo da pesquisa foi explicitado para ambos. A partir de uma lista de palavras-chaves pré-selecionadas, lhes foi solicitado que opinassem quanto a outras *keywords* mais utilizadas para os resíduos e matérias-primas agroindustriais, bem como para a produção de biogás.

Ao final das entrevistas, uma lista extensa de palavras-chave em potencial foram obtidas, conforme os quadros 5.1 e 5.2.

Quadro 5.1 - Palavras-Chave para a Produção de Biogás

PORTUGUÊS	INGLÊS	USPTO	Espacenet
BIOGÁS	BIOGAS	BIOGAS	BIOGAS
BIO GÁS	BIO GAS	"BIO GAS"	"BIO GAS"
GÁS DO PÂNTANO	MARSH GAS	"MARSH GAS"	"MARSH GAS"
BIOMETANO	BIOMETHANE	BIOMETHAN\$	BIOMETHAN*
BIOMETANAÇÃO	BIOMETHANATION		
BIOMETANIZAÇÃO	BIOMETHANIZATION		
BIO METANO	BIO METHANE	METHANE	METHANE
METANO	METHANE		
BIO METANAÇÃO	BIO METHANATION	METHANATION	METHANATION
METANAÇÃO	METHANATION		
BIO METANIZAÇÃO	BIO METHANIZATION	METHANI\$	METHANI*
	BIO METHANISATION		
METANIZAÇÃO	METHANIZATION		
	METHANISATION		
FERMENTAÇÃO ANAERÓBICA	ANAEROBIC FERMENTATION	ANAEROBIC AND FERMENT\$	"ANAEROBIC FERMENT*"
FERMENTADOR ANAERÓBICO	ANAEROBIC FERMENTER		
DIGESTÃO ANAERÓBICA	ANAEROBIC DIGESTION	ANAEROBIC AND DIGEST\$	"ANAEROBIC DIGEST*"
DIGESTOR ANAERÓBICO	ANAEROBIC DIGESTER		
REATOR ANAERÓBICO	ANAEROBIC REACTOR	ANAEROBIC AND REACT\$	"ANAEROBIC REACT*"

Fonte: Entrevista com Especialistas

Quadro 5.2 - Palavras-Chave para as Matérias-Primas Agroindustriais

PORTUGUÊS	INGLÊS	USPTO	Espacenet
LIGNOCELULOSE	LIGNOCELLULOSE	LIGN\$	LIGN*
	LIGNO-CELLULOSE		
LIGNOCELULÓSICO	LIGNOCELLULOSIC		
CASCA	PEEL	PEEL\$	PEEL*
	BARK	BARK\$	BARK*
	SKIN	SKIN\$	SKIN*
	RIND	RIND\$	RIND*
	HUSK	HUSK\$	HUSK*
	CRUST	CRUST\$	CRUST*
PALHA	STRAW	STRAW\$	STRAW\$
PALHA MANDIOCA	THATCH	THATCH\$	THATCH*
COLMO	STALK	STALK\$	STALK*
FARELO	BRAN	BRAN\$	BRAN*
BAGAÇO	BAGASSE	BAGASSE\$	BAGASSE*
	POMASSE	POMASSE\$	POMASSE*
TORTA	PIE	PIE	PIE
	CAKE	CAKE\$	CAKE*
ENSILAGEM	SILAGE	SILAG*	SILAG*
	ENSILAGE	ENSIL*	ENSIL*
VINHOTO	STILLAGE	STILLAG\$	STILLAG*
VINHAÇA	VINASSE	VINASSE\$	VINASSE*
ÁGUA RESIDUÁRIA DE INDÚSTRIA ALCOOLEIRA	WASTEWATER	WASTE\$ AND (ETHANOL OR ALCOHOL)	WASTE* AND (ETHANOL OR ALCOHOL)
	WASTE WATER		
	RESIDUAL	RESIDU\$ AND (ETHANOL OR ALCOHOL)	RESIDU* AND (ETHANOL OR ALCOHOL)
	RESIDUE		
	DISTILLATE	DISTIL\$ AND (ETHANOL OR ALCOHOL)	DISTIL* AND (ETHANOL OR ALCOHOL)
	DISTILLED		
CANA DE AÇÚCAR	SUGARCANE	SUGARCANE\$	SUGARCANE*
	SUGAR CANE	CANE\$	CANE*
SORGO	SORGHUM	SORGHUM\$	SORGHUM*
BETERRABA	ENERGY BEET	BEET\$	BEET*
CEREAL	CEREAL	CEREAL\$	CEREAL*
SEMENTE	SEED	SEED\$	SEED*
SEMENTE OLEAGINOSA	OILSEED	OILSEED\$	OILSEED*
GRÃO	GRAIN	GRAIN\$	GRAIN*
CEVADA	BARLEY	BARLEY\$	BARLEY*
CENTEIO	RYE	RYE	RYE*
	RYEGRASS	RYEGRASS\$	

PORTUGUÊS	INGLÊS	USPTO	Espacenet
SOJA	SOY	SOY	SOY*
	SOYA	SOYA\$	
	SOYBEAN	SOYBEAN\$	
MAMONA	CASTOR BEAN	CASTOR\$	CASTOR*
	CASTOR PLANT		
DENDÊ	OIL PALM	PALM\$	PALM*
AMENDOIM	PEANUT	PEANUT\$	PEANUT*
	GROUNDNUT	GROUNDNUT\$	GROUNDNUT*
FEIJÃO	BEAN	BEAN\$	BEAN*
ALGODÃO	WOOL	WOOL\$	WOOL*
	COTTON	COTTON\$	COTTON*
MILHO	CORN	CORN\$	CORN*
	MAIZE	MAIZE\$	MAIZE*
AMIDO	STARCH	STARCH\$	STARCH*
FÉCULA			
FRUTA	FRUIT	FRUIT\$	FRUIT*
ALFACE	LETTUCE	LETTU\$	LETTU*

Fonte: Entrevista com Especialistas

As palavras extremamente genéricas e que não se refeririam a um tipo específico de matéria-prima agrária, como “biomassa”, “plantas”, “vegetação”, “colheita”, “cultura” e “folhas”, bem como as que não condiziam especificamente com a digestão anaeróbica, como tipos de reatores e as palavras “cogeração” e “codigestão”, foram excluídas da pesquisa em artigos e patentes.

5.2 - Seleção das Matérias-Primas

As matérias-primas a serem estudadas foram selecionadas a partir de uma busca estratégica em base de patentes combinando as palavras-chave da produção de biogás e de matérias-primas. Foi optada a base europeia Espacenet por possuir mais patentes relacionadas à produção de biogás.

Os valores apresentados na tabela 5.1 representam a soma das patentes depositadas e concedidas da base Espacenet combinando cada palavra-chave relativa às matérias-primas com todas as palavras-chave referentes à produção de biogás no título ou resumo das patentes no período de tempo de 01/01/2012 a 31/12/2016.

Tabela 5.1 - Palavras-Chave da Seleção de Matérias-Primas

Palavras-chave das Matérias-Primas		Sub-Total	Total
PALHA	STRAW	739	1204
	CELLULOS*	237	
	LIGN*	191	
	BAGASSE	37	
	POMASSE	0	
	THATCH	0	
VINHAÇA	residu* and (ethanol or alcohol)	129	519
	waste* and (ethanol or alcohol)	223	
	VINASSE	65	
	DISTILL* and (ethanol or alcohol)	82	
	STILLAG*	20	
ARROZ	RICE	288	288
FRUTA	FRUIT*	273	273
MILHO	CORN	227	263
	MAIZE	36	
GRÃOS	GRAIN*	217	217
FARELO	BRAN	177	177
SOJA	SOY*	169	169
TORTA	CAKE	157	159
	PIE	2	
CASCAS	SKIN	51	158
	PEEL	47	
	HUSK	34	
	RIND	2	
	BARK	24	
FEIJÕES	BEAN*	136	136
AMIDO	STARCH	129	129
SORGO E CANA	SORGHUM	31	73
	SUGARCANE	17	
	CANE	25	
ALGODÃO	COTTON	58	72
	WOOL	14	
SEMENTES OLEAGENOSAS	PEANUT	51	57
	OILSEED	6	
	GROUNDNUT*	0	
ENSILAGEM	SILAG*	29	51
	ENSIL*	22	
TALO	STALK	27	27
DENDÊ	PALM	27	27

Palavras-chave das Matérias-Primas		Sub-Total	Total
MAMONA	CASTOR	26	26
CEREAL	CEREAL	19	19
CENTEIO	RYE*	12	12
CEVADA	BARLEY	19	19
BETERRABA	BEET	12	12

Fonte: Derivado do estudo no Espacenet

A partir dos dados, pode-se concluir que as palavras-chave referentes à palha e à vinhaça correspondem respectivamente a 29% e 13% dos resultados das buscas de patentes na base de dados europeia, sendo consideradas as principais matérias-primas agrárias para a produção de biogás.

Com as palavras-chave e matérias-primas selecionadas, foram realizadas as buscas em artigos e patentes depositadas e concedidas, levantando os documentos necessários para confecção do *Technology Roadmap*. A partir do *roadmap*, análises foram realizadas e retiradas conclusões quanto às principais dificuldades tecnológicas, oportunidades de ação e os *players* envolvidos no processo.

5.3 - Análises dos Documentos Referentes à Palha

5.3.1 - Artigos

5.3.1.1 - Metodologia de Pesquisa

A base de dados utilizada para esta pesquisa em artigos foi a Scopus (www.scopus.com). A seguir estão apresentadas as informações sobre a estratégia de busca utilizada na ferramenta de pesquisa:

- Período analisado: publicações entre 2012 e 2016;
- Tipos de documentos: *Articles, Articles in press and reviews*;
- Palavras chave: (straw OR lign* OR cellulose* OR bagasse) AND (biogas OR “bio gas” OR “marsh gas” OR biomethan* OR methane OR methanation OR methani* OR “anaerobic ferment*” OR “anaerobic digest*” OR “anaerobic react*”)

Estas palavras chave foram selecionadas para que apenas os artigos relacionados especificamente à produção de gases a partir da digestão anaeróbia de palha e resíduos lignocelulósicos fossem levantados. Sabe-se que a digestão anaeróbia de resíduos pode gerar, majoritariamente, dois tipos de produtos gasosos: metano (componente do biogás) ou hidrogênio. Como o objetivo do trabalho é estudar a produção de biogás (metano), artigos relativos à obtenção de bio-hidrogênio ou que abordassem uma matéria-prima diferente da palha foram excluídos durante a seleção dos mesmos.

A partir desta busca, foram encontrados 2485 documentos, dos quais os primeiros artigos obtidos por relevância foram selecionados para uma análise aprofundada até a obtenção de aproximadamente cinquenta artigos para a elaboração desta tese.

5.3.1.2 - Análise Macro

A Análise Macro abrange os países com mais artigos publicados e as universidades, centros de pesquisa e empresas relacionadas ao assunto. A primeira análise refere-se à série histórica dos artigos analisados. A figura 5.1 apresenta o número de artigos publicados analisados por ano.

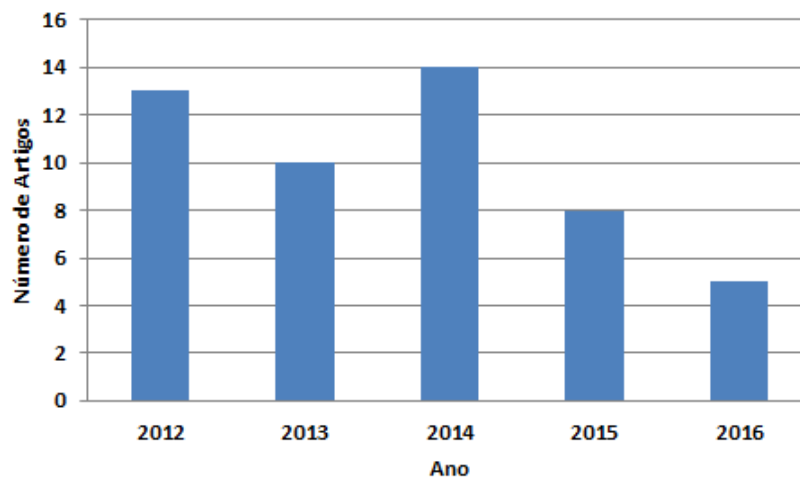


Figura 5.1 – Análise da Série Histórica dos Artigos

Fonte: Derivado do estudo

A segunda análise Macro de artigos refere-se aos países onde estão sendo realizadas pesquisas científicas sobre o assunto abordado. A figura 5.2 apresenta os países que publicaram os artigos analisados e seus respectivos percentuais de ocorrência.

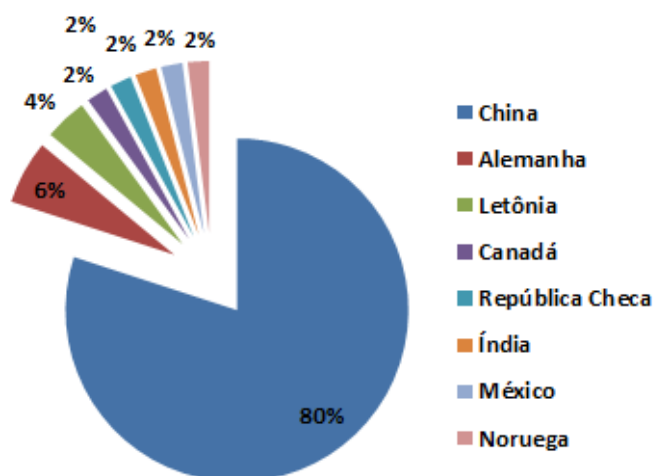


Figura 5.2 - Análise dos Países de Publicação dos Artigos

Fonte: Derivado do estudo

A China foi o país que publicou mais artigos e possui os principais centros de pesquisa e universidades relacionados ao tema abordado, totalizando participação em quarenta dos cinquenta artigos analisados. A Alemanha, Letônia e Canadá, que possuem tradição na produção de biogás, apresentaram respectivamente três, dois e um artigos relevantes para a pesquisa. Países como República Checa, Índia, México e Noruega apresentaram um artigo cada.

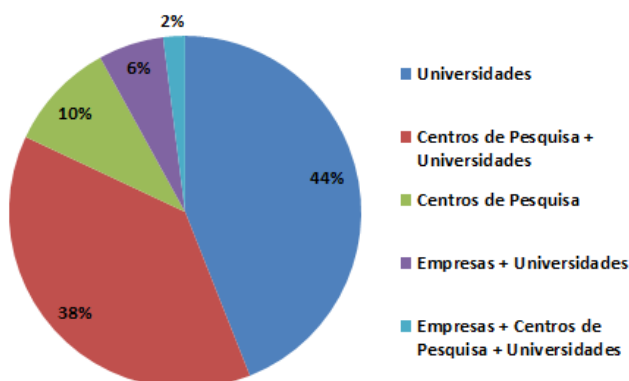


Figura 5.3 - Atores Responsáveis pela Publicação dos Artigos

Fonte: Derivado do estudo

Os principais autores de artigos observados nesta pesquisa foram as Universidades e o trabalho em conjunto de Universidades e Centros de Pesquisa, como pode ser observado na Figura 5.3. Estas foram responsáveis por vinte e duas e dezenove artigos, respectivamente. Os Centros de Pesquisa publicaram cinco artigos, enquanto a parceria entre Empresas e Universidades publicou três e a parceria entre os três tipos de atores, apenas um.

5.3.1.3 - Análise Meso

Nas Análises Meso e Micro, descritas pelo quadro 5.3, os artigos são categorizados de acordo com os aspectos mais relevantes acerca da produção de biogás a partir da palha. Estes aspectos foram devidamente identificados na etapa inicial do estudo (fase pré-prospectiva), cujo foco era apontar as grandes áreas de exploração científica do tema em questão.

Conforme citado anteriormente, as taxonomias podem ser divididas em taxonomias Macro, Meso e Micro. Enquanto as taxonomias Meso definem o assunto do documento e os agrupam, as taxonomias Micro detalham as taxonomias Meso, possibilitando sua compreensão e caracterização aprofundada.

Quadro 5.3 – Análise Meso e Micro das Patentes Depositadas

MESO	MICRO
Pré-tratamento	Biológico
	Químico
	Físico
Processo	Parâmetros do Processo
	Múltiplos Estágios
	Codigestão
Pós-Tratamento	Biogás
	Digestato
Produto	Fertilizante
	Biogás
	Bio-energia
	Outros Biocombustíveis
	Outros Bioprodutos
Insumos do Processo	Reator
	Equipamentos Acessórios
Matéria-Prima	Palha de Trigo
	Palha de Milho
	Palha de Arroz
	Palha de Soja
	Outras Palhas

Fonte: derivado do estudo

A figura 5.4 apresenta a análise Meso dos artigos.

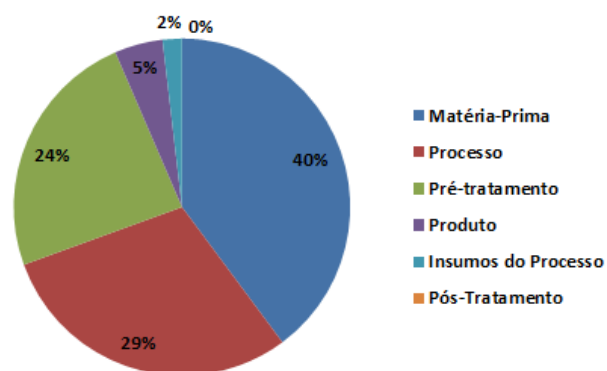


Figura 5.4 - Análise Meso detalhando os Desafios Tecnológicos dos Artigos

Fonte: derivado do estudo

Dos 50 artigos selecionados, muitos apresentavam mais de um foco em seu resumo. Um total de 43 artigos possuíam como foco o uso de uma palha oriunda de uma planta específica, o que totaliza 84% da análise.

Trinta e dois artigos apresentaram alterações no processo de digestão anaeróbica, 26 em um pré-tratamento que tornasse a matéria-prima mais biodisponível, cinco em algum produto específico do processo e dois em algum insumo que poderia aprimorar o processo. Nenhum artigo objetivou o estudo do tratamento do biogás ou digestato produzido durante a digestão anaeróbia.

5.3.1.4 - Análise Micro

A Tabela 5.2 apresenta o número de artigos analisados que se enquadraram nas respectivas taxonomias.

Tabela 5.2 - Taxonomias das Publicações de Artigos

Meso	Número Meso	Micro	Número Micro
Pré-tratamento	26	Biológico	10
		Químico	13
		Físico	5
Processo	32	Parâmetros do Processo	20
		Múltiplos Estágios	8
		Codigestão	20
Pós-Tratamento	0	Biogás	0
		Digestato	0
Produto	5	Fertilizante	0
		Biogás	5
		Bioenergia	0
		Outros Biocombustíveis	1
		Outros Bioprodutos	0
Insumos do Processo	2	Reator	1
		Equipamentos Acessórios	1
Matéria-Prima	43	Palha de Trigo	15
		Palha de Milho	12
		Palha de Arroz	14
		Palha de Soja	1
		Outras Palhas	8

Fonte: derivado do estudo

Nesta fase do trabalho, cada taxonomia da análise Meso foi detalhada. Foram identificadas particularidades relacionadas ao grande número de tecnologias sendo estudadas ou utilizadas para superar os obstáculos da produção de biogás a partir de resíduos lignocelulósicos.

A figura 5.5 apresenta as taxonomias micro identificadas e relacionadas ao “Pré-Tratamento”, assim como a percentagem de artigos referentes a ela.

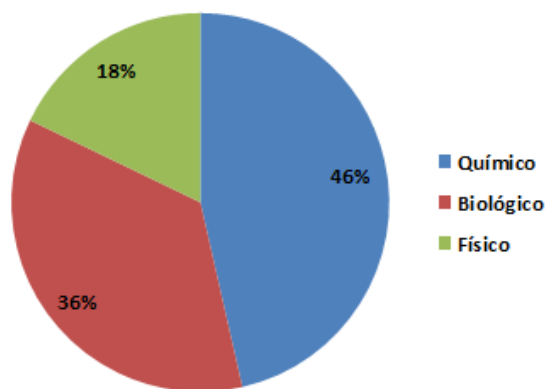


Figura 5.5 - Análise Micro referente ao Pré-Tratamento da Publicação de Artigos

Fonte: derivado do estudo

Dos vinte e seis artigos que focaram o pré-tratamento da matéria-prima, treze delas tiveram como foco o processo químico e cinco, processo físico. Estes são pré-tratamentos mais abrasivos e classicamente utilizados, porém potencialmente mais dispendiosos economicamente. Dez dos artigos tiveram como foco um pré-tratamento biológico, como o enzimático ou de bioadição, e dois deles combinaram processos biológicos com os químicos.

Já a figura 5.6 explora a análise Micro relativa às matérias-primas. Dos quarenta e dois artigos que especificaram os tipos de palha, quinze foram referentes à palha de trigo, quatorze de arroz, doze de milho e uma de soja. Das demais palhas, foram abordadas as palhas de aveia, amendoim, cevada, artemísia chinesa (*Artemisia selengensis*), chili e colza (*rapeseed*).

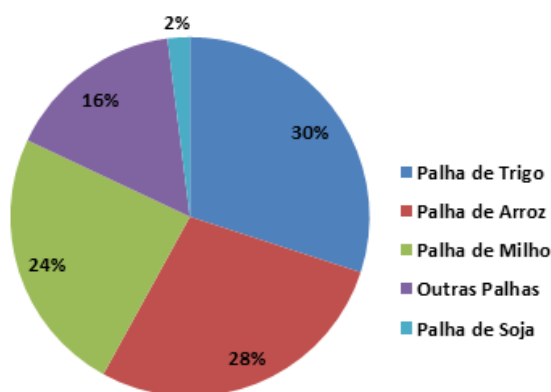


Figura 5.6 - Análise Micro referente à Matéria-Prima da Publicação de Artigos

Fonte: derivado do estudo

A figura 5.7 corresponde à análise Micro das trinta e duas referentes aos Processos de Digestão Anaeróbica. Enquanto vinte abordaram a codigestão de palha

com outra matéria-prima, vinte deram importância ao controle dos parâmetros do processo e oito citaram a importância da subdivisão dos estágios da digestão anaeróbica para garantir a maior eficiência do processo.

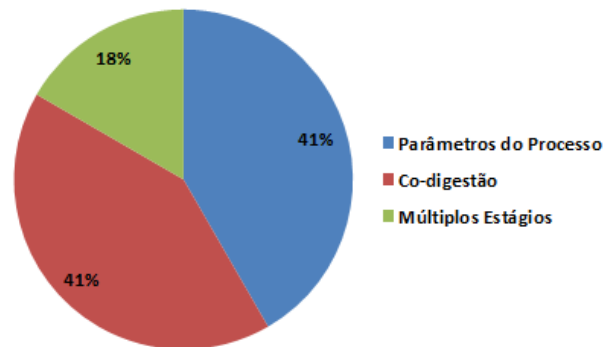


Figura 5.7 - Análise Micro referente ao Processo da Publicação de Artigos

Fonte: derivado do estudo

Observa-se que dos dois artigos referentes à análise Meso de Insumos do Processo, um fazia referência ao Reator e outro aos Equipamentos Acessórios. O artigo realizado em conjunto entre a Universidade de Sadar Patel e o Centro de Pesquisa “*Sardar Patel Renewable Energy Research Institute*” tinha como objetivo o estudo do melhor meio de empacotamento da palha de arroz advinda da produção de etanol dentro de reatores anaeróbicos para aumentar a eficiência de sua biometanização, enquanto o artigo do Centro de Pesquisa “*Nanjing Research Institute for Agricultural Mechanization*” buscava o aprimoramento do *design* e aplicação de digestor anaeróbico tipo garagem para codigerir palha, dejetos animais e resíduos sólidos.

Dos cinco artigos que tinham como objetivo a geração de um produto, todos abordaram o Biogás. A Universidade “*North China Electric Power University*”, além do produto gasoso, sugeriu a produção concomitante de Outro Biocombustível, o Combustível Denso de Biomassa (DBF, *densified biomass fuel*), sugerindo que o DBF partido dessa fonte teria maior eficiência do que o produzido a partir da palha de milho pura. Nenhum artigo relevou o tratamento do biogás ou do digestato formado.

5.3.1.5 - Análises extras

A partir da leitura e análise dos artigos, algumas conclusões interessantes foram tiradas. Dos doze artigos que especificaram no *abstract* o tipo de reator utilizado em seus experimentos, cinco deles foram reatores em batelada, dois em reatores semi-contínuos e cinco em contínuos. Dos que optaram pelo uso de reatores contínuos, o

artigo gerado a partir do trabalho conjunto entre a Universidade “*Georg-August-University of Göttingen*” e o Centro de Pesquisa “*Leibniz Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim*” utilizou um UASS (reator *upflow* em estado sólido) para a codigestão de palha de trigo, linho, cânhamo e lascas de madeira. Já o artigo do Centro de Pesquisa “*Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica*” utilizou um UASB para a digestão de palha de aveia pré-tratada com ácido e enzimas.

Dezenove artigos especificaram no *abstract* o tipo de digestão pela umidade da matéria-prima: treze em estado sólido e quatro úmidas. O artigo gerado a partir da colaboração entre a Universidade “*Northeast Agricultural University*” e o Centro de Pesquisa “*Heilongjiang Institute of Agricultural Mechanical Engineering Science*” combinou os processos sequencialmente, enquanto o gerado a partir do Centro de Pesquisa “*Beijing Agricultural Machinery Testing Extension Station*” e das Universidades “*China Agricultural University*” e “*Tianshui Normal University*” realizou experimentos para avaliar qual dos processos seria mais eficiente para a codigestão de palha e dejetos de gado.

Dos dezessete artigos que deixaram claro as faixas de temperatura usadas no processo, doze foram mesofílicas, uma termofílica, uma psicrófila e três citaram o uso de duas ou mais faixas de temperatura durante os seus experimentos.

5.3.2 - Patentes Depositadas

5.3.2.1 - Metodologia de Pesquisa

A busca de patentes depositadas foi realizada nas bases USPTO e Espacenet nos títulos e resumos.

Busca na base Espacenet:

- Período analisado: publicações entre 2012 e 2016;
- Palavras chave 1: straw AND (biogas or (anaerobic and (ferment* or digest* or react*)) or methane or "marsh gas" or methanation)
- Palavras chave 2: (bagasse or lign* or cellulose*) and (biogas or methane or (anaerobic and (ferment* or digest* or react*))) not straw

Foram analisadas até as primeiras 50 patentes de cada ano no período entre 2016 e 2012.

Busca na base USPTO:

- Período analisado: publicações entre 2012 e 2016;

- Palavras chave 1: ((straw or cellulose or lign) and (biogas or methane))
- Palavras chave 2: ((straw) and (anaerobic and (digest or react or ferment)))
- Palavras chave 3: ((cellulose) and (anaerobic and (digest or ferment)))
- Palavras chave 4: ((lign) and (anaerobic and (digest or ferment)))
- Palavras chave 5: ((cellulose) and (anaerobic and react))
- Palavras chave 6: ((lign) and (anaerobic and react))

Foram analisadas todas as patentes de cada ano no período entre 2016 e 2012.

A busca de patentes depositadas na base USPTO gerou 35 documentos que, após sua análise, resultou em apenas oito documentos relevantes para a pesquisa, sendo necessária a complementação da busca pelas patentes do Espacenet. Desta forma, também foram pesquisadas patentes na base ESPACENET, onde foram encontradas 94 patentes depositadas.

Após a busca, exclusão de repetições e análise de todas as patentes pela base de dados Espacenet e USPTO, foram extraídos 102 documentos de patente depositados.

5.3.2.2 - Análise Macro

A análise macro mostra a série histórica de depósito de patentes, os países depositantes e os principais *players* atuantes no setor.

A figura a seguir se refere aos países depositantes.

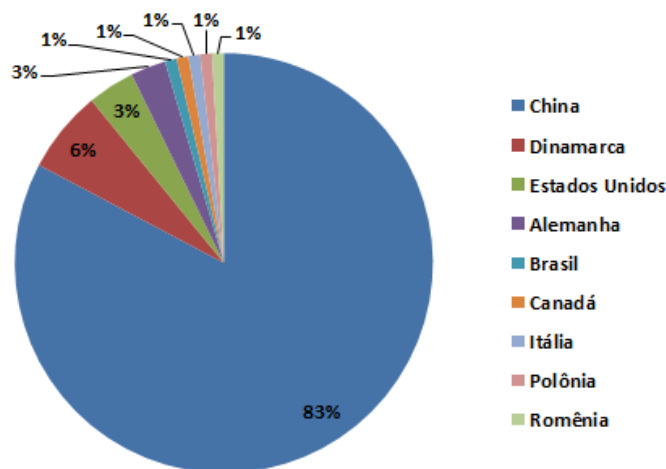


Figura 5.8 - Análise Macro referente aos Países que Solicitaram Patentes

Fonte: derivado do estudo

Como pode ser observado, o país com o maior número de patentes depositadas é a China, com 91 patentes. Em seguida, aparecem a Dinamarca (7), Estados Unidos (4), Alemanha (3), Brasil, Canadá, Itália, Polônia e Romênia, com uma patente cada um.

A figura 5.9 se refere à série histórica. O ano com maior número de patentes depositadas foi 2013 e houve uma queda em 2014. Apesar disso, é possível ver um crescimento quase linear nos anos subsequentes.

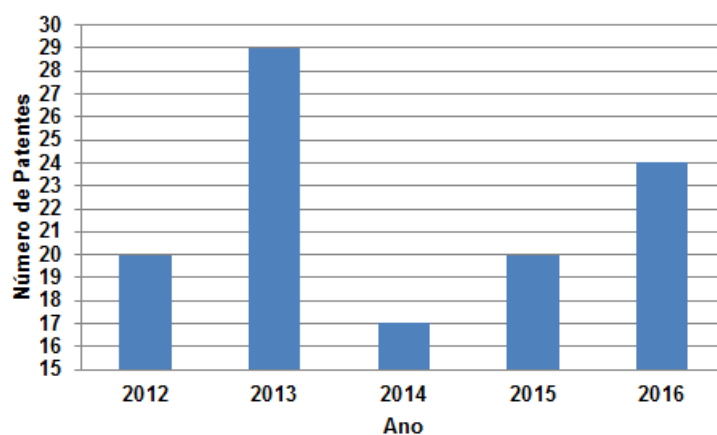


Figura 5.9 - Análise Macro referente à Série Histórica de Patentes Depositadas

Fonte: derivado de estudo

Das cento e duas patentes estudadas, 40% foram depositadas por empresas, 22% por pessoas físicas, 17% por universidades e 13% por centros de pesquisa. Houve patentes com a contribuição de mais de um tipo de player, sendo três delas pela união de empresas e centros de pesquisa, duas por empresas e pessoas físicas e duas por empresas e universidades. Um dos documentos não explicitou o cessionário. Como já era esperado, o *player* com maior número de depósitos foi empresa, sendo a Novozymes A/S e a Chengdu Giant Star Farming & Animal Husbandry Science and Technology Co., Ltd. (成都巨星农牧科技有限公司) com a maior participação, tendo quatro patentes depositadas, cada.

5.3.2.3 - Análise Meso

A análise Meso fornece informações sobre o foco da patente e está detalhada na figura 5.10.

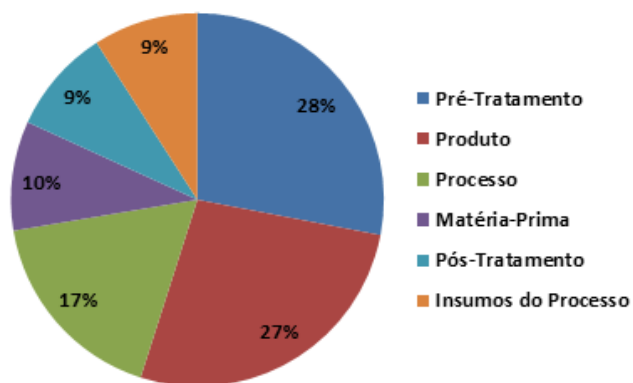


Figura 5.10 - Análise Meso detalhando os Desafios Tecnológicos das Patentes Depositadas

Fonte: derivado de estudo

A taxonomia “Pré-tratamento” é a mais abordada nas patentes depositadas, aparecendo em 74 documentos, seguida pelo “Produto” (71) e “Processo” (46).

5.3.2.4 - Análise Micro

A tabela 5.3 explicita as taxonomias encontradas nas patentes depositadas analisadas.

Tabela 5.3 - Taxonomia das Patentes Depositadas

Meso	Número Meso	Micro	Número Micro
Pré-tratamento	74	Biológico	31
		Químico	17
		Físico	53
Processo	46	Parâmetros do Processo	5
		Múltiplos Estágios	4
		Codigestão	40
Pós-Tratamento	24	Biogás	13
		Digestato	13
Produto	71	Fertilizante	21
		Biogás	38
		Bioenergia	4
		Outros Biocombustíveis	13
		Outros Bioprodutos	22
Insumos do Processo	24	Reator	20
		Equipamentos Acessórios	12
Matéria-Prima	25	Palha de Trigo	6
		Palha de Milho	6
		Palha de Arroz	4
		Palha de Soja	5
		Outras Palhas	8

Fonte: Derivado do trabalho

A análise Micro fornece informações mais detalhadas sobre os documentos. A figura 5.11 apresenta as taxonomias micro identificadas e relacionadas ao “Pré-Tratamento”, assim como a porcentagem de patentes depositadas referentes a ela.

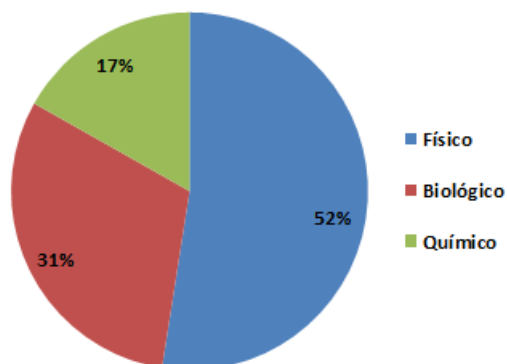


Figura 5.11- Análise Micro referente ao Pré-Tratamento de Patentes Depositadas

Fonte: Derivado do estudo

Dos setenta e quatro artigos que focaram o pré-tratamento da matéria-prima, cinquenta e dois tiveram como foco processo físico e quinze, processo químico. Trinta e um dos artigos tiveram como foco um pré-tratamento biológico.

Das quarenta e seis patentes que tiveram como foco na análise meso o “Processo”, quarenta patentes objetivaram a “Codigestão”. Cinco delas focaram nos “Parâmetros do Processo” e quatro, “Múltiplos Estágios”. Quanto ao “Pós-Tratamento”, treze tiveram como prioridade o “Biogás” e treze, o “Digestato”.

Já a figura 5.12 explora a análise Micro relativa ao “Produto”.

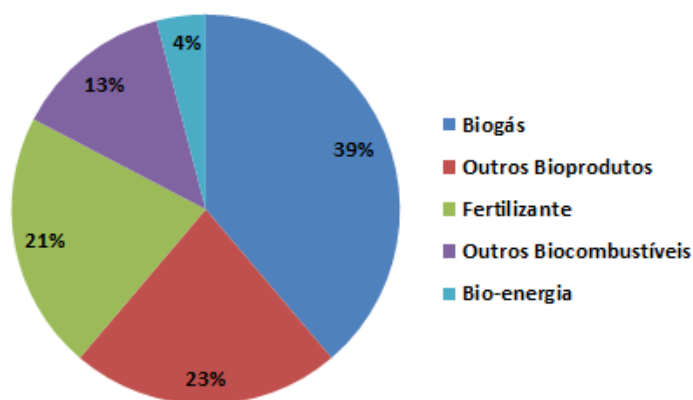


Figura 5.12 - Análise Micro referente ao Produto das Patentes Depositadas

Fonte: derivado do estudo

É possível observar que a maioria das patentes se enquadrou na taxonomia de produção de “Biogás”, seguido pelos “Outros Bioprodutos” e “Fertilizante”. Quanto aos “Insumos do Processo”, é possível observar uma maior quantidade de publicações com foco no “Reator”, seguido pelos “Equipamentos Acessórios”.

Já a figura 5.13 se refere à taxonomia de “Matérias-Primas”.

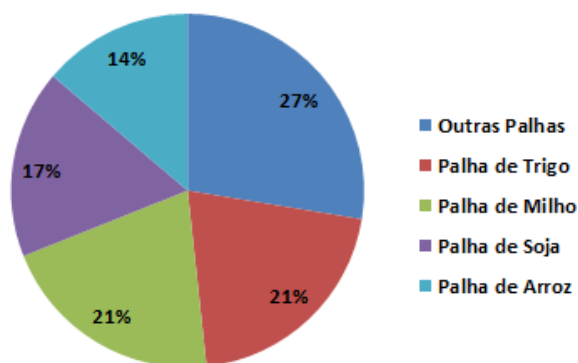


Figura 5.13 - : Análise Micro referente à Matéria-Prima das Patentes Depositadas

Fonte: derivado do estudo

Nota-se uma razoável distribuição entre os tipos de palha citados nas patentes depositadas, sendo a maioria composta por uma grande variedade de palhas, como palha de algodão, folhas de cana-de-açúcar, alcachofra-girassol (*jerusalem artichoke*), aspargos, plantas ricas em açúcar e tabaco.

5.3.2.5 - Análises extras

A partir da análise das patentes depositadas foram colhidas informações extras quanto às tendências dessas publicações.

Das vinte e uma patentes depositadas que explicitaram sua temperatura de processo, nove foram mesofílicas, cinco termofílicas, seis combinaram essas duas faixas de temperatura e uma utilizou temperatura psicrófila em seu processo (CN105803004 – 27 de Julho de 2016).

Treze patentes descreveram a percentagem de sólidos de seus processos, sendo seis úmidos, quatro sólidos e três que combinaram essas faixas de umidade em paralelo (CN104120151 – 29 de Outubro de 2014, CN104119111 – 14 de Julho de 2014 e CN103074134 – 1 de Maio de 2013).

Das patentes que especificaram o tipo de energia gerada a partir do biogás, duas foram térmicas, uma elétrica e uma cogeração energética (CN105543286 – 4 de Maio de 2016). Quanto ao tipo de reator utilizado, três foram em batelada, um semi-contínuo e cinco contínuos.

5.3.3 - Patentes Concedidas

5.3.3.1 - Metodologia de Pesquisa

A busca e análise de patentes concedidas na base USPTO gerou apenas seis documentos, sendo necessária a busca em outra base de dados. Deste modo, também foram pesquisadas patentes na base ESPACENET, onde foi encontrado o restante das 55 patentes concedidas relevantes para a pesquisa.

5.3.3.2 - Análise Macro

A análise macro mostra a série histórica de depósito de patentes, os países depositantes e os principais *players* atuantes no setor. A figura 5.14 refere-se aos países depositantes.

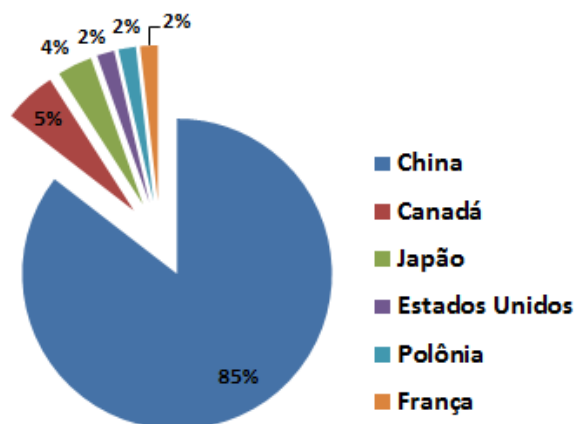


Figura 5.14 - Análise Macro referente aos países com Patentes Concedidas

Fonte: derivado do estudo

Como pode ser observado, o país com o maior número de Patentes Concedidas é a China, com 47 patentes. Em seguida, há o Canadá com 3 patentes e o Japão com 2 patentes.

A figura 5.15 apresenta série histórica.

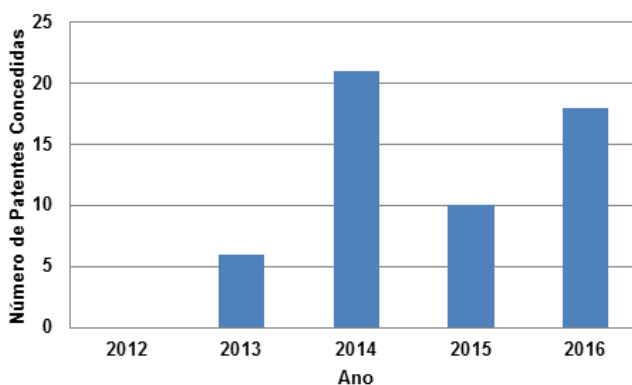


Figura 5.15 - Análise Macro referente à Série Histórica das Patentes Concedidas

Fonte: derivado do estudo

O ano com maior número de Patentes Concedidas foi o de 2014 e não é possível observar nenhuma tendência clara na série histórica. Das 55 patentes estudadas, 42% foram concedidas a universidades, 22% a centros de pesquisa, 20% a empresas e apenas 13% a pessoas físicas. Houve a ocorrência de colaboração entre *players*, sendo uma entre empresa e sua subsidiária e entre empresa e universidade.

5.3.3.3 - Análise Meso

A análise Meso fornece informações sobre o foco da Patente e está detalhada na figura 5.16.

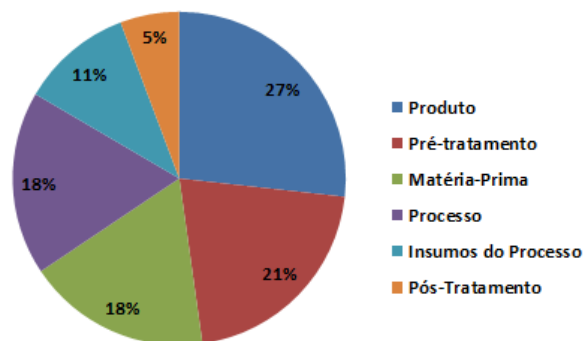


Figura 5.16 - Análise Meso detalhando os Desafios Tecnológicos das Patentes Concedidas

Fonte: derivado do estudo

A taxonomia "Produto" é a mais abordada nas patentes concedidas, aparecendo em 42 documentos, seguida por "Pré-Tratamento", com 33 documentos, "Processo" (28), "Insumos do Processo" (17), "Pós-Tratamento" (9) e "Matéria-Prima" (8).

5.3.3.4 - Análise Micro

A análise Micro fornece informações mais detalhadas sobre os documentos. A tabela 5.4 apresenta as taxonomias encontradas nas patentes concedidas analisadas.

Tabela 5.4 - Taxonomias das Patentes Concedidas

Meso	Número Meso	Micro	Número Micro
Pré-tratamento	33	Biológico	14
		Químico	8
		Físico	18
Processo	28	Parâmetros do Processo	9
		Múltiplos Estágios	3
		Codigestão	22
Pós-Tratamento	9	Biogás	1
		Digestato	8
Produto	42	Fertilizante	7
		Biogás	32
		Bioenergia	5
		Outros Biocombustíveis	4
		Outros Bioprodutos	5
Insumos do Processo	17	Reator	14
		Equipamentos Acessórios	14
Matéria-Prima	8	Palha de Trigo	2
		Palha de Milho	3
		Palha de Arroz	2
		Palha de Soja	0
		Outras Palhas	2

Fonte: derivado do estudo

A figura 5.17 apresenta as diferentes sub-taxonomias incluídas no “Pré-Tratamento”.

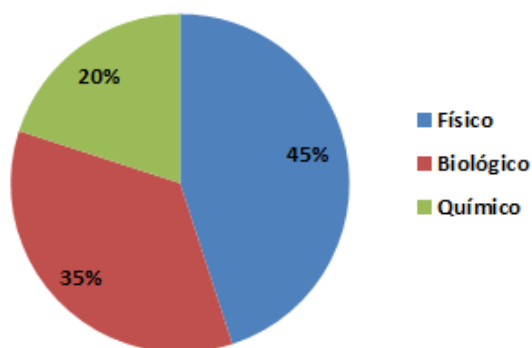


Figura 5.17 - Análise Micro de Pré-Tratamento referente às Patentes Concedidas

Fonte: derivado do estudo

Das 33 patentes concedidas que focaram o pré-tratamento da matéria-prima, 12 delas tiveram como foco o processo físico, apenas. Dez objetivaram o biológico e

quatro, o químico. Quanto aos processos combinados, houve três entre físico e biológico, três entre químico e físico e um biológico e químico.

Das 28 patentes concedidas que possuíam como foco alguma condição do processo, 26% delas se referiram aos seus parâmetros, 65% especificavam uma codigestão enquanto apenas 9% citaram o uso de múltiplos-estágios. Quanto à taxonomia de “Pós-Tratamento”, 89% citaram a aplicação desta taxonomia em “Digestato” e 11% no “Biogás”.

A figura 5.18 apresenta a análise micro de “Produto”.

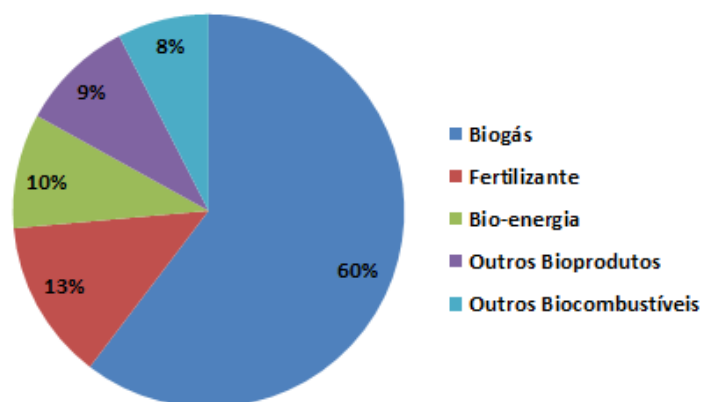


Figura 5.18 - Análise Micro de Produto referente às Patentes Concedidas

Fonte: derivado do estudo

Como analisado na figura 5.18, grande percentagem das patentes concedidas fez menção à produção de biogás.

Das 17 patentes concedidas que especificaram algum insumo tecnológico de processo importante (31%), 11 delas especificaram tanto o reator quanto algum outro equipamento, 3 citaram apenas um equipamento e 3 delas, apenas o reator. Das 8 patentes concedidas que especificaram os tipos de palha, duas foram de trigo, duas de arroz, três de milho e duas de tipos diferentes.

5.3.3.5 - Análises extras

Apenas três patentes concedidas especificaram o tipo de reator, sendo 2 para semi-contínuo e 1 para contínuo. Das 5 patentes concedidas, três definiram o tipo de energia gerada a partir do biogás como elétrica e duas, térmica.

Das 6 patentes concedidas que especificaram o tipo de digestão pela temperatura, duas delas foram mesofílicas, uma termofílica e duas utilizaram processos combinando os dois tipos em sequência (CN104445187, CN104046654). Nenhuma foi psicrófila. As patentes concedidas que diferenciaram seu processo pela umidade da digestão as definiram como secas (3), úmida (1), e processos combinando os dois tipos em sequência (3).

5.3.4 - Estágio Atual

5.3.4.1 - Metodologia de Pesquisa

O estágio atual, ou ponto zero, do *roadmap* simboliza os *players* que já atuam no setor. As buscas por *players* atuantes no setor de produção de biogás a partir da palha foram realizadas em *websites* de empresa e na plataforma da Biofuels Digest com as palavras-chave: “*straw*”, “palha”, “*lignocellulosic*”, “*lignocellulose*”, “*lignocelulose*”, “segunda geração” para o *roadmap* de digestão anaeróbica da palha; combinadas a “biogás”, “*biogas*”, “metano”, “*methane*”, “*biomethane*” “*anaerobic digestion*” e “digestão anaeróbica”. Desta forma, os documentos encontrados em mídias digitais foram analisadas e os *players*, selecionados.

Também foi investigado se *players* atuantes no curto, médio e longo prazo, identificados durante as análises de artigos e patentes, atuam no setor de produção de biogás ou se possuem *expertise* que possa ser aplicada em algum ponto no setor de biogás a partir da palha. Esta avaliação foi feita nos *websites* de empresas e centros de pesquisa.

Esta metodologia resultou no levantamento de dezenove *players* que potencialmente atuam em algum ponto da produção de biogás a partir da palha.

5.3.4.2 - Análise Macro

A análise macro mostra detalhes do estágio atual, como os países mais expressivos e os principais *players* atuantes no setor. A figura 5.19 refere-se aos países de origem dos *players*.

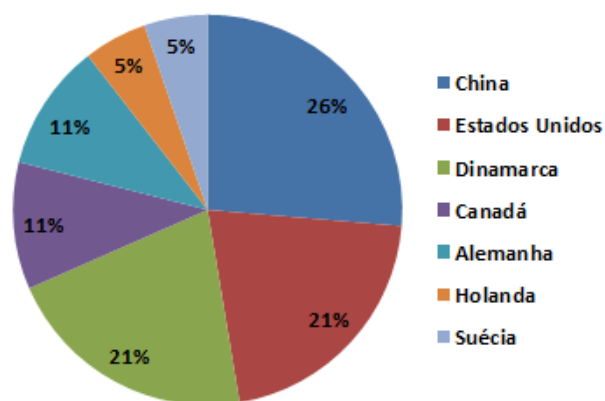


Figura 5.19 - Análise Macro referente aos Países do Estágio Atual

Fonte: derivado do estudo

Como pode ser observado, o país com o maior número de atores do estágio atual é a China, seguido pelos Estados Unidos e a Dinamarca. Dentre estes atores, dezessete são empresas e dois, centros de pesquisa.

5.3.4.3 - Análise Meso

A análise Meso fornece informações, extraídas de *websites* das empresas e centros de pesquisa, sobre o foco dos atores. Esta análise se encontra detalhada na figura 5.20.

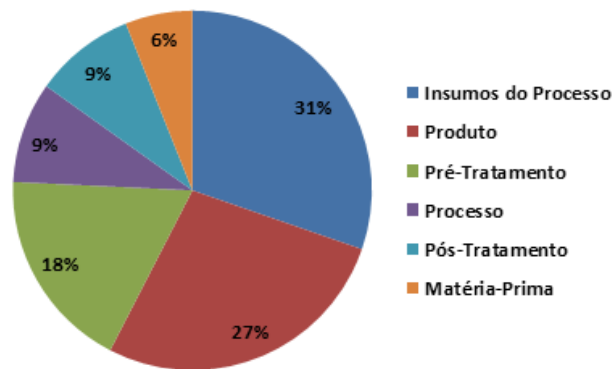


Figura 5.20 - Análise Meso detalhando os Desafios Tecnológicos do Estágio Atual

Fonte: derivado do estudo

As taxonomias "Insumos de Processo" e "Produto" são as mais abordadas no Ponto Zero, com dez e nove citações, seguidas por "Pré-Tratamento" (6), "Processo" (3), "Pós-Tratamento" (3) e "Matéria-Prima" (2).

5.3.4.4 - Análise Micro

A análise Micro fornece informações mais detalhadas sobre os *drivers* das empresas. A tabela 5.5 apresenta as taxonomias encontradas no ponto zero.

Tabela 5.5 - Taxonomias do Estágio Atual

Meso	Número Meso	Micro	Número Micro
Pré-tratamento	6	Biológico	4
		Químico	1
		Físico	4
Processo	3	Parâmetros do Processo	2
		Múltiplos Estágios	0
		Codigestão	1
Pós-Tratamento	3	Biogás	3
		Digestato	0
Produto	9	Fertilizante	3
		Biogás	4
		Bioenergia	2
		Outros Biocombustíveis	5
		Outros Bioprodutos	0
Insumos do Processo	10	Reator	4
		Equipamentos Acessórios	7
Matéria-Prima	2	Palha de Trigo	2
		Palha de Milho	1
		Palha de Arroz	0
		Palha de Soja	0
		Outras Palhas	0

Fonte: derivado do estudo

A figura 5.21 apresenta as diferentes sub-taxonomias incluídas nos “Insumos do Processo”.

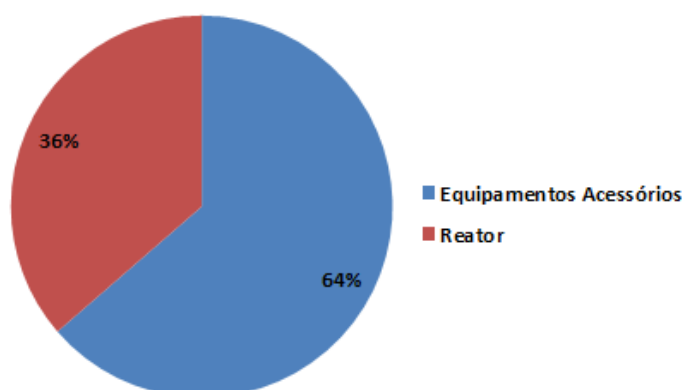


Figura 5.21- Análise Micro de Insumos do Processo ao Estágio Atual

Fonte: derivado do estudo

Dos dez atores que focaram nos insumos do processo de digestão anaeróbica, seis deles tiveram como foco os insumos do processo, apenas. Três deles focaram apenas no reator e um *player* expressou interesse nas duas sub-taxonomias.

A figura 5.22 apresenta a análise micro de “Produto”.

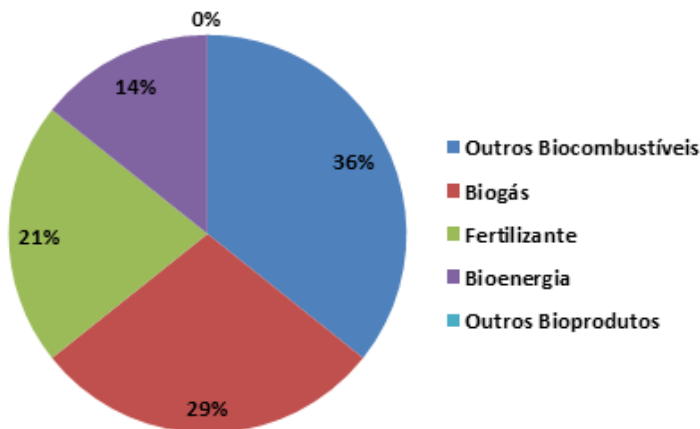


Figura 5.22 - Análise Micro de Produto referente ao Estágio Atual

Fonte: derivado do estudo

Dos nove *players* que especificaram algum tipo de produto do processo, cinco deles especificaram outros biocombustíveis, quatro o próprio biogás, três citaram a produção de fertilizante e dois deles, bioenergia. Nenhum documento citou a geração de outros bioprodutos.

5.4 - Análises dos Documentos Referentes à Vinhaça

5.4.1 - Artigos

5.4.1.1 - Metodologia de Pesquisa

A base de dados utilizada para esta pesquisa em artigos foi a Scopus (www.scopus.com). A seguir estão apresentadas as informações sobre a estratégia de busca utilizada na ferramenta de pesquisa:

- Período analisado: publicações entre 2012 e 2016;
- Tipos de documentos: *Articles, Articles in press and reviews*;
- Palavras chave: (distill* or vinasse* or stillag*) and (biogas or "bio gas" or "marsh gas" or biomethan* or methane or methanation or methani* or "anaerobic ferment*" or "anaerobic digest*" or "anaerobic react*")

Estas palavras chave foram selecionadas para que apenas os artigos relacionados especificamente à produção de gases a partir da digestão anaeróbia de vinhaça e resíduos líquidos da produção de álcool fossem levantados. Sabe-se que a digestão

anaeróbia de resíduos pode gerar, majoritariamente, dois tipos de produtos gasosos: metano (componente do biogás) ou hidrogênio. Como o objetivo do trabalho é estudar a produção de biogás (metano), artigos relativos à obtenção de bio-hidrogênio ou que abordassem uma matéria-prima diferente da vinhaça foram excluídos durante a seleção de artigos.

A partir desta busca, os primeiros artigos obtidos por relevância foram selecionados para uma análise aprofundada até a obtenção de cinquenta artigos para a elaboração desta dissertação.

5.4.1.2 - Análise Macro

A Análise Macro abrange os países com mais artigos publicados e as universidades, centros de pesquisa e empresas relacionadas ao assunto.

A primeira análise Macro de artigos refere-se à série histórica dos artigos analisados. A figura 5.23 apresenta o número de artigos publicados analisados por ano.

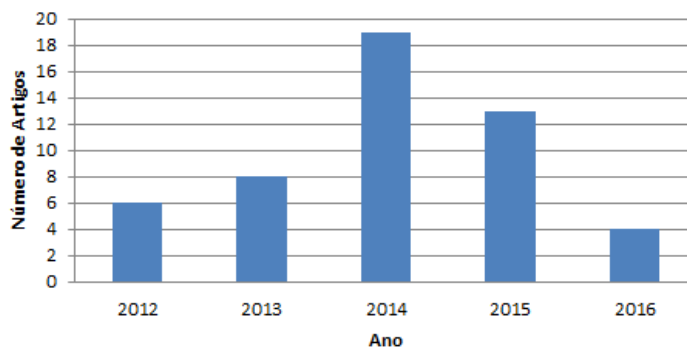


Figura 5.23 - Análise da Série Histórica de Artigos

Fonte: Derivado do estudo

A segunda análise Macro de artigos refere-se aos países onde estão sendo realizadas pesquisas científicas sobre o assunto abordado. A figura 5.24 apresenta os países de origem dos artigos analisados e seus respectivos percentuais de ocorrência.

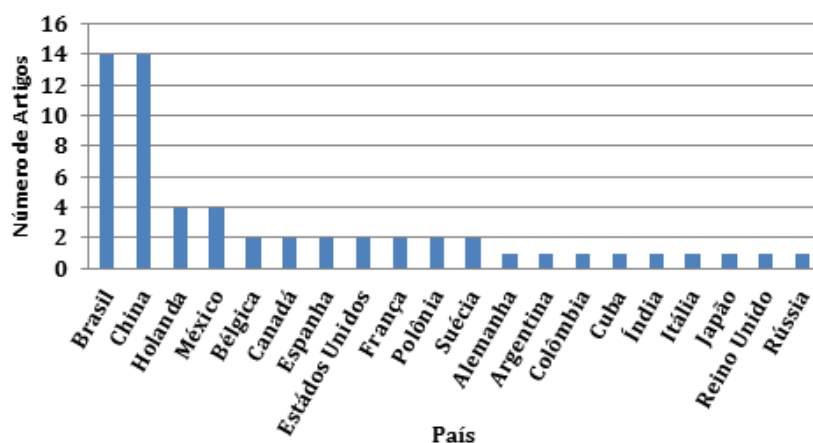


Figura 5.24 - Análise dos Países de Publicação dos Artigos

Fonte: Derivado do estudo

Brasil e China foram os países que publicaram mais artigos e possuem o maior número de centros de pesquisa e universidades relacionados ao tema abordado, totalizando participação em quatorze dos cinquenta artigos analisados, cada. A Holanda e o México participaram da publicação de quatro artigos, cada. Bélgica, Canadá, Espanha, Estados Unidos, França, Polônia e Suécia apresentaram dois artigos relevantes para a pesquisa e Alemanha, Argentina, Colômbia, Cuba, Índia, Itália, Japão, Reino Unido e Rússia, um artigo cada.

Os principais autores de artigos observados nesta pesquisa foram as Universidades com trinta e cinco artigos, como pode ser observado pela figura 5.25. O trabalho conjunto entre Centros de Pesquisa e Universidades, e Empresas e Universidades, foram responsáveis por seis e cinco artigos, respectivamente. Os Centros de Pesquisa em conjunto com Empresa e Universidades publicaram três artigos, enquanto Centros de Pesquisa publicaram apenas um artigo.

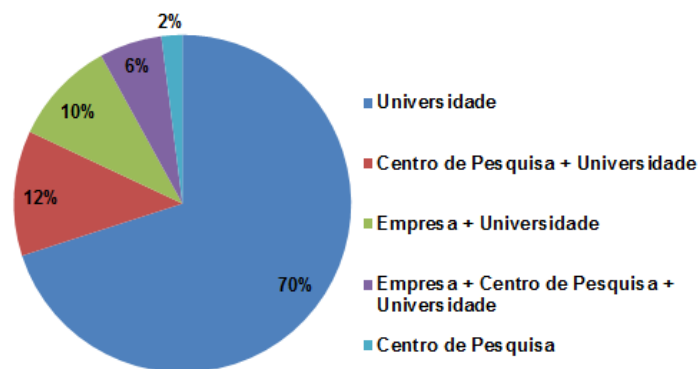


Figura 5.25 - Atores responsáveis pela Publicação de Artigos

Fonte: Derivado do estudo

5.4.1.3 - Análise Meso

Nas Análises Meso e Micro, descritas pelo Quadro 5.4, os artigos são categorizados de acordo com os aspectos mais relevantes em torno da produção de biogás a partir de vinhoto. Estes aspectos foram devidamente identificados na etapa inicial do estudo (fase pré-prospectiva), cujo foco era apontar as grandes áreas de exploração científica do tema em questão.

Quadro 5.4 - Análise Meso e Micro das Patentes Depositadas

MESO	MICRO
Pré-tratamento	Biológico
	Químico
	Físico
Processo	Parâmetros do Processo
	Múltiplos Estágios
	Codigestão
Pós-Tratamento	Biogás
	Digestato
Produto	Fertilizante
	Biogás
	Bioenergia
	Outros Biocombustíveis
	Outros Bioprodutos
Insumos do Processo	Reator
	Equipamentos Acessórios
Matéria-Prima	Vinhaça de Produção de Etanol
	Vinhaça da Cana-de-Açúcar
	Vinhaça de Mandioca
	Vinhaça de Milho
	Vinhaça de Trigo
	Outras Vinhaças

Fonte: derivado do estudo

A figura 5.26 apresenta a análise Meso:

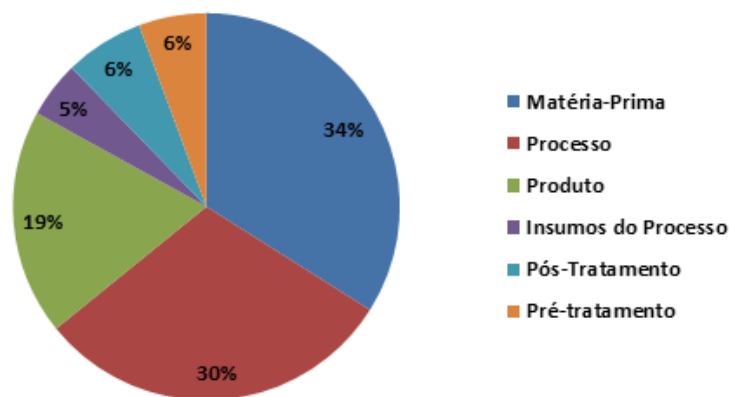


Figura 5.26 - Análise Meso detalhando os Desafios Tecnológicos dos Artigos

Fonte: derivado do estudo

Dos 50 artigos selecionados, muitos apresentavam mais de um foco em seu resumo. Um total de 36 artigos possuíam como foco o uso de vinhaça oriunda da produção de álcool a partir de alguma matéria-prima específica, o que totaliza 72% dos artigos analisados.

Trinta e dois artigos apresentaram alterações no processo de digestão anaeróbica, 20 em algum produto específico do processo, 7 em um pós-tratamento do efluente do processo, 6 em algum pré-tratamento para tornar a matéria-prima mais biodisponível e 5 em um insumo do processo.

5.4.1.4 - Análise Micro

A Tabela 5.6 apresenta o número de artigos analisados que se enquadraram nas respectivas taxonomias.

Tabela 5.6 - Taxonomias das Publicações de Artigos

Meso	Número Meso	Micro	Número Micro
Pré-tratamento	6	Biológico	1
		Químico	4
		Físico	3
Processo	32	Parâmetros do Processo	24
		Múltiplos Estágios	5
		Codigestão	8
Pós-Tratamento	7	Biogás	1
		Digestato	6
Produto	20	Fertilizante	0
		Biogás	16
		Bio-energia	3
		Outros Biocombustíveis	10
		Outros Bioprodutos	4
Insumos do Processo	5	Reator	3
		Equipamentos Acessórios	2
Matéria-Prima	36	Vinhaça de Produção de Etanol	0
		Vinhaça da Cana-de-Açúcar	12
		Vinhaça de Mandioca	6
		Vinhaça de Milho	5
		Vinhaça de Trigo	1
		Outras Vinhaças	14

Fonte: derivado do estudo

Nesta fase do trabalho, cada taxonomia da análise Meso foi detalhada. Foram identificadas particularidades relacionadas às tecnologias sendo estudadas ou utilizadas para superar os obstáculos da produção de biogás a partir de vinhaça.

A partir da taxonomia de “Pré-Tratamento” podem ser destacadas três sub-taxonomias. Um artigo destacou como pré-tratamento o “Biológico”, um o “Físico”, dois o “Químico” e dois combinaram as sub-taxonomias, destacando o pré-tratamento físico-químico.

A maioria artigos que abordaram o *driver* de “Processos” tiveram como foco em seus resumos o controle dos “Parâmetros do Processo”, enquanto oito deles fizeram uso da “Codigestão” e cinco, “Múltiplos Estágios”. Seis artigos focaram no pós-tratamento do “Digestato” e um, o “Biogás”.

A figura 5.27 apresenta as taxonomias micro identificadas e relacionadas ao “Pré-Tratamento”, assim como a percentagem de artigos referentes a ela.

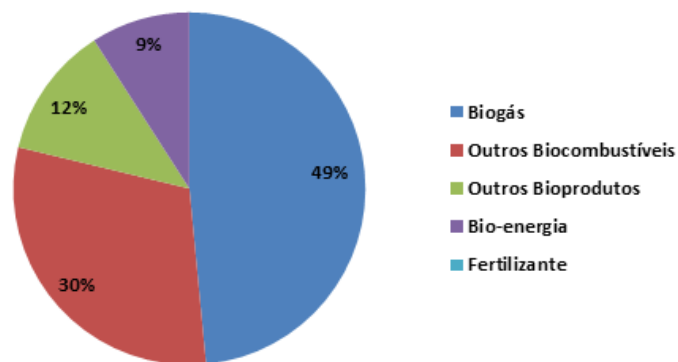


Figura 5.27 - Análise Micro referente ao Produto da Publicação de Artigos

Fonte: derivado do estudo

Dos vinte artigos que focaram o “Produto” da digestão anaeróbica, dezesseis delas tiveram como foco a produção “Biogás” e dez, “Outros Biocombustíveis”. Quatro dos artigos tiveram como foco “Outro Bioproduto” e três, a produção de “Bioenergia”.

Três artigos dos “Insumos de Processo” tiveram como foco os “Reatores” e dois, “Equipamentos Acessórios”.

Já a figura 5.28 explora a análise Micro relativa às matérias-primas. Dos trinta e seis artigos que especificaram os tipos de vinhaça, doze foram referentes à vinhaça da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, seis à produção de álcool a partir da mandioca, cinco da produção de etanol a partir do milho, uma da produção de álcool a partir do trigo e quatorze citaram outras fontes da vinhaça. Dez delas se tratavam da vinhaça gerada a partir da produção de algum tipo de bebida alcoólica, uma da vinhaça da produção de álcool de segunda geração do milho, uma de vinhoto de beterraba, uma de trigo e batata e outra de rejeitos da cozinha.

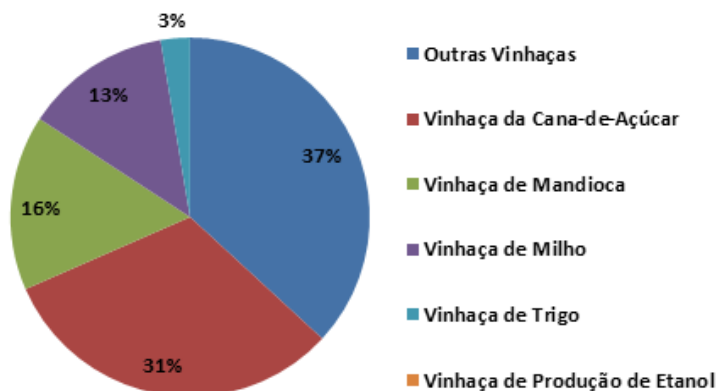


Figura 5.28 - Análise Micro referente à Matéria-Prima da Publicação de Artigos

Fonte: derivado do estudo

5.4.1.5 - Análises extras

A partir da leitura e análise dos artigos, algumas conclusões alternativas foram tiradas. Todos os quinze artigos que especificaram o tipo de reator utilizaram o processo contínuo. Além disso, apesar de vinte e quatro artigos tratarem dos parâmetros do processo, apenas um abordou a faixa de temperatura utilizada, que foi mesofílica.

Quanto à produção de “Bioenergia”, todos os três artigos citados tiveram como foco a produção de energia térmica.

5.4.2 - Patentes Depositadas

5.4.2.1 - Metodologia de Pesquisa

A busca de patentes depositadas foi realizada nas bases USPTO e Espacenet nos títulos e resumos.

Busca na base Espacenet:

- Período analisado: publicações entre 2012 e 2016;
- Palavras chave 1: (vinass* or stillag*) and (biogas or methanation or methane or (anaerobic and (ferment* or digest* or react*)))
- Palavras chave 2: (vinass* or stillag*) and ("bio gas" or biomethan* or methani* or "marsh gas")
- Palavras chave 3: (vinass* or stillag*) and (biogas or methanation or methane or (anaerobic and (ferment* or digest* or react*)))
- Palavras chave 4: (((distil* or waste* or residu*) and (ethanol or alcohol*)) and (methanation or methane or biomethan* or methani*))
- Palavras chave 5: (((distil* or waste* or residu*) and (ethanol or alcohol*)) and ("bio gas" or "marsh gas"))

Foram analisadas até as primeiras 50 patentes de cada ano no período entre 2016 e 2012.

Busca na base USPTO:

- Período analisado: publicações entre 2012 e 2016;
- Palavras chave 1: (((distil\$ OR waste\$) OR residu\$) AND (ethanol OR alcohol\$)) AND (((anaerobic AND ((react\$ OR ferment\$) OR digest\$)) OR biogas) OR methane))

- Palavras chave 2: (((distil\$ OR waste\$) OR residu\$) AND (ethanol OR alcohol\$)) AND (((anaerobic AND ((react\$ OR ferment\$) OR digest\$)) OR biogas) OR methane

Foram analisadas todas as patentes de cada ano no período entre 2012 e 2016.

A busca de patentes depositadas nas bases USPTO e ESPACENET e sua análise geraram 50 patentes depositadas.

5.4.2.2 - Análise Macro

A figura 5.29 a seguir se refere aos países depositantes.

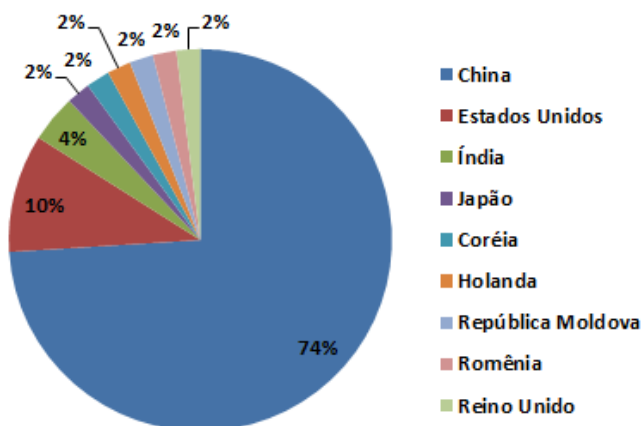


Figura 5.29 - Análise Macro referente aos Países que Solicitaram Patentes

Fonte: derivado do estudo

Como pode ser observado, o país com o maior número de patentes depositadas é a China, com 37 patentes. Em seguida, aparecem a Estados Unidos (5), Índia (2), Japão, Coréia, Holanda, República Moldova, Romênia e Reino Unido foram responsáveis por uma patente cada um.

A figura 5.30 se refere à série histórica. É possível observar um crescimento praticamente linear ao longo dos anos analisados, exceto pelo ano de 2013 que produziu um número elevado de patentes depositadas.

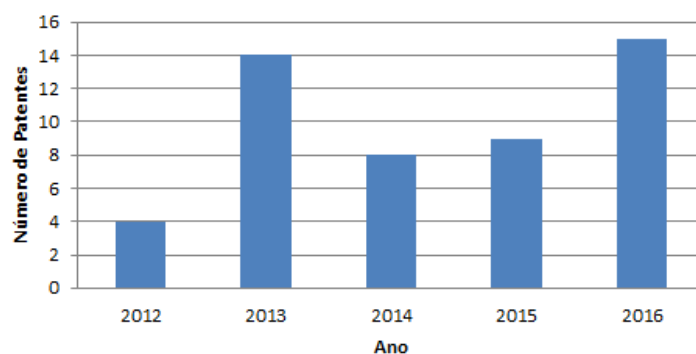


Figura 5.30 - Análise Macro referente à Série Histórica de Patentes Depositadas

Fonte: derivado de estudo

Das cinquenta patentes estudadas, trinta foram depositadas por empresas, onze por universidades, sete por pessoas físicas, 2 pelo trabalho conjunto de universidades e centros de pesquisa.

Os *players* com maior número de depósitos foram a empresa chinesa Suzhou Biyuan Environmental Protection Engineering CO., LTD e a Universidade de Tongji, com três patentes depositadas, cada.

5.4.2.3 - Análise Meso

A análise Meso fornece informações sobre o foco da patente e está detalhada na figura a seguir.

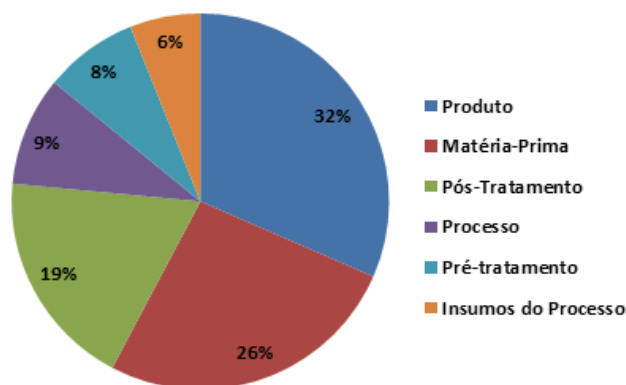


Figura 5.31 - Análise Meso detalhando os Desafios Tecnológicos das Patentes Depositadas

Fonte: derivado de estudo

A taxonomia “Produto” é a mais abordada nas patentes depositadas, sendo o foco de 47 documentos, seguida pela “Matéria-Prima” (39) e “Pós-Tratamento” (28).

5.4.2.4 - Análise Micro

A tabela 5.7 explicita as taxonomias encontradas nas patentes depositadas analisadas.

Tabela 5.7 - Taxonomia das Patentes Depositadas

Meso	Número Meso	Micro	Número Micro
Pré-tratamento	12	Biológico	0
		Químico	1
		Físico	11
Processo	14	Parâmetros do Processo	5
		Múltiplos Estágios	4
		Codigestão	8
Pós-Tratamento	28	Biogás	4
		Digestato	25
Produto	47	Fertilizante	14
		Biogás	35
		Bio-energia	4
		Outros Biocombustíveis	15
		Outros Bioprodutos	10
Insumos do Processo	9	Reator	8
		Equipamentos Acessórios	3
Matéria-Prima	39	Vinhaça de Produção de Etanol	12
		Vinhaça da Cana-de-Açúcar	0
		Vinhaça de Mandioca	11
		Vinhaça de Milho	3
		Vinhaça de Trigo	5
		Outras Vinhaças	9

Fonte: Derivado do trabalho

A análise Micro fornece informações mais detalhadas sobre os documentos. Das doze patentes depositadas com foco no pré-tratamento, onze tiveram taxonomia micro de tratamento físico e uma, químico. O pós-tratamento foi prioritariamente do digestato, enquanto apenas quatro patentes citaram o pós-tratamento do biogás.

A figura 5.32 apresenta as taxonomias micro identificadas e relacionadas ao “Produto”, assim como a percentagem de patentes depositadas referentes a ela.

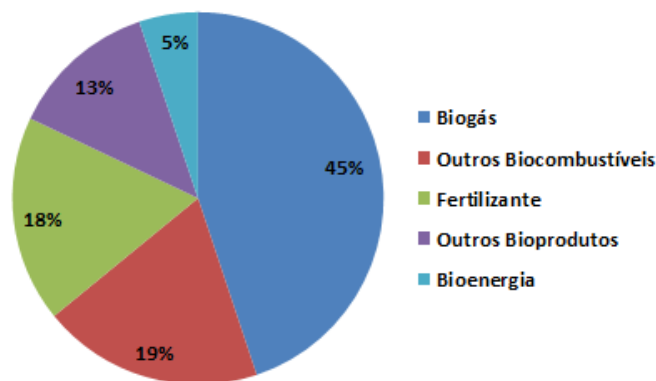


Figura 5.32 - Análise Micro referente ao Produto de Patentes Depositadas

Fonte: Derivado do estudo

Dos quarenta e sete artigos que focaram o produto gerado a partir do biogás, trinta e cinco abordaram o próprio biogás, seguida por outros biocombustíveis (15), fertilizantes (14), outros bioprodutos (10) e bio-energia (4).

Quanto aos “Insumos do Processo”, é possível observar uma maior quantidade de publicações com foco no “Reator”, seguido pelos “Equipamentos Acessórios”.

Já a figura 5.33 se refere à taxonomia de “Matérias-Primas”.

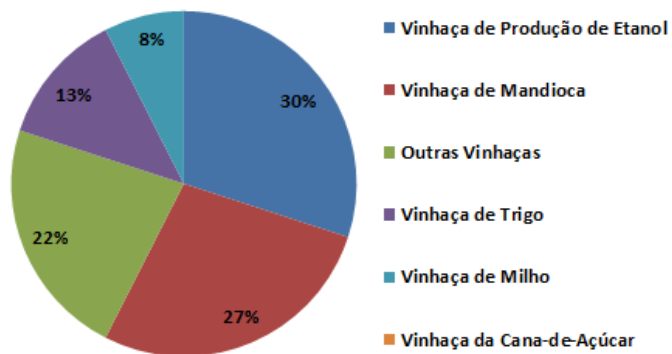


Figura 5.33 - Análise Micro referente à Matéria-Prima das Patentes Depositadas

Fonte: derivado do estudo

É possível observar uma distribuição equilibrada entre os tipos de vinhoto citados nas patentes depositadas, sendo a maioria composta por vinhaça a partir da produção de etanol não-comestível (12), seguido por vinhaça de mandioca (11) e demais vinhaças, como de amido amarelo (3), bebidas alcoólicas (2), mandioca com serragem (2), hiacinto (1) e de plantas ricas em açúcar (1).

5.4.2.5 - Análises extras

A partir da análise das patentes depositadas foram colhidas informações extras quanto aos enfoques dessas publicações.

Das oito patentes depositadas que explicitaram sua temperatura de processo, duas foram mesofílicas, três termofílicas, três combinaram essas duas faixas de temperatura.

Das que especificaram o tipo de energia gerada a partir do biogás, duas foram térmicas e duas citaram a cogeração energética. Quanto ao tipo de reator utilizado, todas as sete utilizaram processos contínuos.

5.4.3 - Patentes Concedidas

5.4.3.1 - Metodologia de Pesquisa

A busca e análise de Patentes Concedidas na base USPTO gerou apenas seis documentos. Também foram pesquisadas patentes na base ESPACENET, onde foi encontrado o restante das 35 Patentes Concedidas relevantes para a pesquisa.

5.4.3.2 - Análise Macro

A análise macro mostra a série histórica de depósito de patentes, os países depositantes e os principais *players* atuantes no setor. A figura 5.34 refere-se aos países depositantes.

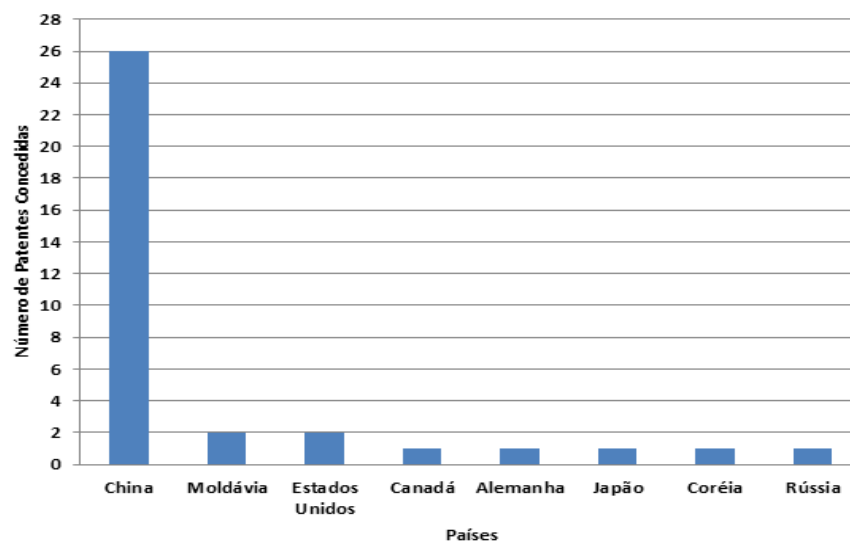


Figura 5.34 - Análise Macro referente aos Países com Patentes Concedidas

Fonte: derivado do estudo

Como pode ser observado, o país com o maior número de Patentes Concedidas é a China, com 26 patentes e representando 52% das patentes concedidas analisadas. Em seguida, há a República Moldova e os Estados Unidos com duas patentes e Canadá, Alemanha, Japão, Coreia e Rússia com apenas uma patente.

A figura 5.35 apresenta série histórica.

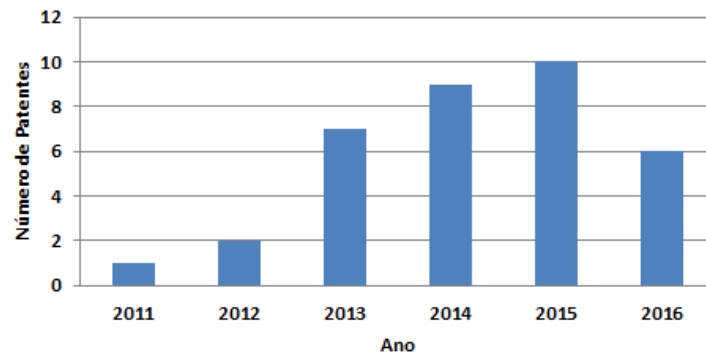


Figura 5.35 - Análise Macro referente à Série Histórica das Patentes Concedidas

Fonte: derivado do estudo

O ano com maior número de Patentes Concedidas foi o de 2014 e não é possível observar nenhuma tendência clara na série histórica. Das 35 patentes estudadas, 19 foram concedidas a empresas, sete a universidades, 5 ao trabalho conjunto de empresa e centros de pesquisa, 2 de empresas e universidades, 1 a centro de pesquisa e uma a pessoas físicas.

5.4.3.3 - Análise Meso

A análise Meso fornece informações sobre o foco da Patente e está detalhada na figura 5.36.

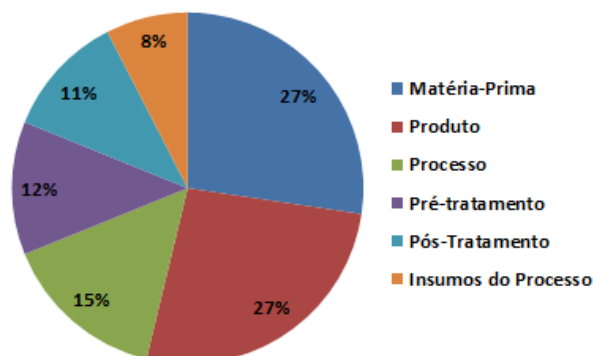


Figura 5.36 - Análise Meso detalhando os Desafios Tecnológicos das Patentes Concedidas

Fonte: derivado do estudo

A taxonomia "Matéria-Prima" é a mais abordada nas Patentes Concedidas, aparecendo em 29 documentos, seguida por "Produto", com 28 documentos, "Processo" (16), "Pré-Tratamento" (13), "Pós-Tratamento" (12) e "Insumos do Processo" (8).

5.4.3.4 Análise Micro

A análise Micro fornece informações mais detalhadas sobre os documentos. A tabela 5.8 apresenta as taxonomias encontradas nas patentes concedidas analisadas.

Tabela 5.8 - Taxonomias das Patentes Concedidas

Meso	Número Meso	Micro	Número Micro
Pré-tratamento	13	Biológico	2
		Químico	2
		Físico	9
Processo	16	Parâmetros do Processo	7
		Múltiplos Estágios	5
		Codigestão	9
Pós-Tratamento	12	Biogás	2
		Digestato	12
Produto	28	Fertilizante	7
		Biogás	19
		Bio-energia	6
		Outros Biocombustíveis	6
		Outros Bioprodutos	2
Insumos do Processo	8	Reator	8
		Equipamentos Acessórios	0
Matéria-Prima	29	Vinhaça de Produção de Etanol	17
		Vinhaça da Cana-de-Açúcar	0
		Vinhaça de Mandioca	4
		Vinhaça de Milho	2
		Vinhaça de Trigo	0
		Outras Vinhaças	7

Fonte: derivado do estudo

Das 13 patentes concedidas sob a taxonomia de Pré-Tratamento, nove delas focaram em tratamento físico e duas focaram em químico e biológico. Das 16 patentes concedidas que possuíam como foco alguma condição do processo, 25% delas se referiram aos seus parâmetros, 66% especificavam uma codigestão enquanto apenas 9% citaram o uso de múltiplos-estágios.

Das patentes inseridas na taxonomia de "Processo", 43% tiveram como prioridade a "Codigestão", seguido por 33% de "Parâmetros do Processo" e 24% a

“Múltiplos-Estágios”. Quanto à taxonomia de “Pós-Tratamento”, 10 citaram a aplicação desta taxonomia em “Digestato” e 2 tanto no “Digestato” quanto no “Biogás”.

A figura 5.37 apresenta a análise micro de “Produto”.

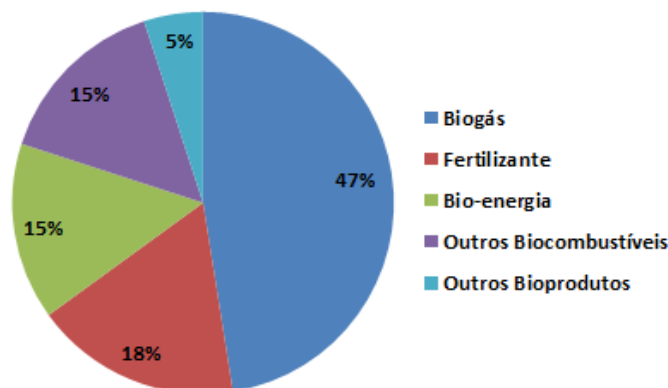


Figura 5.37 - Análise Micro de Produto referente às Patentes Concedidas

Fonte: derivado do estudo

Como analisado na figura 5.37, grande percentagem das patentes concedidas fez menção à produção de biogás, seguida por fertilizante, bio-energia, outros biocombustíveis e outros bioprodutos.

Das 12 patentes concedidas que especificaram algum insumo tecnológico de processo importante, todas trataram do reator.

Das 29 patentes concedidas que especificaram os tipos de vinhaça (83%), duas foram oriundas da produção de etanol, quatro de mandioca e duas de milho. Sete das vinhaças eram oriundas de outras fontes, sendo elas de bebidas alcoólicas (4), melão (2) e batata (1).

5.4.3.5 - Análises extras

Apenas seis patentes concedidas especificaram o tipo de reator, sendo 2 para contínuo e 4 para semi-contínuo. Das 7 patentes concedidas que se encontravam sob a taxonomia de bioenergia, seis definiram o tipo de energia gerada a partir do biogás como térmica e uma, elétrica.

Das 7 patentes concedidas que especificaram o tipo de digestão pela faixa de temperatura, quatro delas foram mesofílicas, duas utilizaram processos combinando os mesofílica e termofílica e, uma, psicrofílica e mesofílica.

5.4.4 - Estágio Atual

5.4.4.1 - Metodologia de Pesquisa

O ponto zero do *roadmap* simboliza os *players* que já atuam no setor. As buscas por *players* já atuantes no setor de produção de biogás a partir da vinhaça foram

realizadas em *websites* de empresa e na plataforma da Biofuels Digest com as palavras-chave: “*ethanol*”, “*bioethanol*”, “*etanol*”, “*vinasse*”, “*stillage*”, “*vinhaça*” e “*vinhoto*” para o *roadmap* de digestão anaeróbica da vinhaça; combinadas a “*biogás*”, “*biogas*”, “*metano*”, “*methane*”, “*biomethane*” “*anaerobic digestion*” e “*digestão anaeróbica*”. Desta forma, os documentos encontrados em mídias digitais foram analisadas e os *players*, selecionados.

Também foi investigado se *players* atuantes no curto, médio e longo prazo, identificados durante as análises de artigos e patentes, atuam no setor de produção de biogás ou se possuem *expertise* que possa ser aplicada em algum ponto no setor de biogás a partir da vinhaça. Esta avaliação foi feita nos *websites* de empresas e centros de pesquisa.

Esta metodologia resultou no levantamento de doze *players* que potencialmente atuam em algum ponto da produção de biogás a partir da vinhaça.

5.4.4.2 - Análise Macro

A análise macro mostra detalhes do estado do estágio atual, como os países mais expressivos e os principais *players* atuantes no setor. A figura 5.38 refere-se aos países depositantes.

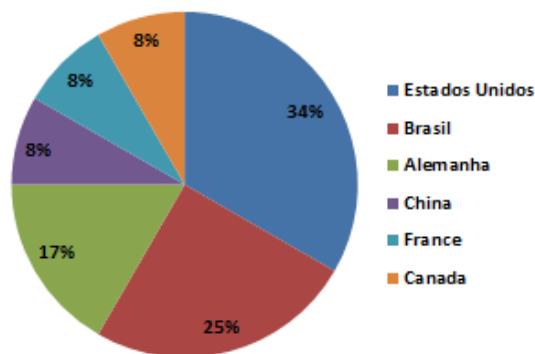


Figura 5.38 - Análise Macro referente aos Países do Estágio Atual

Fonte: derivado do estudo

Como pode ser observado, o país com o maior número de atores do estágio atual é os Estados Unidos, seguido pelo Brasil e a Alemanha. Todos os atores analisados foram empresas.

5.4.4.3 - Análise Meso

A análise Meso fornece informações, extraídas de *websites* das empresas e centros de pesquisa, sobre o foco dos atores. Esta análise se encontra detalhada na figura 5.39.

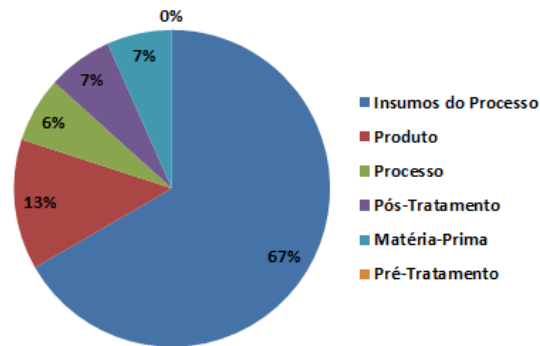


Figura 5.39 - Análise Meso detalhando os Desafios Tecnológicos do Estágio Atual

Fonte: derivado do estudo

A taxonomia "Insumos de Processo" foi a mais abordada no Ponto Zero, com dez *players* que possuem *expertises* neste tipo de tecnologia, seguida por "Produto" (2). Nenhum *players* possui tecnologia de "Pré-Tratamento".

5.4.4.4 - Análise Micro

A análise Micro fornece informações mais detalhadas sobre os *drivers* das empresas. A tabela 5.9 apresenta as taxonomias encontradas no ponto zero.

Tabela 5.9 - Taxonomias do Estágio Atual

Meso	Número Meso	Micro	Número Micro
Pré-tratamento	0	Biológico	0
		Químico	0
		Físico	0
Processo	1	Parâmetros do Processo	1
		Múltiplos Estágios	0
		Codigestão	0
Pós-Tratamento	1	Biogás	1
		Digestato	0
Produto	2	Fertilizante	1
		Biogás	0
		Bioenergia	1
		Outros Biocombustíveis	1
		Outros Bioprodutos	0
Insumos do Processo	10	Reator	5
		Equipamentos Acessórios	7
Matéria-Prima	1	Vinhaça de Etanol	1
		Vinhaça de Cana	0
		Vinhaça de Mandioca	0
		Vinhaça de Milho	0
		Vinhaça de Trigo	0
		Outras Vinhaças	0

Fonte: derivado do estudo

A figura 5.40 apresenta as diferentes sub-taxonomias incluídas nos “Insumos do Processo”.

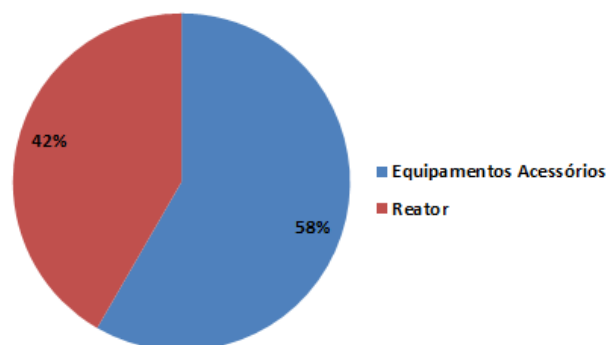


Figura 5.40 - Análise Micro de Insumos do Processo referente ao Ponto Zero

Fonte: derivado do estudo

Dos dez atores que focaram nos insumos do processo de digestão anaeróbica, cinco deles tiveram como foco os insumos do processo, apenas. Três deles focaram apenas no reator e dois *players* expressaram interesse nas duas sub-taxonomias.

6 - Apresentação dos *Roadmaps* Tecnológicos

Neste capítulo será abordada a análise dos dois *Roadmaps* Tecnológicos gerados a partir das taxonomias e informações obtidas nos documentos de artigos, patentes e mídia digital. O primeiro a ser analisado será o *Roadmap* Tecnológico referente à digestão anaeróbica da palha e, em seguida, da vinhaça. Os dados referentes aos documentos levantados durante a análise estão listados para consulta nos Apêndices A e B, enquanto as logomarcas dos *players* estão explicitadas nos Apêndices C e D.

Cada logomarca é referente a um *player* específico, que pode ter sido responsável pela publicação do documento de maneira individual ou em conjunto com outros atores. Neste caso, as logomarcas parceiras estarão envolvidas por um retângulo vermelho na forma de um *cluster* de “Parceria”.

Da mesma maneira, existem documentos diferentes cujo foco seja o mesmo. Para facilitar a visualização do *roadmap*, *players* cujos documentos tiverem as mesmas taxonomias estarão com suas logomarcas envolvidas por um retângulo azul na forma de um *cluster* de “Mesmo Foco”.

Caso os mesmos *players* e/ou suas parcerias sejam responsáveis por múltiplos documentos, isto será indicado por múltiplas setas de localizações horizontalmente distintas da mesma logomarca.

6.1 - *Roadmap* Tecnológico da Digestão Anaeróbica de Palha

Neste subcapítulo, abordar-se-á a descrição do *Roadmap* Tecnológico da digestão anaeróbica da palha, apresentado na Figura 6.1. Nos itens 6.1.1 a 6.1.4 a seguir, cada estágio temporal do *Roadmap* Tecnológico será analisado separadamente. Em seguida, serão identificados os principais *players* do setor e os principais focos dos documentos em cada horizonte temporal.

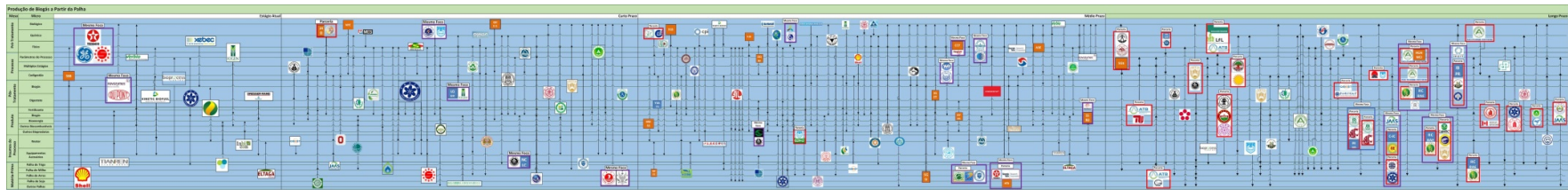


Figura 6.1 - *Technology Roadmap* referente à Digestão Anaeróbica de Palha

Fonte: Elaboração própria

6.1.1 - Estágio Atual

Na figura 6.2, pode-se visualizar um recorte do Estágio Atual do *Roadmap* Tecnológico da Digestão Anaeróbica da Palha, onde são mostrados os *players* identificados através de mídias especializadas.

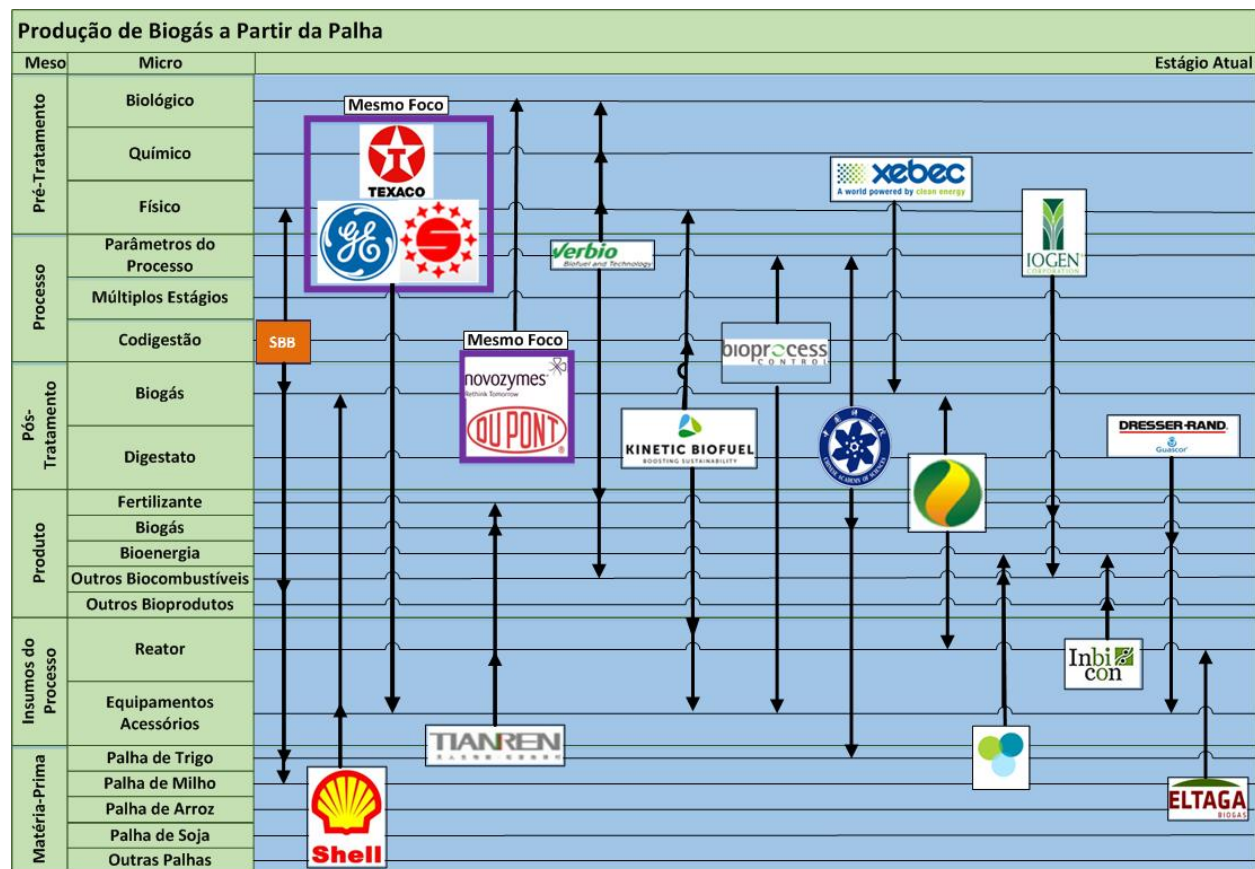


Figura 6.2 - Ponto Zero do *Technology Roadmap* referente à Digestão Anaeróbica de Palha

Fonte: Elaboração própria

É possível identificar empresas e centros de pesquisa dentre os *players* que apresentam tendências variadas. A taxonomia onde a maioria dos documentos se concentra é em “Insumos de Processo”, havendo um equilíbrio entre os investimentos em “Reator” e “Equipamentos Acessórios”. A taxonomia “Produto” também se destacou, cujas maiores tendências foram, respectivamente, “Outros Biocombustíveis”, “Biogás”, “Bioenergia” e “Fertilizante”. Não houve nenhuma referência a “Outros Bioprodutos”.

Também é possível observar a formação de um *cluster*, indicando focos de investimentos similares entre corporações. As empresas Du Pont e Novozymes apresentam as mesmas tendências no estágio atual, direcionando seus esforços para “Pré-Tratamento”, mais especificamente para o “Pré-Tratamento Biológico”.

Dentre os *players* que se destacam de maneira isolada, a Verbio AG possui foco nas taxonomias “Pré-Tratamento”, “Fertilizante” e “Outros Biocombustíveis”. Esta empresa alemã utiliza uma tática interessante que soluciona os problemas referentes ao suprimento de matéria-prima e destinação de seus resíduos sólidos: utiliza palha como matéria-prima advinda de *supply chains* locais ao redor da planta e, em troca, fornece o digestato gerado como fertilizante aos donos das terras.

Já a Shell Oil Company dedica seus esforços ao “Pós-Tratamento”, especificamente do “Biogás”, e em “Equipamentos Acessórios”. Possui uma planta de dessulfurização de biogás e, assim como a Texaco, comercializa lubrificantes específicos para motores a biogás. O Quadro 6.1 apresenta atores ilustrados no ponto zero do *Roadmap* e seus respectivos *drivers*.

Quadro 6.1 - Atores do Estágio Atual do *Roadmap* da Produção de Biogás a partir da Palha e seus *Drivers*

Estágio Atual			
Ator	Tipo de Ator	Driver Meso	Driver Micro
Eltaga Licensing GmbH	Empresa	Insumos do Processo	Reator
Texaco Development Corporation	Empresa	Insumos do Processo	Equipamentos Acessórios
General Electric Company	Empresa	Insumos do Processo	Equipamentos Acessórios
Shengli Oilfield Shengli Power Machinery Co., Ltd.	Empresa	Insumos do Processo	Equipamentos Acessórios
Xebec Adsorption Inc	Empresa	Pós-Tratamento	Biogás
Shell Oil Company	Empresa	Pós-Tratamento; Insumos do Processo	Biogás; Equipamentos Acessórios
A E. I. Du Pont Nemours And Company	Empresa	Pré-Tratamento	Biológico
Novozymes A/S	Empresa	Pré-Tratamento	Biológico
Shandong Baoli Biomass Energy Co., Ltd	Empresa	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Físico; Biogás; Fertilizante; Outros Biocombustíveis; Palha de Trigo; Palha de Milho
Kinetic Biofuel As	Empresa	Pré-Tratamento; Processo; Insumos do Processo	Físico; Codigestão; Reator; Equipamentos Acessórios
Inbicon	Empresa	Pré-Tratamento; Produto	Biológico; Físico; Outros Biocombustíveis
Verbio Vereinigte Bioenergie Ag	Empresa	Pré-Tratamento; Produto	Biológico; Químico; Físico; Fertilizante e Outros Biocombustíveis
Bioprocess Control (Sweden) Co. Ltd.	Empresa	Processo; Insumos do Processo	Parâmetros do Processo; Equipamentos Acessórios
Chinese Academy Of Sciences	Centro de Pesquisas	Processo; Produto; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Biogás; Palha de Trigo
Iogen Corporation	Empresa	Produto	Biogás; Outros Biocombustíveis
Maabjerg Energy Concept	Empresa	Produto	Bioenergia; Outros Biocombustíveis
Dresser-Rand Guascor	Empresa	Produto; Insumos do Processo	Bioenergia; Equipamentos Acessórios
Qingdao Tianren Environment Co., Ltd	Empresa	Produto; Insumos do Processo	Fertilizante; Biogás; Reator
Biogas Institute Of The Ministry Of Agriculture	Centro de Pesquisas	Produto; Insumos do Processo	Fertilizante; Biogás; Outros Biocombustíveis

Fonte: Elaboração própria

6.1.2 - Curto Prazo

Na figura 6.3, pode-se visualizar o Curto Prazo do *Roadmap* Tecnológico da Digestão Anaeróbica da Palha. Neste recorte, são mostrados os *players* identificados através de patentes concedidas que apresentem tecnologias pertencentes ao escopo do estudo.

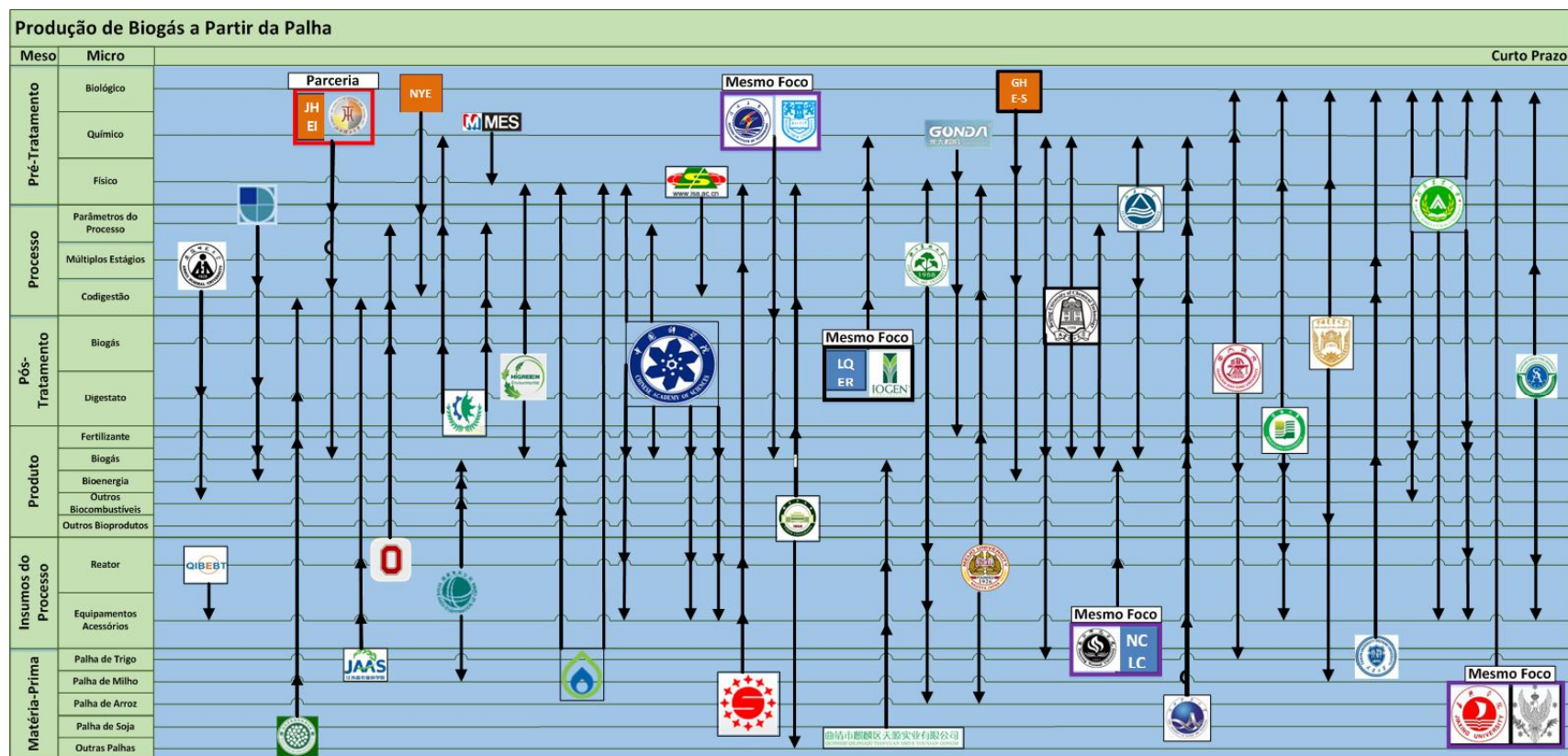


Figura 6.3 - Curto Prazo do *Technology Roadmap* referente à Digestão Anaeróbica de Palha

Fonte: Elaboração própria

É possível identificar empresas, universidades e centros de pesquisa dentre os *players* e a apresentam tendências distintas. A taxonomia onde a maioria dos documentos se concentra é em “Produtos”, havendo um enfoque maior em “Biogás”. A taxonomia “Pré-Tratamento” também se destacou, cujas maiores tendências foram, respectivamente, “Físico” e “Biológico”.

A Jiaxing University é responsável pelo documento (CN102453676B – 4 de Setembro de 2013) que patenteia uma metodologia de “Pré-Tratamento Biológico” em condições aeróbicas da palha fazendo uso de um preparado microbiológico, assim como a Universidade de Varsóvia (*Uniwersytet Warszawski*) patenteou (US9371545B2 – 21 de Junho de 2016) um consórcio microbiano especializado para o pré-tratamento da celulose.

A Nanjing University of Technology e a Huaihai Institute of Technology apresentam tendências semelhantes. Ambas patentearam (CN102965396B – 4 de Junho de 2014 e CN102876727B – 19 de Novembro de 2014, respectivamente) metodologias de codigestão de palha com alguma espécie de praga marinha da região, objetivando suprir a demanda nutricional de nitrogênio do processo. A primeira usou talos de um fungo marinho rico em hexanos (*Schizochytrium*) e, a segunda, uma macroalga enteromorfa.

Há uma colaboração entre a empresa Jiangxi Huayifeng Ecology Industrial e a universidade Jiangxi University of Science and Technology na patente concedida CN103911397B – 17 de Agosto de 2016, com foco em “Parâmetros do Processo”, “Codigestão” e “Biogás”. Esta patente objetiva a codigestão de dejetos bovinos, palha e minério turmalina processado, cuja adição aumenta a produção de biogás e a redução de demanda química de oxigênio.

O centro de pesquisas Chinese Academy of Sciences foi a maior contribuidora neste corte temporal com quatro patentes concedidas com foco em variadas taxonomias, seguida pela Henan Agricultural University, com três. O Quadro 6.2 apresenta atores ilustrados no curto prazo do *Roadmap* e seus respectivos *drivers*.

Quadro 6.2 - Atores do Curto Prazo do *Roadmap* da Produção de Biogás a partir da Palha e seus *Drivers*

Curto Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Academy Of Planning And Designing Of The Ministryof Agriculture	Centro de Pesquisa	CN103740767B	Pré-Tratamento; Processo	Químico; Parâmetros do Processo
Anaergia Inc.	Empresa	US9416374B	Pré-Tratamento; Produto	Físico; Biogás; Outros Biocombustíveis
		US8993288B	Pré-Tratamento	Físico
Anhui Normal University	Universidade	CN103601182B	Pós-Tratamento; Produto	Digestato; Outros Bioprodutos
Beijing University Of Chemical Technology	Universidade	CN102827879B	Pré-Tratamento; Produto	Químico; Biogás
		CN102604998B	Pré-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Químico; Biogás; Palha de Trigo
		CN102586333B	Processo; Produto	Parâmetros do Processo; Biogás
Biogas Science Research Institute, Ministry Of Agriculture	Centro de Pesquisa	CN103409469B	Processo; Produto	Parâmetros do Processo; Biogás
		CN103103117B	Produto; Insumos do Processo	Biogás; Reator; Equipamentos Acessórios
		CN103074208B	Produto; Insumos do Processo	Biogás; Reator; Equipamentos Acessórios
		CN103060179B	Pré-Tratamento; Produto; Insumos do Processo	Físico; Biogás; Reator; Equipamentos Acessórios
China Agricultural University	Universidade	CN103392948B	Pré-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Biológico; Físico; Outros Bioprodutos; Palha de Milho
Chongqing Guangda (Group) Co., Ltd	Empresa	CN103304286B	Pré-Tratamento; Processo; Produto	Físico; Codigestão; Fertilizante
Cui Yong	Inventor	CN102603383B	Pré-Tratamento; Processo; Pós-Tratamento; Produto	Biológico; Físico; Codigestão; Digestato; Fertilizante
Fang Chaoyang	Inventor	CN102586087B	Produto; Insumos do Processo	Bioenergia; Equipamentos Acessórios
Guangxi Huaqi Energy-Saving Environmental Protection Engineering Co., Ltd	Empresa	CN103451095B	Pré-Tratamento; Processo; Produto	Físico; Codigestão; Biogás
Hebei University Of Science And Technology	Universidade	CN103865791B	Pré-Tratamento; Processo; Produto; Insumos do Processo	Químico; Físico; Parâmetros do Processo; Codigestão; Fertilizante; Biogás; Reator

Curto Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Heilongjiang Longneng Weiye Environment Technology Co., Ltd	Empresa	CN104445611B	Processo; Pós-Tratamento; Produto	Codigestão; Digestato; Biogás; Bioenergia
Henan Agricultural University	Universidade	CN103436440B	Pré-Tratamento; Produto	Biológico; Biogás; Outros Biocombustíveis
		CN103436435B	Pré-Tratamento; Produto; Insumos do Processo	Biológico; Fertilizante; Biogás; Reator; Equipamentos Acessórios
		CN103436434B	Pré-Tratamento; Insumos do Processo	Biológico; Equipamentos Acessórios
Hua Wenwei	Inventor	CN104445187B	Pré-Tratamento; Processo; Pós-Tratamento; Produto	Físico; Parâmetros do Processo; Digestato; Biogás; Outros Bioprodutos
Huaihai Institute Of Technology	Universidade	CN102876727B	Processo; Produto	Codigestão; Biogás
Institute Of Subtropical Agriculture, Chinese Academy Of Sciences	Centro de Pesquisa	CN103359825B	Processo	Codigestão
Iogen Corporation	Empresa	US9476066B	Pré-Tratamento; Produto	Químico; Físico; Biogás; Outros Biocombustíveis
Jiangnan University	Universidade	CN104099374B	Pré-Tratamento; Processo; Produto	Químico; Codigestão; Biogás
Jiangsu Academy Of Agricultural Sciences	Universidade	CN103602580B	Processo; Insumos do Processo	Codigestão; Reator; Equipamentos Acessórios
Jiangxi Huayifeng Ecology Industrial Co., Ltd	Empresa + Universidade	CN103911397B	Processo; Produto	Parâmetros do Processo; Codigestão; Biogás
Jiangxi University Of Science And Technology				
Jiaying University	Universidade	CN102453676B	Pré-Tratamento	Biológico
Linyi Qingyu Environmental Resource Comprehensiveutilization Institute	Centro de Pesquisa	CN104046654B	Pré-Tratamento; Processo	Químico; Físico; Codigestão
Meijo Univ	Universidade	JP5851790B2	Pré-Tratamento; Processo; Produto; Matéria-Prima	Físico; Codigestão; Biogás; Palha de Arroz
Mezy, Marcel, Leon, ; Mezy, Marcel, Léon	Inventor	WO2013150355B	Pré-Tratamento; Processo; Produto	Físico; Codigestão; Biogás
Miao Xiao	Inventor	CN102732323B	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto; Insumos do Processo	Biológico; Digestato; Fertilizante; Biogás; Bioenergia; Reator; Equipamentos Acessórios

Curto Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Mitsui Eng & Shipbuild Co Ltd	Empresa	JP5567718B	Pré-Tratamento	Físico
Nanjing Research Institute For Agricultural Mechanization Ministry Of Agriculture	Centro de Pesquisa	CN104355707B	Processo	Parâmetros do Processo; Codigestão
Nanjing University Of Technology	Universidade	CN102965396B	Processo; Produto	Codigestão; Biogás
Nanjing Yuanyi Environment Biological Engineeringco., Ltd	Empresa	CN104073445B	Processo	Parâmetros do Processo; Codigestão
Nanyang City Lyve Circle Agriculture Research Institute	Centro de Pesquisa	CN102649934B	Produto; Insumos do Processo	Biogás; Reator
Nanyang Normal University	Universidade	CN102649933B	Produto; Insumos do Processo	Biogás; Reator
Qingdao Institute Of Bioenergy And Bioprocess Technology, Chinese Academy Of Sciences	Centro de Pesquisa	CN103374521B	Insumos do Processo	Equipamentos Acessórios
Qujing City Qilin District Tianyuan Industry Co.,Ltd	Empresa	CN103740585B	Produto; Insumos do Processo	Biogás; Reator; Equipamentos Acessórios
Shanghai Jiao Tong University	Universidade	CN102586335B	Pré-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Biológico; Químico; Biogás; Palha de Trigo
Shengli Oilfield Shengli Power Machinery Co., Ltd.	Empresa	US9217162B	Pré-Tratamento; Processo; Produto; Insumos do Processo	Físico; Múltiplos Estágios; Biogás; Reator; Equipamentos Acessórios
Shenyang Agricultural University	Universidade	CN104357320B	Pré-Tratamento; Processo; Insumos do Processo	Biológico; Múltiplos Estágios; Reator; Equipamentos Acessórios
Shenyang University	Universidade	CN103627627B	Pré-Tratamento; Produto; Insumos do Processo	Biológico; Físico; Bioenergia; Reator; Equipamentos Acessórios
Shenzhen Haijixing Environmental Protection Co., Ltd	Empresa	CN102757980B	Pré-Tratamento; Processo; Produto	Físico; Codigestão; Biogás
State Grid Xinyuan Beijing Bio-Ethanol Energy R &D Center	Empresas	CN103509827B	Pré-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Biológico; Biogás; Bioenergia; Outros Biocombustíveis; Palha de Milho
State Grid Corporation Of China				

Curto Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Tarim University	Universidade	CN104086333B	Pré-Tratamento; Processo; Produto; Matéria-Prima	Físico; Codigestão; Fertilizante; Outras Palhas
The Ohio State University Research Foundation	Centro de Pesquisa	US8771980B	Processo; Produto	Parâmetros do Processo; Codigestão; Biogás
Tianjin University	Universidade	CN102604996B	Pré-Tratamento; Processo; Produto	Biológico; Múltiplos Estágios; Codigestão; Biogás
Uniwersytet Warszawski	Universidade	US9371545B	Pré-Tratamento	Biológico
Wuhan Vegetable Research Institute	Centro de Pesquisa	CN103992153B	Processo; Pós- Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Codigestão; Digestato; Fertilizante; Palha de Milho; Outras Palhas
Xu Yue	Inventor	CN102630810B	Pós-Tratamento; Produto	Digestato; Outros Bioprodutos
Zhejiang A&F University	Universidade	CN103194387B	Pré-Tratamento; Produto; Insumos do Processo; Matéria- Prima	Físico; Biogás; Reator; Equipamentos Acessórios; Palha de Arroz
Zheng Xiaohua	Inventor	CN102318756B	Processo; Pós- Tratamento; Produto	Codigestão; Digestato; Outros Bioprodutos

Fonte: Elaboração própria

6.1.3 – Médio Prazo

Na figura 6.4, pode-se visualizar o Médio Prazo do *Roadmap* Tecnológico da Digestão Anaeróbica da Palha. Neste recorte, são mostrados os *players* identificados através de patentes depositadas que apresentem tecnologias pertencentes ao escopo do estudo.

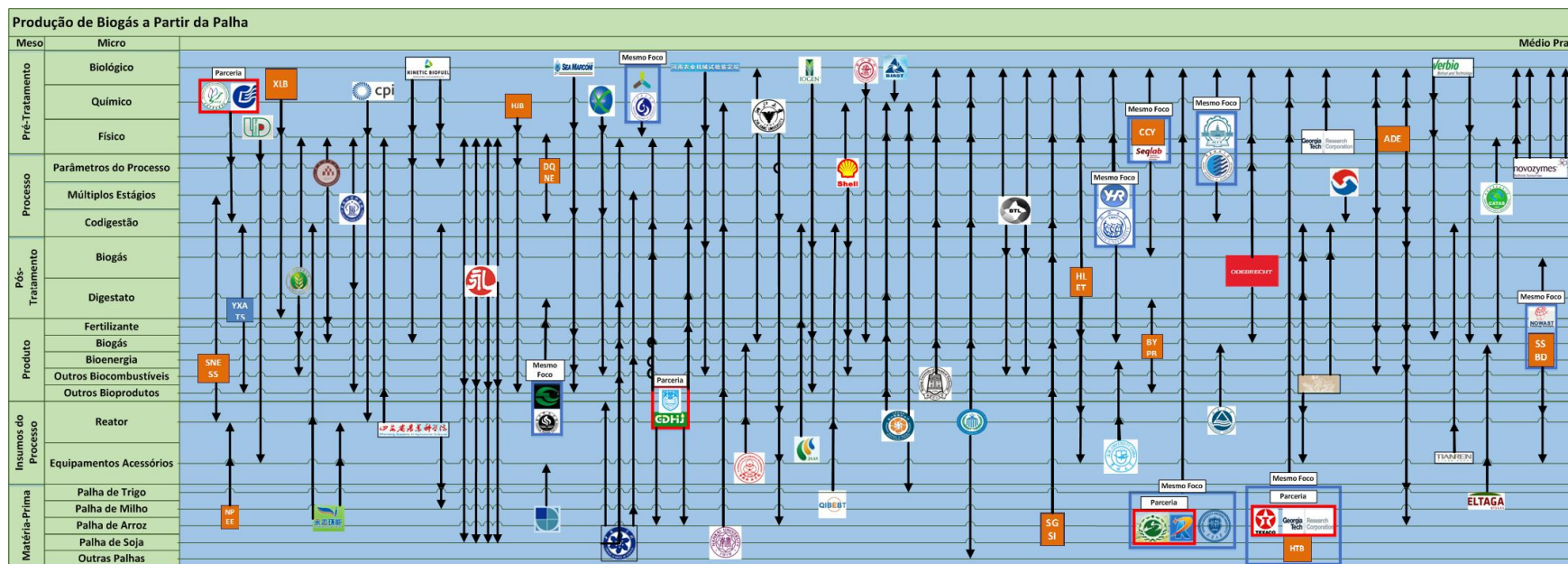


Figura 6.4 - Médio Prazo do *Technology Roadmap* referente à Digestão Anaeróbica de Palha

Fonte: Elaboração própria

É possível identificar empresas, universidades e centros de pesquisa dentre os *players* e a apresentam tendências distintas. As taxonomias onde a maioria dos documentos se concentra são em “Pré-Tratamento” e “Produto”, respectivamente. Enquanto no “Pré-Tratamento” há uma maior tendência para os processos “Físico” e “Biológico”, na taxonomia “Produto” se observa um maior enfoque em “Biogás”, seguido por “Outros Bioprodutos” e “Fertilizante”.

A Novozymes possui quatro depósitos de patente (IN599CHN2014A – 03 de Abril de 2015, US20140106427A1 – 17 de Abril e 2014, US20130330797A1 – 12 de Dezembro de 2013, US20130040354A1 – 14 de Fevereiro de 2013), sendo três delas com foco apenas no “Pré-Tratamento Biológico” e, a quarta, nos três tipos: “Biológico”, “Químico” e “Físico”. Junto com a Chengdu Giant Star Farming & Animal Husbandry Science and Technology Co., Ltd, foi a maior contribuinte para este recorte temporal.

A empresa Chengdu Giant Star foi responsável por quatro patentes (CN104206828A – 17 de Dezembro de 2014, CN104206826A – 17 de Dezembro de 2014, CN104186925A – 10 de Dezembro de 2014, CN104171694A – 03 de Dezembro de 2014) e tem como especialização de sua empresa a criação de tecnologias para a gestão de criação suína. Duas patentes possuem foco em “Pré-Tratamento Físico”, “Codigestão”, “Outros Bioprodutos” e “Palha de Soja”, e as outras duas em “Pré-Tratamento Físico”, “Outros Bioprodutos” e “Palha de Soja”. Em todas as patentes analisadas, a empresa se utiliza da digestão anaeróbica como recurso para transformar a palha em alimento para gado.

A empresa Anhui Dadi Energy Saving Science & Technology Co., LTD, manufatureira de pellets de biomassa para fins energéticos e outros produtos, solicitou duas patentes (CN105603003A – 25 de maio de 2016, CN105603000A – 25 de Maio de 2016) com propósitos distintos. A primeira aborda “Pré-Tratamento Biológico”, “Pré-Tratamento Químico”, “Codigestão”, “Produto Biogás” e “Outros Biocombustíveis”, onde há coprodução de etanol e biogás durante um processo no qual a palha sofre pré-tratamento alcalino e fermentação alcoólica. O resíduo sólido é misturado a arroz glutinoso fermentado (típico da Ásia) e sofre codigestão anaeróbica com dejetos humanos e animais.

Já a segunda prioriza a destinação adequada do jacinto de água, uma planta aquática vista como praga na China. Com foco nas taxonomias “Pré-Tratamento

“Biológico”, “Pré-Tratamento Químico”, “Codigestão”, “Pós-Tratamento do Biogás”, “Produto Biogás”, “Outros Biocombustíveis”, “Palha de Trigo” e “Palha de Arroz”, o jacinto é misturado à palha de trigo e palha de milho para produção de biogás, que são cominuídas, sofrem digestão aeróbica e digestão anaeróbica.

A Anhui Fuyang Yongzhi Ring Can Engineering LTD é uma empresa especializada em tratamento de resíduos, instalação de gasodutos e equipamentos de dessulfurização em fazendas. Foi responsável por duas patentes solicitadas (CN103468567A – 25 de Dezembro de 2013, CN103468564A – 25 de Dezembro de 2013) e ambas tiveram o objetivo de patentear reatores anaeróbicos, sendo um de tipo “garagem” para a codigestão de palha e lixo doméstico (“Codigestão” e “Reator”), e outro com peça de aço inoxidável para aprimorar o processo de mistura da digestão anaeróbica de palha (“Reator” e “Equipamentos Acessórios”).

Além de sua solicitação de patente em conjunto com a Texaco (NZ600127A – 28 de Março de 2014), onde prioriza os pré-tratamentos “Biológico”, “Químico” e “Físico”, a Georgia Tech Research Corporation também foi responsável por uma segunda patente solicitada (US20120315674A1 – 13 de Dezembro de 2012), onde focou em pré-tratamentos “Biológico” e “Químico” utilizando metodologia que se baseia em tratar biomassa lignocelulósica com mistura de dióxido de enxofre, gerando condições ideais para a hidrólise enzimática. A taxa de hidrólise é indicada pelo índice de cristalinidade, que é calculado pela temperatura, tempo de residência e concentração de dióxido de enxofre. Os açúcares gerados são destinados à digestão aeróbica ou anaeróbica.

A Anqing City Yixiu District Yongxing Agricultural Machinery and Agronomy comprehensive Development SP, um conjunto de cooperativas que focam no desenvolvimento da agricultura, depositou duas patentes (CN105112456A – 02 de Dezembro de 2015, CN105104742A – 02 de Dezembro de 2015). Ambas abordam metodologias de codigestão anaeróbica de palha e recursos agrários residuais (lodo ativado, fungos brancos podres, uréia, carvão e dejetos de gado) com o uso de temperaturas mesofílica e termofílica, com focos em “Codigestão” e “Fertilizante”. Uma das patentes possui focos extras em “Produto Biogás”, “Outros Bioprodutos” e “Reator”, onde cita a fermentação aeróbica termofílica e o cultivo de minhocas a montante do processo de digestão para tornar as matérias-primas mais biodisponíveis,

permitindo a coprodução de biogás, fertilizante e minhocas, que podem ser usadas como fonte de proteína.

A Cetrel S.A., subsidiária da Odebrecht e responsável pelo fornecimento de água, tratamento e disposição final dos efluentes e resíduos industriais, além de todo o monitoramento ambiental do Polo Industrial de Camaçari e de sua área de influência, é responsável por uma das patentes (WO2012153189A2 – 15 de novembro de 2012) que priorizam o pré-tratamento “Biológico” e “Físico” da palha com explosão de vapor e hidrólise enzimática com o objetivo de uma maior produção de “Biogás”.

A Nanjing Gongda Environment Technology Co., LTD é uma companhia que nasceu de universidade e tem como foco a inovação tecnológica e proteção ambiental e é responsável por duas das patentes estudadas (CN104120151A – 29 de outubro de 2014, CN104119111A – 29 de outubro de 2014) em associação com a Nanjing University of Technology. Essas duas patentes tem como objetivo básico a “Codigestão” anaeróbica sólida e em temperaturas na faixa da mesofílica e termofílica de cana, “Palha de Arroz” e alga azul, que antes sofrem “Pré-Tratamento Físico”. Em uma delas, além destas tendências, há “Pós-Tratamento do Biogás” para a geração de “Biogás” como produto. Em outra, ocorre “Pós-Tratamento do Digestato” através de granulação e transformado em “Fertilizante”.

Qitaihe Baotailong Coal Chemical Industry Co., LTD, empresa especializada na mineração de carvão, possui duas patentes (CN105087656A – 25 de novembro de 2015, CN105063097A – 18 de Novembro de 2015). Em ambas as patentes, a palha sofre “Pré-Tratamento Biológico” aeróbico antes de ser digerida anaerobicamente para a produção e futuro “Pós-Tratamento do Biogás”, gerando “Outros Biocombustíveis”, como o CNG (gás natural comprimido) e LNG (gás natural liquefeito). A empresa usa seu *know-how* de gás natural para a pressurização e purificação do biogás gerado antes da compressão ou liquefação e estocagem.

O Guangzhou Institute of Energy Conversion solicitou duas patentes (CN102604999A – 25 de Julho de 2012, CN105296568A – 03 de Fevereiro de 2016) que abordaram o pré-tratamento “Químico” e “Físico” de palha. A primeira patenteia o processo de maceração, adição de ácidos voláteis ou água residual para pré-tratamento térmico, e a segunda, pré-tratamento alcalino e separação do fluido residual da lignocelulose tratada. A lignocelulose é lavada e esse líquido e o fluido residual são

misturados, têm pH corrigido, sofrem precipitação de lignina e são centrifugados, gerando sobrenadante e lignina precipitada. Em uma das patentes, define-se o uso da “Palha de Trigo” e, na outra, o foco na geração de “Biogás” como produto e o “Pós-Tratamento do Digestato”, que seria o sobrenadante livre de lignina digerido anaerobicamente. Os demais resíduos sólidos são hidrolisados com celulase para geração de um “Outro Bioproduto”, neste caso um açúcar.

A Shandong Academy of Agricultural Sciences foi responsável por duas patentes (CN104232726A – 24 de Dezembro de 2014, CN105661063A – 15 de Junho de 2016) que abordam a codigestão de palha, seja de milho ou trigo, com outros resíduos. A primeira aborda a “Codigestão” de restos de cogumelo enoki, alga verde (enteromorpha), “Palha de Milho”, “Palha de Trigo”, lodo de lago de peixes, dejetos animais e vinhoto de produção de vinho, enquanto a segunda cita “Pré-Tratamento Físico” de cominuição da palha e mistura com farelo para inoculação e fermentação anaeróbica em saco plástico para a produção de “Outro Bioproduto”, que seria alimento para suinocultura.

A Zhejiang University possui duas solicitações de patentes (CN105181635A – 23 de Dezembro de 2015, CN104031944A – 10 de Setembro de 2014) variantes. A primeira abrange um “Reator” com “Equipamento Acessório” para a detecção do conteúdo de sólidos voláteis durante a “Codigestão” contínua de jacinto de água e “Palha de Arroz”. A segunda, um “Pré-Tratamento Biológico” enzimático para a produção de “Biogás” a partir de biomassa lignocelulósica para digestão anaeróbica mesofílica com maior geração de metano. O Quadro 6.3 apresenta atores ilustrados no médio prazo do *Roadmap* e seus respectivos *drivers*.

Quadro 6.3 - Atores do Médio Prazo do *Roadmap* da Produção de Biogás a partir da Palha e seus *Drivers*

Médio Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Chengjun Liu	Inventor	CN102793088A	Pré-Tratamento; Processo; Produto; Matéria-Prima	Físico; Codigestão; Biogás; Outros Bioprodutos; Palha de Milho
Agro-Machinery Research Institute Of Chinese Academic Of Tropical Agricultural Sciences	Centro de Pesquisa	CN104073522A	Pré-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Físico; Biogás; Outras Palhas
Anhui Dadi Energy Saving Science & Technology Co., Ltd	Empresa	CN105603003A	Pré-Tratamento; Processo; Produto	Biológico; Químico; Codigestão; Biogás; Outros Biocombustíveis
Anhui Dadi Energy Saving Science & Technology Co., Ltd	Empresa	CN105603000A	Pré-Tratamento; Processo; Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Biológico; Físico; Codigestão; Biogás; Biogás; Palha de Trigo; Palha de Arroz
Anhui Fuyang Yongzhi Ring Can Engineering Ltd	Empresa	CN103468567A	Processo; Insumos do Processo	Codigestão; Reator
Anhui Fuyang Yongzhi Ring Can Engineering Ltd	Empresa	CN103468564A	Insumos do Processo	Reator; Equipamentos Acessórios
Anqing City Yixiu District Yongxing Agricultural Machinery And Agronomy Comprehensive Development Sp	Empresa	CN105112456A	Pré-Tratamento; Processo	Físico; Codigestão
Anqing City Yixiu District Yongxing Agricultural Machinery And Agronomy Comprehensive Development Sp	Empresa	CN105104742A	Processo; Produto; Insumos do Processo	Codigestão; Fertilizante; Biogás; Outros Bioprodutos; Reator
Beijing University Of Chemical Technology	Universidade	CN102559773A	Pré-Tratamento; Processo; Produto	Biológico; Químico; Físico; Codigestão; Biogás
Beijing Yingherui Environmental Engineering Co., Ltd	Empresa	CN105132469A	Pré-Tratamento; Produto	Biológico; Físico; Biogás
Beijing Yisheng Power Biotechnology Co., Ltd	Empresa	CN105581021A	Pós-Tratamento; Produto	Digestato; Outros Bioprodutos
Biogas Science Research Institute, Ministry Of Agriculture	Centro de Pesquisa	CN105670910A	Insumos do Processo	Reator

Médio Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Biogas Science Research Institute, Ministry Of Agriculture	Centro de Pesquisa	CN105779506A	Pós-Tratamento; Produto	Digestato; Biogás; Outros Biocombustíveis
Cetrel S.A	Empresa + Inventores	WO2012153189A2	Pré-Tratamento; Processo; Produto	Biológico; Físico; Parâmetros do Processo; Biogás
Cornelius Van Haandel, Adrianus, ; Rodrigues Barbosa, Claudia				
Changling County Yixin Agriculture Development Co., Ltd	Empresa	CN105063095A	Pré-Tratamento; Produto	Biológico; Biogás
Chengdu Giastar Farming Science And Technology Ltd	Empresa	CN104206828A	Pré-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Físico; Outros Bioprodutos; Palha de Soja
Chengdu Giastar Farming Science And Technology Ltd	Empresa	CN104206826A	Pré-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Físico; Outros Bioprodutos; Palha de Soja
Chengdu Giastar Farming Science And Technology Ltd	Empresa	CN104186925A	Pré-Tratamento; Processo; Produto; Matéria-Prima	Físico; Codigestão; Outros Bioprodutos; Palha de Soja
Chengdu Giastar Farming Science And Technology Ltd	Empresa	CN104171694A	Pré-Tratamento; Processo; Produto; Matéria-Prima	Físico; Codigestão; Outros Bioprodutos; Palha de Soja
Chengdu Institute Of Biology, Chinese Academy Of Sciences	Centro de Pesquisa	CN105039421A	Pré-Tratamento; Processo; Produto; Matéria-Prima	Físico; Múltiplos-Estágios; Bioenergia; Palha de Milho
Chongqing Kairui Agricultural Development Co., Ltd	Empresa + Centro de Pesquisa	CN104087618A	Pré-Tratamento	Biológico; Físico
Chongqing Academy Of Agricultural Sciences				
Cpi Innovation Services Ltd	Empresa	CN102741390A	Pré-Tratamento; Insumos do Processo	Físico; Reator
Dezhou Qiyao New Energy Co., Ltd	Empresa	CN104152495A	Pré-Tratamento; Processo; Matéria-Prima	Físico; Codigestão; Outras Palhas
Eltaga Licensing Gmbh	Empresa	DE102010025727A	Produto; Insumos do Processo	Biogás; Equipamentos Acessórios
Energy And Environment Research Institute Of Heilongjiang Province	Centro de Pesquisa	CN105087099A	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto	Físico; Digestato; Outros Bioprodutos
Environmental Protection Research Institute Of Light Industry	Centro de Pesquisa	CN105177052A	Pré-Tratamento	Químico
Georgia Tech Research Corporation	Centro de Pesquisa	US20120315674A	Pré-Tratamento	Biológico; Químico; Físico

Médio Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Texaco Development Corporation	Empresa + Centro de Pesquisa	NZ600127A	Pré-Tratamento	Biológico; Químico; Físico
Georgia Tech Research Corporation				
Guangdong Engineering Technology Institute	Centro de Pesquisa	CN105776787A	Processo	Codigestão
Guangzhou Institute Of Energy Conversion, Chineseacademy Of Sciences	Centro de Pesquisa	CN102604999A	Pré-Tratamento; Matéria-Prima	Químico; Físico; Palha de Trigo
Guangzhou Institute Of Energy Conversion, Chineseacademy Of Sciences	Centro de Pesquisa	CN105296568A	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto	Químico; Físico; Digestato; Biogás; Outros Bioprodutos
Harbin Daliang Industrial Co., Ltd	Empresa	CN103060178A	Pré-Tratamento; Insumos do Processo	Físico; Equipamentos Acessórios
Harbin Institute Of Technology	Universidade	CN105755052A	Pré-Tratamento; Processo	Biológico; Codigestão
Harbin Jinmuyuan Biotechnology Co., Ltd	Empresa	CN105053734A	Pré-Tratamento; Processo; Outros Bioprodutos	Físico, Parâmetros do Processo; Outros Bioprodutos
Heilongjiang Longneng Weiye Environment Technology Co., Ltd	Empresa	CN105802839A	Insumos do Processo	Equipamentos Acessórios
Henan Agricultural Mechanical Test And Evaluationstation	Centro de Pesquisa	CN103290061A	Pré-Tratamento; Processo; Pós-Tratamento; Produto	Físico; Múltiplos-Estágios; Biogás; Outros Biocombustíveis
Henan Tianguan Biofuel Engineering Technology Co., Ltd	Empresa	CN104046655A	Pré-Tratamento	Biológico; Químico; Físico
Hubei Lvxin Ecological Technology Co., Ltd	Empresa	CN105018536A	Pré-Tratamento; Produto; Insumos do Processo	Biológico; Físico; Biogás; Reator; Equipamentos Acessórios
Institute Of Agricultural Resources And Environment, Shandong Academy Of Agricultural Sciences	Universidade	CN104232726A	Processo; Matéria-Prima	Codigestão; Palha de Trigo; Palha de Milho
Institute Of Animal Science And Veterinary Medicine, Shandong Academy Of Agricultural Sciences	Universidade	CN105661063A	Pré-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Físico; Outros Bioprodutos; Palha de Trigo; Palha de Milho
Instytut Agrofizyki Im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk	Centro de Pesquisa	PL409256A	Pré-Tratamento	Físico
Iogen Corporation	Empresa	WO2016145528A1	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto	Químico; Biogás; Biogás; Outro Bioproduto

Médio Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Jiangnan University	Universidade	CN103255178A	Produto	Biogás
Jilin Academy Of Agricultural Sciences	Centro de Pesquisa	CN102731187A	Processo; Produto	Codigestão; Fertilizante
Jilin Institute Of Chemical Technology	Universidade	CN105602841A	Produto; Insumos do Processo	Biogás; Reator
Jilin University	Universidade	CN105140547A	Produto; Insumos do Processo	Bioenergia; Reator
Kinetic Biofuel A/S	Empresa	US20150147796A	Pré-Tratamento; Processo; Produto	Físico; Codigestão; Biogás
Kinetic Biofuel As	Empresa	IN2086MUN2014A	Pré-Tratamento; Processo	Físico; Codigestão
Kunming University Of Science And Technology	Universidade	CN103088074A	Pré-Tratamento; Produto	Físico; Fertilizante; Biogás
Nanjing Pingyu Environmental Engineering Co., Ltd	Empresa	CN103045465A	Insumos do Processo	Reator; Equipamentos Acessórios
Nanjing Research Institute For Agricultural Mechanization Ministry Of Agriculture	Centro de Pesquisa	CN105755056A	Processo	Codigestão
Nanjing Gongda Environment Technology Co., Ltd	Empresa + Universidade	CN104120151A	Pré-Tratamento; Processo; Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Físico; Codigestão; Biogás; Biogás; Palha de Arroz
Nanjing University Of Technology		CN104119111A	Pré-Tratamento; Processo, Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Físico; Codigestão; Digestato; Fertilizante; Palha de Arroz
Nankai University	Universidade	CN103461689A	Pré-Tratamento; Processo; Produto	Físico; Codigestão; Outros Bioprodutos
Nanyang Normal University	Universidade	CN102334442A	Processo; Produto	Digestato; Fertilizante
Northwest A&F University	Universidade	CN105087660A	Pré-Tratamento; Produto	Físico; Biogás; Outros Biocombustíveis
Novozymes A/S	Empresa	IN599CHN2014A	Pré-Tratamento	Biológico
Novozymes A/S	Empresa	US20140106427A	Pré-Tratamento	Biológico
Novozymes A/S	Empresa	US20130330797A	Pré-Tratamento	Biológico
Novozymes A/S	Empresa	US20130040354A	Pré-Tratamento	Biológico; Químico; Físico
Nowast Environmental Science And Technology (Suzhou) Co.,Ltd	Empresa	CN105647791A	Processo; Insumos do Processo	Codigestão; Reator; Equipamentos Acessórios
Qingdao Tianren Environment Co., Ltd	Empresa	CN102453731A	Processo; Insumos do Processo	Codigestão; Equipamentos Acessórios

Médio Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Qitaihe Baotailong Coal Chemical Industry Co., Ltd	Empresa	CN105087656A	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto	Biológico; Biogás; Outros Biocombustíveis
Qitaihe Baotailong Coal Chemical Industry Co., Ltd	Empresa	CN105063097A	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto	Biológico; Biogás; Outros Biocombustíveis
Sea Marconi Technologies Di Vander Tumiatte S.A.S.	Empresa	20150275114A	Pré-Tratamento; Processo; Pós-Tratamento; Produto	Físico; Codigestão; Digestato; Biogás; Outros Biocombustíveis; Outros Bioprodutos
Sequence Laboratories Goettingen GmbH ; Ernst, Bernd Peter ; Krack, Petra	Empresa + Inventores	WO2013017289A2	Pré-Tratamento; Produto	Biológico; Biogás
Ernst, Bernd Peter ; Krack, Petra				
Shaanxi University Of Science & Technology	Universidade	CN103088071A	Pré-Tratamento; Processo	Biológico; Codigestão
Shandong University Of Technology	Universidade	CN103320475A	Pré-Tratamento	Físico
Shanghai Co-Elite Agricultural Sci-Tech (Group) Co.,Ltd	Empresa + Centro de Pesquisa	CN105586362A	Processo	Parâmetros do Processo; Codigestão
Shanghai Academy Of Agricultural Sciences ;				
Shanghai Gaosheng Industrial Co., Ltd	Empresa	CN103074134A	Pré-Tratamento; Processo; Pós-Tratamento; Produto	Biológico; Físico; Codigestão; Biogás; Biogás; Outros Bioprodutos
Shanghai Jiao Tong University	Universidade	CN102367458A	Pré-Tratamento; Produto	Químico; Biogás
Shanghai Shanshen Biotechnology Development Co., Ltd	Empresa	CN103060181A	Processo; Insumos do Processo	Codigestão; Reator; Insumos do Processo
Shell Oil Company	Empresa	US20130157334A	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto	Químico; Biogás; Biogás; Outros Biocombustíveis
Siyang New Energy Service Station	Empresa	CN102703304A	Processo; Insumos do Processo	Múltiplos-Estágios; Reator
Tianjin University	Universidade	CN102719484A	Pré-Tratamento	Biológico; Físico
Tongji University	Universidade	CN105506030A	Pré-Tratamento; Produto	Biológico; Físico; Biogás
Universitatea De Științe Agricole Și Medicină Veterinară A Banatului "Regele Mihai I Al României" Din Timișoara	Universidade	RO131499A	Pré-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Biológico; Químico; Físico; Fertilizante; Biogás; Outros Biocombustíveis; Outras Palhas

Médio Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Verbio Vereinigte Bioenergie Ag	Empresa	US2016230134A	Pré-Tratamento; Insumos do Processo	Físico; Reator
Verbio Vereinigte Bioenergie Ag	Empresa	CA2896150A	Pré-Tratamento; Produto	Químico; Físico; Biogás
X	X	US20130183715A	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto; Insumos do Processo	Químico; Biogás; Fertilizante; Biogás; Outros Biocombustíveis; Reator; Equipamentos Acessórios
Xuzhou Lianyi Biotechnology Development Limited Company	Empresa	CN103387459A	Pré-Tratamento; Produto	Físico; Fertilizante
Xuzhou Yuxin Environmental Protection Building Materials Co., Ltd	Empresa	CN104987908A	Pré-Tratamento; ProcessoProduto	Físico; Codigestão; Outros Biocombustíveis
Yancheng Xinyang Agricultural Test Station	Centro de Pesquisa	CN103204714A	Processo; Produto	Codigestão; Outros Bioprodutos
Zhejiang University	Universidade	CN105181635A	Processo; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Codigestão; Reator; Equipamentos Acessórios; Palha de Arroz
Zhejiang University	Universidade	CN104031944A	Pré-Tratamento; Produto	Biológico; Biogás
Zhongshan Chengming Agriculture Technology Development Co., Ltd	Empresa	CN105613243A	Pós-Tratamento; Produto	Digestato; Fertilizante

Fonte: Elaboração própria

6.1.4 – Longo Prazo

Na figura 6.5, pode-se visualizar o Longo Prazo do *Roadmap* Tecnológico da Digestão Anaeróbica da Palha. Neste recorte, são mostrados os *players* identificados através de artigos que apresentem tecnologias pertencentes ao escopo do estudo.

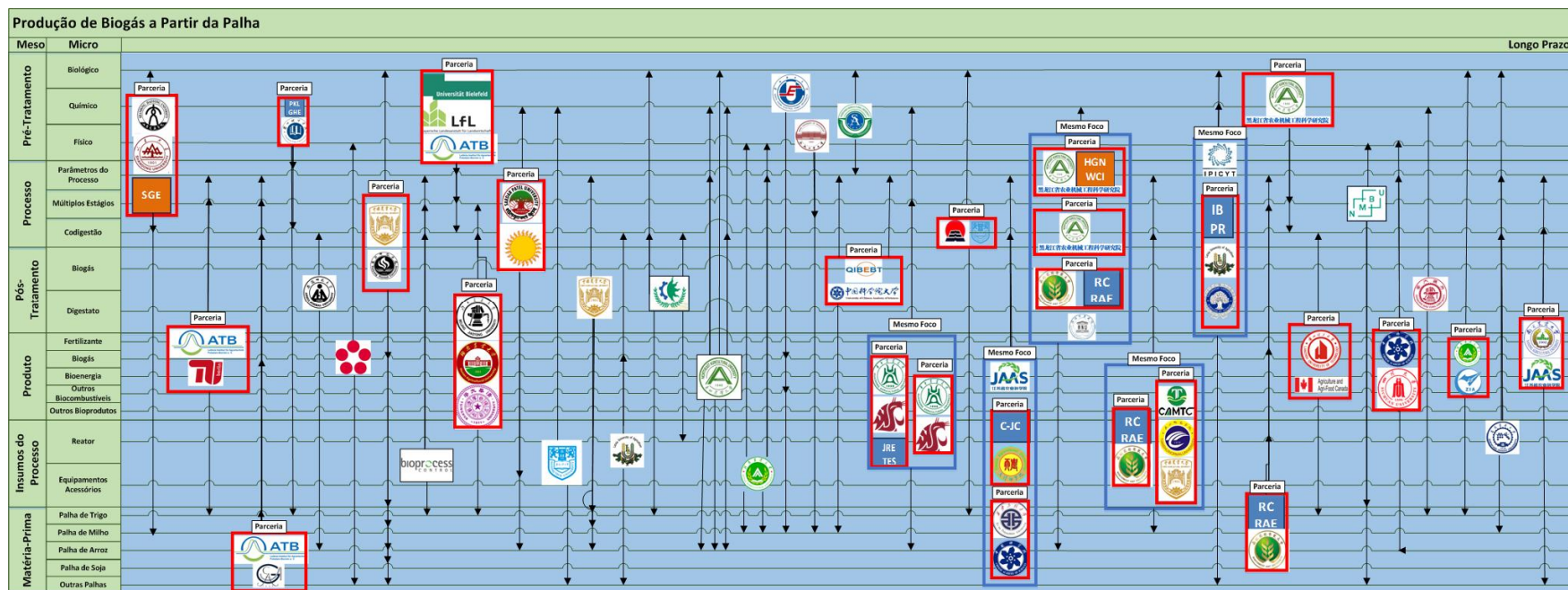


Figura 6.5 - Longo Prazo do *Technology Roadmap* referente à Digestão Anaeróbica de Palha

Fonte: Elaboração própria

Como esperado, é possível identificar uma maior participação de universidades e centros de pesquisa dentre os *players*, bem como parcerias entre eles. As taxonomias onde a maioria dos documentos se concentra são em “Matéria-Prima”, com foco em “Palha de Trigo”, “Palha de Arroz” e “Palha de Milho”. Em seguida, a maior tendência foi no “Processo”, principalmente na “Codigestão” e “Parâmetros do Processo”. Não houve nenhum documento com foco em “Pós-Tratamento”.

O centro de pesquisa Leibniz Institute for Agronomics and BioEconomy (*Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim*) possui três artigos publicados (5, 9, 21). O primeiro (5) foi realizado em conjunto com a Universidade de Gotinga (*Georg-August-University of Göttingen*) e se baseia na “Codigestão” de diferentes tipos de matérias-primas com dejetos de cavalo, sendo a “Palha de Trigo” a melhor opção dentre as analisadas. Foram usados reatores *upflow* de estado sólido (UASS) de “Múltiplos Estágios” em condições mesofílicas e diferentes “Parâmetros de Processo”, como taxas de carga orgânica. O segundo (9) foi publicado com a Universidade Técnica de Berlim (*Technische Universität Berlin*) e teve como foco o estudo de comunidades microbianas envolvidas na produção de “Biogás” a partir de “Palha de Trigo” em UASS de “Múltiplos Estágios” contendo duas fases e variando os “Parâmetros do Processo”, em diferentes temperaturas (mesofílica e termofílica), sendo a termofílica a mais eficiente. O terceiro artigo (21), escrito junto ao centro de pesquisa Bavarian State Research Center for Agriculture e a Bielefeld University, trata da “Codigestão” em “Múltiplos Estágios” de palha e feno variando os “Parâmetros do Processo”, como temperatura (mesofílica e termofílica) e pH. Houve caracterização e bio-marcação da biota do meio para sua avaliação.

O centro de pesquisa Research Center for Recycling Agricultural Engineering Technology of Shaanxi Province publicou três artigos (19, 39, 45), todos em conjunto com *Northwest Agriculture and Forestry University*. Seus focos foram no efeito do “Pré-Tratamento Químico” alcalino com hidróxido de cálcio sobre a digestão anaeróbica de “Palha de Arroz”; estudo da influência do “Parâmetro de Processo” pH inicial na “Codigestão” termofílica de dejetos suínos e “Palha de Milho”; e influência de diferentes temperaturas (“Parâmetros do Processo”) da “Codigestão” de dejetos humanos com “Palha de Trigo”.

O centro de pesquisa Heilongjiang Institute of Agricultural Mechanical Engineering Science é responsável por três artigos (15, 24, 38). Em conjunto com a Northeast Agricultural University, realizou a digestão em “Múltiplos Estágios”, como a fermentação úmida de dejetos de gado a montante de seca, onde ocorre “Codigestão” entre o digestato e palha; e o “Pré-Tratamento Químico” com adição de ureia seguido pela digestão anaeróbica a seco e mesofílica de “Palha de Arroz”. Unindo-se com a Northeast Agricultural University e a Heilongjiang Nongken Great Northern Wilderness Cattle Industry, estudou a digestão anaeróbica mesofílica de “Palha de Arroz” com diferentes “Pré-Tratamentos Químicos”, sendo a aminação a mais eficiente.

Além destes três artigos, a Northeast Agricultural University publicou mais três artigos (12, 20, 37) solo, onde objetiva o “Pré-tratamento” de “Palha de Arroz” para subsequente digestão anaeróbica. Dois deles objetivam uma digestão a seco e “Pré-Tratamento Químico” com uso de amônia ou ureia, uma delas sofrendo “Codigestão” com cama de frango e, a outra, variando “Parâmetros do Processo”. O terceiro artigo aborda um processo de “Pré-Tratamento Biológico” aerado para compensar a hidrólise lenta do processo anaeróbico, seguida da digestão anaeróbica mesofílica.

A Huazhong Agricultural University publicou dois artigos (31, 41) em conjunto com a Washington State University. Tanto em seu trabalho em dupla quanto o realizado em conjunto Jingmen Rural Energy Technical Extending Station mantiveram como foco o efeito do “Pré-Tratamento Químico” alcalino e ácido em “Palha de Arroz” que é anaerobicamente digerida em reator de “Múltiplos Estágios”. Foi comprovada a maior eficiência do método ácido.

A Latvia University of Agriculture possui dois artigos publicados (47, 50). Em seu trabalho solo, estudou o potencial de produção de “Biogás” a partir da “Codigestão” de “Outra Palha” (palha de cevada), com folhagem e algas abundantes na região da Latvia. Em seu trabalho em conjunto com University of Latvia e o centro de pesquisa Institute of Biomechanics and Physical Research, buscou o potencial de produção de metano a partir da “Codigestão” de serragem de madeira e “Outra Palha” (palha de colza). Foi estudada a adição de pré-tratamento “Biológico” (fungal) e “Químico” (alcalino) e comprovaram que produção de biogás mais eficiente foi a de palha tratada quimicamente. O Quadro 6.4 apresenta atores ilustrados no longo prazo do *Roadmap* e seus respectivos *drivers*.

Quadro 6.4 - Atores do Longo Prazo do *Roadmap* da produção de biogás a partir da palha e seus *Drivers*

Longo Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Beijing Jiaotong University	Universidades	1	Processo; Matéria-Prima	Múltiplos Estágios; Codigestão; Palha de Trigo
Tsinghua University				
Hunan Agricultural University				
China Agricultural University	Universidades	2	Pré-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Biológico; Biogás; Palha de Trigo; Palha de Milho; Palha de Arroz; Palha de Soja; Outras Palhas
Nanyang Normal University				
(Qingdao Institute of Bioenergy and Bioprocess Technology) Chinese Academy of Sciences	Centro de Pesquisas + Universidade	3	Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Palha de Milho
University of Chinese Academy of Sciences				
Norwegian University of Life Sciences	Universidade	4	Pré-Tratamento; Matéria-Prima	Físico; Palha de Trigo; Outras Palhas
Leibniz Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim	Centro de Pesquisas + Universidade	5	Processo; Produto; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Múltiplos Estágios; Codigestão; Biogás; Palha de Trigo
Georg-August-University of Göttingen				
(Dairy and Swine Research and Development Centre) Agriculture and Agri-Food Canada	Centro de Pesquisas do Governo	6	Processo; Matéria-Prima	Codigestão; Palha de Trigo
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica	Centro de Pesquisas	7	Pré-Tratamento; Matéria-Prima	Biológico; Químico; Outras Palhas
Sardar Patel Renewable Energy Research Institute	Centro de Pesquisas + Universidade	8	Pré-Tratamento; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Químico; Equipamentos Acessórios; Palha de Arroz
Sardar Patel University				
Leibniz Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim	Centro de Pesquisas + Universidade	9	Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Múltiplos Estágios; Palha de Trigo
Technische Universität Berlin				
Huaiyin Normal University	Universidade	10	Pré-Tratamento; Matéria-Prima	Químico; Palha de Arroz
Shanghai JiaoTong University	Universidade	11	Pré-Tratamento; Matéria-Prima	Químico; Palha de Trigo
Northeast Agricultural University	Universidade	12	Pré-Tratamento; Processo; Matéria-Prima	Químico; Parâmetros do Processo; Palha de Arroz

Longo Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Zhengzhou Institute of Aeronautical Industry Management, Henan Agricultural University	Universidade	13	Pré-Tratamento; Matéria-Prima	Biológico; Palha de Trigo
Biogas Research Institute of the Ministry of Agriculture	Centro de Pesquisas + Universidade	14	Pré-Tratamento; Processo; Matéria-Prima	Físico; Parâmetros do Processo; Palha de Arroz
Sichuan University				
Heilongjiang Nongken Great Northern Wilderness Cattle Industry	Empresa + Centro de Pesquisas + Universidade	15	Pré-Tratamento; Matéria-Prima	Químico; Palha de Arroz
Heilongjiang Institute of Agricultural Mechanical Engineering Science				
Northeast Agricultural University				
Lanzhou University of Technology	Universidade	16	Processo; Matéria-Prima	Codigestão; Palha de Trigo
Beijing Agricultural Machinery Testing Extension Station	Centro de Pesquisas + Universidades	17	Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Codigestão; Palha de Milho
China Agricultural University				
Tianshui Normal University				
Shenyang Agricultural University	Universidade	18	Pré-Tratamento; Processo	Biológico; Parâmetros do Processo
Research Center for Recycling Agricultural Engineering Technology of Shaanxi Province	Centro de Pesquisas + Universidade	19	Processo; Produto; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Codigestão; Biogás; Palha de Milho
Northwest A and F University				
Northeast Agricultural University	Universidade	20	Pré-Tratamento; Processo; Matéria-Prima	Químico; Codigestão; Palha de Arroz
Bavarian State Research Center for Agriculture	Centros de Pesquisas + Universidade	21	Processo	Parâmetros do Processo; Múltiplos Estágios; Codigestão
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim				
Bielefeld University				
Bioprocess control (Sweden) Co. Ltd.	Empresa + Universidades	22	Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Múltiplos Estágios; Codigestão; Palha de Trigo
Hunan Agricultural University				
Tsinghua University				

Longo Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
(Qingdao Institute of Bioenergy and Bioprocess Technology) Chinese Academy of Sciences	Centro de Pesquisas + Universidade	23	Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Palha de Milho
University of Chinese Academy of Sciences				
Heilongjiang Institute of Agricultural Mechanical Engineering Science	Centro de Pesquisas + Universidade	24	Processo	Múltiplos Estágios; Codigestão
Northeast Agricultural University				
Nanjing Tech University	Universidade	25	Pré-Tratamento; Matéria-Prima	Químico; Outras Palhas
China-Japan Collaborative Research Center for the Rural Environment and Resource	Centro de Pesquisas + Universidade	26	Processo	Parâmetros do Processo; Codigestão
Tianjin Agricultural University				
Shenyang Jianzhu University	Universidade	27	Pré-Tratamento; Processo; Matéria-Prima	Biológico; Parâmetros do Processo; Codigestão; Palha de Milho
Nanjing Research Institute for Agricultural Mechanization, Ministry of Agriculture	Centro de Pesquisas do Governo	28	Pré-Tratamento; Processo; Matéria-Prima	Biológico; Codigestão; Palha de Trigo
Provincial Key Laboratory of Gansu Higher Education for City Environmental Pollution Control	Centro de Pesquisas do Governo + Universidade	29	Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Codigestão; Palha de Trigo
Lanzhou City University				
Shandong Green Energy Gas Industrial Co. Ltd.	Empresa + Universidades	30	Pré-Tratamento; Processo; Matéria-Prima	Biológico; Codigestão; Palha de Milho
Shan Dong Jiaotong University				
Shan Dong University				
Jingmen Rural Energy Technical Extending Station	Centro de Pesquisas + Universidades	31	Pré-Tratamento; Processo; Matéria-Prima	Químico; Múltiplos Estágios; Palha de Arroz
Huazhong Agricultural University				
Washington State University				
Jiangsu Academy of Agricultural Sciences	Centro de Pesquisas	32	Processo	Parâmetros do Processo; Codigestão
(Chengdu Institute of Biology) Chinese Academy of Sciences	Centro de Pesquisas + Universidade	33	Processo	Parâmetros do Processo
Xi'an Polytechnic University				

Longo Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
North China Electric Power University	Universidade	34	Produto; Matéria-Prima	Biogás; Outros Biocombustíveis; Palha de Milho
Henan Agricultural University	Universidade	35	Pré-Tratamento; Processo; Matéria-Prima	Físico; Parâmetros do Processo; Palha de Milho
Jiangsu Academy of Agricultural Sciences	Centro de Pesquisas + Universidade	36	Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Outras Palhas
Nanjing Agricultural University				
Northeast Agricultural University	Universidade	37	Pré-Tratamento; Matéria-Prima	Biológico; Palha de Arroz
Heilongjiang Institute of Agricultural Mechanical Engineering Science	Centro de Pesquisas + Universidade	38	Pré-Tratamento; Matéria-Prima	Químico; Palha de Arroz
Northeast Agricultural University				
Research Center for Recycling Agricultural Engineering Technology of Shaanxi Province	Centro de Pesquisas + Universidade	39	Pré-Tratamento; Matéria-Prima	Químico; Palha de Arroz
Northwest Agriculture and Forestry University				
Hefei University of Technology	Universidade	40	Processo; Matéria-Prima	Codigestão; Palha de Milho
Huazhong Agricultural University	Universidades	41	Pré-Tratamento; Processo; Matéria-Prima	Químico; Múltiplos Estágios; Palha de Arroz
Washington State University				
(Nanjing Research Institute for Agricultural Mechanization) Ministry of Agriculture	Centro de Pesquisas do Governo	42	Processo; Insumos do Processo	Codigestão; Reator
Henan Agricultural University	Universidade	43	Pré-Tratamento; Matéria-Prima	Físico; Palha de Milho
Anhui Normal University	Universidade	44	Processo; Matéria-Prima	Codigestão; Palha de Arroz
Research Center of Recycle Agricultural Engineering and Technology of Shaanxi Province	Centro de Pesquisa + Universidade	45	Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Codigestão; Palha de Milho
Northwest A and F University				
China Agricultural University	Universidade	46	Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Palha de Trigo; Palha de Milho; Palha de Arroz
Latvia University of Agriculture	Universidade	47	Produto; Matéria-Prima	Biogás; Outras Palhas

Longo Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
University of South Bohemia	Universidade	48	Pré-Tratamento; Matéria-Prima	Físico; Outras Palhas
Henan Tianguan Group Co. Ltd	Empresa + Universidade	49	Pré-Tratamento; Matéria-Prima	Biológico; Palha de Trigo
Nanjing Tech University				
Institute of Biomechanics and Physical Research	Centro de Pesquisa + Universidades	50	Pré-Tratamento; Matéria-Prima	Biológico; Químico; Outras Palhas
Latvia University of Agriculture				
University of Latvia				

Fonte: Elaboração Própria

6.2 – Roadmap Tecnológico da Digestão Anaeróbica de Vinhaça

Neste subcapítulo, abordar-se-á a análise do *Roadmap* Tecnológico da digestão anaeróbica da vinhaça, apresentado na Figura 6.6. Nos itens 6.2.1 a 6.2.4 a seguir, cada estágio temporal do *Roadmap* Tecnológico será analisado separadamente. Em seguida, serão identificados os principais *players* do setor e os principais focos dos documentos em cada horizonte temporal.

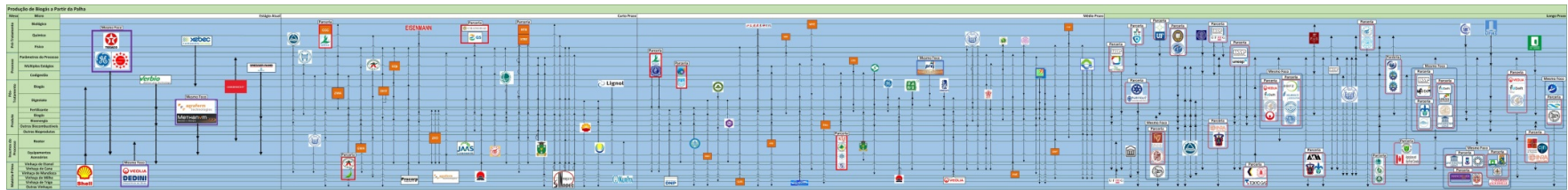


Figura 6.6 - *Technology Roadmap* referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça

Fonte: Elaboração própria

6.2.1 – Estágio Atual

Na figura 6.7, pode-se visualizar um recorte do Estágio Atual do *Roadmap* Tecnológico da Digestão Anaeróbica da Vinhaça, onde são mostrados os *players* identificados através de mídias especializadas ou artigos científicos com tecnologias que são parte do escopo do estudo sendo aplicadas no tempo presente.

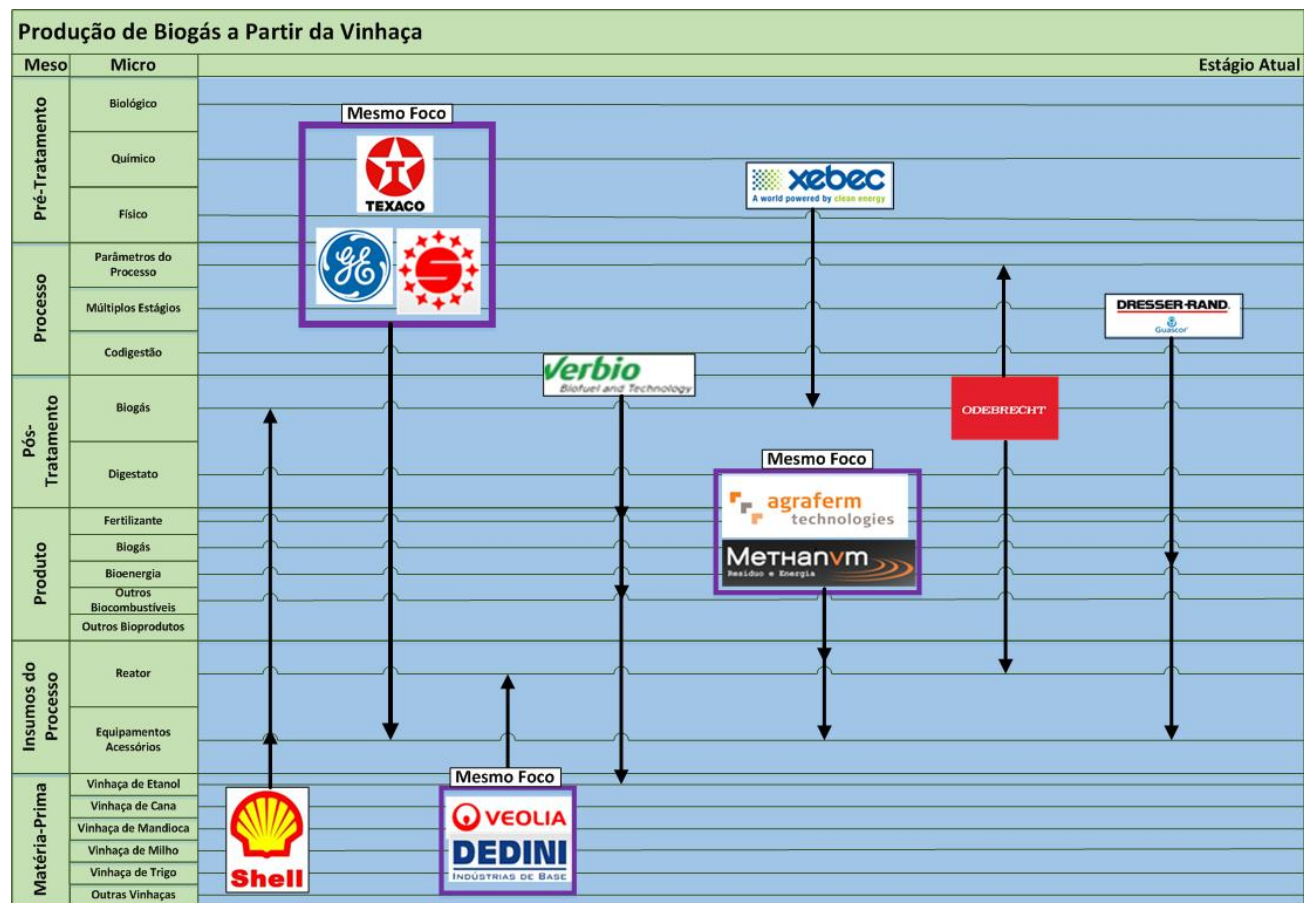


Figura 6.7 - Ponto Zero do Technology Roadmap referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça

Fonte: Elaboração própria

As taxonomias onde a maioria dos documentos se concentra são em “Insumos do Processo”, com foco em “Equipamentos Acessórios” e “Reator”. Não houve nenhum documento com foco em “Pré-Tratamento” e apenas um documento explicitava o tipo de “Matéria-Prima”.

É possível identificar *players* com tendências bastante específicas. Não houve colaborações nesta faixa temporal, porém é possível visualizar *clusters*, indicando focos de investimentos similares entre corporações.

A Dresser-Rand Guascor é uma empresa solucionadora de problemas energéticos sustentável, atuando na área de energia hidráulica, solar e bioenergia (GUASCOR). Mostra tendências em “Equipamentos Acessórios” e “Outros Biocombustíveis” neste recorte temporal por possuir tecnologia de equipamentos rotativos de alta precisão que transformam o biogás em energia elétrica. O Quadro 6.5 apresenta atores ilustrados no Estágio Atual do *Roadmap* e seus respectivos *drivers*.

Quadro 6.5 - Atores do Estágio Atual do *Roadmap* da produção de biogás a partir da vinhaça e seus *Drivers*

Estágio Atual			
Ator	Tipo de Ator	Driver Meso	Driver Micro
Texaco	Empresa	Insumos do Processo	Equipamentos Acessórios
Shengli	Empresa	Insumos do Processo	Equipamentos Acessórios
Agraferm	Empresa	Insumos do Processo	Reator; Equipamentos Acessórios
GE	Empresa	Insumos do Processo	Equipamentos Acessórios
Veolia	Empresa	Insumos do Processo	Reator
Dedini	Empresa	Insumos do Processo	Reator
Methanum	Empresa	Insumos do Processo	Reator; Equipamentos Acessórios
Xebec	Empresa	Pós-Tratamento	Biogás
Shell	Empresa	Pós-tratamento; Insumos do Processo	Biogás; Equipamentos Acessórios
Cetrel	Empresa	Processo; Insumos do Processo	Parâmetros do Processo; Reator
Dresser-Rand Guascor	Empresa	Produto; Insumos do Processo	Bioenergia; Equipamentos Acessórios
Verbio	Empresa	Produto; Matéria-Prima	Fertilizante; Outros Biocombustíveis; Vinhaça de Etanol

Fonte: Elaboração Própria

6.2.2 – Curto Prazo

Na figura 6.8, pode-se visualizar o Curto Prazo do *Roadmap* Tecnológico da Digestão Anaeróbica da Vinhaça. Neste recorte, são mostrados os *players* identificados através de patentes concedidas que apresentem tecnologias pertencentes ao escopo do estudo.

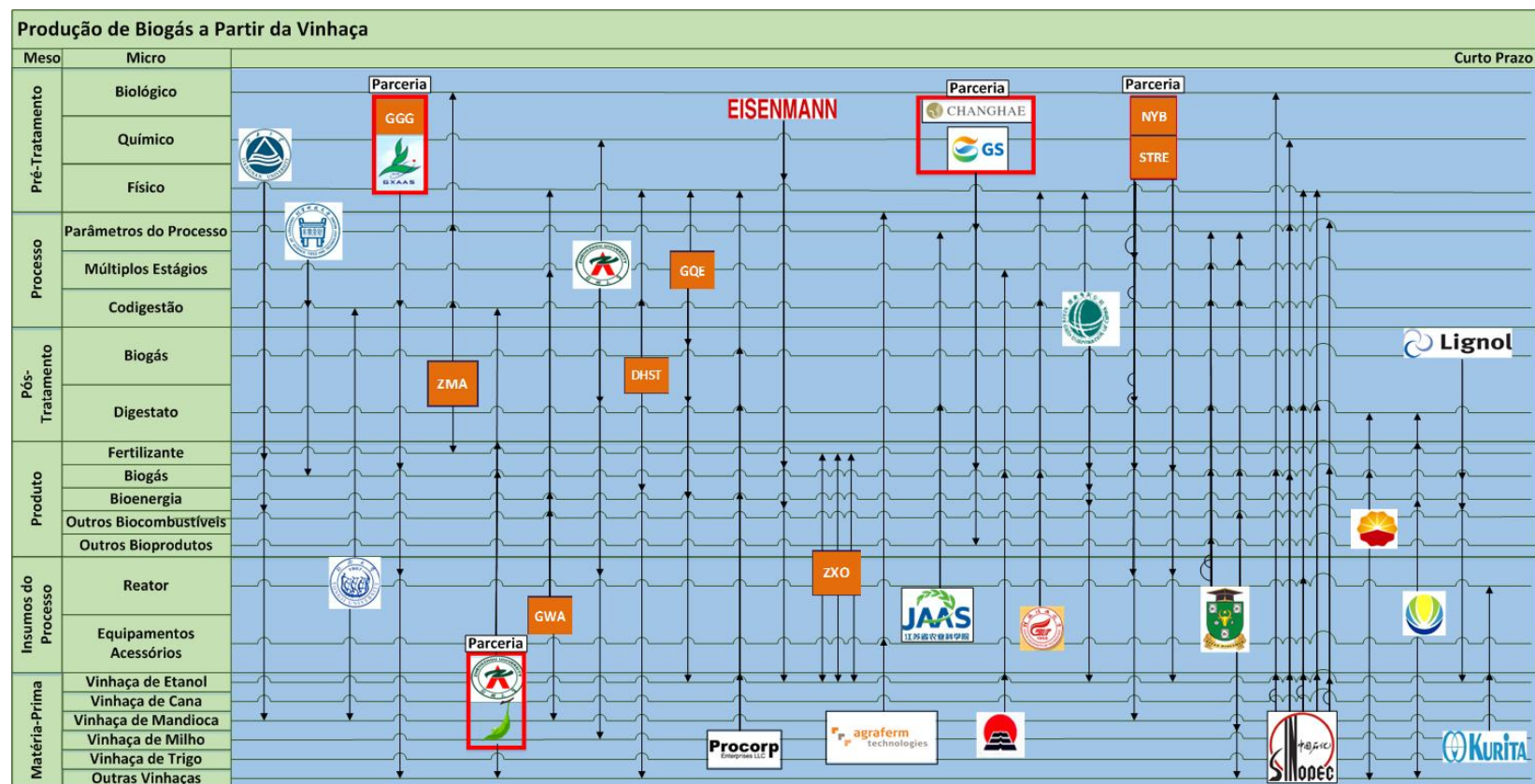


Figura 6.8 - Curto Prazo do *Technology Roadmap* referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça

Fonte: Elaboração própria

As taxonomias onde a maioria dos documentos se concentra são em “Matéria-Prima”, com foco principal em “Vinhaça da Produção de Etanol”, e em “Produto”, mais especificamente na produção de “Biogás”.

É possível identificar *players* com tendências bastante distintas. Houve colaborações nesta faixa temporal de empresas com centros de pesquisa e universidades.

A China Petroleum & Chemical Corporation é a maior contribuinte para este recorte temporal, estando envolvida com cinco patentes concedidas de taxonomias diversas (CN104140181B – 17 de Agosto de 2016, CN103771655B – 12 de Agosto de 2015, CN103102036B – 21 de Maio de 2014, CN103102011B – 21 de Maio de 2014, CN102910777B – 16 de Abril de 2014) em conjunto com a sua subsidiária, a Sinopec Fushun Research Institute of Petroleum & Petrochemicals. Está historicamente ligada ao fornecimento de petróleo, mas atualmente adquiriu interesse no desenvolvimento de novas fontes energéticas para o crescimento da China. Em todas as patentes foi possível observar o interesse no tratamento da vinhaça advinda da produção de etanol de segunda geração da “Palha de Milho”.

A cada patente é citado um tipo de “Pré-Tratamento” e/ou “Parâmetro do Processo” abordado e todos têm como objetivo a redução da concentração de sulfatos e o “Pós-Tratamento do Digestato gerado”. Desde o pré-tratamento com o uso de cepas microbianas redutoras de sulfato até a precipitação pela reação com o óxido de ferro e o uso de processos físicos como evaporação e filtragem com filtro prensa. Também foi citado o uso de “Reatores” anaeróbicos sob pressão para a redução da inibição por sulfato.

A empresa Nanjing Biological Energy Environmental Protection Engineering Co., LTD é especializada em proteção ambiental, desenvolvimento biotecnológico, geração de fertilizante orgânico, tratamento de água e produção de energia. Em conjunto com a Shanghai Tianzhiguan Renewable Energy Co., LTD, empresa engajada na pesquisa e desenvolvimento, engenharia e suporte técnico em bioenergia e bioquímicos, obteve duas patentes concedidas (CN103922471B – 29 de abril de 2015, CN103936239B – 13 de maio de 2015). A primeira objetivava a patente de um “Reator” anaeróbico específico para o tratamento de vinhaça integral gerada a partir de produção de etanol (“Vinhaça de Etanol”) para a produção de “Biogás” e a segunda, o tratamento avançado de vinhaça da produção de etanol de mandioca (“Vinhaça de Mandioca”) com

o uso de digestão anaeróbica em “Reator” anaeróbico de leito fluidizado, biorreator de membrana e nanofiltração com processos em “Múltiplos Estágios”, objetivando a produção de “Biogás” e oferecendo “Pós-Tratamento do Digestato”.

Já a Zhenjiang Xingnong Organic Fertilizer Co., LTD, especializada em P&D e produção de produtos para a agricultura, como fertilizantes orgânicos, gerou três patentes concedidas (CN103688923B 3 de junho de 2015, CN103688836B – 22 de abril de 2015, CN103664402B – 13 de Maio de 2015). Todas as suas patentes têm como foco o uso do digestato oriundo da digestão anaeróbica de vinhaça etílica (“Vinhaça de Etanol”) misturado a outras substâncias em proporções específicas como “Fertilizante” ou matriz orgânica para diferentes vegetais e frutas.

A Zhengzhou University teve duas patentes concedidas (CN103193366B – 18 de junho de 2014, CN103992010B – 3 de Fevereiro de 2016), sendo uma delas em conjunto com a empresa Henan Zhongzheng Environmental Engineering CO., LTD (河南君和环保科技有限公司). O primeiro aborda metodologia de tratamento integrado de vinhaça de milho acidificado (“Vinhaça de Milho” e “Pré-Tratamento Químico”) e digerido anaerobicamente em “Reator” de tipo *internal recycling up-flow anaerobic sludge blanket* (UASB). O digestato é digerido aerobicamente e filtrado a jusante (“Pós-Tratamento do Digestato”). No segundo, há “Codigestão” anaeróbica de vinhaça e água residual (“Outra Vinhaça”). Os resíduos sólidos do processo são extraídos via filtração e são usados como “Fertilizante” orgânico, enquanto o resíduo líquido sofre digestão anaeróbica para a geração de “Biogás”. O Quadro 6.6 apresenta atores ilustrados no Curto Prazo do *Roadmap* e seus respectivos *drivers*.

Quadro 6.6 - Atores do Curto Prazo do *Roadmap* da produção de biogás a partir da vinhaça e seus Drivers

Curto Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Agraferm Technologies Ag	Empresa	DE102007061137B4	Pré-Tratamento; Insumos do Processo	Físico; Equipamentos Acessórios
Gs Caltex Corporation	Empresas	KR101342156B1	Processo; Produto	Parâmetros do Processo; Biogás; Outros Bioprodutos
Changhae Ethanol Co., Ltd				
China Petroleum & Chemical Corporation	Empresa + Centro de Pesquisas	CN104140181B	Processo; Produto; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Biogás; Vinhaça de etanol
Sinopec Fushun Research Institute Of Petroleum & Petrochemicals				
China Petroleum & Chemical Corporation	Empresa + Centro de Pesquisas	CN103771655B	Pré-Tratamento; Processo; Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Químico; Parâmetros do Processo; Digestato; Biogás; Vinhaça de Etanol
Sinopec Fushun Research Institute Of Petroleum & Petrochemicals				
China Petroleum & Chemical Corporation	Empresa + Centro de Pesquisas	CN103102036B	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Físico; Digestato; Reator; Vinhaça de Etanol
Sinopec Fushun Research Institute Of Petroleum & Petrochemicals				
China Petroleum & Chemical Corporation	Empresa + Centro de Pesquisas	CN103102011B	Pré-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Biológico; Biogás; Vinhaça de Etanol
Sinopec Fushun Research Institute Of Petroleum & Petrochemicals				
China Petroleum & Chemical Corporation	Empresa + Centro de Pesquisas	CN102910777B	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Matéria-Prima	Físico; Digestato; Vinhaça de Etanol
Sinopec Fushun Research Institute Of Petroleum & Petrochemicals				
Cnpc Jilin Chemical Group Corp	Empresa	CN102351386B	Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Digestato; Biogás; Outras Vinhaças
Deyang Hyred Science & Technology Co.,Ltd	Empresa	CN102660447B	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Físico; Codigestão; Bioenergia; Outras Vinhaças
Eisenmann Corporation	Empresa	US8669083B	Pré-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Físico; Biogás; Outros Biocombustíveis; Vinhaça de Etanol
Enn Research And Development Co., Ltd	Empresa	CN102921700B	Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Digestato; Fertilizante; Bioenergia; Outras Vinhaças

Curto Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Procorp Enterprises, Llc	Empresa + Inventores	US8153006B1	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Físico; Biogás; Digestato; Bioenergia; Vinhaça de Etanol
Fessler Eric, ; Vollendorf Nicholas, ; Pronley Mark				
Guangxi Guitang (Group) Co., Ltd	Empresa + Universidade	CN103030211B	Processo; Produto; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Codigestão; Biogás; Reator; Outras Vinhaças
Guangxi University				
Guangxi Wuming Anning County Starch Co., Ltd	Empresa + Inventores	CN102586336B	Pré-Tratamento; Processo; Produto; Matéria-Prima	Físico; Múltiplos Estágios; Bioenergia; Outros Biocombustíveis; Vinhaça de Mandioca
Liu Zuan				
Guilin University Of Technology	Universidade	CN102873079B	Pré-Tratamento; Processo; Produto; Matéria-Prima	Físico; Codigestão; Biogás; Outras Vinhaças
Guizhou Qinghe Ecological Technology Co., Ltd	Empresa	CN102910786B	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto; Insumos do Processo; Matéria-Prima	
Henan Tianguan Group Co., Ltd	Empresa	CN103992012B	Processo; Produto; Matéria-Prima	Múltiplos Estágios; Biogás; Vinhaça de Etanol
Jiangnan University	Universidade	CN103243123B	Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Digestato; Biogás; Outros Biocombustíveis; Vinhaça de Mandioca
Jiangsu Academy Of Agricultural Sciences	Centro de Pesquisas	CN103274576B	Processo; Pós-Tratamento	Parâmetros do Processo; Digestato
Kononov Vladimir Nikolaevich, ; Ovsjannikova Natal'ja Alekseevna	Inventores	RU2491330C1	Produto; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Fertilizante; Biogás; Reator; Vinhaça de Etanol
Kurita Water Ind Ltd	Empresa	JP5846160B2	Insumos do Processo; Matéria-Prima	Reator; Vinhaça de Etanol
Lignol Innovations Ltd	Empresa	CN101711229B	Produto; Matéria-Prima	Biogás; Outros Biocombustíveis; Vinhaça de Etanol
Shanghai Tianzhiguan Renewable Energy Co., Ltd	Empresas	CN103922471B	Produto; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Biogás; Reator; Vinhaça de Etanol
Nanjing Yuankai Biological Energy Environmental Protection Engineering Co., Ltd				
Shanghai Tianzhiguan Renewable Energy Co., Ltd	Empresas	CN103936239B	Processo; Pós-Tratamento; Produto; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Múltiplos Estágios; Digestato; Biogás; Reator; Vinhaça de Mandioca
Nanjing Yuankai Biological Energy Source And Environmental Protection Engineering Co., Ltd				

Curto Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
State Grid Corporation Of China	Empresa + Centro de Pesquisas	CN103509827B	Pré-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Físico; Biogás; Bioenergia; Outros Biocombustíveis; Vinhaça de Etanol
State Grid Xinyuan Beijing Bio-Ethanol Energy R &D Center				
Tongji University	Universidade	CN102643000B	Processo; Matéria-Prima	Codigestão; Vinhaça de Mandioca
Universitatea De Stat Din Moldova	Universidade	MD4362C1	Processo; Produto; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Múltiplos Estágios; Codigestão; Biogás; Outros Biocombustíveis; Vinhaça de Milho; Outras Vinhaças
Universitatea De Stat Din Moldova	Universidade	MD4176C1	Processo; Pós-Tratamento; Produto	Parâmetros do Processo; Múltiplos Estágios; Codigestão; Digestato; Biogás; Outros Bioprodutos
University Of Science And Technology, Beijing	Universidade	CN104178526B	Processo; Produto	Codigestão; Biogás
Zhejiang Maoyanggang Agricultural Development Co., Ltd	Empresa	CN103951481B	Pré-Tratamento; Processo; Produto	Biológico; Codigestão; Fertilizante
Zhengzhou University	Universidade	CN103193366B	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Químico; Digestato; Reator; Vinhaça de Milho
Henan Zhongzheng Environmental Engineering Co., Ltd	Empresa + Universidade	CN103992010B	Processo; Produto; Matéria-Prima	Codigestão; Fertilizante; Biogás; Outras Vinhaças
Zhengzhou University				
Zhenjiang Xingnong Organic Fertilizer Co., Ltd	Empresa	CN103688923B	Produto; Matéria-Prima	Fertilizante; Vinhaça de Etanol
Zhenjiang Xingnong Organic Fertilizer Co., Ltd	Empresa	CN103688836B	Produto; Matéria-Prima	Fertilizante; Vinhaça de Etanol
Zhenjiang Xingnong Organic Fertilizer Co., Ltd	Empresa	CN103664402B	Produto; Matéria-Prima	Fertilizante; Vinhaça de Etanol

Fonte: Elaboração Própria

6.2.3 – Médio Prazo

Na figura 6.9, pode-se visualizar o Médio Prazo do *Roadmap* Tecnológico da Digestão Anaeróbica da Vinhaça. Neste recorte, são mostrados os *players* identificados através de patentes depositadas que apresentem tecnologias pertencentes ao escopo do estudo.

As taxonomias onde a maioria dos documentos se concentra são em “Produto”, mais especificamente na produção de “Biogás”, e em “Matéria-Prima”, com foco principal em “Vinhaça da Produção de Etanol” e “Vinhaça de Mandioca”.

É possível identificar *players* com tendências diversas. Houveram colaborações nesta faixa temporal, sendo elas entre centros de pesquisa e universidades. Também é possível visualizar *clusters*, indicando focos de investimentos similares entre corporações.

A empresa Jiangsu Huating Biotechnology atua em diversos setores, como industrial, pesquisa científica, negócios e produção de álcool e dióxido de carbono para fins alimentícios e foi responsável por duas patentes solicitadas da pesquisa (CN105624203A – 1 de Junho de 2016, CN105624023A – 1 de Junho de 2016). Em ambos os documentos observa-se o uso da vinhaça da produção de álcool a partir da mandioca (“Vinhaça de Mandioca”), tendo um deles a preocupação de patentear os “Parâmetros do Processo” termofílico utilizado para a produção de “Biogás” e, o outro, a patente do sistema de “Equipamentos Acessórios” que engloba desarenador (“Pré-Tratamento Físico”), tanque de neutralização, cilindro de digestão anaeróbica (“Reator”), tanque selado com água para o “Pós-Tratamento do Biogás”.

A Suzhou Biyuan Environmental Protection Engineering Co., LTD é especializada em engenharia ambiental e pesquisa e desenvolvimento na área, com foco em construção, design, instalação e suporte em tratamento de águas residuais e proteção ambiental. Foi responsável por três patentes solicitadas (CN103058451A – 24 de Abril de 2013, CN103011397A – 3 de Abril de 2014, CN103011396A – 3 de Abril de 2013) para a produção de “Biogás” a partir de vinhoto de amido de trigo (“Vinhaça de Trigo”) utilizando um “Reator” *upflow* contínuo chamado BYSB-plus com separador trifásico em “Múltiplos Estágios”. Em uma das patentes, oferece solução de “Pós-Tratamento do Digestato” e “Pré-Tratamento Físico”.

Já o centro de pesquisa *Cash Crops Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Science* associado à universidade Guangxi University possui duas patentes solicitadas (CN105284618A – 3 de Fevereiro de 2016, CN105210883A – 6 de Janeiro de 2016) para a proteção de metodologias para a produção de um meio de cultura (“Fertilizante”) com custo inferior ao do usualmente utilizado “*Murashige and Skoog*”

para bananas e tubérculos através do uso do digestato de vinhaça oriunda da mandioca (“Vinhaça de Mandioca”), aperfeiçoando o crescimento da planta.

O meio de Murashige e Skoog (MS0 ou MS-zero) foi inventado pelos cientistas Toshio Murashige e Folke K. Skoog em 1962 e é um meio de cultura para experimentos com células vegetais em laboratório (TRIGIANO; GRAY, 2010).

É interessante observar alguns *clusters* desta fase temporal. As solicitações de patente das empresas Qingdao Weiye Forging Machinery Co., LTD (CN105366870A – 2 de Março de 2016) e Suzhou Biyuan Environmental Protection Engineering Co., LTD (CN103058451A – 24 de Abril de 2013) são muito similares e se referem à produção de “Biogás” a partir de vinhaça de amido de trigo (“Vinhaça de Trigo”). De acordo com os documentos, o vinhoto integral sofre “Pré-Tratamento Físico”, entra em “Reator” de tipo *BYSB-plus (upflow reactor)* para geração de biogás. O efluente gerado entra em um reator CBSB para “Pós-Tratamento do Digestato” e se adequar às especificações nacionais chinesas de disposição. A empresa Taicang Yifa Petrochemical Ore Material Inspection Co., LTD (太仓意发石化矿材检测有限公司) aplicou pedido de patente (CN102320707A – 18 de janeiro de 2012) com foco na digestão anaeróbica termofílica de vinhaça integral. Cita a centrifugação para separar fases da vinhaça (Pré-Tratamento Físico), digestão mesofílica da vinhaça fina gerada em “Reator” UASB e “Pós-Tratamento do Digestato” em meio aeróbico em SBR.

Nos três documentos foi citado o uso de reatores *upflow* contínuos para a digestão anaeróbica e um pós-tratamento aeróbico do digestato.

Tanto a Jiangsu Huating Biotechnology Co., LTD quanto a Shandong Baoli Biomass Energy Co., LTD realizaram pedido de patente (CN105624203A – 1 de junho de 2016 e CN105039422A – 21 de agosto de 2015, respectivamente) para uma metodologia dos “Parâmetros do Processo” que objetiva a produção de “Biogás” a partir da digestão anaeróbica termofílica do vinhoto para estabilizar o resíduo. A primeira especifica sua matéria-prima como sendo “Vinhaça de Mandioca”.

As empresas Tangshan Jintu Microbial Organic Fertilizer Co., LTD, Praj Industries Limited e Anhui Fengtian Agricultural Technology Co., LTD fizeram solicitações de patente abordando o “Pós-Tratamento do Digestato” gerado a partir de vinhoto para a formação de “Fertilizante”. O primeiro (CN105330375A) se referiu a

uma tecnologia de desidratação do digestato de “Vinhaça de Mandioca” e sua digestão aeróbica para aumentar sua estabilização, tornando-o um fertilizante orgânico mais eficiente e menos poluente. O segundo (IN2520MU2013A1 – 26 de junho de 2015) abordou uma metodologia específica para digestato oriundo de vinhaça integral (que não sofreu separação sólido-líquido). Um secador de tipo tambor pulveriza os sólidos presentes no digestato, formando um pó que pode ser utilizado como fertilizante. O último faz menção a uma metodologia para a produção de um meio de cultivo de fungos mais econômico fazendo uso do digestato da vinhaça aditivado. O Quadro 6.7 apresenta atores ilustrados no Médio Prazo do *Roadmap* e seus respectivos *drivers*.

Quadro 6.7 - Atores do Médio Prazo do *Roadmap* da produção de biogás a partir da vinhaça e seus *Drivers*

Médio Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Anhui Agricultural University	Universidade	CN103976136A	Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Digestato; Outros Bioprodutos; Vinhaça de Trigo
Anhui Fengtian Agricultural Technology Co.,Ltd	Empresa	CN103086797A	Pós-Tratamento; Produto	Digestato; Fertilizante
Blaygow Limited	Empresa	20140356927A1	Processo; Produto; Matéria-Prima	Múltiplos Estágios; Biogás; Outras Vinhaças
Bleyer James R, ; Czartoski Thomas J, ; Roach Raymond, ; Aurandt Jennifer L	Inventores	US2015191750A1	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto	Físico; Digestato; Biogás; Outros Bioprodutos
China Haisum Engineering Co., Ltd	Empresa	CN105565598A	Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Digestato; Biogás; Bioenergia; Outros Bioprodutos; Vinhaça de Mandioca
Dainippon Printing Co Ltd	Empresa	JP201420512A	Produto; Matéria-Prima	Biogás; Outros Biocombustíveis; Outros Bioprodutos; Vinhaça de Etanol
Dsm Ip Assets B.V	Empresa + Inventores	WO2013000925A1	Produto; Matéria-Prima	Biogás; Outros Biocombustíveis; Vinhaça de Etanol
Bijl, Hendrik, Louis, ; Pelenc, Vincent Pascal				
General Electric Company	Empresa	WO2014098874A1	Pós-Tratamento; Produto	Digestato; Fertilizante; Biogás
Cash Crops Research Institute	Centro de Pesquisas + Universidades	CN105284618A	Produto; Matéria-Prima	Fertilizante; Vinhaça de Mandioca
Guangxi University				
Guangxi Academy Ofagricultural Science				

Médio Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Cash Crops Research Institute	Centro de Pesquisas + Universidades	CN105210883A	Produto; Matéria-Prima	Fertilizante; Vinhaça de Mandioca
Guangxi University				
Guangxi Academy Ofagricultural Science				
Guangxi Wuming County Jiaolong Alcohol Energy Co., Ltd	Empresa + Inventor	CN105647975A	Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Digestato; Biogás; Outras Vinhaças
Fan Kaihang				
Guizhou Tairan Environment Technology Co., Ltd	Empresa	CN102994562A	Processo; Produto	Codigestão; Fertilizante; Biogás
Hangzhou Weiqing Environmental Protection Engineering Co., Ltd	Empresa + Inventores	CN104891749A	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Físico; Digestato; Biogás; Vinhaça de Etanol
Dai Jian, ; Ren Zicheng, ; Hu Hailong, ; Zhang Xin				
Henan Tianguan Biofuel Engineering Technology Co., Ltd	Empresa	CN104261626A	Processo; Pós-Tratamento; Produto; Matérias-Primas	Múltiplos Estágios; Codigestão; Biogás; Outros Biocombustíveis; Outras Vinhaças
Henan Tianguan Group Co., Ltd	Empresa	CN102796767A	Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Digestato; Fertilizante; Bioenergia; Outros Biocombustíveis; Vinhaça de Etanol
Korea Institute Of Science And Technology	Centro de Pesquisas + Universidades	US20150064761A1	Processo; Pós-Tratamento; Produto	Codigestão; Biogás; Digestato; Biogás; Outros Biocombustíveis
Industry Academic Cooperation Foundation, Daegu University				
Industry Academic Cooperation Foundation Keimyung University				
Myongji University Industry And Academia Cooperation Foundation				
Institute Of Agricultural Resources And Environment, Shandong Academy Of Agricultural Sciences	Universidade	CN104232726A	Processo; Produto; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Codigestão; Biogás; Outras Vinhaças
Jiang Changju	Inventor	CN102978247A	Produto; Matéria-Prima	Fertilizante; Biogás; Outros Bioprodutos; Outras Vinhaças
Jiangsu Huating Biotechnology Co., Ltd	Empresa	CN105624203A	Processo; Produto; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Biogás; Vinhaça de Mandioca

Médio Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Jiangsu Huating Biotechnology Co., Ltd	Empresa	CN105624023A	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Físico; Biogás; Reator; Equipamentos Acessórios; Vinhaça de Mandioca
Jinan Shengquan Group Share-Holding Co., Ltd	Empresa	CN103387313A	Pós-Tratamento; Matéria-Prima	Digestato; Vinhaça de Etanol
Lewis, Michael, J	Inventor	WO2012094665A3	Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Biogás; Bioenergia; Outros Bioprodutos; Vinhaça de Etanol
Li Mingyang; Fan Kaihang	Inventores	CN105755051A	Pré-Tratamento; Processo; Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Químico; Parâmetros do Processo; Codigestão; Biogás; Outras Vinhaças
Liuzhou Jingyang Energy-Saving Technology Research Development Co., Ltd	Empresa	CN105803007A	Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Digestato; Fertilizante; Biogás; Outros Biocombustíveis; Outras Vinhaças
Liuzhou Jingyang Energy-Saving Technology Research Development Co., Ltd	Empresa	CN105803008A	Pré-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Físico; Biogás; Outros Biocombustíveis; Outros Bioprodutos; Vinhaça de Milho
Liuzhou Jingyang Energy-Saving Technology Research Development Co., Ltd	Empresa	CN104498535A	Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Digestato; Fertilizante; Biogás; Outros Biocombustíveis; Outras Vinhaças
Nanjing Tech University	Universidade	CN105800781A	Produto; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Biogás; Equipamentos Acessórios; Vinhaça de Mandioca
Northwest A&F University	Universidade	CN105087660A	Pré-Tratamento; Processo; Produto; Matéria-Prima	Físico; Codigestão; Biogás; Outros Biocombustíveis; Vinhaça de Etanol
Praj Industries Limited	Empresa	IN2520MU2013A1	Pós-Tratamento; Produto	Digestato; Fertilizante
Qi Fang	Inventor	CN105562426A	Processo; Produto	Codigestão; Biogás
Qingdao Jieneng Energy-Saving Environmental Protection Technology Co., Ltd	Empresa	CN103570184A	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Matéria-Prima	Físico; Digestato; Vinhaça de Etanol
Qingdao Weiye Forging Machinery Co., Ltd	Empresa	CN105366870A	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Físico; Pós-Tratamento; Biogás; Reator; Vinhaça de Trigo

Médio Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Revankar Krishna Prasad Panduranga	Inventores	US2013122575A1	Pós-Tratamento; Produto; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Digestato; Biogás; Outros Biocombustíveis; Reator; Equipamentos Acessórios; Vinhaça de Etanol
Shandong Baoli Biomass Energy Co., Ltd	Empresa	CN105039422A	Processo; Produto	Parâmetros do Processo; Biogás
Shandong Longlive Bio-Technology Co., Ltd	Empresa	CN104630307A	Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Biogás; Fertilizante; Bioenergia; Outros Bioprodutos; Vinhaça de Milho
Shanghai Safbon Water Service Co., Ltd	Empresa	CN103172215A	Processo; Pós-Tratamento; Produto; Insumos do Processo; Matérias-Primas	Múltiplos Estágios; Digestato; Biogás; Reator; Vinhaça de Mandioca
Suzhou Biyuan Environmental Protection Engineering Co., Ltd	Empresa	CN103058451A	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Físico; Digestato; Biogás; Reator; Vinhaça de Trigo
Suzhou Biyuan Environmental Protection Engineering Co., Ltd	Empresa	CN103011397A	Produto; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Biogás; Reator; Vinhaça de Trigo
Suzhou Biyuan Environmental Protection Engineering Co., Ltd	Empresa	CN1030113976A	Produto; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Biogás; Reator; Vinhaça de Trigo
Taicang Yifa Petrochemical Ore Material Inspection Co., Ltd	Empresa	CN102320707A	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto; Insumos do Processo	Físico; Digestato; Biogás; Reator
Tangshan Jintu Microbial Organic Fertilizer Co., Ltd	Empresa	CN105330375A	Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Digestato; Fertilizante; Vinhaça de Mandioca
Tongji University	Universidade	CN103540619A	Produto; Matéria-Prima	Outros Bioprodutos; Vinhaça de Mandioca
Tongji University	Universidade	CN103304042A	Processo; Produto; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Outros Bioprodutos; Vinhaça de Mandioca
Tongji University	Universidade	CN103266141A	Produto	Fertilizante; Biogás; Outros Biocombustíveis
Tsinghua University	Universidade	CN103266139A	Pré-Tratamento; Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Físico; Digestato; Biogás; Outros Biocombustíveis; Vinhaça de Etanol
Univ De Stat Din Moldova	Universidade	MD20150010A2	Processo; Produto; Matéria-Prima	Codigestão; Biogás; Vinhaça de Etanol

Médio Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Universitatea De Științe Agricole Și Medicină Veterinară A Banatului "Regele Mihai I Al României" Din Timișoara	Empresa	RO131499A0	Produto; Matéria-Prima	Fertilizante; Biogás; Outros Biocombustíveis; Outras Vinhaças
Veolia Water Solutions & Technologies Support	Empresa	US2014065685A1	Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Digestato; Biogás; Outros Biocombustíveis; Vinhaça de Etanol
Wujiang Yongxiang Ethanol Manufacturing Co., Ltd	Empresa	CN103011495A	Processo; Pós-Tratamento; Matéria-Prima	Múltiplos Estágios; Digestato; Vinhaça de Mandioca
X	x	US20140065685A1	Pré-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Físico; Biogás; Outros Biocombustíveis; Vinhaça de Milho

Fonte: Elaboração Própria

6.2.4 – Longo Prazo

Na figura 6.10, pode-se visualizar o Longo Prazo do *Roadmap* Tecnológico da Digestão Anaeróbica da Vinhaça. Neste recorte, são mostrados os *players* identificados através de artigos que apresentem tecnologias pertencentes ao escopo do estudo.

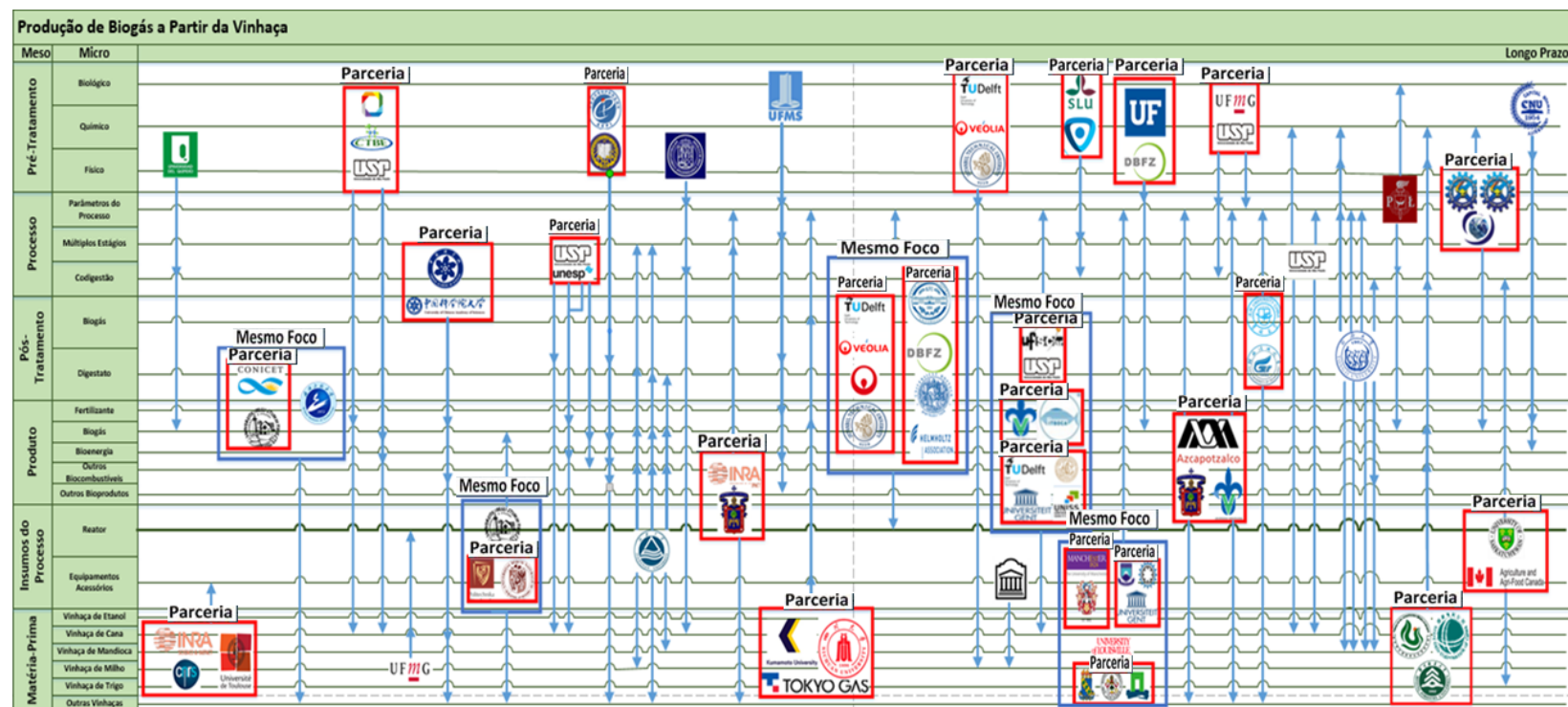


Figura 6.10 - Longo Prazo do *Technology Roadmap* referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça

Fonte: Elaboração própria

As taxonomias onde a maioria dos documentos se concentra são em “Matéria-Prima”, com foco principal em “Outras Vinhaças” e “Vinhaça de Cana-de-Açúcar”, e em “Processo”, focando em “Parâmetros do Processo”. É possível identificar *players* realizando diversas colaborações entre si e *clusters* bem definidos, indicando focos de investimentos similares entre corporações.

É interessante destacar a marcante participação que universidades e centros de pesquisa brasileiros tiveram nesta fase temporal, tendo empatado em número com a China.

A empresa Biothane Systems International é uma empresa subsidiária da Veolia Water Technologies e uma das líderes na área de tratamento de águas residuais. Ela atua em dois artigos (17 e 18) em conjunto com as universidades Delft University of Technology e Istanbul Technical University. Um dos dois artigos teve como objetivo a avaliação do impacto do tempo de retenção de sólidos em “Reator” anaeróbico de membrana, enquanto o outro focava no tratamento de vinhaça fina advinda da geração de álcool do milho (“Vinhaça de Milho”).

Além destes, a Delft University of Technology também se associou às universidades Sancti Spiritus University, Lund University e Ghent University para a produção de um artigo (38) para a modelagem de digestão anaeróbica de “Vinhaça de Cana” e o uso do modelo para a predição de variáveis do processo (“Parâmetros do Processo”) e a possível falha de estágios da digestão anaeróbica.

A Ghent University também gerou um segundo artigo (3) em conjunto com a Universidade Federal de Campina Grande e o centro de pesquisa Laboratory of Microbial Ecology and Technology (LabMET) para otimização do processo de metanogênese em “Reator” UASB em condições mesofílicas através da variação de taxa de carga orgânica (“Parâmetros do Processo”). Foram retiradas conclusões importantes, como a que a arqueia acetoclástica *Methanosarcina* foi incapaz de dominar a metanogênese acetotrófica e que quem desempenhou esse papel foi a arqueia *Methanosaeta*.

O CTBE (Brazilian Bioethanol Science and Technology Laboratory), em associação ao CNPEM (Brazilian Center for Research in Energy and Materials) e à Universidade de São Paulo, produziu dois artigos (28, 46) quanto às perspectivas e

desafios da implementação da digestão anaeróbica de vinhaça de cana-de-açúcar (“Vinhaça de Cana”) em biorrefinarias de cana no Brasil. Um dos artigos comprovou que esta alternativa seria viável em dois casos: no uso do biogás gerado como energia térmica (“Bioenergia”) ou substituição da frota a diesel das usinas por biogás veicular (“Outro Biocombustível”).

A Universidade de Minas Gerais (UFMG) foi responsável por três artigos, sendo um deles sozinha (8) e dois deles em conjunto com a Universidade de São Paulo (USP) (1, 2). O primeiro abordou um “Reator” anaeróbico à membrana de “Múltiplos Estágios” (2-SAnMBR), concebido para o tratamento de “Vinhaça de Cana”. O segundo artigo teve como objetivo comparar as digestões anaeróbica e aeróbica da vinhaça, avaliando seus “Parâmetros do Processo”, enquanto o terceiro priorizava a avaliação de diferentes métodos para a medida de “Parâmetros do Processo” importantes para a avaliação da estabilidade da digestão anaeróbica, os ácidos graxos voláteis.

Somando com as associações anteriores, a Universidade de São Paulo foi responsável por dez artigos, totalizando 20% das publicações.

Associada a UNESP (Universidade Estadual Paulista), gerou três artigos (4, 40, 45), sendo um com foco no “Pós-Tratamento do Digestato” (coagulação-floculação) da digestão anaeróbica de “Vinhaça de Cana” e, nos demais, na investigação do potencial energético de digestão anaeróbica aplicada em vinhoto na indústria sucro-alcooleira, cuja capacidade de recuperação energética seria alta e cessaria a necessidade da planta por combustíveis fósseis.

Com a Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), (9) produziu estudo na avaliação de um “Reator” anaeróbico de leito fluidizado (AFBR) com partículas de poliestireno como material de suporte para o tratamento de “Vinhaça de Cana” e a influência da taxa de carga orgânica como “Parâmetro de Processo”.

O INRA produziu dois artigos com o foco no controle de “Parâmetros do Processo”, como a concentração de ácidos graxos voláteis, alcalinidade, concentração de bicarbonato e demanda química de oxigênio durante a produção de biogás a partir de vinhaça. Este centro de pesquisa se associou a diferentes atores para cada artigo, sendo o primeiro deles (20) em conjunto com o CNRS e a Université de Toulouse que objetivava o uso da condutividade elétrica para medidas de parâmetros do processo

durante digestão anaeróbica em escala de laboratório a produção de hidrogênio a partir de melaço e geração de metano a partir de vinhoto em escala piloto. O segundo (33), com a Universidad de Guadalajara, para “Equipamento Acessório” controlador cascata contínuo-discreto para a regulação de VFA e COD em reator de “Múltiplos Estágios” (acidogênico e metanogênico) usando vinhoto de tequila.

Além deste artigo, a Universidad de Guadalajara participou da produção de outros dois artigos (31, 32) em conjunto com a Universidad Veracruzana e a Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco cujo objetivo é a análise e controle das flutuações de pH (“Parâmetros de Processo”) na digestão anaeróbica de vinhaça da produção de tequila.

A Universidad Veracruzana e o centro de pesquisa Technological Institute of Boca del Río produziram um artigo juntas para a avaliação do tratamento de “Vinhaça de Cana” em “Reator” anaeróbico de biomassa fixa (FBAR) com variações de OLR (“Parâmetros do Processo”). Quando a taxa de carga orgânica foi demasiadamente aumentada, a eficiência de remoção da demanda química de oxigênio (DQO) foi reduzida. O Quadro 6.8 apresenta atores ilustrados no Longo Prazo do *Roadmap* e seus respectivos *drivers*.

Quadro 6.8 - Atores do Longo Prazo do *Roadmap* da produção de biogás a partir da vinhaça e seus Drivers

Longo Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Universidade de São Paulo (USP)	Universidades	1	Processo	Parâmetros do Processo; Codigestão
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)				
Universidade de São Paulo (USP)	Universidades	2	Processo	Parâmetros do Processo
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)				
Laboratory of Microbial Ecology and Technology (LabMET)	Centro de Pesquisa + Universidades	3	Processo; Insumos do Processo	Parâmetros do Processo; Reator
Universidade Federal de Campina Grande				
Ghent University				
Universidade Estadual Paulista (UNESP)	Universidades	4	Pós-Tratamento; Matéria-Prima	Digestato; Vinhaça de Cana-de-açúcar
Universidade de São Paulo (USP)				
Univ. Nac. del Litoral Y Consejo Nacional de Investigaciones Cientificas Y Tecnologicas (CONICET)	Universidade	5	Matéria-Prima	Outras Vinhaças
Jilin University	Universidades	6	Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Outras Vinhaças
Quilin University of Technology				
Tongji University	Universidade	7	Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Vinhaça de Mandioca
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)	Universidade	8	Insumos do Processo; Matéria-Prima	Reator; Vinhaça de Cana-de-Açúcar
Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)	Universidades	9	Processo; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Reator; Vinhaça de Cana-de-Açúcar
Universidade de São Paulo (USP)				
Valladolid University	Universidades	10	Processo; Insumos do Processo	Parâmetros do Processo; Reator
Universidade Federal do Ceará (UFC)				
Wageningen University				
Technological Institute of Boca del Río	Universidades	11	Processo; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Reator; Vinhaça de Cana-de-Açúcar
Veracruzana University Prolongación				
Capital Normal University	Universidade	12	Pré-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Físico; Biogás; Outros Biocombustíveis; Outras Vinhaças
University of Louisville	Universidade	13	Processo; Insumos do Processo	Parâmetros do Processo; Reator

Longo Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
University of Santiago de Compostela	Universidade	14	Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Codigestão; Vinhaça de Cana-de-Açúcar
Agriculture and Agri-Food Canada	Empresa + Universidade	15	Processo; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Codigestão; Reator; Vinhaça de Trigo
University of Saskatchewan				
Universidade de São Paulo (USP)	Universidade	16	Processo; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Reator; Vinhaça de Cana-de-Açúcar
Biothane Systems International	Empresa + Universidades	17	Processo; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Reator; Vinhaça de Milho
Delft University of Technology				
Istanbul Technical University				
Biothane Systems International	Empresa + Centro de Pesquisas + Universidade	18	Processo; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Reator; Vinhaça de Milho
Veolia Environnement Recherche et Innovation (RESEARCH INSTITUTE)				
Delft University of Technology				
Istanbul Technical University				
Tongji University	Universidade	19	Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Vinhaça de Mandioca
INRA	Centro de Pesquisa + Universidade	20	Insumos do Processo	Equipamentos Acessórios
CNRS				
Université de Toulouse				
Tongji University	Universidade	21	Pré-Tratamento; Processo; Matéria-Prima	Químico; Físico; Parâmetros do Processo; Vinhaça de Mandioca
Tongji University	Universidade	22	Processo; Procuto; Matéria-Prima	Codigestão; Outros Bioprodutos; Vinhaça de Mandioca
Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS)	Universidade	23	Processo; Pós-Tratamento; Produto	Parâmetros do Processo; Múltiplos Estágios; Digestato; Biogás; Outros Biocombustíveis; Outros Bioprodutos
Jiangnan University	Universidade	24	Processo; Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Múltiplos Estágios; Digestato; Biogás; Outros Biocombustíveis; Vinhaça de Milho
Wuhan Institute of Technology	Universidade	25	Matéria-Prima	Outras Vinhaças

Longo Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
State Grid Energy Conservation Service CO., LTD	Empresa + Centro de Pesquisas + Universidade	26	Pré-Tratamento; Processo; Produto	Químico; Físico; Codigestão; Biogás; Outros Biocombustíveis
Nanjing Institute for the Comprehensive Utilization of Wild Plant				
Beijing Forestry University				
Lodz University of Technology	Universidade	27	Pré-Tratamento; Processo; Produto	Biológico; Codigestão; Biogás
Brazilian Bioethanol Science and Technology Laboratory (CTBE)	Centros de Pesquisas + Universidade	28	Produto; Matéria-Prima	Biogás; Vinhaça de Cana-de-Açúcar
Brazilian Center for Research in Energy and Materials (CNPEM)				
Universidade de São Paulo (USP)				
Universidad del Quindío	Universidade	29	Parâmetros do Processo; Produto; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Codigestão; Biogás; Reator; Outras Vinhaças
Università di Trieste	Universidade	30	Produto; Matéria-Prima	Biogás; Outras Vinhaças
Universidad Veracruzana	Universidades	31	Processo; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Reator; Outras Vinhaças
Universidad de Guadalajara				
Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco				
Universidad Veracruzana	Universidades	32	Processo; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Reator; Outras Vinhaças
Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco				
Universidad de Guadalajara				
INRA	Centro de Pesquisas + Universidade	33	Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Múltiplos Estágios; Outras Vinhaças
Universidad de Guadalajara				
Jiangnan University	Universidade	34	Processo; Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Múltiplos Estágios; Digestato; Biogás; Outros Biocombustíveis; Outras Vinhaças
Tekniska verken i Linköping AB	Empresa + Universidade	35	Processo	Múltiplos Estágios; Codigestão
Swedish University of Agricultural Sciences				
University of Ottawa	Universidade	36	Insumos do Processo; Matéria-Prima	Reator; Vinhaça de Milho

Longo Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
CSIR-National Environmental Engineering Research Institute	Centros de Pesquisas	37	Pré-Tratamento; Produto	Químico; Biogás
Ozone Research & Applications				
CSIR-Central Food Technological Research Institute				
Sancti Spiritus University	Universidades	38	Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Vinhaça de Cana-de-Açúcar
Delft University of Technology				
Lund University				
Ghent University				
Agro-Environmental Protection Institute, Ministry of Agriculture	Centro de Pesquisas do Governo + Universidade	39	Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Digestato; Bioenergia; Outros Biocombustíveis; Outros Bioprodutos; Outras Vinhaças
University of California				
Universidade de São Paulo (USP)	Universidades	40	Produto; Matéria-Prima	Biogás; Outros Biocombustíveis; Vinhaça de Cana-de-Açúcar
Universidade Estadual Paulista (UNESP)				
Politechnika Wroclawska	Universidades	41	Produto; Matéria-Prima	Biogás; Outras Vinhaças
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu				
Chinese Academy of Sciences	Centro de Pesquisas + Universidade	42	Produto; Matéria-Prima	Biogás; Outros Bioprodutos; Vinhaça de Mandioca; Vinhaça de Milho; Outras Vinhaças
University of Chinese Academy of Sciences				
Stan Mayfield Biorefinery Pilot Plant	Empresa + Universidade	43	Processo; Produto; Matérias-Primas	Parâmetros do Processo; Biogás; Vinhaça de Cana-de-Açúcar
University of Florida				
Department of Biochemical Conversion, Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH	Empresa + Centro de Pesquisas + Universidades	44	Processo; Insumos do Processo	Parâmetros do Processo; Reator
Helmholtz Centre for Environmental Research				
University of Rostock				
Kazan (Volga Region) Federal University				
Universidade Estadual Paulista (UNESP)	Universidades	45	Produto	Bioenergia; Outros Biocombustíveis
Universidade de São Paulo (USP)				

Longo Prazo				
Ator	Tipo de Ator	Documento	Driver Meso	Driver Micro
Brazilian Bioethanol Science and Technology Laboratory (CTBE)	Centros de Pesquisas + Universidade	46	Produto; Matéria-Prima	Bioenergia; Outros Biocombustíveis; Vinhaça de Cana-de-Açúcar
Brazilian Center for Research in Energy and Materials (CNPEM)				
Universidade de São Paulo (USP)				
London South Bank University	Universidades	47	Processo	Parâmetros do Processo
University of Manchester				
Sichuan University AND Kumamoto University AND Tokyo Gas Co.	Empresa + Universidades	48	Processo; Pós-Tratamento; Produto; Insumos do Processo; Matéria-Prima	Parâmetros do Processo; Biogás; Biogás; Equipamentos Acessórios; Outras Vinhaças
University of São Paulo (USP)	Universidade	49	Pré-Tratamento; Matéria-Prima	Químico; Vinhaça de Cana-de-Açúcar
Jiangnan University	Universidade	50	Pós-Tratamento; Produto; Matéria-Prima	Digestato; Biogás; Outros Biocombustíveis; Vinhaça de Mandioca

Fonte: Elaboração Própria

6.3 – Considerações Finais

Neste capítulo foi possível visualizar os dois Roadmaps Tecnológicos da Produção de Biogás e Palha e Vinhaça e identificar informações referentes aos documentos e tecnologias dos *players* deste setor em diferentes estágios temporais.

No capítulo a seguir, etapa posterior à elaboração do *Roadmap*, será realizada a análise estratégica dos horizontes temporais em relação aos *drivers* referentes às tendências tecnológicas, considerando o planejamento estratégico de forma que seja possível alinhar a dinâmica entre Mercado, Produto e Tecnologia, e assim, identificar os principais atores do processo e como as mudanças podem ocorrer ao longo do tempo.

7 – Análise Estratégica pós-Roadmap Tecnológico

A técnica de *technology roadmapping* (TRM) é muito efetiva na conexão do planejamento estratégico de negócios com a tecnologia. Este capítulo visa à análise dos dados relevantes que integram a dinâmica entre Mercado, Produto e Tecnologia, buscando relações significativas entre as empresas e seus mercados através dos resultados obtidos no *Roadmap* Tecnológico.

Esta etapa objetiva mapear as similaridades entre as atividades dos *players* e de seus competidores em termos de P&D, seus mercados e os *drivers* envolvidos. Para tanto, foi realizada uma análise vertical, que consiste na avaliação de como os *players* se comportam em uma faixa específica, e uma análise horizontal, que consiste na análise de acordo com os *players* em relação à ênfase do documento ao longo do tempo.

7.1 – Análise Vertical

Neste subcapítulo, o comportamento dos *players* será avaliado em cada faixa temporal, ou seja, sua tendência aos *drivers* “Pré-Tratamento”, “Processo”, “Pós-Tratamento”, “Produto”, “Insumos do Processo” e “Matéria-Prima”. O perfil de cada *cluster* formado será discutido, a fim de avaliar as parcerias das empresas com diversas competências. Todas as informações encontradas neste capítulo foram extraídas diretamente dos *sites* das empresas, universidades e centros de pesquisa, artigos e patentes, bem como bases de dados especializadas. Diferentes atores apresentados no *roadmap* podem possuir documentos que se encaixem nas mesmas taxonomias, demonstrando que possuem a mesma visão quanto ao futuro, sendo ele mais próximo ou distante, daquele processo tecnológico.

Através desta análise, é possível criar um mapa de similaridade de atores, que ilustra a relação entre os principais *players* em uma área específica baseado em sua similaridade tecnológica (LEE et al., 2009).

7.1.1 – Análise Vertical da Digestão Anaeróbica da Palha

7.1.1.1 – Estágio Atual

Neste horizonte temporal, ilustrado na Figura 7.1, é possível encontrar dois *clusters* de mesmo foco.

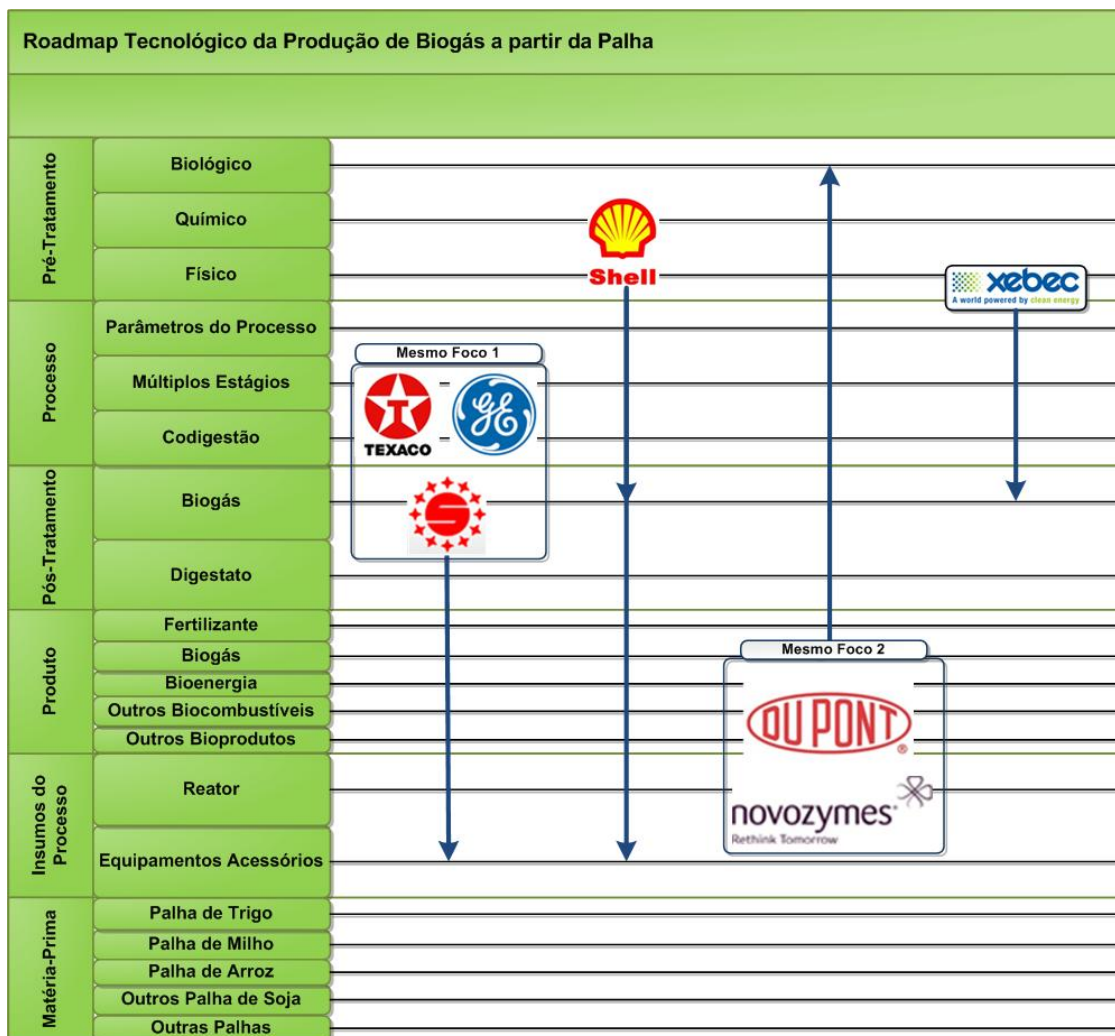


Figura 7.1 - Clusters do Ponto Zero do Technology Roadmap referente à Digestão Anaeróbica de Palha

Fonte: Elaboração própria

Mesmo Foco 1: Estas três empresas citadas abaixo estão envolvidas na formação deste *cluster*, cujo *driver* é “Insumos de Processo”, mais especificamente os “Equipamentos Acessórios” ligados à motores que funcionam a biogás.

- A empresa Shengli Oilfield Shengli Power Machinery é fabricante de motores a gás e solucionadora de problemas energéticos. Um de seus modelos de motores funciona a biogás;
- General Electric é uma empresa multinacional americana de serviços e tecnologia, atuando como fornecedora de soluções de infraestrutura nos

setores de energia, iluminação e transporte. Um dos produtos que comercializa são motores a biogás;

- A Texaco Development Corporation é subsidiária da Chevron Corporation, especializada no ramo petrolífero, é responsável atualmente pela comercialização de óleo lubrificante especial para motores industriais que trabalham com biogás.

A Shell também possui *driver* em “Equipamentos Acessórios”, com enfoque na produção de lubrificantes para motores a biogás. Porém também possui uma planta de dessulfurização de biogás, se enquadrando concomitantemente neste recorte temporal em “Pós-Tratamento” de “Biogás”. Neste quesito, se assemelha a Xebec Adsorption Inc, que é especializada em soluções para o *upgrading* do biogás, gás natural e hidrogênio.

Mesmo Foco 2: Estas duas empresas citadas abaixo estão envolvidas na formação deste *cluster*, cujo *driver* é “Pré-Tratamento”, abrangendo “Biológico”.

- A Du Pont é líder mundial em inovação e ciência orientada para o mercado e atua no mercado por mais de dois séculos nos mais diversos mercados. A empresa fornece soluções para o pré-tratamento enzimático de resíduos lignocelulósicos.
- A Novozymes A/S, companhia multinacional dinamarquesa solucionadora de problemas biológicos e líder mundial na produção de enzimas.

7.1.1.2 - Curto Prazo

Neste horizonte temporal, ilustrado na Figura 7.2, é possível encontrar três *clusters* de mesmo foco.

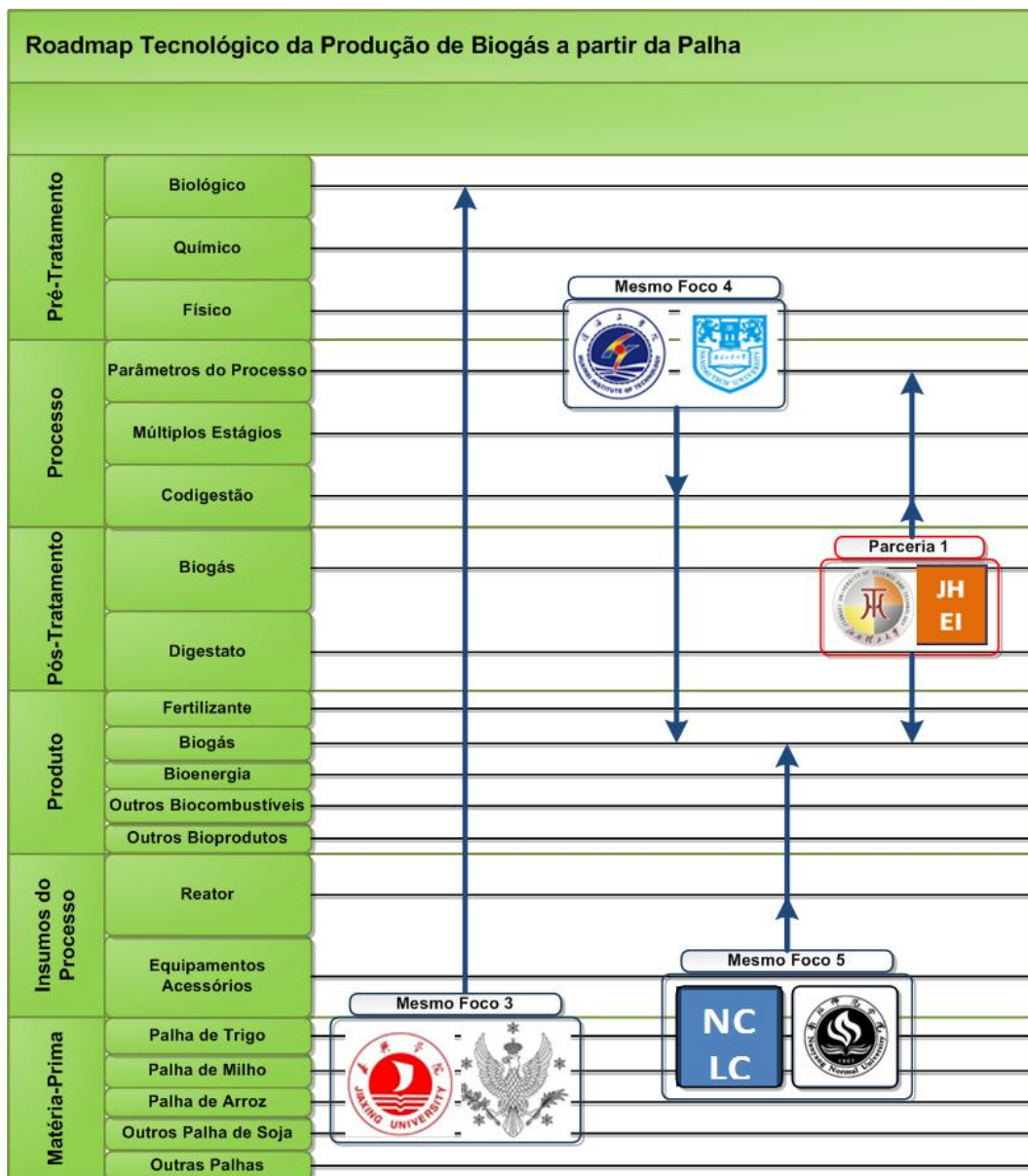


Figura 7.2 - Clusters do Curto Prazo do *Technology Roadmap* referente à Digestão Anaeróbica de Palha

Fonte: Elaboração própria

Mesmo Foco 3: Duas universidades neste período temporal focaram no *driver* “Pré-Tratamento”, mais especificamente o “Biológico”. Enquanto a Jiaxing University patenteia uma metodologia de pré-tratamento em condições aeróbicas da palha fazendo uso de um preparado microbiológico, a Universidade de Varsóvia (*Uniwersytet Warszawski*) patenteou um consórcio microbiano especializado para o pré-tratamento da celulose.

Mesmo Foco 4: A Nanjing University of Technology e a Huaihai Institute of Technology mostraram ter as mesmas tendências por *drivers* de “Processo”, como a “Codigestão”, de maneira concomitante com “Produto”, especificamente o “Biogás”. Ambas patentearam metodologias de codigestão de palha com alguma espécie de praga marinha da região, objetivando suprir a demanda nutricional de nitrogênio do processo. A primeira usou talos de um fungo marinho rico em hexanos (*Schizochytrium*) e, a segunda, uma macroalga enteromorfa.

Mesmo Foco 5: O Centro de Pesquisas Nanyang City Lvyue Circle Agriculture Research Institute e a Nanyang Normal University, entidades da mesma província chinesa, patentearam tanques de digestão anaeróbica específicos para o uso de palha como matéria-prima. Isto pode ser indicativo de que uso da palha para a geração de biogás é algo estratégico para esta região.

Nesta fase temporal, apenas uma parceria pôde ser observada:

Parceria 1: Há uma colaboração entre a empresa Jiangxi Huayifeng Ecology Industrial e a universidade Jiangxi University of Science and Technology com foco em “Parâmetros do Processo”, “Codigestão” e “Biogás”. Objetivam a codigestão de dejetos bovinos, palha e minério turmalina processado, cuja adição aumenta a produção de biogás e a remoção de demanda química de oxigênio.

7.1.1.3 - Médio Prazo

Neste corte temporal é possível observar a maior presença de *clusters* e colaborações do que nos cortes apresentados anteriormente, como ilustrado pela Figura 7.3. As principais colaborações se deram entre empresas e centros de pesquisa, ou entre empresas e universidades.

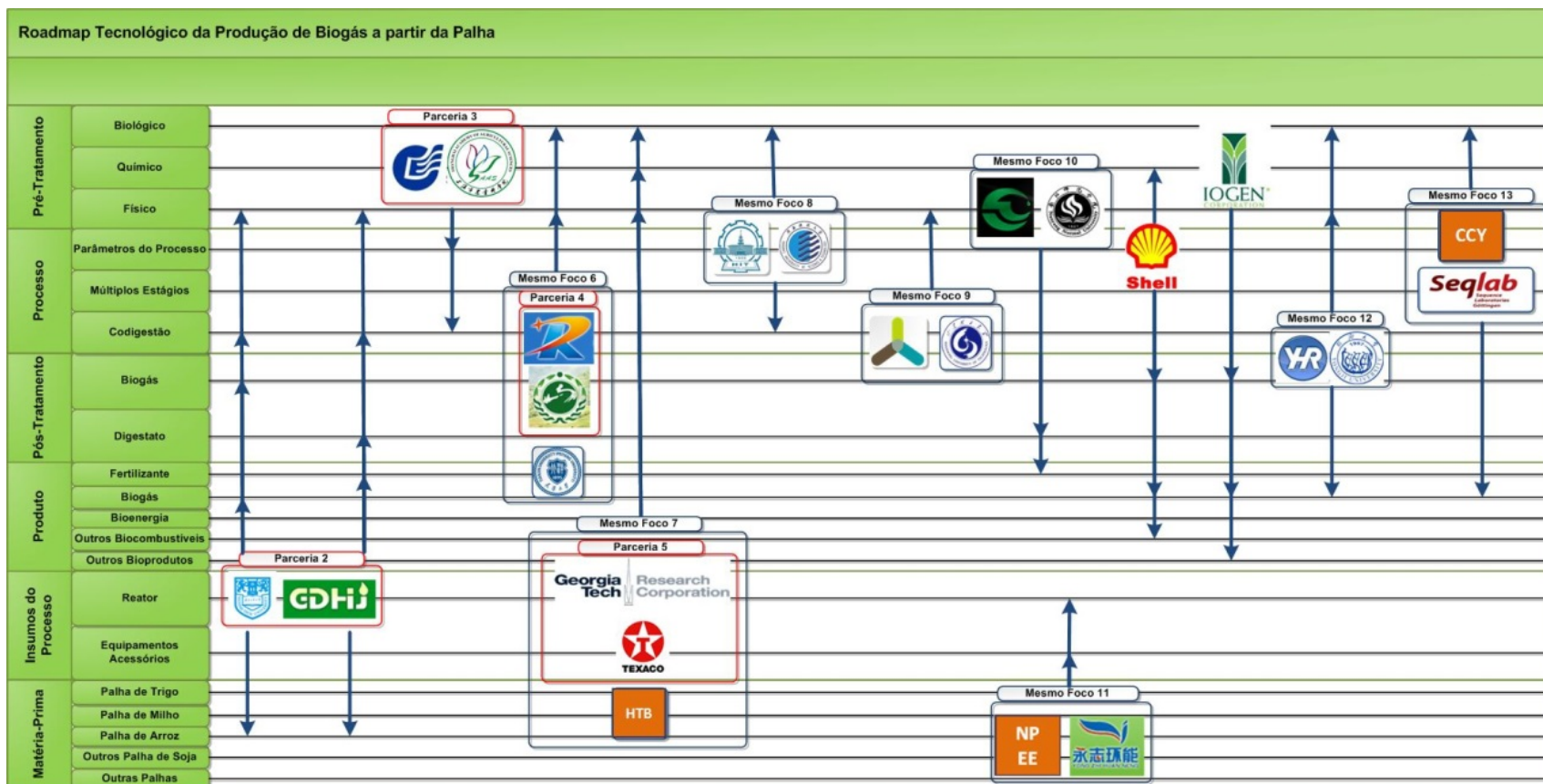


Figura 7.3 - Clusters do Médio Prazo do *Technology Roadmap* referente à Digestão Anaeróbica de Palha

Fonte: Elaboração própria

Neste período temporal é possível observar a formação de algumas parcerias:

Parceria 2: A Nanjing Gongda Environment Technology Co., LTD é uma companhia que nasceu de universidade e tem como foco a inovação tecnológica e proteção ambiental e realizou parceria com a universidade Nanjing University of Technology. Esta colaboração permitiu que os *players* focassem em múltiplos *drivers*, desde “Pré-Tratamento” (“Físico”), “Processo” (“Codigestão”), “Pós-Tratamento” (“Digestato” e “Biogás”), “Produto” (“Fertilizante” e “Biogás”) e “Matéria-Prima” (“Palha de Arroz”).

Parceria 3: A Shanghai Co-Elite Agricultural Sci-Tech (Group) é uma empresa que integra atividades de pesquisa, produção e marketing no setor de agricultura. Em associação ao centro de pesquisa da Shanghai Academy of Agricultural Sciences, adquiriu *know how* para obtenção de foco no *driver* de “Processo” de digestão anaeróbica (“Parâmetros do Processo” e “Codigestão”).

Parceria 4: A Chongqing Kairui Agricultural Development é uma empresa especializada em consultas de investimentos em projetos agrícolas, planejamento, design, produção, marketing e vendas. Em associação à Chongqing Academy of Agricultural Sciences, focou em Médio Prazo em “Pré-Tratamento” (“Biológico” e “Físico”) da matéria-prima, reduzindo assim os riscos de bloqueio durante o carregamento e descarregamento do fermentador.

Parceria 5: A parceria entre a Georgia Tech Research Corporation e a Texaco permitiu que os *players* solicitassem patente com metodologia de “Pré-Tratamento” que combina o processo “Biológico”, “Químico” e “Físico” para otimizar a solubilização da matéria-prima celulósica.

Mesmo Foco 6: A Parceria 4 e a Tianjin University fazem um *cluster* de mesmo foco onde realizam um pré-tratamento físico de cominuição sobre a palha antes de encaminhá-la para o pré-tratamento biológico de digestão aeróbica ou ensilagem.

Mesmo Foco 7: A Parceria 5 e a empresa Henan Tianguan Biofuel Engineering Technology depositaram solicitação de patente com tecnologia que promove os três tipos de pré-tratamento. Ambas depositaram patentes que focam em metodologia que combina processos pré-tratamentos químicos e físicos que possibilitem o biológico.

Mesmo Foco 8: As universidades chinesas Harbin Institute of Technology e a Shaanxi University of Science and Technology utilizam palhas que sofreram pré-tratamento biológico na codigestão anaeróbica com excrementos de gado para a produção de biogás. A primeira objetiva ainda a mistura com outros resíduos orgânicos para gerar biogás e suprir a demanda de uma cidade.

Mesmo Foco 9: O centro de pesquisas polonês Agrofizyki Im. Bohdana Dobrzanskiiego Polskiej Akademii Nauk e a Shandong University of Technology patentaram pré-tratamentos físicos que permitam a digestão anaeróbica da palha. Enquanto a primeira utiliza sonicação, enquanto a segunda solicitou patente com tecnologia abordando o pré-tratamento físico de pirólise.

Mesmo Foco 10: Algumas tendências similares entre *players* são observadas. A Nanyang Normal Universty e a Zhongschan Chengming Agriculture Technology Development Co., LTD focam no “Pós-Tratamento” e “Produto”, em especial “Digestato” e “Fertilizante”. Enquanto a primeira realiza adição de nutrientes para seu uso de digestato como fertilizante, a segunda aborda a produção de adubo a partir da compostagem.

É interessante observar que as duas empresas a seguir explicitaram interesse em Curto Prazo no “Pré-Tratamento Químico”, “Pós-Tratamento” e “Outro Bioproduto”, apesar de não ser um *cluster*.

- A Shell Oil Company é subsidiária nos Estados Unidos da Royal Dutch Shell e se trata de uma das maiores produtoras de petróleo e gás natural dos EUA. Visa o pré-tratamento de biomassa lignocelulósica fazendo uso do ácido sulfúrico para a subsequente produção de bioetanol. O resíduo líquido rico em enxofre é submetido à digestão anaeróbica para a geração de biogás, que posteriormente sofre dessulfurização.
- A Iogen Corporation é líder no desenvolvimento de tecnologias de queima limpa e biocombustíveis de segunda geração, produzindo biogás atualmente a partir de vinhaça oriunda de fermentação alcoólica de segunda geração, da palha. Tende ao uso de ácido sulfúrico e/ou sulfídrico no pré-tratamento, porém associado à oxidação úmida, antes da digestão anaeróbica. O biogás é dessulfurizado e forma ácido sulfídrico, que é reciclado ao processo de pré-tratamento.

Mesmo Foco 11: A Nanjing Pingyu Environmental Engineering Co., LTD visa o uso de “Reator” para a fermentação anaeróbica de alta eficiência da palha, que inclui “Equipamentos Acessórios”, como suporte de aquecimento que mantém a temperatura mesofílica do reator mesmo no inverno. Já a Anhui Fuyang Yongzhi Ring Can Engineering LTD, um “Reator” de digestão anaeróbica sólida de palha em fazenda com misturador como “Equipamento Acessório” feito de material metálico inoxidável.

Mesmo Foco 12: A Tongji University utiliza um pré-tratamento físico de maceração do resíduo lignocelulósico, que em seguida é hidrolisado com o uso da enzima celulase, inoculado e digerido. A empresa Beijing Yingherui Environmental Engineering é especializada no tratamento de esgotos, compostagem e outros tratamentos biológicos. No documento analisado para este trabalho, cita o pré-tratamento aeróbio facultativo de resíduo lignocelulósico pulverizado e dejetos animais, seguido pela digestão anaeróbica para obter biogás.

Mesmo Foco 13: As empresas Sequence Laboratories Goettingen e a Changling County Yixin Agriculture Development patentaram metodologias para o pré-tratamento biológico aeróbico da biomassa para possibilitar a geração de biogás.

7.1.1.4 - Longo Prazo

Alguns *clusters* e parcerias podem ser visualizados nesta fase temporal, identificando tendências semelhantes dos *players* em longo prazo, como ilustrado na Figura 7.4.

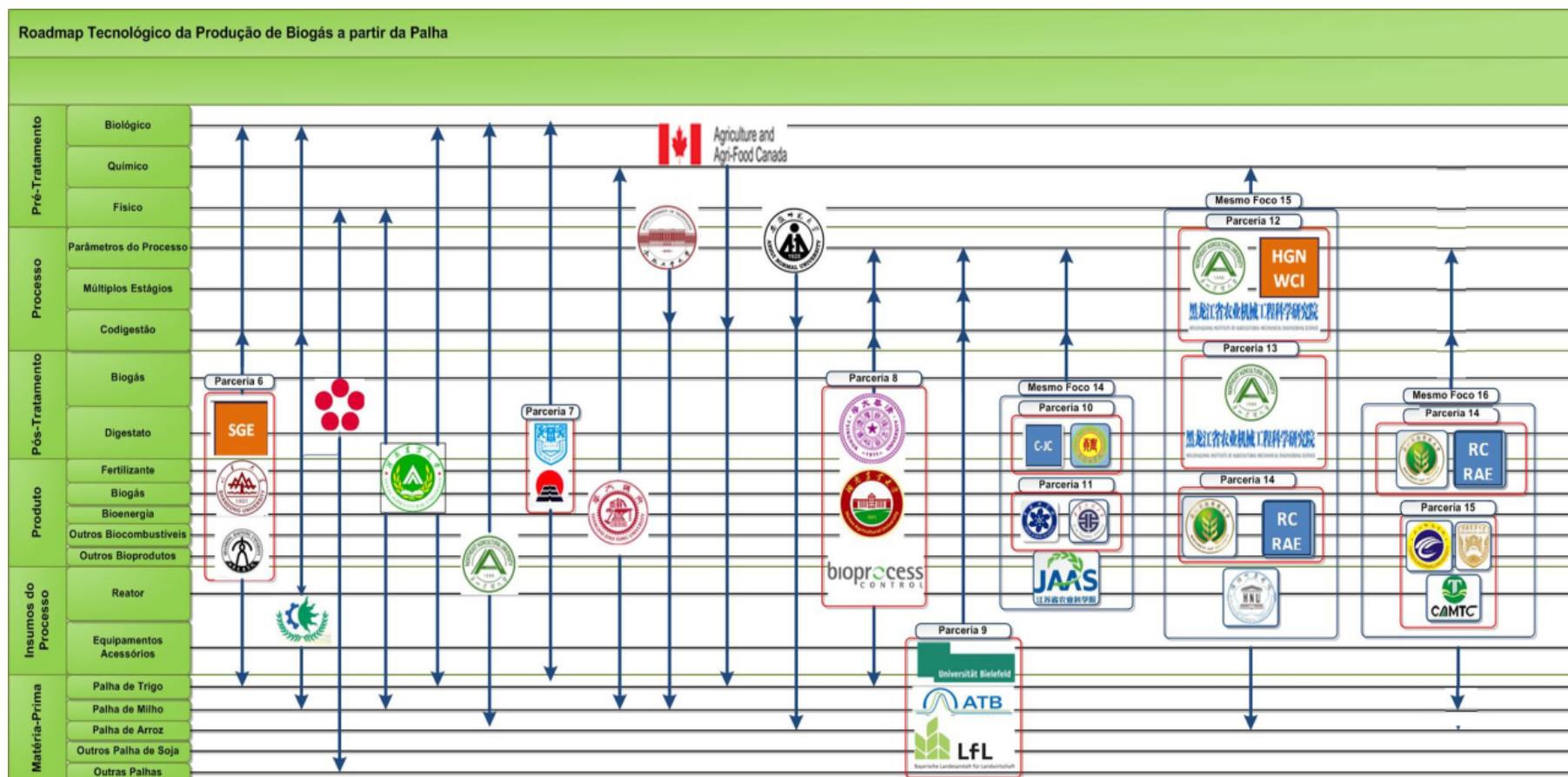


Figura 7.4 - Clusters do Longo Prazo do Technology Roadmap referente à Digestão Anaeróbica de Palha

Fonte: Elaboração própria

A Parceria 6 entre duas universidades Shandong Jiaotong University e Shandong University e da empresa Shandong Green Energy Gas Industrial Co. Ltd., assim como a Nanjing Research Institute for Agricultural Mechanization da Ministry of Agriculture, abordam o “Pré-Tratamento Biológico” de compostagem na “Codigestão” anaeróbica de palha e dejetos bovinos. Enquanto o primeiro aborda o uso de “Palha de Trigo”, o segundo se utilizou de “Palha de Milho”. A Nanjing Research Institute for Agricultural Mechanization da Ministry of Agriculture avaliou que o processo de compostagem testado não foi efetivo, pois consumiu substrato da digestão anaeróbica e afetou negativamente a produção de biogás.

A University of South Bohemia e a Henan Agricultural University estudaram os efeitos do “Pré-Tratamento Físico” explosão a vapor de palha. Enquanto a primeira estudou a biometanização de “Outra Palha” (palha de colza ou *winter brassica napus*), a segunda utilizou “Palha de Milho” verde.

Formado pelas universidades Henan Agricultural University, Northeast Agricultural University e da Parceria 7, entre Nanjing University of Technology e a empresa Henan Tianguan Group Co., LTD, objetiva o “Pré-Tratamento Biológico” de uma “Matéria-Prima” especificada. A Henan Agricultural University investe no estudo de comunidade microbiana de decomposição celulósica da “Palha de Trigo” para o favorecimento da digestão anaeróbica a seco. Segundo o estudo, não houve alteração do conteúdo de lignina e pouca alteração foi observada na celulose, porém a concentração de hemicelulose se mostrou reduzida pela metade. A produção de biogás foi elevada desde o início e se manteve estável. A Northeast Agricultural University possui foco no pré-tratamento aerado para compensar a hidrólise lenta do processo anaeróbico, seguida da digestão anaeróbica mesofílica de “Palha de Arroz”. Enquanto isso, a associação entre a universidade Nanjing Tech University e a companhia Henan Tianguan Group Co. Ltd, especializada na produção de bioenergia, produtos químicos finos e engenharia bioquímica, permitiu que priorizassem a bioadição (sinergia microbiana, com bactérias e fungos) para a melhor produção de biogás a partir de “Palha de Trigo”. Segundo o artigo, o processo aumentou em quase 40% a produção total de biogás e em 80% a de metano.

Parceria 8: A colaboração entre as universidades Hunan Agricultural University e Tsinghua University junto à empresa Bioprocess control (Sweden) Co. Ltd., líder em

tecnologias de instrumentação e controle avançados, grupo ganhou *know how* para os *drivers* “Processo” (“Parâmetros do Processo”, “Múltiplos-Estágios” e “Codigestão”) usando “Palha de Trigo” como “Matéria-Prima”.

Parceria 9: A colaboração entre os centros de pesquisa Bavarian State Research Center for Agriculture e Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e a universidade Bielefeld University permitiu que a oportunidade de pesquisa em todas as taxonomias advindas do *driver* de “Processo” (“Parâmetros do Processo”, “Múltiplos Estágios” e “Codigestão”).

Mesmo Foco 14: As Parcerias 10, 11 e o centro de pesquisas Jiangsu Academy of Agricultural Sciences focam em “Codigestão” e “Parâmetros do Processo”. Este centro de pesquisas realiza otimização da codigestão de palha e águas residuais de gado em biorreator novo e contínuo. Foram testadas diferentes condições de processo e posicionamento dos equipamentos envolvidos no reator.

Parceria 10: China-Japan Collaborative Research Center for the Rural Environment and Resource e Tianjin Agricultural University estudam o efeito da variação de temperatura na codigestão anaeróbica a seco de dejetos animais e palha. A faixa de temperatura mesofílica (37-45°C) se mostrou mais eficiente.

Parceria 11: A Xi'an Polytechnic University e a Chinese Academy of Sciences realizam estudo da comunidade microbiana da digestão anaeróbica de diferentes materiais como cama de frango, dejetos de porcos, dejetos de vaca e palha. A palha, sozinha, não apresentou grande produção de biogás, sendo superior apenas quando comparada aos dejetos de vaca. Vale ressaltar que o inóculo usado não foi estabilizado e não há evidência no artigo de pré-tratamento da palha.

Pode-se observar a presença de três *players* que investiram na “Codigestão” de alguma “Matéria-Prima” com outros resíduos para a complementação nutricional da digestão anaeróbica, como o centro de pesquisas do governo canadense Dairy and Swine Research and Development Center da Agriculture and Agri-Food Canada, que codigeriu “Palha de Trigo” e estrume em temperaturas reduzidas e em estado sólido em reatores em batelada sequencial. Já a Hefei University of Technology visou a codigestão de “Palha de Milho” e algas, e a Anhui Normal University, a codigestão de resíduo marinho orgânico e “Palha de Arroz”, pó de casca de amendoim e restos de alimentos.

Mesmo Foco 15: As Parcerias 12, 13, 14 e a Huaiyin Normal University se agrupam em um *cluster* de mesmo foco, sendo ele o “Pré-Tratamento Químico” e o uso da “Palha de Arroz”. A universidade Huaiyin realizou estudo das características da digestão anaeróbica a partir de palha de arroz pré-tratada com ácido clorídrico, chegando à conclusão que este tipo de pré-tratamento reduziu a produção cumulativa de biogás.

Parceria 12: Artigo produzido pela parceria entre a empresa Heilongjiang Nongken Great Northern Wilderness Cattle Industry, Northeast Agricultural University e a Heilongjiang Institute of Agricultural Mechanical Engineering Science, que visam a digestão anaeróbica mesofílica de palha de arroz com diferentes pré-tratamentos, elegendo a aminação como mais eficiente.

Parceria 13: Artigo produzido pela parceria entre a Northeast Agricultural University e a Heilongjiang Institute of Agricultural Mechanical Engineering Science, que aborda o pré-tratamento químico com a adição de ureia. Em seguida, realizam digestão anaeróbica sólida e mesofílica da palha de arroz.

Parceria 14: Associação entre centro de pesquisas Research Center for Recycling Agricultural Engineering Technology of Shaanxi Province e Northwest Agriculture and Forestry University. Em um de seus artigos, objetiva testar o efeito do pré-tratamento alcalino utilizando hidróxido de cálcio sobre a digestão anaeróbica de palha de arroz.

Mesmo Foco 16: As Parcerias 14 e 15 apresentavam *drivers* com foco em “Codigestão”, “Parâmetros do Processo” e “Palha de Milho”. O segundo artigo da Parceria 14 realiza estudo quanto à influência do pH inicial na codigestão termofílica de dejetos suínos e palha de milho. A proporção de 70% de dejetos suínos e o pH inicial de 6,81 se mostraram as melhores condições para produção de biogás.

Parceria 15: O centro de pesquisas Beijing Agricultural Machinery Testing Extension Station e universidades China Agricultural University e Tianshui Normal University realizam estudos quanto à codigestão de palha e dejetos de gado a seco em reator especializado para tal, com sistema de alimentação e de descarga que impediam a entrada de oxigênio. Após diversos testes, concluiu-se que a umidade do resíduo (10-15% de sólidos totais) e a potência da agitação estão diretamente associadas à produção de biogás.

Tanto a Shanghai JiaoTong University quanto a Parceria 13, entre a Northeast Agricultural University e a Heilongjiang Institute of Agricultural Mechanical Engineering Science, apostam nos efeitos positivos do “Pré-Tratamento Químico” com adição de ureia na digestão anaeróbica de palha. Enquanto o primeiro avaliou a biometanação da “Palha de Trigo”, o segundo usou a “Palha de Arroz”.

7.1.2 – Análise Vertical da Digestão Anaeróbica da Vinhaça

7.1.2.1 – Estágio Atual

Neste horizonte temporal, ilustrado na Figura 7.5, é possível encontrar três *clusters* de mesmo foco.

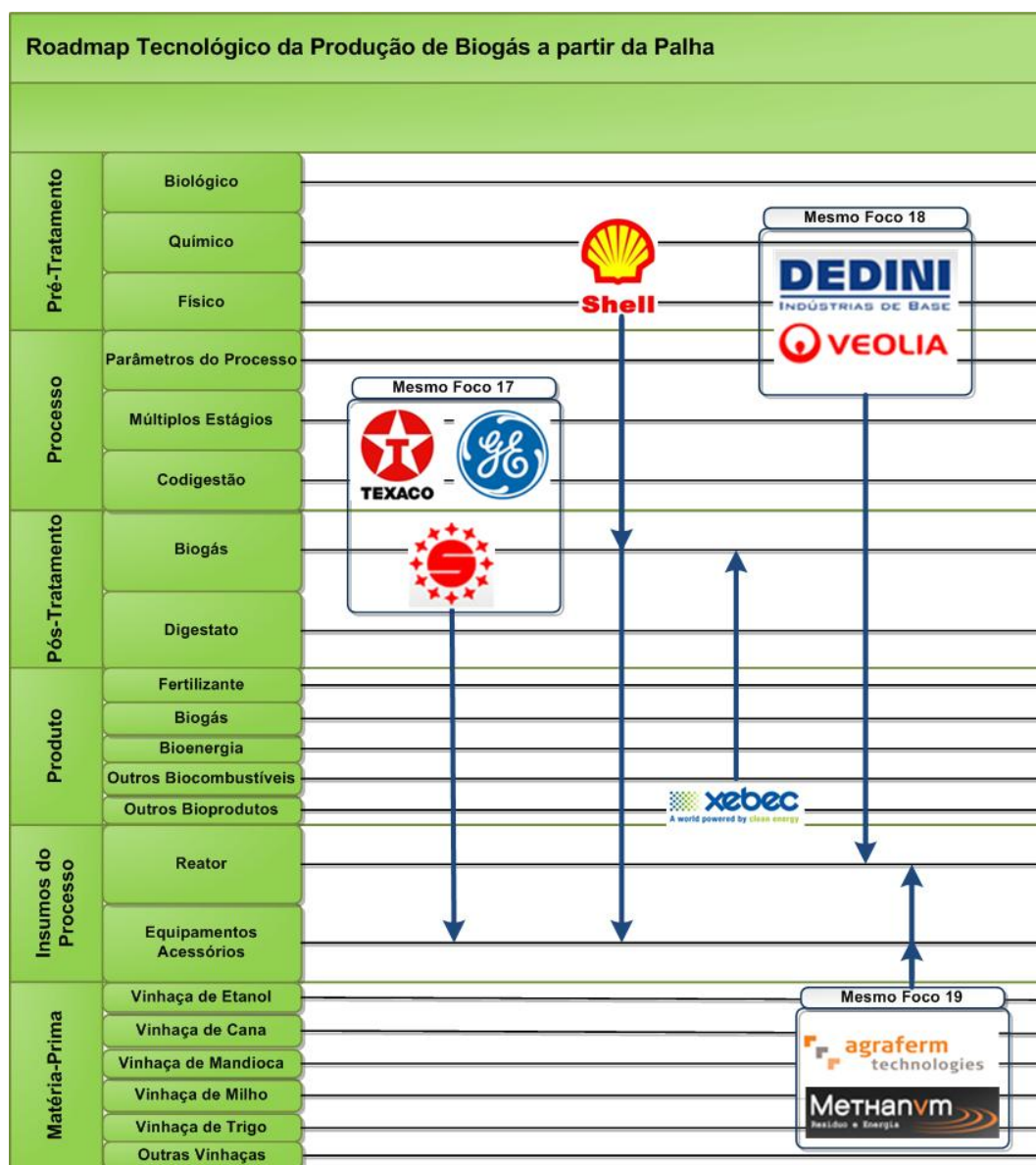


Figura 7.5 - Clusters do Estágio Atual do Technology Roadmap referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça

Fonte: Elaboração própria

Mesmo Foco 17: As empresas General Electric, Texaco e Shengli focam em “Equipamentos Acessórios”, ligados a motores que funcionam a biogás. A Shell, além de ter o mesmo enfoque, também destina seus investimentos ao “Pós-Tratamento do Biogás”, com uma planta de dessulfurização. Neste quesito, se assemelha à Xebec Adsorption Inc, que é especializada em soluções para o *upgrading* do biogás, gás natural e hidrogênio.

Mesmo Foco 18: As empresas citadas abaixo possuem *expertise* na taxonomia “Reator”, pertencente ao *driver* “Insumos do Processo”.

- A Dedini Indústrias possui mais de 177 plantas de digestão anaeróbica instaladas no Brasil e na América Latina, atuando no mercado de tratamento de efluentes industriais.
- Central de Tratamento de Efluentes Líquidos, comumente chamada de Cetrel, pertencia à Odebrecht Ambiental que, por sua vez, pertencia à Organização Odebrecht. Era responsável pelo fornecimento de água, tratamento e disposição final de efluentes e resíduos industriais, distribuição e reuso de água e o monitoramento ambiental, possuindo tecnologia de digestor anaeróbico e tendo histórico no tratamento de vinhaça.

Em Abril de 2017, a Odebrecht Ambiental foi vendida para a empresa canadense Brookfield por R\$ 2,9 bilhões (PEREIRA, 2017). Porém, como isto ocorreu após o período de análise determinado pela metodologia, entre Janeiro de 2012 e Dezembro de 2016, a logo da empresa foi mantida no *Roadmap* Tecnológico.

Mesmo Foco 19: As duas empresas citadas abaixo possuem *expertise* nas taxonomias “Reator” e “Equipamentos Acessórios”, pertencentes ao *driver* “Insumos do Processo”.

- A Methanum é uma empresa que investe em desenvolvimento tecnológico e inovação de interesse estratégico nacional e para o setor empresarial. Oferece soluções customizadas de acordo com a demanda de clientes para associar tratamento de resíduos orgânicos e efluentes à geração energética. Possui planta piloto METHAE BID para setores do agronegócio, alimentícia, bebidas, entre outros que opera em condições termofílicas ou mesofílicas.
- A Agraferm Technologies AG é uma das poucas provedoras mundiais do modelo ‘chave de mão’ (*turnkey*, ou chave-de-mão, é um tipo de operação empregada em processos licitatórios no qual a empresa contratada fica obrigada a entregar a obra em condições de pleno funcionamento) de plantas agroindustriais, possuindo tecnologia para plantas de digestão anaeróbica.

7.1.2.2 - Curto Prazo

Não há *clusters* de mesmo foco entre *players* diferentes neste recorte temporal como está apresentado nos demais. Apesar disso, uma comparação pode ser explicitada, como ilustrado na Figura 7.6.

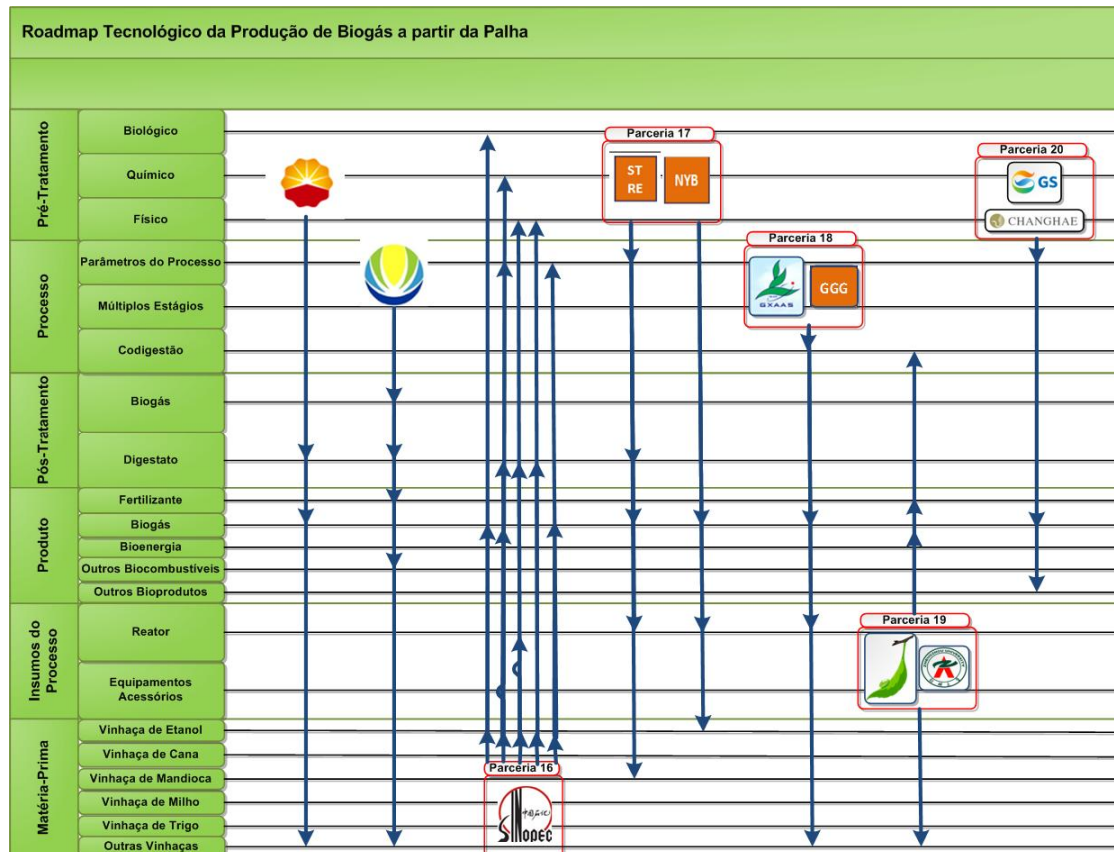


Figura 7.6 - Clusters do Curto Prazo do Technology Roadmap referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça

Fonte: Elaboração própria

As empresas a seguir possuem *drivers* de “Produto” e “Pós-Tratamento”, o último mais especificamente para o “Digestato”. Cada uma das empresas se especializa em um tipo de produto do processo de digestão anaeróbica.

- A subsidiária da China National Petroleum Corporation, CNPC Petroleum & Chemical Corporation, realiza digestão anaeróbica termofílica de vinhaça de batata, gerando biogás e digestato, que é flotado e filtrado, tendo seus nutrientes retirados, digerido

anaerobicamente em temperatura mesofílica, digestão aeróbica e MBR aeróbico.

- Já a Enn Research and Development é uma empresa distribuidora de gás natural na China e desenvolve soluções integradas de energia limpa. Vinhaça fina é digerida anaerobicamente em condições mesofílicas e há pós-tratamento do digestato para gerar líquido rico em amônia, que retorna ao processo ou é utilizado como fertilizante. O biogás sofre tratamento antes de ser usado para geração de bioenergia térmica.

No período de Curto Prazo são observadas algumas parcerias, sendo interessante destacar suas colaborações que resultaram em tendências de múltiplos *drivers*.

Parceria 16: A China Petroleum & Chemical Corporation está historicamente ligada ao fornecimento de petróleo, mas atualmente adquiriu interesse no desenvolvimento de novas fontes energéticas para o crescimento da China. Em conjunto com sua subsidiária, a Sinopec Fushun Research Institute of Petroleum & Petrochemicals, produziu um total de cinco patentes concedidas que estão presentes na análise deste trabalho. É possível observar o interesse no tratamento da vinhaça advinda da produção de etanol de segunda geração da palha de milho, focando em cinco dos seis *drivers*: “Pré-Tratamento” (“Biológico”, “Químico” e “Físico”), “Processo” (“Parâmetros do Processo”), “Pós-Tratamento” (“Digestato”), “Produto” (“Biogás”) e “Matéria-Prima” (“Vinhaça de Etanol”).

Parceria 17: Houve colaboração entre a Shanghai Tianzhiguan Renewable Energy, empresa engajada na pesquisa e desenvolvimento, engenharia e suporte técnico em bioenergia e bioquímicos, e a Nanjing Yuankai Biological Energy Environmental Protection Engineering, companhia com foco em proteção ambiental, desenvolvimento biotecnológico, fertilizante orgânico, tratamento de água e produção de energia. Seus principais *drivers* abordados foram “Processo” (“Múltiplos Estágios”), “Pós-Tratamento” (“Digestato”), “Produto” (“Biogás”), “Insumos do Processo” (“Reator”) e “Matéria-Prima” (“Vinhaça de Mandioca”).

Parceria 18: A empresa especializada na operação e produção de açúcar, papéis e fertilizante, Guangxi Guitang (Group), e o centro de pesquisas Cash Crops Research Institute realizaram parceria para a produção de uma patente que visa a codigestão da vinhaça de melaço e dejetos de porco em reator de escala piloto para a geração de

biogás. Indica que a associação entre os *players* resultou na destinação apropriada dos resíduos gerados pela empresa.

Parceria 19: A Zhengzhou University e a empresa Henan Zhingzheng Environmental Engineering, provedora de serviços técnicos ligados a águas residuais, se associaram para patentear a codigestão de água residual e vinhaça para a coprodução de fertilizante e biogás.

Parceria 20: As empresas Changhae Ethanol, fabricante de bebidas destiladas, e GS Caltex Corporation, provedora de energia, realizaram parceria na geração de patente que visa a geração de biogás em reatores batelada e contínuos. Em processo alternativo, pode-se produzir butanol. Logo, as duas empresas aplicaram suas *expertises* para destinar o resíduo gerado e, ao mesmo tempo, produzir biocombustíveis.

7.1.2.3 - Médio Prazo

Neste horizonte temporal, ilustrado na Figura 7.7, é possível encontrar alguns *clusters* de mesmo foco e parcerias.

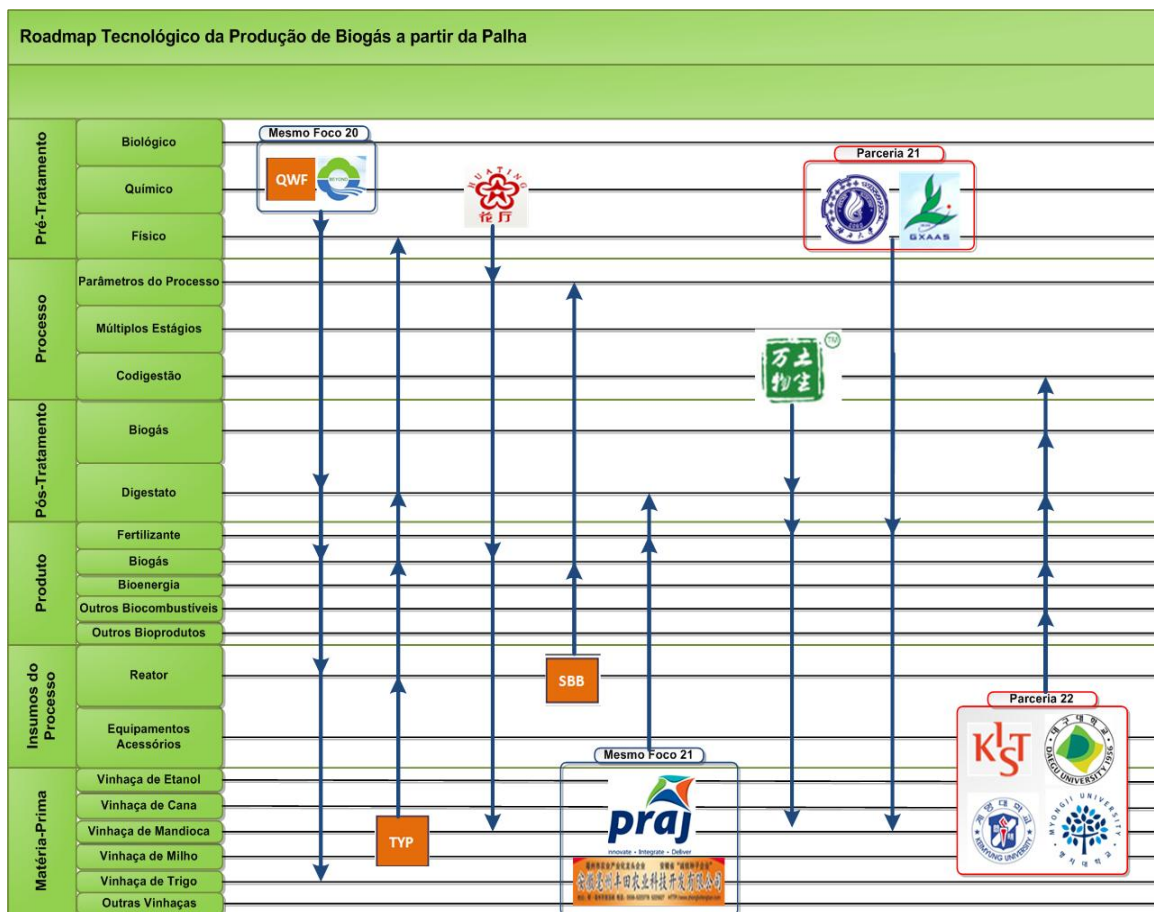


Figura 7.7 - Clusters do Médio Prazo do Technology Roadmap referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça

Fonte: Elaboração própria

Mesmo Foco 20: Qingdao Weiye Forging Machinery Co., LTD e Suzhou Biyuan Environmental Protection Engineering Co., LTD visam a produção de “Biogás” a partir de vinhaça de amido de trigo (“Vinhaça de Trigo”). Para isso, o vinhoto integral sofre “Pré-Tratamento Físico”, entra em “Reator” de tipo *BYSB-plus (upflow reactor)* para geração de biogás. O efluente gerado entra em um reator CBSB para “Pós-Tratamento do Digestato” e se adequar às especificações nacionais chinesas de disposição.

A empresa Taicang Yifa Petrochemical Ore Material Inspection Co., LTD também visa a digestão anaeróbica termofílica de vinhaça integral. Cita a centrifugação para separar fases da vinhaça (“Pré-Tratamento Físico”), digestão mesofílica da vinhaça fina gerada em “Reator” UASB e “Pós-Tratamento do Digestato” em meio aeróbico em SBR.

Nos três documentos foi citado o uso de reatores *upflow* contínuos para a digestão anaeróbica e um pós-tratamento aeróbico do digestato.

Tanto a Jiangsu Huating Biotechnology Co., LTD quanto a Shandong Baoli Biomass Energy Co., LTD objetivam uma metodologia dos “Parâmetros do Processo” para produção de “Biogás” a partir da digestão anaeróbica termofílica do vinhoto para estabilizar o resíduo. A primeira especifica sua matéria-prima como sendo “Vinhaça de Mandioca”.

Mesmo Foco 21: As empresas Praj Industries Limited e Anhui Fengtian Agricultural Technology Co., LTD tendem aos *drivers* de “Pós-Tratamento do Digestato” e “Fertilizante”. A primeira visa uma metodologia específica para digestato oriundo de vinhaça integral (que não sofreu separação sólido-líquido). Um secador de tipo tambor pulveriza os sólidos presentes no digestato, formando um pó que pode ser utilizado como fertilizante. O segundo faz menção a uma metodologia para a produção de um meio de cultivo de fungos mais econômico fazendo uso do digestato da vinhaça aditivado.

A empresa Tangshan Jintu Microbial Organic Fertilizer Co., LTD possui os mesmos *drivers*, porém visa uma tecnologia de desidratação do digestato de “Vinhaça de Mandioca” e sua digestão aeróbica para aumentar sua estabilização, tornando-o um fertilizante orgânico mais eficiente e menos poluente.

Podem ser observadas apenas duas parcerias nesta faixa temporal.

Parceria 21: O centro de pesquisa *Cash Crops Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Science* associado à universidade Guangxi University objetiva à Médio Prazo encontrar um meio de cultura de custo inferior ao do usualmente utilizado “*Murashige and Skoog*” para bananas e tubérculos. Para isso, fez investimentos na digestão anaeróbica, guiada pelos *drivers* de “Fertilizante” e “Vinhaça de Mandioca”.

Parceria 22: A parceria entre o centro de pesquisa Korea Institute of Science and Technology, as universidades Daegu University, Industry Academic Cooperation Foundation Keimyung University e Myongji University Industry and Academia Cooperation Foundation tem como *drivers* “Processo” (“Codigestão”), “Pós-

Tratamento” (“Digestato” e “Biogás”), “Produto” (“Biogás” e “Outros Biocombustíveis”).

7.1.2.4 - Longo Prazo

Neste horizonte temporal, ilustrado na Figura 7.7, é possível encontrar alguns *clusters* de mesmo foco e parcerias.

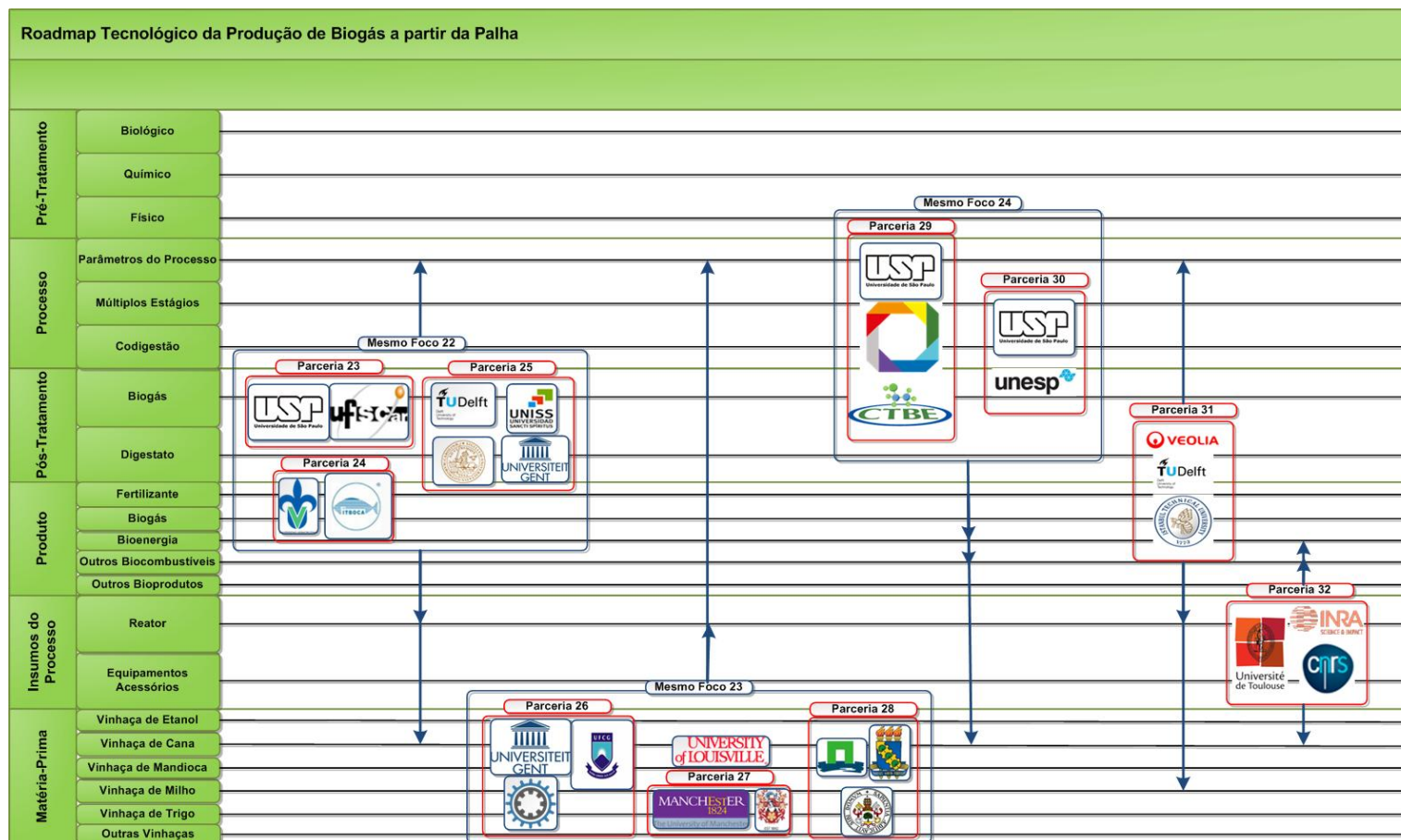


Figura 7.8 - Clusters do Longo Prazo do Technology Roadmap referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça

Fonte: Elaboração própria

Mesmo Foco 22: Na parceria 23, a USP em conjunto com a Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) avalia um “Reator” anaeróbico de leito fluidizado (AFBR) para o tratamento de “Vinhaça de Cana” e a influência da taxa de carga orgânica como “Parâmetro de Processo”. Estas mesmas tendências se apresentaram na Parceria 25, formada pelas universidades Delft University of Technology, Sancti Spiritus University, Lund University e Ghent University, bem como na Parceria 24, entre a Universidad Veracruzana e o centro de pesquisa Technological Institute of Boca del Río.

Mesmo Foco 23: Os *drivers* “Reator” e “Parâmetros do Processo” são muito visados pelas seguintes universidades, centros de pesquisa e associações entre eles: Parceria 26, entre Ghent University, Universidade Federal de Campina Grande e o centro de pesquisa Laboratory of Microbial Ecology and Technology (LabMET); University of Louisville; Parceria 28, entre Wageningen University, Valladolid University e Federal University of Ceará (UFC); e Parceria 27, entre University of Manchester e London South Bank University.

Mesmo Foco 24: As seguintes parcerias buscaram avaliar o potencial energético do biogás a partir do setor sucroalcooleiro nacional, observando *drivers* de “Produto” e “Vinhaça de Cana”. A Parceria 29 entre CTBE (Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol), CNPEM (Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais) e USP (Universidade de São Paulo) avaliou que a capacidade de recuperação energética da vinhaça é alta e cessaria a necessidade da planta por combustíveis fósseis. No seu trabalho em conjunto, comprovaram que é viável o biogás gerado como energia térmica, ou substituindo da frota a diesel das usinas por biogás veicular. Já a Parceria 30, entre USP e da UNESP (Universidade Estadual Paulista) avalia as perspectivas energéticas, ambientais e econômicas da digestão anaeróbica de “Vinhaça de Cana” no Brasil. De acordo com seus estudos, esta alternativa seria viável em dois casos: no uso do biogás gerado como “Bioenergia” térmica ou na substituição da frota a diesel das usinas por veículos à biogás (“Outro Biocombustível”).

Há diversas parcerias nesta faixa temporal. Uma das maiores contribuintes foi a USP, que realizou um total de seis parcerias. Destas, duas serão explicitadas além de outras parcerias interessantes.

Parceria 31: A empresa Biothane Systems International é uma empresa subsidiária da Veolia Water Technologies e uma das líderes na área de tratamento de águas residuais. Em conjunto com as universidades Delft University of Technology e Istanbul Technical University, objetiva os *drivers* “Processo” (“Parâmetros de Processo”), “Insumos do Processo” (“Reator”) e “Matéria-Prima” (“Vinhaça de Milho”).

Parceria 32: Os centros de pesquisa INRA e CNRS em conjunto com a universidade Université de Toulouse tiveram como *drivers* a “Produto” (“Bioenergia” e “Outros Biocombustíveis”) e “Matéria-Prima” (“Vinhaça de Cana-de-Açúcar”).

7.1.3 – Comparação entre as Análises Verticais da Digestão Anaeróbica da Palha e Vinhaça

7.1.3.1 – Digestão Anaeróbica no Estágio Atual

Neste corte temporal foi possível observar muitos *players* que apareciam em ambos os *roadmaps*, formando inclusive *clusters* com *drivers* similares, como o caso da Xebec, Dresser-Rand, Shengli Oilfield, Shell, General Electric e Texaco, que possuíam taxonomias focadas em “Insumos do Processo” e “Pós-Tratamento”.

Porém, é possível observar que no caso do *Roadmap* de Digestão Anaeróbica a partir da Palha há maior tendência das empresas aos *drivers* de “Pré-Tratamento”, enquanto na Vinhaça se observa maior enfoque nos “Insumos do Processo”. A empresa Verbio que se repetiu nos dois *roadmaps*, exemplifica este caso ao apresentar taxonomia de “Pré-Tratamento” no caso da Palha e não na Vinhaça. Este fato é justificável pela palha se tratar de um resíduo lignocelulósico que se apresenta em estado sólido, não diretamente disponível aos microrganismos do processo, e necessitar de um pré-tratamento para viabilizar o processo. Já a vinhaça se apresenta no estado líquido e é rica em nutrientes biodisponíveis.

7.1.3.2 – Digestão Anaeróbica no Curto Prazo

Enquanto o *roadmap* referente à vinhaça tem enfoque relevante em “Pré-Tratamento”, em sua maioria cita apenas um processo “Físico” de filtração ou outra separação sólido-líquido para otimizar a digestão anaeróbica. Já o *roadmap* referente à palha mostra uma maior quantidade e diversidade de tipos de “Pré-Tratamento”, explicitando a importância deste *driver* para o setor.

Enquanto o *roadmap* da palha mostra um maior enfoque em “Equipamentos Acessórios” que facilitem e aprimorem o processo, na vinhaça o enfoque está no tipo de “Matéria-Prima” utilizada, principalmente a “Vinhaça de Etanol” para uso industrial e a “vinhaça de Mandioca”, geralmente associada à indústria de bebidas. Isto é condizente com o esperado, já que a composição deste resíduo líquido varia de acordo com a substância utilizada para produzir álcool, exigindo uma abordagem diferente para a produção de biogás.

Poucos atores aparecem em ambos os *roadmaps* neste recorte temporal, porém seus *drivers* variam, sendo em sua totalidade chineses. No *roadmap* referente à palha, a Jiangnan University apresenta tendências em *drivers* de pré-tratamento químico e codigestão, enquanto a Jiangsu Academy of Agricultural Sciences foca na codigestão e em insumos do processo. No *roadmap* da vinhaça, seus *drivers* focam em pós-tratamento do digestato e outros, como definição da matéria-prima e processo. Isto indica que os atores enxergam prioridades diferentes para a produção de biogás a partir de palha e vinhaça no curto prazo.

7.1.3.3 – Digestão Anaeróbica no Médio Prazo

Neste corte temporal é possível notar uma maior discrepância entre os *roadmaps*. No caso da vinhaça, quase não há *players* com enfoque no “Pré-Tratamento”, indicando que em médio prazo este não seja um *driver* relevante para o setor. Em compensação, há maior enfoque na geração de múltiplos “Produtos”, principalmente o “Fertilizante”.

Já na Palha, o *driver* de “Pré-Tratamento” continua sendo muito importante, implicando que os *players* consideram este fator como crucial para a viabilidade do processo em médio prazo. Também apresenta maior diversificação das “Matérias-Primas” e de “Produtos”.

Um exemplo de empresa que aparece nos dois *roadmaps* neste recorte temporal é a Henan Tianguan Biofuel Engineering Technology Co., LTD, que apresenta como *driver* principal no *roadmap* da palha os três pré-tratamentos: Biológico, Químico e Físico. Já no *roadmap* referente à vinhaça, há uma variação para a coprodução de biogás e outros biocombustíveis realizando a codigestão de um tipo específico de vinhaça sob condições específicas de processo.

Isto reforça a importância do gargalo tecnológico que é tornar a biomassa lignocelulósica mais biodisponível e que ainda é um problema muito observado em médio prazo do setor, enquanto resíduos líquidos como a vinhaça podem ter seu processo de digestão anaeróbica amplamente estudado.

7.1.3.4 – Digestão Anaeróbica no Longo Prazo

No caso da vinhaça, é possível observar uma maior importância dada ao *driver* “Parâmetros do Processo”, onde a viabilidade do processo é aprimorada através de otimizações das condições aplicadas aos microrganismos do processo. Também há uma grande quantidade de documentos com enfoque na “Vinhaça de Cana”, que condiz com a entrada de *players* nacionais ao *roadmap*.

Já o *roadmap* da palha, em longo prazo a importância do *driver* “Pré-Tratamento” tem uma leve redução, porém não é expressiva a ponto de afirmar que não seja relevante. Porém observa-se um incremento do *driver* “Processo”, indicando que os *players* consideram importante, como no caso da cana, aprimorar as condições para a biota do processo.

Este fato pode ser ilustrado pela Sichuan University, que neste recorte temporal estuda os parâmetros do processo de digestão anaeróbica nos dois casos, porém, no caso da palha, também investiga um tipo de pré-tratamento físico. Já a Chinese Academy of Science foca apenas em taxonomias de “Produto” e “Matéria-Prima” no caso da vinhaça, enquanto tem como principal *driver* os parâmetros do “Processo” e “Matéria-Prima” no caso da palha.

Os exemplos reiteram o crescimento da importância do *driver* de “Parâmetros do Processo” em detrimento ao “Pré-Tratamento”, indicando que em longo prazo este seja um obstáculo de tamanho reduzido e permita um estudo mais aprofundado do processo.

7.2 - Análise Horizontal

Neste item, será feita a análise de acordo com os *players* e seu comportamento em relação à ênfase do documento às taxonomias (*drivers*) ao longo do tempo.

7.2.1 - Análise Horizontal da Digestão Anaeróbica da Palha

7.2.1.1 – “Pré-Tratamento” para a Digestão Anaeróbica da Palha

Em relação ao “Pré-Tratamento”, é possível observar uma tendência de crescimento do Ponto Zero ao Médio Prazo e uma queda no Longo Prazo. Esta é a taxonomia de maior destaque deste *roadmap*. Também há uma variação da ênfase deste *driver*, alternando de processo prioritariamente “Físico” e “Biológico” no Médio Prazo para “Químico” e “Biológico” no Longo Prazo.

Nos primeiros recortes temporais, o processo biológico é prioritariamente enzimático (Novozymes, Du Pont). Porém, ao longo dos recortes, há a aparição de pré-tratamentos menos específicos como a compostagem (Nanjing Research Institute for Agricultural Mechanization) e o processo de bioadição de fungos (parceria entre Nanjing Tech University e empresa Henan Tianguan Goup), o que tenderia a baratear o processo e torná-lo mais acessível.

Os pré-tratamentos físicos mais citados são a maceração, tritura e explosão a vapor. Há alguns documentos no curto prazo que citam o uso de pirólise (empresa Anaergia). Quanto ao processo químico, não há variação relevante ao longo do tempo entre processos ácidos e alcalinos.

7.2.1.2 – “Processo” para a Digestão Anaeróbica da Palha

Do Ponto Zero ao Curto Prazo é possível observar um aumento de ênfase no “Processo”, com leves variações ao longo do tempo. A principal tendência observada ao longo do tempo é a de “Codigestão” e há aumento considerável dos “Parâmetros do Processo” com o passar dos recortes temporais.

Os principais resíduos utilizados na codigestão são ricos em nitrogênio, como algas, lodo de esgoto, restos de alimentos e dejetos animais. Além de contribuírem para a proporção nutricional da matéria-prima, estes resíduos sofrem destinação apropriada e potencialmente elevam a concentração de metano no biogás (Huaihai Institute of Technology).

Os parâmetros do processo mais estudados ao longo do tempo são a concentração de nitrogênio, proporção carbono:nitrogênio, temperatura do reator e umidade da matéria-prima. No longo prazo, foi possível observar maior preocupação

com parâmetros mais específicos, como a caracterização dos microrganismos presentes no processo (parceria entre Chinese Academy of Sciences e a Universidade da Chinese Academy of Sciences), o pH inicial (parceria entre Northwest A and F University, Research Center of Recycle Agricultural Engineering and Technology of Shaanxi Province) e a taxa de carga orgânica do reator (parceria entre Georg-August-University of Göttingen e Leibniz Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim).

Os processos de temperatura mesofílica e termofílica são equiparáveis nos Curto e Médio Prazo, porém o mesofílico demonstra maior número de documentos de Longo Prazo. O mesmo pode ser afirmado quanto à umidade da matéria-prima, sendo equiparável no curto e médio prazo, porém havendo uma maior tendência ao processo de digestão anaeróbica sólida (porcentagem de sólidos totais superior a 20%) do que o líquida. Com isso, menor será o desperdício de água a longo prazo e menos volumoso será o digestato gerado para a mesma carga de matéria-prima inserida no processo.

Os principais “Múltiplos Estágios” citados eram referentes a dois reatores consecutivos que variavam entre si principalmente a temperatura do processo e a umidade da matéria-prima (Tianjin University).

7.2.1.3 – “Pós-Tratamento” para a Digestão Anaeróbica da Palha

Não é possível identificar efetivamente nenhuma tendência predominante com o passar dos períodos analisados. Não há registro de “Pós-Tratamento” no Longo Prazo, porém é possível avaliar que no Curto e Médio Prazo há foco no “Pós-Tratamento do Biogás” com processos para dessulfurização (Shell) e no “Pós-Tratamento do Digestato” utilizando principalmente compostagem e granulação (Wuhan Vegetable Research Institute).

7.2.1.4 – “Produto” para a Digestão Anaeróbica da Palha

A ênfase “Produto” é uma tendência que se estabiliza ao longo do tempo com redução de enfoque no Longo Prazo. É possível observar uma reduzida tendência à produção de “Bioenergia”, tanto térmica quanto elétrica, com o passar dos recortes temporais e um aumento em “Outros Bioprodutos”. “Fertilizante” se mostrou um *driver* importante nos primeiros recortes temporais.

O *driver* “Outros Biocombustíveis” é mais citado no médio prazo, principalmente para a geração de biometano e etanol 2G. No curto prazo há poucos

documentos que citam a produção de biohidrogênio (Henan Agricultural University) e etanol 2G e, no longo prazo, há um documento apenas que cita esta taxonomia, especificamente para a produção combustível denso de biomassa (North China Electric Power University).

Dentre os “Outros Bioprodutos”, a ração animal foi a mais citada ao longo dos recortes temporais. No curto prazo há menção em dois documentos que abordam a produção de carvão ativado (Anhui Normal University).

7.2.1.5 – “Insumos do Processo” para a Digestão Anaeróbica da Palha

Há uma visível tendência de redução desta ênfase com o passar dos recortes temporais. No Estágio Atual há empresas que focam na construção de reatores para a produção de biogás e na construção de motores que funcionem a biogás ou lubrificantes para tal insumo.

No curto e no médio prazo há grande variedade de insumos do processo, que vão desde tanques de pré-tratamento e alimentação do reator a tanques de armazenamento de biogás e sistemas de aquecimento do sistema. Também são especificados reatores especiais para a digestão anaeróbica de matérias-primas com pouca umidade, com sistemas de homogeneização especiais, principalmente os contínuos. No Curto prazo, há citação de reatores semi-contínuos (Hebei University of Science and Technology e Shenyang University), enquanto o Médio Prazo tende mais para os de batelada (Anhui Fuyang Yongzhi Ring Can Engineering). O único documento que cita este driver no longo prazo foca no *design* e aplicação de um reator do tipo garagem estilo batelada (Nanjing Research Institute for Agricultural Mechanization).

7.2.1.6 – “Matéria-Prima” para a Digestão Anaeróbica da Palha

A tendência ganha relevância ao longo do tempo, com foco na “Palha de Trigo”. Com o passar do tempo, há o aumento expressivo de “Palha de Milho”, “Palha de Arroz” e “Outras Palhas”.

7.2.2 - Análise Horizontal da Digestão Anaeróbica da Vinhaça

7.2.2.1 – “Pré-Tratamento” para a Digestão Anaeróbica da Vinhaça

Não há documentos com o foco de “Pré-Tratamento” no Ponto Zero e nos demais recortes temporais seu enfoque é reduzido. Destre eles, o principal *driver* é o

processo “Físico”, mais especificamente a filtração (Guizhou Qinghe Ecological Technology, Qingdao Jieneng Energy-Saving Environmental Technology).

7.2.2.2 – “Processo” para a Digestão Anaeróbica da Vinhaça

Há tendência de aumento desta ênfase ao longo do tempo, apesar de uma redução abrupta no Médio Prazo. Pode-se observar uma tendência de aumento principalmente nos “Parâmetros do Processo”.

No Curto e no Longo prazo houve maiores citações do uso de temperaturas mesofílicas nos reatores, porém no médio prazo o maior uso foi de temperaturas termofílicas com o objetivo de gerar digestato mais estável.

Nos primeiros prazos temporais observou-se preocupação no controle de temperatura, composição nutricional e uso de componentes ferrosos ao longo do processo para reduzir a concentração de sulfetos e aumentar a geração de metano no biogás (parceria entre: empresa China Petroleum & Chemical Corporation e o centro de pesquisas Sinopec Fushun Research Institute of Petroleum & Petrochemicals). No longo prazo observou-se a preocupação com os parâmetros de tempo de retenção de lodo e taxa de carga orgânica dos reatores estudados.

Poucas foram as citações a “Múltiplos Estágios” e, quanto à “Codigestão”, os principais resíduos misturados são dejetos animais, algas, palha e outros resíduos menos de menor umidade.

7.2.2.3 – “Pós-Tratamento” para a Digestão Anaeróbica da Vinhaça

Observa-se um aumento desta ênfase ao longo dos períodos até o Médio Prazo, tendo uma redução no Longo Prazo, sendo a principal tendência o pós-tratamento do “Digestato”.

Em alguns documentos foi observado o conceito de economia circular. O pós-tratamento do biogás consistia em sua inserção em sistema de crescimento de microalgas. Neste, o dióxido de carbono era consumido pelos microrganismos, permitindo a coprodução de gás mais concentrado em metano e biomassa que pode ser utilizada para produção de ração animal ou biodiesel (parceria entre: Korea Institute of Science and Technology, Industry Academic Cooperation Foundation Daegu

University, Industry Academic Cooperation Foundation Keimyung University e Myongji University Industry and Academia Cooperation Foundation).

Dentre os pós-tratamentos citados para o “Digestato”, destacam-se a osmose reversa, eletro-diálise, troca iônica, evaporação, destilação e precipitação (ex: General Electric). Foi um dos *drivers* de maior relevância neste *roadmap*, explicitando o interesse na destinação apropriada deste resíduo, sendo ela através de seu uso como fertilizante ou sua possível disposição em rios e lagos de maneira ambientalmente correta.

7.2.2.4 – “Produto” para a Digestão Anaeróbica da Vinhaça

Como na ênfase acima, há um aumento considerável até o Médio Prazo e uma redução no período de Longo Prazo. Há um aumento considerável nos enfoques “Outros Bioprodutos”, “Outros Biocombustíveis”, “Biogás” e “Fertilizante”.

Nos documentos onde a taxonomia “Bioenergia” se mostra evidente, seu principal foco é energia térmica. Quanto aos “Outros Bioprodutos”, há citação de produção de vitamina B12 e óleos (Universitatea de Stat din Moldova), dióxido de carbono para o setor alimentício humano (Shandong Longlive Bio-Technology), ração animal (Anhui Agricultural University), ácidos graxos voláteis (Tongji University) e água (China Haisum Engineering).

No caso do *driver* “Outros Biocombustíveis”, em todas as faixas temporais há documentos que citam a coprodução de bioetanol e vinhaça e, a partir da vinhaça, produção de biogás. No médio e longo prazo há documentos que citam a aplicação de microalgas ao processo e estas são utilizadas para a produção de biodiesel (parceria entre: Korea Institute of Science and Technology, Industry Academic Cooperation Foundation Daegu University, Industry Academic Cooperation Foundation Keimyung University e Myongji University Industry and Academia Cooperation Foundation). O longo prazo possui mais documentos que citam a geração de biometano, sendo ele para inserção na rede ou para geração de bio-GNV (parceria entre USP, Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol e Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais).

7.2.2.5 – “Insumos do Processo” para a Digestão Anaeróbica da Vinhaça

É possível observar uma redução ao longo dos períodos de tempo nesta ênfase. Em todos os estágios temporais foi possível observar principalmente reatores contínuos, típicos para a digestão anaeróbica de efluentes. Porém, no curto prazo, há a citação de quatro documentos que utilizam reatores semi-contínuos pela Zhengzhou University e pelas parcerias entre: empresa China Petroleum & Chemical Corporation e o centro de pesquisas Sinopec Fushun Research Institute of Petroleum & Petrochemicals; Guangxi University e empresa Guangxi Guitang Group; e entre as empresas Shanghai Tianzhiguan Renewable Energy e Nanjing Yuankai Biological Energy Source and Environmental Protection Engineering.

Os insumos do processo são pouco citados nos documentos, sendo eles principalmente compostos por tanques de neutralização e equipamentos de separação sólido-líquido.

7.2.2.6 – “Matéria-Prima” para a Digestão Anaeróbica da Vinhaça

Do Ponto Zero ao Curto Prazo há um aumento deste enfoque, com uma leve redução ao longo do tempo. No Longo Prazo, observa-se uma maior tendência em “Outras Vinhaças” e “Vinhaça de Cana”.

A “Vinhaça de Cana” no Longo Prazo foi abordada tanto por *players* nacionais (USP, UFMG, Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol e Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais) quanto por centros de pesquisa e universidades de outros países que investiram em pesquisa com esta matéria-prima (Technological Institute of Boca del Río, Veracruzana University Prolongación, University of Santiago de Compostela, Sancti Spiritus University, Delft University of Technology, Lund University, Ghent University, University of Florida e Stan Mayfield Biorefinery Pilot Plant).

7.2.3 - Comparação entre as Análises Horizontais da Digestão Anaeróbica da Palha e Vinhaça

É possível observar que, no caso da palha, ao longo do tempo o *driver* “Pré-Tratamento” ganha força, porém é reduzido no longo prazo, dando espaço para “Processo” e “Matéria-Prima”. O “Pós-Tratamento” não se mostra um *driver* importante neste caso.

Isto pode indicar que o pré-tratamento é visualizado pelos atores como a principal gargalo do processo de digestão anaeróbica a partir da palha e, mesmo no longo prazo, será um fator importante e alternativas estão sendo testadas para baratear o processo, introduzindo pré-tratamentos biológicos menos específicos de compostagem e bioadição de fungos no longo prazo. Porém, quando este entrave estiver mais elucidado, eles vislumbram os principais parâmetros do processo com este tipo de resíduo. O processo em batelada e usando resíduo seco ganha força ao longo dos estágios temporais, indicando que esta pode ser a maneira mais interessante para este alto conteúdo de sólidos.

No caso da vinhaça, que já se encontra no estado líquido e diretamente biodisponível, esta barreira não existe e outras taxonomias ganham destaque. Houve um crescimento do *driver* de “Parâmetros do Processo”, indicando uma maior preocupação em otimizar o processo, aumentando a produção de biogás e a estabilidade do digestato gerado. O “Pós-Tratamento”, principalmente do digestato, se mostra crescente ao longo do tempo. Isto é condizente com um fator importante e que impulsiona este setor, que é a necessidade de destinação apropriada para a vinhaça. Logo, mesmo após o processo de produção de biogás, o digestato necessita de maiores purificações para que possa ser disposto no meio ambiente ou usado como fertilizante.

Em ambos os casos houve uma maior diversificação da taxonomia de produtos ao longo do tempo, principalmente “Outros Biocombustíveis”, como biometano, bio-hidrogênio e bioetanol, e “Outros Bioprodutos”, como produtos alimentícios e ração animal.

No longo prazo, houve um aumento considerável do *driver* vinhaça de cana-de-açúcar, que ocorreu tanto pelo surgimento de *players* nacionais quanto de internacionais no *roadmap*, potencialmente indicando sua visão de que este pode ser um setor interessante para o Brasil no futuro.

Em ambos os casos os insumos do processo se mostraram relevantes apenas nos primeiros recortes temporais e foram perdendo peso ao longo do tempo.

7.3 - Análise dos Atores

Os atores apresentados no *roadmap* tecnológico podem ser responsáveis por documentos que se apresentam em escalas temporais diferentes no TRM e que se

encaixam em taxonomias diferentes. Quando este fato ocorre, pode explicitar como os *players* veem o futuro da tecnologia e do mercado deste processo e para onde investem seus esforços de diversificação tecnológica, através de suas diferentes tendências em artigos e/ou patentes concedidas e solicitadas. Esta diversificação visa o aproveitamento oportunidades ou de blindagem de possíveis ameaças futuras (LEE et al., 2009).

7.3.1 – Análise dos Atores da Digestão Anaeróbica de Palha

Neste item, serão detalhadas vinte e cinco empresas no *roadmap* de digestão anaeróbica de palha que foram evidenciados em mais de um estágio temporal. Seus *drivers* em cada estágio serão comparados para verificar possíveis tendências de curto, médio e/ou longo prazo. As informações apresentadas neste capítulo foram retiradas de *websites* das empresas e centros de pesquisa, ou dos artigos e patentes levantados neste trabalho, que se encontram listados nos Apêndices A desta dissertação.

Shengli Oilfield Shengli Power Machinery Co., Ltd

A Shengli Oilfield Shengli Power Machinery Co., Ltd. é fabricante de motores a gás e solucionadora de problemas energéticos. Um de seus modelos de motores funciona a biogás, tendo como foco no Ponto Zero os “Equipamentos Acessórios”. Em Curto Prazo, aborda processo para realizar digestão anaeróbica de palha de colheita que sofreu “Pré-Tratamento Físico” para gerar “Biogás”. O processo é realizado em “Múltiplos Estágios” em “Reator” com “Equipamentos Acessórios”, sendo o primeiro a digestão anaeróbica com alto conteúdo de sólidos, seguido pela segunda, com digestor de hidrocirculação, o que otimiza a biometanação.

Eltaga Licensing GMBH

A Eltaga Licensing GMBH é uma empresa especializada na produção de biogás a partir de uma tecnologia de “Reator” que patenteou e vende sua tecnologia para empresas que pretendam produzir biogás no Ponto Zero. No Médio Prazo, seu foco é em um “Equipamento Acessório” de alimentação de fermentador anaeróbico sólido que utiliza palha como matéria-prima para a produção de “Biogás”. Isto pode indicar que a empresa avalia a alimentação do digestor em meio sólido uma dificuldade técnica que pretende superar em Médio Prazo.

Kinetic Biofuel

A Kinetic Biofuel iniciou uma campanha de marketing global e vendas de plantas completas de produção de “Biogás” a partir de palha, com “Reator” e “Equipamentos Acessórios”, ou apenas do processo de “Pré-Tratamento Físico” mecânico de briquetagem. Em Médio Prazo, foca na “Codigestão” de estrume animal com palha que sofreu “Pré-Tratamento Físico” de explosão a vapor e autohidrólise. Trata-se de um fator interessante, pois a empresa está investindo em médio prazo em um pré-tratamento de palha diferente da briquetagem, sua especialidade.

Novozymes A/S

A Novozymes A/S, companhia multinacional dinamarquesa solucionadora de problemas biológicos e líder mundial na produção de enzimas, com enfoque atual no “Pré-Tratamento Biológico”. No Médio Prazo, além desse tipo de processo, investe em processo físico-químico (“Pré-Tratamento Físico” e “Pré-Tratamento Químico”) de maceração com adição de soda cáustica.

Qingdao Tianren Environment Co. Ltd

Já a Qingdao Tianren Environment Co. Ltd. foi fundada em 1993 e é a primeira empresa chinesa de alta tecnologia na utilização e aproveitamento da biomassa. A partir de diversos resíduos orgânicos, dentre eles a palha, produz de “Biogás” e “Fertilizante”, tendo construído mais de 350 “Reatores” anaeróbicos na China. Em Médio Prazo, aborda um “Reator” e “Equipamentos Acessórios” de operação contínua em meio sólido. Aproximadamente 30% da descarga do reator são reaproveitados ao tanque e o líquido descarregado é aspergido dentro do reator. Logo, em médio prazo, tanto a Novozymes quanto a Qingdao Tianren objetivam o aperfeiçoamento de suas *expertises* em pré-tratamento enzimático.

ShellOil Company

A ShellOil Company é uma subsidiária nos Estados Unidos da Royal Dutch Shell e se trata de uma das maiores produtoras de petróleo e gás natural dos EUA. Sabe-se que, no Ponto Zero, possui planta de “Pós-Tratamento de Biogás” via dessulfurização, a THIOPAQ O&G, e comercializa lubrificantes para motores que funcionam a biogás (“Equipamentos Acessórios”).

No Médio Prazo, aborda o “Pré-Tratamento Químico” de palha com ácido sulfúrico para a sua subsequente conversão em butanol e/ou etanol (“Outros

Biocombustíveis”). O resíduo líquido rico em enxofre sofre digestão anaeróbica para a geração de “Biogás”, que é dessulfurizado (“Pós-Tratamento de Biogás”).

Texaco Development Corporation

A Texaco Development Corporation é subsidiária da Chevron Corporation, especializada no ramo petrolífero, é responsável atualmente pela comercialização de óleo lubrificante especial para motores industriais que trabalham com biogás (“Equipamentos Acessórios”). Em colaboração com a *Georgia Tech Research Corporation*, aborda no médio prazo uma metodologia que analisa o índice de cristalização de resíduo lignocelulósico para prever sua susceptibilidade à hidrólise enzimática (“Pré-Tratamento Biológico”). Através desta metodologia, é possível avaliar a quantidade de ácido e calor (“Pré-Tratamento Químico” e/ou “Pré-Tratamento Físico”) necessários para realizar hidrólise enzimática, subsequentemente usando a glicose gerada para produção de “Biogás”.

Verbio Vereinigte Bioenergie AG

Dentre os *players* que se destacam de maneira isolada, a Verbio AG possui foco nas taxonomias “Pré-Tratamento”, “Fertilizante” e “Outros Biocombustíveis”. Esta empresa alemã utiliza uma tática interessante que soluciona os problemas referentes ao suprimento de matéria-prima e destinação de seus resíduos sólidos: em sua nova planta, que funciona desde outubro de 2014, usa apenas palha como matéria-prima advinda de *supply chains* locais em raio de 80 quilômetros da planta e, em troca, fornece o digestato gerado como fertilizante aos donos das terras.

Em Médio Prazo, “Pré-Tratamentos” distintos são citados. Em uma das patentes, o pré-tratamento usado é o “Físico”, havendo cominuição e aquecimento da palha em solução aquosa entre 130°C e 200°C, enquanto no outro se foca no pré-tratamento físico-químico (“Físico” e “Químico”) em altas temperaturas e manutenção desta alta temperatura por longo período de tempo. Em seguida, há digestão anaeróbica para produção de “Biogás”.

Bioprocess Control (Sweden) Co., Ltd

A empresa é líder em tecnologias de instrumentação e controle avançados. No Ponto Zero, comercializa “Equipamentos Acessórios” específicos para o cálculo do

potencial de produção biogás a partir da biomassa e realiza simulações de plantas existentes ou em processo de implantação para avaliar seus “Parâmetros de Processo”.

No Longo Prazo, objetiva o estudo da população microbiana em reator de “Múltiplos Estágios” que realiza “Codigestão” anaeróbica de “Palha de Trigo” e dejetos de hortifruti. Isto é indicativo da preocupação da empresa com a caracterização microbiana para a melhor compreensão e manipulação dos “Parâmetros de Processo”.

Iogen Corporation

A Iogen Corporation, líder em desenvolvimento de tecnologias de queima limpa e “Outros Biocombustíveis” de segunda geração, produz “Biogás” atualmente a partir de vinhaça oriunda de fermentação alcoólica de segunda geração, da palha.

No Curto Prazo, busca a combinação de processos “Físicos” e “Químicos” não especificados para extrair as substâncias açucaradas de resíduos ricos em celulose para separação sólido-líquido. A fração líquida sofre digestão anaeróbica e a sólida, processo térmico, para a produção de “Biogás”. Em Médio Prazo, o “Pré-Tratamento Químico” do resíduo lignocelulósico com ácido sulfúrico e/ou sulfídrico e oxidação úmida para gerar resíduo rico em compostos fenólicos, que são digeridos anaerobicamente para gerar “Biogás” e ácido sulfídrico (“Outros Biorodutos”). O ácido sulfídrico pode ser reciclado ao processo.

Logo, no futuro, a empresa pode estar buscando a geração de biogás como produto principal da palha, e não como coproduto do bioetanol 2G.

Chinese Academy of Sciences

É o elemento chave que impulsiona a inovação em altas tecnologias e ciências naturais na China, sendo considerado um grupo de pesquisas que também atua como administrativo do governo, sendo formado por cento e quatro instituições. Engloba diversos institutos e universidades, possuindo tecnologia para a conversão de biomassa de palha em “Biogás” de maneira econômica e caracterizou a população microbiana presente na digestão anaeróbica mesofílica de “Palha de Milho”, podendo avaliar melhor seus “Parâmetros de Processo”.

Este centro de pesquisas do governo chinês contribuiu com muitos documentos para este trabalho, sendo eles dois artigos publicados (14 e 33), três patentes solicitadas

(CN105039421A, CN105670910A, CN105779506A) e quatro concedidas (CN103409469B, CN103103117B, CN103074208B, CN103060179B).

Em Curto Prazo, este centro de pesquisa prioriza sistemas contendo “Reator” anaeróbico e “Equipamentos Acessórios” de armazenamento para digestão anaeróbica, além de uma patente concedida para a adição de pantotenato de sódio (vitamina B5) e ácido tetrahidrofóbico (cofator no metabolismo de aminoácidos e ácidos nucleicos) à palha para a promoção da digestão anaeróbica para a melhor degradação da celulose (“Parâmetros do Processo”) e produção de “Biogás”. Uma de suas patentes concedidas cita o uso de “Pré-Tratamento Físico”.

Em Médio Prazo, descreve a digestão anaeróbica de palha em “Reator” semi-contínuo com entrada e descarga do reator facilitada. Em outra patente, cita digestão anaeróbica de biomassa lignocelulósica para gerar biogás que é aproveitado como “Bioenergia” e digestato. Há “Pós-Tratamento do Digestato”, que sofre separação de fases e a fração sólida é seca e hidrolisada por enzimas para gerar bioetanol (“Outros Biocombustíveis”). Outra de suas tendências é o “Pré-Tratamento Físico” de “Palha de Milho”, sua fermentação mesofílica e “Pós-Tratamento do Digestato” com processo eficiente de secagem que visa a troca de calor entre os processos para um melhor aproveitamento energético e a maior eficiência do processo ao combinar digestões mesofílicas e termofílicas em “Múltiplos Estágios”.

Isto indica que, em Médio Prazo, a preocupação principal deste Centro de Pesquisa é de aumentar seu portfólio de produtos gerados a partir da digestão anaeróbica da palha e facilitar a alimentação e descarga do reator. O aprimoramento do processo de digestão ao utilizar múltiplos estágios com diferentes faixas de temperatura.

No Longo Prazo, tende ao uso de “Palha de Arroz” como matéria-prima da digestão anaeróbica, utilizando um “Pré-Tratamento Físico” ideal e avaliando “Parâmetros do Processo” como caracterização das comunidades microbianas, teste com diferentes inóculos e métodos de reciclagem de resíduo. Estudos revelaram que o inóculo preparado a partir de lodo da própria palha de milho se mostrou mais efetivo que o com lodo. Esta informação condiz com o que é esperado, pois o sistema microbiano existente no inóculo da palha de milho já está otimizado para aquela digerir aquela matéria-prima. Para a produção destes artigos, a Chinese Academy of Sciences se uniu a diferentes universidades, indicando que para obter resultados futuros, apesar

de sua *expertise* na área, necessita de colaborações para tornar seus projetos a longo prazo possíveis.

Heilongjiang Longneng Weiye Environmental Science & Technology

Empresa especializada na aplicação de palha para geração energética e se situa em dois pontos do estudo temporal da tese. No Curto Prazo, busca a “Codigestão” de palha usada na absorção de lixiviado de aterro para gerar “Biogás” e digestato, que sofre “Pós-Tratamento” sendo desidratado e incinerado para geração de “Bioenergia” elétrica. No Médio Prazo, prioriza um “Equipamento Acessório” de agitação especial para a digestão anaeróbica de palha.

Beijing University of Chemical Technology

Esta universidade contribuiu com três patentes concedidas (CN102827879B, CN102604998B, CN102586333B) e uma solicitada (CN102559773A) para este trabalho, se mostrando uma universidade chinesa muito forte na área de patentes.

Em Curto Prazo, mostra tendências variadas, porém explicita a importância da concentração de compostos nitrogenados ao processo e a proporção de carbono/nitrogênio do processo. Dois de seus documentos abordam o “Pré-Tratamento Químico” de palha (uma com solução de amônia, a outra com amônia e antraquinona) e a terceira, uma metodologia de reciclagem de líquido residual do processo de acordo com a concentração de nitrogênio do processo (“Parâmetros do Processo”).

Em Médio Prazo, tende a uma metodologia abrangente para a “Codigestão” de diversas matérias-primas com diferentes tempos de processamento de maneira concomitante, possibilitando o aumento do tempo de digestão de materiais menos biodisponíveis e redução de recalcitrantes através de pré-tratamentos específicos (“biológico”, “Químico” e “Físico”). Com isso, a produção de “Biogás” é aprimorada.

Jiangnan University

Em Curto Prazo, esta universidade prioriza o “Pré-Tratamento Químico” alcalino em palha e sua “Codigestão” com lodo para a produção de “Biogás” e, em Médio Prazo, uma metodologia com “Parâmetros de Processo” específicos para a geração de “Biogás” a partir de palha.

Tianjin University

Em Curto Prazo, a palha é fermentada (“Pré-Tratamento Biológico”) e sofre “Codigestão” anaeróbica com lodo em “Múltiplos Estágios”, aumentando a geração de “Biogás”. Em Médio Prazo, foca na cominuição de palha verde e sua ensilagem para posterior digestão anaeróbica da fase líquida para a produção de biogás.

Nanjing Research Institute for Agricultural Mechanization

Este é um centro de pesquisa público chinês responsável por quatro documentos deste estudo: duas patentes concedidas (CN103740767B, CN104355707B) e dois artigos publicados (28, 42).

No Médio Prazo, prioriza a combinação de processos de “Codigestão” anaeróbica a seco e úmida de palha e dejetos animais para a produção de “Biogás”, bem como o “Pré-Tratamento Químico” ácido em ambiente compacto e selado antes de inoculá-lo e seguir com o processo de digestão anaeróbica a temperaturas mesofílicas por 15 a 20 dias. No Longo Prazo, a tendência apontada por esse centro de pesquisa é o do design e aplicação de “Reator” anaeróbico de garagem que efetivamente trata palha, dejetos animais e outros resíduos sólidos, e a “Codigestão” anaeróbica mesofílica de “Palha de Trigo” e dejetos de gado a seco.

Jiangsu Academy of Agricultural Sciences

Este centro de pesquisa chinês, em curto prazo, prioriza um “Reator” para a produção de “Biogás” a partir da “Codigestão” de palha e diversos outros resíduos orgânicos. Contém diversos “Equipamentos Acessórios” que vão desde o “Pré-Tratamento” à coleta do gás e do digestato. No Longo Prazo, objetiva a otimização da “Codigestão” em “Reator” contínuo, com leito de palha (fase estacionária) e fase móvel de águas residuais de gado. Foram testadas diferentes condições de processo e posicionamento dos equipamentos envolvidos no reator. Em conjunto com a Nanjing Agricultural University, publicou tentativa de caracterizar a composição química da palha de chili (“Outra Palha”) através da digestão anaeróbica separadamente de suas partes.

Anhui Normal University

Esta universidade, no curto prazo, cita o uso do digestato da produção de biogás a partir da palha para gerar carbono ativado (“Outros Bioprodutos”) para tratamento de águas residuais contaminadas com cádmio. O digestato sofre “Pós-Tratamento”, sendo macerado, tratado com hidróxido de potássio, seco, lavado com água aquecida, seco novamente e granulado. Em Longo Prazo, a “Codigestão” de resíduo marinho orgânico e “Palha de Arroz”, pó de casca de amendoim e restos de alimentos para a produção de “Biogás”.

A universidade apresentou tendência no curto prazo para a geração de um bioproduto com fins de tratamento, e no longo prazo à produção de biogás a partir da codigestão de resíduos da região.

China Agricultural University

Esta universidade contribuiu para o trabalho com quatro documentos, sendo eles três artigos publicados (2, 17, 46) e uma patente concedida (CN103392948B). Em curto prazo prioriza o “Pré-Tratamento Físico” de explosão a vapor de “Palha de Milho”, que é posteriormente inoculado com micróbios produtores de enzimas e digerido anaerobicamente para a produção de alimento animal (“Outros Bioprodutos”).

Em longo prazo, tendências variadas são observadas. No artigo de publicação própria há uso de modelagem para a predição da produção de “Biogás” a partir de “Palha de Milho”, “Arroz” e “Trigo”. Em seu trabalho em conjunto com Nanyang Normal University estudou o potencial de produtividade de “Biogás” em diferentes tipos de palha (os com melhores resultados, em ordem, foram o “Trigo”, “Arroz”, “Milho”, amendoim (“Outra Palha”) e “Soja”) com “Pré-Tratamento Biológico” microaeróbico para auxiliar a metanogênese e em reator mesofílico em batelada. No seu trabalho em associação com Tianshui Normal University e a Beijing Agricultural Machinery Testing Extension Station, prioriza a “Codigestão” de palha e dejetos de gado a seco em reator especializado para tal, com sistema de alimentação e de descarga especializados em diferentes percentagens de sólidos totais.

Em curto prazo prioriza a obtenção de um bioproduto e, em longo prazo, um estudo das condições do processo para a sua otimização.

Henan Agricultural University

Esta universidade participou de seis documentos neste trabalho: três patentes concedidas (CN103436440B, CN103436435B, CN103436434B) e três artigos (13, 35, 43). No curto prazo, prioriza o “Pré-Tratamento Biológico”. O primeiro aborda o pré-tratamento micro-aeróbico de palha para a produção concomitante de “Biogás” e biohidrogênio (“Outros Biocombustíveis”). Também visa “Equipamentos Acessórios” que inclui tanques de “Pré-Tratamento Biológico” aeróbico e anaeróbico, bem como “Reatores” de fermentação para a digestão anaeróbica de palha. Uma de suas patentes cita um processo onde o digestato pode ser usado como “Fertilizante” e a eficiência da produção de metano, aumentada.

Em Longo Prazo, é possível observar foco no “Pré-Tratamento Físico” de explosão a vapor em “Palha de Milho”, enquanto que em sua parceria com a Zhengzhou Institute of Aeronautical Industry Management, o objetivo do artigo foi o estudo do “Pré-Tratamento Biológico” com comunidade microbiana de decomposição celulósica da “Palha de Trigo” para o favorecimento da digestão anaeróbica a seco. Não houve alteração do conteúdo de lignina e pouca alteração foi observada na celulose, porém a concentração de hemicelulose se mostrou reduzida pela metade. A produção de biogás foi elevada desde o início e se manteve estável.

Shenyang Agricultural University

Em Curto Prazo, esta universidade prioriza patente de “Equipamento Acessório” de “Pré-Tratamento” não especificado integrado a um “Reator” anaeróbico de “Múltiplos Estágios” (mesclando fermentação sólida e líquida) capaz de operação contínua. Em Longo Prazo, a otimização do processo através da investigação de diversos “Parâmetros do Processo” a seco (tamanho de partícula, pré-tratamentos, inóculo e C:N).

Nanyang Normal University

No Curto Prazo, esta universidade tem como foco um “Reator” de “Biogás” que pode servir para a digestão tanto de palha quanto de excremento, enquanto em Médio Prazo, refere-se ao “Pós-Tratamento do Digestato” gerado a partir da digestão anaeróbica de palha e adição de nutrientes para seu uso como “Fertilizante”.

No Longo Prazo, evidenciado em artigo produzido em colaboração com entre Nanyang Normal University e China Agricultural University, estudou o potencial de

produtividade de “Biogás” em diferentes tipos de palha (os com melhores resultados, em ordem, foram o “Trigo”, “Arroz”, “Milho”, amendoim (“Outras Palhas”) e “Soja”) com “Pré-Tratamento Biológico” microaeróbico para auxiliar a metanogênese e em reator mesofílico em batelada.

Em curto prazo, essa universidade mostra-se interessada na patente de um tanque versátil para a digestão de resíduos de sua região. Em médio prazo, avalia a geração de um fertilizante orgânico a partir da digestão anaeróbica e, em longo prazo, deixa de ver o processo de digestão anaeróbica como destinação de resíduos e passa para a seleção da matéria-prima mais eficiente para o processo que contém pré-tratamento e sistema implantado.

Nanjing University of Technology

Em Curto Prazo, esta universidade visa o tratamento de resíduos líquidos do talo de um tipo de fungo marinho (*Schizochytrium*) contendo hexano ao utilizá-lo como fonte de nitrogênio na “Codigestão” com palhas em temperaturas mesofílicas, tendo como objetivo a destinação deste resíduo e a geração de “Biogás”.

No Médio Prazo, como explicitado em dois documentos gerados a partir da colaboração com Nanjing Gongda Environment Technology, seu objetivo é a “Codigestão” anaeróbica sólida e em temperaturas na faixa da mesofílica e termofílica de cana, “Palha de Arroz” e alga azul, que antes sofrem “Pré-Tratamento Físico”. Também possui foco no “Pós-Tratamento do Biogás” para a geração de “Biogás” como produto. Em outra, ocorre “Pós-Tratamento do Digestato” através de granulação e transformado em “Fertilizante”.

Em Longo Prazo, tende ao “Pré-Tratamento Químico” ácido e alcalino em diferentes concentrações de “Outra Palha” de *Artemisia selengensis* (*chinese mugwort* ou *Artemisia* chinesa) para avaliar qual seria mais eficiente, sendo definido que o pré-tratamento alcalino com 2% de NaOH foi o melhor. Já em seu estudo em colaboração com a empresa Henan Tianguan Group priorizou o “Pré-Tratamento Biológico” de bioadição (sinergia microbiana, com bactérias e fungos) para a melhor produção de biogás a partir de “Palha de Trigo”. Segundo o artigo, o processo aumentou em quase 40% a produção total de biogás e em 80% a de metano.

Enquanto os documentos demonstram um interesse em Curto Prazo de destinação de um resíduo da região, enquanto no Médio Prazo estuda a destinação de outros resíduos e a geração e valorização dos produtos da fermentação. Em Longo Prazo, o maior interesse é no estudo de pré-tratamentos mais eficientes para o aprimoramento do processo.

Shanghai Jiao Tong University

Em Curto Prazo, foca no “Pré-Tratamento Químico” de amoniação e “Biológico” de “Palha de Trigo” antes de ser fermentado para a produção de “Biogás”. Em Médio Prazo, no “Pré-Tratamento Químico” alcalino de “Outra Palha” (palha de aspargo) após sua maceração (“Pré-Tratamento Físico”) e inóculo para produção de “Biogás” e, no Longo Prazo, nos efeitos positivos do “Pré-Tratamento Químico” de ureia na digestão anaeróbica de “Palha de Trigo”.

Logo, em Longo Prazo sua tendência seria o pré-tratamento químico com ureia, em Médio Prazo no químico alcalino e no Curto Prazo, na amoniação e biológico.

Research Center for Recycling Agricultural Engineering Technology of Shaanxi Province

Em Médio Prazo objetiva a produção de “Biogás” e bioetanol (“Outros Biocombustíveis”) em ciclo fechado a partir de palha. Há “Pré-Tratamento Físico” da palha em água a altas temperaturas, separação sólido-líquido, geração de etanol pela fermentação e destilação do resíduo sólido e preparação de metano a partir do líquido gerado. O digestato do biogás é reciclado para o pré-tratamento.

Em Longo Prazo, como evidenciado em seus três documentos em colaboração com a Northwest Agriculture and Forestry University, foca no efeito do “Pré-Tratamento Químico” alcalino com hidróxido de cálcio sobre a digestão anaeróbica de “Palha de Arroz”, estudo da influência do pH inicial (“Parâmetros do Processo”) na “Codigestão” termofílica de dejetos suínos e “Palha de Milho” e influência de diferentes temperaturas da codigestão de dejetos humanos com palha de trigo.

Considerações:

Nesta análise, foi possível identificar diversas universidades e centros de pesquisa chineses que contribuem para o trabalho tanto com artigos quanto com patentes solicitadas e concedidas.

Também destacam-se *players* que estão bem estabelecidos no setor de produção de biogás que buscam aprimorar seus processos e produtos (Chinese Academy of Sciences, Verbio, Qingdao Tianren Environment, Kinetic Biofuel e Eltaga Licensing); empresas que se destacam em outros setores, porém apresentam tendências para a diversificação de suas *expertises* para se inserir no ramo de biogás (Heilongjiang Longneng Weiye Environmental Science & Technology, Texaco, Shell, Shengli Oilfield Shengli Power Machinery e Iogen); e empresas que se destacam em outros setores e, dentro de suas próprias *expertises*, apresentam tendências na participação em alguma etapa da produção de biogás (Bioprocess Control e Novozymes).

7.3.2 – Análise dos Atores da Digestão Anaeróbica de Vinhaça

Neste item, serão detalhadas oito empresas de destaque no *roadmap* de digestão anaeróbica de vinhaça que foram evidenciados em mais de um estágio temporal. Seus *drivers* em cada estágio serão comparados para verificar possíveis tendências de curto, médio e/ou longo prazo. As informações apresentadas neste capítulo foram retiradas de *websites* das empresas e centros de pesquisa, ou dos artigos e patentes levantados neste trabalho, que se encontram listados nos Apêndices B desta dissertação.

Agraferm Technologies AG

Esta empresa planeja e constrói digestores anaeróbicos para a produção de biogás. Uma das poucas provedoras mundiais do modelo ‘chave de mão’ de plantas agroindustriais. Logo, no Ponto Zero, tem como *expertise* os “Reatores” e “Equipamentos Acessórios” especializados para digestão anaeróbica.

Em Curto Prazo, tende a um “Equipamento Acessório” aparato composto por unidade de separação (“Pré-Tratamento Físico”) da fração da vinhaça em fina e grosseira para seu envio a digestor anaeróbico.

Veolia Water Solution & Technologies Support

A empresa é uma das líderes na área de tratamento de águas residuais e é proprietária de tecnologias de “Reatores” anaeróbicos no Ponto Zero. Em Médio Prazo,

visa a coprodução de “Biogás” e etanol (“Outros Biocombustíveis”). A matéria-prima açucarada é fermentada para gerar uma cerveja que é destilada, formando vinhaça integral e etanol. A vinhaça, sendo ela integral ou fina, é digerida anaerobicamente. Há “Pós-Tratamento do Digestato” formado é filtrado e a fase líquida é reciclada ao processo.

General Electric Company

Empresa multinacional americana de serviços e tecnologia, atuando como fornecedora de soluções de infraestrutura nos setores de energia, iluminação e transporte. No Ponto Zero, comercializa motores a biogás (“Equipamentos Acessórios”). Em Médio Prazo, aborda uma tecnologia de tratamento que combina a digestão anaeróbica para a formação de “Biogás”, há “Pós-Tratamento do Digestato” em biorreator de membrana (MBR) para aumentar sua estabilidade e um 'concentrador de sal', como osmose reversa ou eletrodialise, que usa sais. Desta forma, o resíduo líquido gerado se torna estabilizado e rico em nutrientes, podendo ser usado como “Fertilizante”.

Henan Tianguan Group Co., LTD

A empresa é especializada na produção de bioenergia, produtos de química fina, químicos orgânicos e engenharia bioquímica. Em Curto Prazo, prioriza a digestão anaeróbica de vinhaça advinda a destilação de álcool (“Vinhaça de Etanol”) de segunda geração em “Múltiplos Estágios”, sendo o primeiro termofílico e o segundo, mesofílico, para aumentar a produção de “Biogás”, deduzir o consumo de água e melhorar a qualidade do resíduo gerado. Porém, em Médio Prazo, sua tendência é a de buscar usos para os produtos do processo, sendo o biogás gerado usado como combustível automotivo (“Outros Biocombustíveis”) e energia na planta (“Bioenergia”), digestato líquido reciclado ao processo (“Pós-Tratamento do Digestato”) de fermentação alcoólica (“Vinhaça de Etanol”) e o digestato sólido, como “Fertilizante” para floricultura.

Universitatea de Stat din Moldova

Em curto prazo, a universidade prioriza a “Codigestão” de vinhaça com substâncias que aprimorem as condições nutricionais (“Parâmetros do Processo”) do meio para a coprodução de “Biogás” e outros “Bioprodutos”, como o biohidrogênio e a

vitamina B12. Enquanto o biohidrogênio seria gerado a montante da codigestão anaeróbica para a produção de biogás (“Múltiplos Estágios”), a vitamina B12 seria produzida a jusante, a partir do “Pós Tratamento do Digestato”, que é misturado com diatomita. Já em Médio Prazo, produz “Biogás” a partir da “Codigestão” anaeróbica mesofílica de vinhaça e dejetos de gado.

State Grid Corporation of China

É a companhia responsável pela maior extensão de distribuição de energia elétrica do país. O trabalho em conjunto de suas subsidiárias State Grid Energy Services Limited e State Grid Energy conservation Service Co., LTD foi responsável por dois documentos encontrados nesse trabalho. No curto prazo, visa a coprodução de bioetanol (“Outros Biocombustíveis”), “Biogás” e biomassa para combustão que é convertida em “Bioenergia” elétrica a partir da “Palha de Milho”. No longo prazo, como evidenciado em seu documento em conjunto com Beijing Forestry University e Nanjing Institute for the Comprehensive Utilization of Wild Plants, tem preocupação extra no “Pré-Tratamento Químico” e “Físico” ácido a vapor da palha de trigo que, após fermentação alcoólica, gera o etanol 2G (“Outros Biocombustíveis”) e vinhaça para a produção de biogás.

Jiangnan University

Em Curto Prazo, busca sistema fechado e sem emissões para a coprodução de “Biogás” e etanol (“Outros Biocombustíveis”) a partir da mandioca e com o “Pós-Tratamento do Digestato” gerado a partir de sua descarbonização. A Longo Prazo, visa um processo fechado com coprodução de álcool (“Outros Biocombustíveis”) e “Biogás” e a recirculação do digestato ao processo de fermentação alcoólica para reduzir o consumo de água e de ureia (“Pós-Tratamento do Digestato”). As matérias-primas da produção de etanol abordadas foram o milho e a mandioca (“Vinhaça de Milho” e “Mandioca”).

Tongji University

É uma das universidades de maior impacto neste trabalho, com um total de oito documentos analisados: quatro artigos (7, 19, 21, 22), três patentes solicitadas (CN103540619A, CN103304042A, CN103266141A) e uma concedida (CN102643000B). Em curto prazo, prioriza a fermentação anaeróbica semi-sólida da

mistura de lodo e “Vinhaça de Mandioca” com o objetivo de reduzir os custos com agitação e balancear a proporção carbono/nitrogênio (“Parâmetros do Processo”).

Em Médio Prazo, objetiva a produção de ácidos graxos voláteis (“Outros Bioprodutos”) a partir da “Vinhaça de Mandioca”, controlando os parâmetros do processo como pH e temperatura (“Parâmetros do Processo”). Uma de suas patentes solicitadas também fez menção à coprodução de etanol (“Outros Biocombustíveis”), “Biogás” e digestato para ferti-irrigação (“Fertilizante”).

Em Longo Prazo, tende à avaliação do processo integrado de desnitrificação ao da fase acidogênica da digestão anaeróbica em “Vinhaça de Mandioca” e como a concentração de nitratos e nitritos afeta o processo (“Parâmetros do Processo”). Também avaliou como “Pré-Tratamentos Físicos” e “Químicos” diferenciados afetaram a produção de ácidos graxos voláteis (“Outros Bioprodutos”).

Considerações:

Nesta análise, foi possível identificar diversas universidades chinesas que contribuem para o trabalho tanto com artigos quanto com patentes solicitadas e concedidas.

Também destacam-se *players* que estão bem estabelecidos no setor de produção de biogás que buscam aprimorar seus processos e produtos (Agraferm Technologies); empresas que se destacam em outros setores, porém buscam diversificar suas *expertises* para se inserir no ramo de biogás (General Electric, Henan Tianguan Group, State Grid Corporation of China); e empresas que se destacam em outros setores e buscam utilizar suas próprias *expertises* em alguma etapa da produção de biogás (Veolia).

7.3.3 – Análise dos Atores Presentes nos Dois Roadmaps:

Durante a realização do trabalho, notou-se que alguns atores participaram de ambos os *roadmaps*, indicando que seus investimentos apontam tanto para a digestão anaeróbica de palha quanto de vinhaça. Estes *players* estão especificados no quadro 7.7.1 de acordo com o nome, a logomarca, o tipo de ator que representa, e o número do documento que se apresenta no *Roadmap* referente à Palha e à Vinhaça. Caso os atores se encontrem no Ponto Zero de um dos *roadmaps*, estará explicitado.

As patentes estão referidas de acordo com seu número de documento, contendo letras e números, enquanto os artigos foram enumerados para facilitar sua identificação. A caracterização dos documentos referentes aos artigos e patentes podem ser encontrados nos Anexos A e B.

Quadro 7.7.1 - Atores Participantes de Roadmaps de Palha e Vinhaça de Maneira Concomitante

Nome do <i>Player</i>	LOGO	Tipo de <i>Player</i>	Documento (Palha)	Documento (Vinhaça)
Texaco		Empresa	Ponto Zero	Ponto Zero
			NZ600127A	
General Electric Company		Empresa	Ponto Zero	Ponto Zero
				WO2014098874A1
Dresser-Rand Guascor		Empresa	Ponto Zero	Ponto Zero
Shandong Baoli Biomass Co. LTD		Empresa	Ponto Zero	CN105039422A
Shengli Oilfield Shengli Power Machinery Co., Ltd		Empresa	Ponto Zero	Ponto Zero
			US9217162B2	
Shell Oil Company		Empresa	Ponto Zero	Ponto Zero
			US20130157334A0	
Verbio		Empresa	Ponto Zero	Ponto Zero
			US2016230134A1	
			CA2896150A1	
Xebec		Empresa	Ponto Zero	Ponto Zero
Jiangnan University		Universidade	CN103255178A	24
				34
			CN104099374B	50
				CN103243123B
Jilin University		Universidade	CN105140547A	6
Nanjing University of Technology		Universidade	25	CN105800781A

Nome do Player	LOGO	Tipo de Player	Documento (Palha)	Documento (Vinhaça)
Northwest Agriculture and Forestry University		Universidade	19	CN105087660A
			39	
			45	
			CN105087660A	
Shandong Academy of Agricultural Sciences		Universidade	CN104232726A	CN104232726A
			CN105661063A	
Sichuan University		Universidade	14	48
Tongji University		Universidade	CN105506030A	7
				19
				21
				22
				CN103540619A
				CN103304042A
				CN103266141A
				CN102643000B
University of Chinese Academy of Sciences		Universidade	2	42
			23	
Tsinghua University		Universidade	1	CN103266139A
Banat University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine (Universitatea de Stiinte Agricole si Medicina Veterinara a Banatului Timisoara)		Universidade	RO131499A0	RO131499A0

Nome do <i>Player</i>	LOGO	Tipo de <i>Player</i>	Documento (Palha)	Documento (Vinhaça)
Dairy and Swine Research and Development Centre, Agriculture and Agri-Food Canada		Centro de Pesquisa	6	15
Chinese Academy of Science		Centro de Pesquisa	Ponto Zero	42
			3	
			14	
			23	
			33	
			CN105039421A	
			CN105670910A	
			CN105779506A	
			CN103409469B	
			CN103103117B	
			CN103074208B	
			CN103060179B	
			CN103374521B	
			CN103359825B	
Jiangsu Academy of Agricultural Sciences		Centro de Pesquisa	32	CN103274576B
			36	
			CN103602580B	
Henan Tianguan Biofuel Engineering Technology Co., LTD (河南天冠生物燃料工程技术有限公司)		Empresa	CN104046655A	CN104261626A
State Grid Corporation of China e/ou subsidiária State Grid Energy Services Limited		Empresa	CN103509827B	26
				CN103509827B

Fonte: Realização própria

É possível observar pelo quadro 7.7.1 que alguns documentos de P&D se repetem nos dois *roadmaps*. Este fato interessante ocorre, pois os documentos abordam a codigestão de palha e vinhaça ou a coprodução de etanol e biogás a partir da palha onde a palha é submetida ao pré-tratamento e fermentada alcoolicamente, gerando etanol de segunda geração e vinhaça, que será submetida à biometanação.

É interessante observar que estes documentos iguais se encaixam em taxonomias diferentes dependendo da matéria-prima que for referida. Observando com foco na palha, esta sofre pré-tratamento biológico pela fermentação alcoólica somada ao pré-tratamento necessário para tornar este processo possível. Isso torna a matéria-prima lignocelulósica mais disponível para a digestão anaeróbica. Já no *roadmap* de vinhaça, a fermentação alcoólica da palha não será vista como pré-tratamento.

Exemplificando-se, a patente solicitada da universidade cessionária Banat University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine (*Universitatea de Stiinte Agricole si Medicina Veterinara a Banatului Timisoara*) (RO121499A0) aborda processo de coprodução de etanol, biogás e fertilizante orgânico a partir da fermentação alcoólica de matérias-primas ricas em açúcar e a biometanação da vinhaça gerada.

A State Grid Corporation of China em conjunto com sua subsidiária State Grid Energy Services Limited (国网节能服务有限公司) visa a coprodução de bioetanol, biogás e biomassa para combustão que é convertida em energia elétrica a partir da palha de milho na patente concedida CN103509827B.

A Shandong Baoli Biomass Energy Co., LTD é uma empresa de alta tecnologia que, atualmente, possui como estratégia a produção de bioenergia, como bioetanol e biogás. Possui planta de produção de biogás a partir de palha em Dongying, com o objetivo de gerar bio-GNV. Usa palha de milho e trigo, nas quais realiza um pré-tratamento físico de maceração para viabilizar o processo de digestão anaeróbica. Por fim, realizam *clean up* ao desidratar e dessulfurizar o biogás. Pretendem alimentar mil casas com gás renovável e terão estação de bio-GNV na região, gerando 5 milhões de metros cúbicos de gás por ano.

Esta empresa também está apresentada no *roadmap* da vinhaça no recorte de médio prazo, objetivando aprimorar parâmetros do processo para otimização da

produção de biogás a partir de vinhaça. Seu principal objetivo é de estabilizar o resíduo e cogear um combustível.

Com isso, a empresa pode estar apostando em diversificar a matéria-prima para digestão anaeróbica, já que além do biogás seu *portfolio* de produtos engloba o bioetanol, cujo principal resíduo é o vinhoto. Este vinhoto, que é muito poluente para ser diretamente disposto no meio ambiente, pode ser usado como fonte de biogás, concomitantemente estabilizando-o e gerando energia.

A universidade Northwest Agriculture and Forestry University (CN105087660A – 25/12/2015) visa uma tecnologia de cogeração em ciclo fechado de metano e etanol a partir da palha, onde há pré-tratamento hidrotérmico da matéria-prima antes da fermentação alcoólica e anaeróbica. O digestato do processo é reciclado para a fase de pré-tratamento, fechando o ciclo. Essa universidade também participa de três artigos no *roadmap* da digestão anaeróbica de palha.

A Shandong Academy of Agricultural Sciences possui uma solicitação de patente onde aborda uma tecnologia de codigestão de palha e vinhaça com outros resíduos. Esta universidade também possui uma solicitação de patente específica no *roadmap* da palha.

7.4 – Considerações Finais:

Do ponto de vista estratégico de uma empresa ou política pública, pode-se inferir que as melhores composições para investimento são aquelas que têm domínio em parcerias e *clusters* de mesmo foco, possibilitando uma relação mais estreita com os *drivers* do processo e garantindo o vínculo entre tecnologia e estratégia. O principal benefício observado por meio da utilização desta ferramenta é a possibilidade de previsão, na qual as empresas interessadas podem se planejar de forma mais consistente, alocando recursos de modo otimizado e aumentando a vantagem competitiva da organização.

No próximo capítulo, serão abordadas as reflexões finais e as conclusões obtidas a partir das análises realizadas nos capítulos 5, 6 e 7 dessa dissertação, de forma que seja possível verificar oportunidades futuras e contribuições acerca da elaboração de *Roadmaps* Tecnológicos, principalmente em relação à Digestão Anaeróbica de Palha e Vinhaça.

8 – Conclusões:

A partir da análise estratégica dos *Roadmaps* Tecnológicos de Produção de Biogás a partir de Palha e Vinhaça em uma perspectiva de Estágio Atual, Curto Prazo, Médio Prazo e Longo Prazo, visualizam-se diversas tendências tecnológicas e mercadológicas que serão exemplificadas e descritas a seguir.

O pré-tratamento foi identificado como a principal barreira do processo de digestão anaeróbica a partir da palha e, mesmo no longo prazo, será um fator crucial. Uma potencial solução observada na análise horizontal do *roadmap* é o uso de processos biológicos menos custosos (compostagem e bioadição).

É interessante observar que a especificação dos tipos de palha utilizada aumenta ao longo do tempo junto com os pré-tratamentos químicos. Isto é condizente com o esperado, já que palhas diferentes possuem composições de celulose, hemicelulose e lignina distintas e, ao garantir o tipo de matéria-prima utilizada permite a escolha de um pré-tratamento ácido, alcalino ou oxidativo mais específico e que libere mais nutrientes biodisponíveis para os microrganismos presentes na digestão anaeróbica.

Os tipos de palhas mais observadas durante o trabalho foram os de milho, arroz e trigo, que são muito abundantes, principalmente em território chinês. Os principais parâmetros do processo, como umidade, temperatura e pH, também requerem estudos de acordo com a matéria-prima utilizada, porém foi possível observar uma tendência do uso de reatores em batelada e utilizando um processo mesofílico a seco no longo prazo.

No caso da vinhaça, não há necessidade de pré-tratamento tão rigoroso devido ao seu estado líquido natural, porém os parâmetros do processo também são vislumbrados a fim de otimizar o processo para geração de biogás com maior concentração de metano e digestato mais estabilizado. Uma solução observada foi o uso de reatores contínuos utilizando processos mesofílicos e, dependendo da matéria-prima, adicionar compostos iônicos que reajam com os sulfatos e reduzam sua ação inibitória ao processo.

O pós-tratamento do digestato se mostrou como um *driver* importante ao longo do tempo, condizente com o fator de destinação da vinhaça que impulsiona o setor. No longo prazo, houve um aumento considerável do *driver* vinhaça de cana-de-açúcar, que

ocorreu pelo surgimento de *players* nacionais e internacionais interessados pela destinação desta matéria-prima no *roadmap*. Este é um potencial indicador de que este pode ser um setor interessante para o Brasil no futuro.

Em ambos os *roadmaps* pode-se observar uma grande diversidade de agentes envolvidos na evolução de novas tecnologias, com a presença de grandes empresas (Shell, Texaco, Novozymes...), institutos de pesquisa (Chinese Academy of Science, Institute of Animal Science and Veterinary Medicine...) e universidades (Universidade de Varsóvia, Universidade de São Paulo, Nanjing University of Technology...) atuando em parcerias ou individualmente para atingir seus objetivos.

A Verbio AG apresenta uma solução para problemas referentes ao suprimento de matéria-prima e destinação de seus resíduos sólidos ao apostar em *supply chains* locais e, em troca, prover o digestato gerado como fertilizante aos donos das terras. Esta pode ser uma solução interessante para *players* que desejam trabalhar com a digestão anaeróbica de resíduos sólidos.

Um exemplo de empresa que atuou em parceria para adquirir *know how* no assunto é a Texaco, especializada no ramo petrolífero, que atualmente comercializa óleo lubrificante especial para motores industriais que trabalham com biogás. A colaboração com *Georgia Tech Research Corporation* permitiu a elaboração de patente que aborda metodologia para avaliar o índice de cristalização da palha, prevendo sua susceptibilidade à hidrólise enzimática em associação ao pré-tratamento químico e/ou físico para gerar biogás.

Os *roadmaps* também permitiram a visualização de que a maioria das empresas atuantes possui atividade principal diferente da produção de biogás, mas cujas *expertises* auxiliam em alguma etapa do processo. Este fato pode mostrar um posicionamento estratégico de diferenciação da empresa alinhada ao esforço de P&D em busca de inovações. Um dos exemplos de destaque é a China Petroleum & Chemical Corporation, historicamente ligada ao fornecimento de petróleo, mas que adquiriu interesse no desenvolvimento de novas fontes energéticas para o crescimento da China. Em conjunto com sua subsidiária, a Sinopec Fushun Research Institute of Petroleum & Petrochemicals, produziu um total de cinco patentes concedidas presentes na análise do *Roadmap* Tecnológico da Produção de Biogás a partir da Palha.

A Novozymes é uma empresa especializada na produção de enzimas e possui quatro documentos de patente que mantém o foco em sua *expertise*, demonstrando seus esforços para um pré-tratamento enzimático ideal da palha que torne a produção de biogás mais eficiente. A Shell é uma empresa do ramo petrolífero que atualmente comercializa lubrificantes para motores a biogás e possui planta de *clean up* de biogás. Em sua patente, se adequa ao conceito de economia circular ao utilizar o ácido sulfídrico extraído durante o processo de *upgrade* do biogás como insumo no pré-tratamento químico da palha.

É interessante observar que existem atores presentes em ambos os *roadmaps*, mostrando uma tendência do setor em relação à inovação das tecnologias envolvidas na produção de biogás a partir destes resíduos agroindustriais. A Shandong Baoli Biomass Energy possui planta de produção de biogás a partir de palha com o objetivo de gerar bio-GNV. Esta empresa também está presente no *roadmap* da vinhaça, no recorte de médio prazo, objetivando aprimorar parâmetros do processo da produção de biogás a partir de vinhaça. Seu principal objetivo é de estabilizar o resíduo e cogerar um biocombustível.

Dentre os players, a Chinese Academy of Sciences foi a que mais desenvolveu atividades de P&D relacionadas ao tema ao longo de todos os estágios temporais nos dois *roadmaps*, mostrando-se como uma grande impulsionadora da inovação em território chinês.

Como observado tanto na análise prospectiva quanto nos dois *Roadmaps*, a grande maioria dos documentos de P&D analisados é de origem chinesa e depositadas no próprio escritório chinês *State Intellectual Property Office of the P.R.C.* (SIPO). Um fato importante de destacar é que apenas a Shengli Oilfield, a CPI Innovation e a Tsinghua University produziram patentes que foram depositadas em mais de um escritório, indicando o interesse destas entidades em proteger suas tecnologias ao redor do mundo. Este fenômeno chinês de produção e depósito de patentes em grande volume apenas no próprio território, porém sem objetivo ou pretensão comercial, já havia sido levantado pelo The Economist (2014) e pôde ser atestado neste trabalho.

Houve depósitos de patentes em mais de um escritório tanto para a produção de biogás a partir da palha (CPI Innovation Services, Novozymes e *cluster* entre Texaco e o centro de pesquisas Georgia Tech Research Corporation) quanto da vinhaça (Lignol

Innovations, Veolia e Cetrel), estando entre eles o escritório brasileiro INPI. O fato de haver esforços destes *players* em proteger suas tecnologias dentro do território brasileiro indica que estes enxergam potencial nacional da exploração desta tecnologia no longo prazo.

Este interesse é reforçado pelo destaque do Brasil no setor sucroalcooleiro e agroindustrial, que possui enorme importância no desempenho da economia nacional. Os resíduos oriundos deste setor, como a vinhaça e a palha, carecem de destinação apropriada e são passíveis de valorização através da digestão anaeróbica. Isto possibilitaria a geração de uma enorme gama de biocombustíveis e bioprodutos a partir de resíduos que, de outra forma, potencialmente contribuiriam para a poluição de efluentes, solo e ar.

Também é possível observar instituições nacionais dentro do mapa, como as empresas Dedini, Cetrel e Methanum, e as universidades USP, UNESP, UFMS, UFMG e UFSCAR no *Roadmap* Tecnológico da Produção de Biogás a partir da Vinhaça. A ausência da UFRJ no *Roadmap* foi um ponto interessante levantado, indicando que a universidade não está direcionando seus investimentos para este setor.

A disponibilidade de matéria-prima de baixo custo, os investimentos em P&D nacionais e internacionais levantados neste trabalho e as tendências apontadas pelas análises dos dois *Roadmaps* evidenciam uma janela de oportunidade para os *players* nacionais no setor de produção de biogás.

O recente interesse da Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE) pelo potencial energético do biogás na matriz brasileira, com foco no mapeamento das principais fontes de matéria-prima, suas localidades e distância das redes de energia elétrica e de gás natural, corrobora com o potencial estratégico do biogás para a segurança energética do país.

Recentemente a NEITEC, Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos da UFRJ, elaborou um *Technology Roadmap* acerca das tecnologias de *clean up* do biogás, a pedido de uma empresa multinacional de serviços e tecnologia. Isto corrobora com as conclusões obtidas através deste trabalho, onde foi possível identificar *players* fora do setor de biogás e que enxergam neste biocombustível uma janela de oportunidade.

Este trabalho permitiu a visualização do comportamento dos *drivers* desta tecnologia ao longo do tempo, os principais *players* nacionais e internacionais envolvidos em diferentes faixas temporais, identificação de janelas de oportunidade e vislumbre de possíveis parceiros, potencialmente contribuindo para o direcionamento de projetos futuros nesta área pelos tomadores de decisão nacionais.

Como sugestão para trabalhos futuros, esta metodologia pode ser aplicada e atualizada em outros setores importantes da produção de biogás, como o seu *clean up* e a produção a partir de dejetos do setor pecuário. Também seria interessante uma análise voltada para a indústria nacional para desvendar as lacunas que faltam para alavancar o desenvolvimento tecnológico do Brasil neste setor, como o mapeamento dos *players* nacionais do setor, as fontes de diferentes matérias-primas e a sua distância de redes de distribuição, a avaliação dos potenciais problemas de logística e transporte e as legislações e políticas de incentivo vigentes em comparação a países onde o setor de biogás já está bem estabelecido.

Referências Bibliográficas:

ALBRIGHT, R. E.; KAPPEL, T. A. Roadmapping in the Corporation. *Research Technology Management*, v. 46, i. 2, p. 31-40, 2003.

ALCARDE, J.C. Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas por J.C. Alcarde. São Paulo, ANDA, 2005.

ANGENENT, L. T. et al. Production of bioenergy and biochemicals from industrial and agricultural wastewater. *Trends in Biotechnology*, v. 22, n. 9, p. 477-85, 2004.

ANTUNES, J. F. G.; AZANIA, C. A. M.; AZANIA, A. A. P. M. Impactos ambientais das queimadas de cana de açúcar. 2013. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/ativemanager/uploads/arquivos/artigos/27-01_gc_cana.pdf>. Acesso em: Janeiro de 2017.

ASATO, C., LI, J., ZICARI, S., ZHANG, R. Anaerobic digestion of bioethanol stillage for biogas energy production and nutrient and water recovery. *American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting 2014*, ASABE, v. 1, pp 519-528, 2014.

AUGENBRAUN, H., MATTHEUS, E. & SARMA, D. The Global Methane Cycle. Education: Global Methane Inventory. National Aeronautics and Space Administration, Goddard Institute for Space Studies. ASA-GISS-ICP. Disponível em: <<https://icp.giss.nasa.gov/education/methane/intro/cycle.html>>. Acesso em Janeiro de 2017.

AVFALL SVERIGE. Biogas from lignocellulosic biomass. Disponível em: <<http://www.avfallsverige.se/fileadmin/uploads/Rapporter/U2012-07.pdf>>. Acesso em Janeiro de 2017.

AWAFO, V.A., CHAHAL, D.S. & SIMPSON, B.K. Optimization of ethanol production by *Saccharomyces cerevisiae* (ATCC 60868) and *Pichia stipitis* Y-7124: A response surface model for simultaneous hydrolysis and fermentation of wheat straw. *Journal of Food Biotechnology*, v. 22, p. 49-97, 1998.

BAYR, S.; KAPARAJU, P.; RINTALA, J. Screening pretreatment methods to enhance thermophilic anaerobic digestion of pulp and paper mill wastewater treatment secondary sludge. *Chemical Engineering Journal*, v.223, p.479-486, 2013.

BERNAL, L.; BYRNES, T.; DORNBERGER, U.; TORRES, O. Technology Roadmapping Handbook. International SEPT Program, Universitat Leipzig, Alemanha. 2009. Disponível em: <http://www.vgu.edu.vn/fileadmin/pictures/studies/MBA/Handbook_Roadmapping.pdf>. Acesso em: Janeiro de 2017.

BIOENERGY FARM, 2017. Digestate Treatment. Disponível em: <<http://www.bioenergyfarm.eu/en/digestate-treatment/>>. Acesso em: Janeiro de 2017.

BIOFUELS DIGEST. Dedini add-on converts sugarcane vinasse to renewable power, 2011. Disponível em: <<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2011/03/31/dedini-add-on-converts-sugarcane-vinasse-to-renewable-power/>>. Acesso em: Janeiro de 2017.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E SOCIAL; CGEE – CENTRO DE GESTAO E ESTUDOS ESTRATEGICOS, 2008. Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável. 1. ed. Rio de Janeiro, 2008.

BOMTEMPO, J.V. O futuro dos biocombustíveis XIII – Matéria prima como fator estruturante da indústria, 2012. Disponível em: <<https://infopetro.wordpress.com/2012/07/30/o-futuro-dos-biocombustiveis-xiii-a-materia-prima-como-fator-estruturante-da-industria/>>. Acesso em: Abril de 2015.

BORSCHIVER, S.; SILVA, A. TECHNOLOGY ROADMAP - Planejamento Estratégico para alinhar Mercado-Produto-Tecnologia. Ed. Interciência, 2016.

CANILHA, L.; CARVALHO, W.; SILVA, J. B. A. Caracterização do hidrolisado de palha de trigo visando extração da xilose para a bioconversão em xilitol. In: Encontro latino americano de iniciação científica, 7. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2004. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2004/trabalhos/epg/pdf/EPG2-8.pdf>. Acesso em: Janeiro de 2017

CARRERE, H., *et al.* Review of feedstock pretreatment strategies for improved anaerobic digestion: From lab-scale research to full-scale application. *Bioresource Technology*, Narbona, v. 199, p. 386-297, 2015.

CHANG, V.; BURR, B.; HOLTZAPPLE, M. Lime pretreatment of switchgrass. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. 63-65, p. 3-19, 1997.

CHARLES, W.; WALKER, L.; CORD-RUWISCH, R. Effect of pre-aeration and inoculums on the start-up of batch thermophilic anaerobic digestion of municipal solid waste. *Bioresource Technology*, v.100, p.2329-2335, 2009.

CHENG, S.; XIAO, L.; TAN, S.; WANG, J.; LIU, X.; LIN, L., inventores. SHANDONG LONGLIVE BIO-TECHNOLOGY CO., LTD, cessionária. Bio-refinery integrated process for separating and classifying whole-plant corn component. China patente CN104630307A. 20/05/2015.

CHI, T.; LIU, P.; HUANG, J.; PENG, K.; WU, L., inventores. CHINA HAISUM ENGINEERING CO., LTD, cessionário. Method for comprehensively treating and utilizing cassava vinasse waste water and industrial sludge. China patente CN105565598A. 22/12/2015.

China South-South Cooperation. Biogas Institute of Ministry of Agriculture. Disponível em:

<http://ssc.undp.org/content/dam/ssc/documents/Expo/solutions/2008_to_2012/Biogas%20Institute%20of%20Ministry%20of%20Agriculture%20China%20%26%20Straw%20Treatment%20Technology%202011.pdf>. Acesso em: Janeiro de 2017.

CIRCULAR ECONOMY PORTAL. Circular Economy Overview, 2015. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/overview/concept>>. Acesso em: Janeiro de 2017.

COLTURATO, L.F.D.B. Dessulfurização de biogás da metanização da vinhaça: uma nova abordagem para a remoção de altas concentrações de H₂S. Tese (doutorado) Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, 2015.

CURRY, N.; PILLAY, P. Biogas prediction and design of a food waste to energy system for the urban environment. *Renewable Energy*, v.41, p.200-209, 2012.

DE BAERE, L. Anaerobic Digestion of Solid Waste: State-of-the-Art. *Water Sci Technol.*, v. 41, i. 3, p. 283-290, 2000.

DEDINI, Indústrias de Base. Disponível em: < <http://www.codistil.com.br/>>. Acesso em: Janeiro de 2017.

DHOUIB, A.; ELLOUZ, M.; ALOUI, F.; SAYADI, S. Effect of bioaugmentation of activated sludge with white-rot fungi on olive mill wastewater detoxification. *Letters in Applied Microbiology*, v. 42, p 405–411, 2006.

DRUMMOND, P. H. F. O planejamento tecnológico de uma empresa de base tecnológica de origem acadêmica por intermédio dos métodos technology roadmapping (TRM), technology stage-gate (TSG) e processo de desenvolvimento de produtos (PDP) tradicional. Belo Horizonte, 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

DUPONT. Discover Enzyme Technology to Increase Biogas Production – and Profit. Disponível em: <<http://www.dupont.com/products-and-services/industrial-biotechnology/advanced-biofuels/biogas-enzymes.html>>. Acesso em: Janeiro de 2017.

ECKE, H.; LAGERKVIST, A. Anaerobic Treatment of Putrescible Refuse (ATPR), Report 2000:01. *The Division of Waste Science & Technology*, Lulea University of Technology, Lulea, Sweden, pp.47, 2000.

EUROPEAN BIOFUELS. Biogas/Biomethane for use as a transportation fuel. Disponível em: <<http://www.biofuelstp.eu/biogas.html>>. Acesso em: Janeiro de 2017.

FANG, C.; FU, J.; YE, L., Inventor; Anhui Normal University, cessionário. Preparation method of straw anaerobic fermentation residue active carbon for processing cadmium-containing waste water. China patente CN103601182B 22/07/2015.

FERNANDES, R. Produto Interno Bruto da agropecuária deve ser de R\$ 1,1 trilhão. Ministério da Agricultura. 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2014/12/produto-interno-bruto-da-agropecuaria-deve-ser-de-rs-1-trilhao>>. Acesso em: Janeiro de 2017.

FERREIRA-LEITÃO, V.; GOTTCHALK, L.M.F.; FERRADA, M.A.; NEPOMUCENO, A.L.; MOLINARI, H.B.C.; BON, E.OP.S. *Waste Biomass Valor*, v. 1, p. 65-76, 2010.

FOODY, B.; TOLAN, J.S., inventores. Iogen Corporation, cessionária. LIGNOCELLULOSIC CONVERSION PROCESS COMPRISING SULFUR DIOXIDE AND/OR SULFUROUS ACID PRETREATMENT. Canadá patente WO2016145528A1. 22/09/2016.

FORMAGINI, E.L.; MARQUES, F.R.; SEREJO, M.L.; PAULO, P.L.; BONCZ, M.A. The use of microalgae and their culture medium for biogas production in an integrated cycle. *Water Science and Technology*, v. 69, i. 5, p. 941-946, 2014.

FUESS, L. T. Qual o valor da vinhaça? : mitigação de impacto ambiental e recuperação de energia por meio da digestão anaeróbia. 130 p. Dissertação (Mestrado) – Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, São Paulo, 2012.

FUESS, L.T., GARCIA, M.L. Bioenergy from stillage anaerobic digestion to enhance the energy balance ratio of ethanol production. *Journal of environmental management*, v. 162, p. 102-114, 2015.

FUESS, L.T.; GARCIA, M.L. Anaerobic digestion of stillage to produce bioenergy in the sugarcane-to-ethanol industry. *Environmental Technology*, v.35, n.3, p.333-339, 2014.

GANDRA, A. Brasil pode aumentar dependência de importação de fertilizantes, diz Embrapa. Agência Nacional. 2014. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/pesquisa-e-inovacao/noticia/2014-10/reducao-da-importacao-de-fertilizantes-requer-novos>>. Acesso em: Julho de 2016.

GARCIA, M. L.; BRAY, O. H. Fundamentals of technology roadmapping. Sandia National Laboratories, 2007. Disponível em: <<http://prod.sandia.gov/techlib/access-control.cgi/1997/970665.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2017.

GARCIA, M.L. Qual o valor da vinhaça? : mitigação de impacto ambiental e recuperação de energia por meio da digestão anaeróbia / Marcelo Loureiro Garcia [e] Lucas Tadeu Fuess. – São Paulo : Cultura Acadêmica : Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2012.

GEBREZGABHER, S.A. *et al.* Economic analysis of anaerobic digestion - A case of Green Power biogas plant in Netherlands. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, v.57, p.109-115, 2010.

GHOSH, SP; SINGH, RB. Citrus in South Asia. FAO/RAPA Publication No. 1993/24. Bangkok, Thailand. p. 70, 1993.

GONÇALVES, F.A., *et al.* Bioethanol production from coconuts and cactus pretreated by autohydrolysis. *Industrial Crops and Products*, Natal, v.77, pp.1-12, 2015.

GUASCOR. Vinhaça de Açúcar. Disponível em: <http://www.guascor.com.br/?page_id=79>. Acesso em: Janeiro de 2017.

Guia técnico ambiental de biogás na agroindústria / Fundação Estadual do Meio Ambiente, Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ), 2015. Disponível em <http://www7.fiemg.com.br/Cms_Data/Contents/central/Media/Documentos/Biblioteca/PDFs/FIEMG/MeioAmbiente/2015/CARTILHA-BIOGAS.pdf>. Acesso em: Janeiro de 2017.

GUO, R.; YANG, Z.; DAI, M.; XU, X.; LUO, S., QINGDAO INSTITUTE OF BIOENERGY AND BIOPROCESS TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES, cessionário. Mechanical and hydraulic combined stirring straw anaerobic fermentation biogas preparation engineering device. China patente CN103374521B. 26/11/2014.

HOYER, L.; HULTEBERG, C.; SVENSSON, M.; JERNBERG, J.; NORREGARD, O., 2016. Biogas upgrading – a technical review. Energiforsk. Disponível em: <http://vav.griffel.net/filer/C_Energiforsk2016-275.pdf>. Acesso em: Janeiro de 2016

IEA. Biogas production and utilization – Update 18. IEA Bioenergy, Task 37, International Energy Agency, 2013. Disponível em: <<http://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/IEA-Bioenergy-Update-18-Biogas-Production-and-Utilisation.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2017

IPEA, 2012. Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas. Acesso em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917_relatorio_residuos_organicos.pdf>. Acessado em Janeiro de 2017.

JAYACHANDRA, T.; VENUGOPAL, C., ANU APPAIAH, K.A.. Utilization of phytotoxic agro waste: Coffee cherry husk through pretreatment by the ascomycetes fungi *Mycotypha* for biomethanation. *Energy for Sustainable Development*, v. 15, p. 104–108, 2011.

JIAO, Y.; LI, G.; DING, P.; LI, P.; GAO, Z.; GUAN, S.; LI, W., inventores. HENAN AGRICULTURAL UNIVERSITY, cessionário. Crop straw co-fermentation device. CN103436435B. 20/08/2014.

JIAO, Y.; LI, G.; DING, P.; LI, P.; GAO, Z.; GUAN, S.; LI, W., inventores. HENAN AGRICULTURAL UNIVERSITY, cessionário. Crop straw pre-treatment reaction tank. CN103436434B. 05/11/2014.

JINGURA, R.M., MATENGAIFA, R.. Optimization of biogas production by anaerobic digestion for sustainable energy development in Zimbabwe. *Renew. Sust. Energy Rev.*, v. 13, p. 1116–1120, 2009.

JUTTEL, L. P. Uso da palha de cana na produção de bioenergia. Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), 01 ago. 2011. Disponível em: <<http://cnpem.br/uso-da-palha-de-cana-na-producao-de-bioenergia/>> Acesso em: Janeiro de 2017.

KAPPEL, T. A. Perspectives on roadmaps: how organizations talk about the future. *The Journal of Product Innovation Management*, v. 18, p. 39-50, 2001.

KAYHANIAN, M.; RICH, R. Pilot scale high solids thermophilic anaerobic digestion of municipal solid waste with an emphasis on nutrient requirements. *Biomass and Bioenergy*, v. 8, n. 6, p. 433-444, 1995.

KIM, D.H., *et al.* Increased solubilization of excess sludge does not always result in enhanced anaerobic digestion efficiency. *Bioresource Technology*, v. 143, p. 660-664, 2013.

KIM, D.H.; OH, S.E. Continuous high-solids anaerobic co-digestion of organic solid wastes under mesophilic conditions. *Waste Management*, v. 31, p. 1943-1948, 2011.

KIM, J., *et al.* Effects of various pretreatments for enhanced anaerobic digestion with waste activated sludge. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, v. 95, n. 3, p. 271-275, 2003.

KINETIC BIOFUEL BROCHURE. Briquetted straw more than doubles biogas production, 2014. Disponível em: <http://www.inbiom.dk/Files//Files/Publikationer/Briquetted-Straw_Brochure_UK.pdf>. Acesso em: Janeiro de 2017.

KNAPPERT, D.; GRETHLEIN, H.; CONVERSE, A. Partial acid hydrolysis of poplar wood as a pretreatment for enzymatic hydrolysis. *Biotechnology and Bioengineering Symposium*, v. 11, p. 67–77, 1981.

KREUGER, E.; NGES, I.A.; BJORNSSON, L. Ensiling of crops for biogas production: effects on methane yield and total solids determination. *Biotechnol Biofuels*, v. 4, 2011

KUNII, D., LEVENSPIEL, O. Fluidization Engineering. New York. John Wiley & Sons Inc., 1969.

LAIRD, K. Mango Materials has developed closed-loop process to make methane-based affordable PHB. *Plastics Today*. 2014. Disponível em: <<http://www.plasticstoday.com/articles/Mango-Materials-has-developed-closed-loop-process-to-make-methane-based-affordable-PHB-141209>>. Acesso em: Dezembro de 2015.

LALAK, J., *et al.* Effect of biological pretreatment of *Agropyron elongatum* ‘BAMAR’ on biogas production by anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, Lublin, v. 200, p. 194-200, 2016.

LANE, J., 2015. Inbicon: Biofuels Digest’s 2015 5-Minute Guide. Disponível em: <<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2015/04/01/inbicon-biofuels-digests-2015-5-minute-guide/>>. Acesso em: Janeiro de 2017.

LANSING, S. *et al.* Waste treatment and biogas quality in small-scale agricultural digesters. *Bioresource Technology*, v. 99, p. 5881-5890, 2008.

LASTELLA, G., *et al.* Anaerobic digestion of semi-solid organic waste: biogas production and its purification. *Energy Conversion Management*, v. 43, n. 1, p. 63-75, 2002.

LEBUHN, M.; HANREICH, A.; KLOCKE, M.; SCHLUTER, A.; BAUER, C.; PÉREZ, C.M. Towards molecular biomarkers for biogas production from lignocellulose-rich substrates. *Anaerobe*, v. 29, p. 10-21, 2014.

LEE, S.; PARK, Y. Customization of technology roadmaps according to roadmapping purposes: Overall process and detailed modules. *Technological Forecasting & Social Change*, v.72, p.567-583, 2005.

LEE, S.; YOON, B.; LEE, C.; PARK, J. Business planning based on technological capabilities: Patent analysis for technology-driven roadmapping. *Technological Forecasting & Social Change*, v. 76, p. 769-786, 2009.

LI, L.; YU, Z.; inventor. Henan Agricultural Mechanical Test and Evaluation Station; cessionário. Method for converting agricultural solid waste into vehicle gas. China patente CN103290061A; 11/09/2013.

LI, Y.; JIN, Y. Effects of thermal pretreatment on acidification phase during two-phase batch anaerobic digestion of kitchen waste. *Renewable Energy*, v. 77, p. 550-557, 2015.

LIAO, L.; YANG, W.; YAN, K.; ZHOU, J., inventores. GUILIN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, cessionária. Method for removing sulfate radical in molasses alcohol wastewater by using bagasse ash. China patente CN102873079B. 30/07/2014.

LIM; K.H.; LEE; K.; UM; Y.S.; LEE; M.W., inventores. Daegu University; Myongji University Industry and Academia Cooperation Foundation; Korea Institute of Science and Technology; Industry Academic Cooperation Foundation Keimyung University, cessionário. PROCESS OF PRODUCING BIOENERGY WITH LOW CARBON DIOXIDE EMISSIONS AND ZERO-WASTE OF BIOMASS. Estados Unidos patente US20150064761A1. 05/03/2015.

LIU, C.; DING, Y.; BAI, Y.; ZHU, J.; ZHOU, T.; WANG, L., inventores. WUJIANG YONGXIANG ETHANOL MANUFACTURING CO., LTD., cessionário. Method for carrying out environmentally-friendly treatment on cassava alcohol vinasse liquid. China patente CN103011495A. 03/04/2013(a).

LIU, H.; XIE, L.; CHEN, Y.G.; ZHOU, Q. VFAs production potential of brewery industry wastewater and starch wastewater. *Advanced Materials Research*, v. 777, p. 225-231, 2013b.

LOPES JR.; E.P.; TAVARES, L.E.S.; PESOA, A.V.B.M. Roadmap Tecnológico: Proposta de uma métrica para levantamento de demandas e ofertas tecnológicas. Brasil, 2011.

LUO, F.; LI, J.; GUO, Y.; SHENG, L.; XU, M., inventores. HEILONGJIANG LONGNENG WEIYE ENVIRONMENT TECHNOLOGY CO., LTD, cessionário. Resourcelization treatment method of landfill leachate. China patente CN104445611B. 28/09/2016(a).

LUO, G.; LI, J.; HE, H.; CHEN, H., inventores. HEILONGJIANG LONGNENG WEIYE ENVIRONMENT TECHNOLOGY CO., LTD, cessionário. Combined methane stirring device. Patente China CN105802839A. 20/05/2016(b).

LUO, L.; DING, Q.; GONG, W.; WANG, Z.; LI, W.; QIN, L. Urea ammoniated pretreatment improving dry anaerobic fermentation characteristics of rice straw. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, v. 31, i. 19, p. 234-239, 2015

LUO, T.; SHI, G.; MEI, Z.; SHEN, L.; XIONG, X.; LONG, E. Optimization on influencing factors of rice chopped straw anaerobic digestion. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, v. 30, i. 17, p. 243-249, 2014.

LYU, X.; XU, W.; WANG, X.; LIU, L.; GAO, L.; ZHANG, G.; ZHANG; X., inventores. Northwest A&F University, cessionário. "Closed-loop circulating production method for co-production of straw ethanol and methane". China patente CN105087660A, 10/11/2015.

MA, Q., LI, Y., E., J., CHEN, S., inventor. Qitaihe Baotailong Coal Chemical Industry Co, LTD, Cessionário. Method for preparing LNG by adopting straw. China patente CN 105087656A. 25/11/2015(a).

MA, X.; LI, C.; YUAN, X.; ZHU, W.; WANG, X.; CHENG, X.; CUI, Z. Fermentation technology for methane production using high solid content materials with straw and dairy manure. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, v. 30, i. 14, p. 227-235, 2014b.

MAABJERG ENERGY CENTER. Facts About Maabjerg Energy Center. Disponível em: <<http://www.maabjergenergycenter.com/facts-about-mec/>> Acesso em: Janeiro de 2017.>

MAABJERG ENERGY CONCEPT. Status Report: The Dawning of Danish Bio-Economy, 2015. Disponível em: <http://www.maabjergenergycenter.dk/media/1433/statusrapport2015_uk_web.pdf>. Acesso em: Janeiro de 2017.

MARKET WIRED. Xebec signs Cooperation Agreement at World Expo With Leading Chinese Biogas Environment Company Qingdao Tianren, 2010. Disponível em: <<http://www.marketwired.com/press-release/xebec-signs-cooperation-agreement-world-expo-with-leading-chinese-biogas-environment-tsx-xbc-1270247.htm>>. Acesso em: Janeiro de 2017.

MATA-ALVAREZ, J.; DOSTA, J.; MACÉ, S.; ASTALS, S. Codigestion of solid wastes: a review of its uses and perspectives including modeling. *Journal of Environmental Management*, v. 92, p. 1091-1096, 2011.

MATA-ALVAREZ, J.; DOSTA, J.; ROMERO-GUIZA, M.S.; FONOLL, X.; PECES, M.; ASTALS, S. A critical review on anaerobic co-digestion achievements between 2010 and 2013. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 36, p. 412-427, 2014.

MATA-ALVAREZ, J.; MACÉ, S.; LLABRÉS, P. Anaerobic Digestion of Organic Solid Wastes. An Overview of Research Achievements and Perspectives. *Bioresource Technology*, v 74, pp 3-16, 2000.

MATTOS NETO, P. Planejamento de novos produtos por intermédio do método technology roadmapping (TRM) em uma empresa de base tecnológica do setor de internet móvel. Belo Horizonte, 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

MELENDEZ, J.; LEBEL, L.; STUART, P.R.. A Literature Review of Biomass Feedstocks for a Biorefinery. *Integrated Biorefineries: Design, Analysis and Optimization*. p. 433-460, 2013.

METCALF; EDDY, INC. Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th. edition. Nova York: McGraw-Hill, Inc., 2003.

METHANUM, Resíduo e Energia. Disponível em: <<http://methanum.com/>> Acesso em: Janeiro de 2017.

MONTGOMERY, L.F.R.; BOCHMANN, G. Pretreatment of feedstock for enhanced biogas production. *International Energy Agency Bioenergy*, p. 24, 2014.

MORAES, B.S.; JUNQUEIRA, T.L.; PAVANELLO, L.G.; CAVALETT, O.; MANTELATTO, P.E.; BONOMI, A.; ZAIAT, M. Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane biorefineries in Brazil from energy, environmental, and economic perspectives: Profit or expense?, *Applied Energy*, v. 113, p. 825-835, 2014.

MOORE, J. F. Predators and prey: a new ecology of competition. *Harvard Business Review*, v. 71, n. 3, p. 75-86, 1993.

MORETTI, D.M., 2017. Desenvolvimento de Ecossistemas de Inovação. Projeto de Qualificação ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, UFRJ, 2017.

MULLER, G. Roadmapping. Embedded Systems Institute, jul. 2005. Disponível em: <www.gaudisite.nl>. Acesso em: Janeiro de 2017.

NISHIO, N.; NAKASHIMADA, Y. Chapter 7 - manufacture of biogas and fertilizer from solid food waste by means of anaerobic digestion. In: BERCHMANS, S. *et al. Food industry wastes: assessment and recuperation of commodities*. San Diego: Academic Press, 2013, pp.121-133.

NOVACANA. Inbicon: pioneira na conversão de biomassa, 2013. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/inbicon-09012013/>> Acesso em: Janeiro de 2017.

NUNES, R.M.; GUARDA, E.A.; SERRA, J.C.V. Resíduos agroindustriais: potencial de produção do etanol de segunda geração no Brasil. Universidade de Tocantins, Tocantins, 2013. Disponível em: <[http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2014,%20n.%2022%20\(2013\)/03.res%EDduos%20agroindustriais.pdf](http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2014,%20n.%2022%20(2013)/03.res%EDduos%20agroindustriais.pdf)> Acesso em: Janeiro de 2017

OLSSON, L.; HAHN-HAGERDAL, B. Fermentation of lignocellulosic hydrolyates for ethanol production. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 18, p. 312-331, 1996.

OWAMAH, H.I. Fertilizer and sanitary quality of digestate biofertilizer from the co-digestion of food waste and human excreta. *Waste Management*, v. 34, i. 4, p. 747-752, 2014.

PAKARINEN, A.; MAIJALA, P.; JAAKKOLA, S.; STODDARD, F.; KYMALAINEN, M.; VIKARI, L. Evaluation of preservation methods for improving biogas production and enzymatic conversion yields of annual crops. *Biotechnology for Biofuels*, v. 4, n. 20, p. 1-13, 2011.

PARK, C., *et al.* Upgrading of anaerobic digestion by incorporating two different hydrolysis processes. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, v. 100, p. 164-167, 2015.

PECORA, V. Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP – Estudo de caso, USP – Universidade de São Paulo, Dissertação (Mestrado), São Paulo, Brasil, 2006.

PEREIRA Jr., N.; COUTO, M.A.P.G.; SANTA ANNA, L.M.M. Biomass of lignocellulosic composition for fuel ethanol production and the context of biorefinery. In Series on Biotechnology, Ed. Amiga Digital UFRJ, Rio de Janeiro, v. 2, p. 45, 2008.

PEREIRA, R. Odebrecht conclui venda por R\$ 2,9 bi de divisão ambiental. O Estado de São Paulo, 25 de Abril de 2017. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/negocios,odebrecht-vende-braco-ambiental-para-a-brookfield-por-r-2-9-bi,70001751667>> Acesso em: Agosto de 2017.

PERSKE, G., inventor. Eltaga Licensing GMBH, cessionária. Biogas plant fermenter feeding device, comprises a substance-receiving container, preferably to take solid organic substances including silage, separated slurry and/or straw and a downstream conveyor of substance receiving container. Patente Alemanha DE102010025727A1. 08/03/2012.

PETERSSON, A.; WELLINGER, A., 2009, Biogas upgrading technologies - developments and innovations, IEA Bioenergy Task 37. Disponível em: <https://www.iea-biogas.net/files/daten-redaktion/download/publi-task37/upgrading_rz_low_final.pdf>. Acesso em: Janeiro de 2017.

PETRICK, I. J.; ECHOLS, A. E. Technology roadmapping in review: A tool for making sustainable new product development decisions. *Technological Forecasting & Social Change*, v. 71, p. 81-100, 2004.

PETRIE, E. M. Elementary patent mapping. *SpecialChem*, abril 2010. Disponível em: <http://www.specialchem4adhesives.com/resources/articles/article.aspx?id=3592>. Acesso em: Agosto, 2017.

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J. P.; PROBERT, D. R. Developing a Technology Roadmapping System, *Proceedings of the 2005 PICMET*, Portland, 2005.

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J. P.; PROBERT, D. R. Technology roadmapping – A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting & Social Change*, v. 71, p. 5-26, 2004.

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J. P.; PROBERT, D. R. T-Plan: The fast start to technology roadmapping – Planning your route to success. Cambridge University, Institute of Manufacturing, UK, 2001.

PHAAL, R.; MULLER, G. An architectural framework for roadmapping: towards visual strategy. *Technological Forecasting & Social Change*, v. 76, p. 39-49, 2009.

PHILIPS, S.; LAANBROEK, H.J.; VERSTRAETE, W. Origin, cause and effects of increased nitrite concentrations in aquatic environments. *Environmental Science and Biotechnology*, v. 1, p. 115-141, 2002.

PINHEIRO, A. C.; GAIDZINSKI, R.; SOUZA, V. P. Utilização da casca de arroz como solvente alternativo para o tratamento de efluentes da Região Carbonífera Sul Catarinense. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – CETEM, 15., 2007. Anais... 2007. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_XV_jic_2007/Alexandre_Clemente_Roberta_Gaizinskil.pdf>. Acesso em: Janeiro de 2017.

PIZZANI, L.; SILVA, R. C. da; HAYASHI, M. C. P. I. . Bases de dados e bibliometria: a presença da Educação Especial na base Medline. *Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação*, v. 4, p. 68-85, 2008.

QIAO, J.T.; QIU, Y.L.; YUAN, X.Z.; SHI, X.S.; XU, X.H.; GUO, R.B. Molecular characterization of bacterial and archaeal communities in a full-scale anaerobic reactor treating corn straw. *Bioresource Technology*, v. 143, p. 512-518, 2013.

QIN, H., ZENG, Q., YU., Q., XU, M., inventor. Qitaihe Baotailong Coal Chemical Industry Co, LTD, Cessionário. Method for preparing CNG (compressed natural gas) from straw. China patente CN 105063097A. 18/11/2015.

REATORES – CETESB. Disponível em: <<http://biogas.cetesb.sp.gov.br/biogas/reatores/>>. Acesso em Janeiro de 2017.

RITALA, P.; ALMPANOPOULOU, A. In defense of “eco” in innovation ecosystem. *Technovation*, v. 60, p. 39–42, 2017.

ROCHA, G. J. M. et al. Steam explosion pretreatment reproduction and alkaline delignification reactions performed on a pilot scale with sugarcane bagasse for bioethanol production. *Industrial Crops and Products*, v. 35, p. 274-279, 2011.

RODELLA, A.A.; ALCARDE, J.C. Requisitos de qualidade física e química de fertilizantes minerais. In: GONÇALVES, J.L. de M.; BENEDETTI, V. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF. p. 59-78, 2000.

RODRIGUES, I.J.; FUESS, L.T.; BIONDO, L.; SANTESSO, C.A.; GARCIA, M.L. Coagulation-flocculation of anaerobically treated sugarcane stillage. *Desalination and Water Treatment*, v. 52, i. 22-24, p. 4111-4121, 2014.

RODRIGUES, R. EPE e ABiogás estudam mapear biogás no Brasil. 14/06/2017. Disponível em: <<https://www.abiogas.org.br/abiogas-epe>>. Acesso em: Junho de 2017.

ROMERO, C. et al. Raw and digested waste compost leachate as potential fertilizer: comparison with a commercial fertilizer. *Journal of Cleaner Production*, v. 59, p. 73-78, 2013.

ROSA, M.F.; SOUZA FILHO, M.S.M.; FIGUEIREDO, M.C.B.; MORAIS, J.P.S.; SANTAELLA, S.T.; LEITÃO, R.C., 2011. Valorização de Resíduos da Agroindústria. II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais, p. 98-105.

SANTOS, F. A. et al. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. *Química Nova*, v. 35, n. 5, p. 1004-1010, 2012.

SEABRA, J. E. A. Avaliação técnico-econômica de opções para o aproveitamento integral da biomassa de cana no Brasil. 274 f. 2008. Campinas. Tese [Doutorado em Planejamento de Sistemas Energeticos] – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SHAH, D.R.; NAGARSHETH, H.J. Biogas up gradation using water scrubbing for its use in vehicular applications. *International advanced research journal in Science, engineering and technology*, v. 1, i. 6, p. 46-48, 2015.

SHARMA, N., et al. Emerging biorefinery technologies for Indian forest industry to reduce GHG emissions. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Roorkee, v.121, p.105-109, 2015.

SHI, X.; YUAN, X.; JIA, Z.; QIU, Y.; WANG, C.; GUO, R. Start-up process for high-solid anaerobic fermentation of corn straw. *Journal Huagong Xuebao/CIESCI*, v. 65, i. 5, p. 1862-1867, 2014.

SILVA, L. P.; SILVA, L. S.; BOHNEN, H. Componentes da parede celular e digestibilidade in vitro de palha de arroz (*Oryza sativa*) com diferentes teores de silício. *Ciência Rural*, v. 35, n. 5, p. 1205-1208, 2005.

SILVA, V. F. N. Estudos de pré-tratamento e sacarificação enzimática de resíduos agroindustriais como etapas no processo de obtenção de etanol celulósico. 2009. 116 f. Dissertação (Mestre em Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo - EEL, 2009.

SMITH, S., et al. Sustainable use of organic resources for bioenergy, food and water provision in rural Sub-Saharan Africa. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Aberdeen, v. 50, p. 903-917, 2015.

SOUZA, M.M.V.M. Processos inorgânicos. 1. Ed. Rio de Janeiro: Synergia. FAPERJ, 2012.

STEYER, J.-P.; BOUVIER, J. C.; CONTE, T.; GRAS, P.; SOUSBIE, P. Evaluation of a four year experience with a fully instrumented anaerobic digestion process. *Water Science and Technology*, v. 45, i. 4-5, p. 495-502, 2002.

SUN, L.; WAN, S.; YU, Z.; WANG, Y.; WANG, S. Anaerobic biological treatment of high strength cassava starch wastewater in a new type up-flow multistage anaerobic reactor. *Bioresource Technology*, Essex, v. 104, n. 3, p. 280-288, 2012.

TANG, C., inventor; Chengdu Giastar Farming Science and Technology Co., LTD, cessionário. Fermentation method for preparation of pig feed. China patente CN104206828A, 17/12/2014(a).

TANG, C., inventor; Chengdu Giastar Farming Science and Technology Co., LTD, cessionário. Fermentation method for preparation of sheep feed. China patente CN104206826A, 17/12/2014(b).

TANG, C., inventor; Chengdu Giastar Farming Science and Technology Co., LTD, cessionário. Method for preparing feed through complex probiotic fermentation. China patente CN104186925A, 10/12/2014(c).

TANG, C., inventor; Chengdu Giastar Farming Science and Technology Co., LTD, cessionário. Preparation method of fermented feed specially used for beef cattle. China patente CN104171694A, 03/12/2014(d).

The Business conBio, 2015. Germany: Cellulose to Biogas for vehicles, plant commissioned by Verbio with funding from EU NER 300. Disponível em: <<http://www.business.conbio.info/germany-cellulose-to-biogas-for-vehicles-plant-commissioned/>>. Acesso em: Janeiro de 2017.

THE ECONOMIST. Patent Fiction – Are ambitious bureaucrats fomenting or feigning innovation. Dec, 11. 2014. Finance and Economics, The Economist, 2014.1.

TSUTIYA, M.I. Metais pesados: O principal fator limitante para o uso agrícola de biossólidos das estações de tratamento de esgotos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20. Rio de Janeiro, RJ, Anais... Rio de Janeiro: ABES, p. 753-761, 1999.

UGOJI, E.O. Anaerobic digestion of palm mill effluent and its utilization as fertilizer for environmental protection. *Renewable Energy*, v. 10 i. 2-3, p. 291-294, 1997.

ÚNICA. Bioeletricidade: Cresce utilização de vinhaça de cana para gerar energia e como fertilizante. 2012. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/noticia/39870311920324775593/cresce-utilizacao-de-vinhaca-de-cana-para-gerar-energia-e-como-fertilizante/>>. Acesso em: Janeiro de 2017.

VAN HAANDEL, A.; DE VRIEZE, J.; VERSTRAETE, W.; DOS SANTOS, V.S. Methanosaeta dominate acetoclastic methanogenesis during high-rate methane production in anaerobic reactors treating distillery wastewaters. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v. 89, i. 11, p. 1751-1759, 2014.

VAN HORN, H.H., *et al.* Dairy manure management: strategies for recycling nutrients to recover fertilizer value and avoid environmental pollution. *Florida Cooperative*

Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 2003.

Vasil, V.T., inventor. *UNIVERSITATEA DE ȘTIINȚE AGRICOLE ȘI MEDICINĂ VETERINARĂ A BANATULUI "REGELE MIHAI I AL ROMÂNIEI" DIN TIMIȘOARA*, cessionária. "PROCESS FOR BIOREFINING SUGAR-BEARING PLANTS AND EXTRACTING SUGARS FOR PREPARATION OF BIOFUELS AND OTHER BIOCOMPOUNDS". Romênia patente RO131499A. 29/11/2016.

WAGNER, A.O.; MARKT, R.; PUEMPPEL, T.; ILLMER, P.; INSAM, H.; EBNER, C. Sample preparation, preservation, and storage for volatile fatty acid quantification in biogas plants. *Engineering in Life Sciences*, 2016.

WANG, C.; ZUO, J.; CHEN, X.; XING, W.; XING, L.; LI, P.; LU, X.; LI, C. Microbial community structures in an integrated two-phase anaerobic bioreactor fed by fruit vegetable wastes and wheat straw. *Journal of Environmental Sciences*, v. 26, i. 12, p. 2484-2492, 2014.

WANG, Z.; ZOU, P., inventores. NANJING PINGYU ENVIRONMENTAL ENGINEERING CO., LTD, cessionária. High-efficiency straw biogas fermenting device. China patente CN103045465A. 21/12/2012.

WEBER, M.I. Avaliação da eficiência de um reator anaeróbico de leito fluidizado para o tratamento de resíduos líquidos da indústria de refrigerantes. Dissertação (mestrado) – UFP, Curitiba. 2006. Disponível em: <http://www.ppgerha.ufpr.br/publicacoes/dissertacoes/files/120-Marisa_Isabel_Weber.pdf>. Acesso em Janeiro de 2017.

WEI, W.; HAN, F., inventores. XUZHOU YUXIN ENVIRONMENTAL PROTECTION BUILDING MATERIALS CO., LTD, cessionária. Method for preparing solid biomass fuel. China patente CN104987908A. 21/10/2015.

WERENER, F. Status and perspectives for digestate treatment, Nitrogen Recovery as one important task for closure of nutrient cycles. University of Natural Resources and Life sciences Viena, Department, IFA- Tulin, Institut for environmental Biotechnology, Konrad Lorenz. 2014. Disponível em: <<http://conference.sgc.se/ckfinder/userfiles/files/3Fuchs.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2017.

WILKIE, A. C. Biomethane from biomass, biowaste and biofuels. In: WALL, J. D.; HARWOOD, C. S.; DEMAINE, A. (Eds.). *Bioenergy*, p. 195-205. Washington D.C.: ASM Press, 2008.

WILKIE, A. C.; RIEDESEL, K. J.; OWENS, J. M. Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks. *Biomass and Bioenergy*, v. 19, p. 63-102, 2000.

WU, A.; CAO, J.; ZHU, D.; QU, H.; WANG, P.; LI, R.; MA, B. Pilot experiment on biogas production of dry fermentation of wheat straw and cow dung with composting pre-treatment. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, v. 31, i. 22, p. 256-260, 2015

XIE, L.; LIU, H.; CHEN, Y.; ZHOU, Q., inventores. TONGJI UNIVERSITY, cessionária. Method for preparing rapid external carbon source through cassava ethanol wastewater. China patente CN103304042A. 18/09/2013.

XIE, L.; LIU, H.; CHEN, Y.; ZHOU, Q., inventores. TONGJI UNIVERSITY, cessionária. Method for directionally adjusting and controlling anaerobic fermentation acid production components of cassava alcohol wastewater. China patente CN103540619A. 29/01/2014.

XIONG, W.; RAINER, K.; LI, J., inventor. HUBEI LVXIN ECOLOGICAL TECHNOLOGY CO., LTD, cessionário. Pretreatment process of biogas fermentation system. China patente CN105018536A. 07/07/2015.

XU, W., inventor. ANHUI DADI ENERGY SAVING SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD, cessionário. "Process for co-producing ethyl alcohol and marsh gas through plant straw" China patente CN105603003A. 26/01/2016.

XU, Y. HE, R., HU, J., KANG, Z., inventores. NANJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY; NANJING GONGDA ENVIRONMENT TECHNOLOGY CO., LTD, cessionários. Technology for preparing organic fertilizer from blue algae, reed, and paddy rice straw. China patente CN104119111A. 29/10/2014.

YANG, S.; XIAO, T.; LI, J.; DONG, C. Densified biomass fuels production from crop straw pretreated by anaerobic fermentation. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, v. 29, i. 17, p. 182-187, 2013.

YANG, X.; MA, X.; LI, H., inventor. Henan Tianguan Biofuel Engineering Technology CO., LTD, Cessionário. Hot-washing detoxication technique for enhancing enzymatic saccharification efficiency of wood fiber raw material. China patente CN 104046655. 17/09/2014.

YEBO, L.; PARK, S.Y.; ZHU, J. Solid-state anaerobic digestion for methane production from organic waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, I. 1, p. 821-826, 2011.

YUE, W.; DANG, J.; XIE, R., inventores. HARBIN DALIANG INDUSTRIAL CO., LTD, cessionário. Dry type anaerobic fermentation feeding device. China patente CN103060178A. 27/12/2012.

ZANETTE, A.L., 2009. Potencial de aproveitamento energético do biogás no Brasil. Dissertação (mestrado) – UFRJ/COPPE/Programa de Planejamento Energético, Rio de

Janeiro. Disponível em: <ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/zanette_luiz.pdf>. Acesso em Janeiro de 2017.

ZENG, F.; ZENG, S., inventores. ZHONGSHAN CHENGMING AGRICULTURE TECHNOLOGY DEVELOPMENT CO., LTD, cessionário. Crop straw based culture medium and making method thereof. China patente CN105613243A. 29/03/2016.

ZHENG, J., inventor. Shanghai Gaosheng Industrial Co., LTD, cessionário. Method for preparing biogas and carbonate by straw wastes. China patente CN103074134A. 01/05/2013.

ZHOU, Z.; MENG, Q.; REN, L., Inventor; China Agricultural University, Cessionário. Microbial fermentation method for steam-exploded corn straw. China patente CN103392948B, 15/10/2014.

ZUPANCIC, G.D. et al. Full-scale anaerobic co-digestion of organic waste and municipal sludge. *Biomass and Bioenergy*, v. 32, i. 2, p. 162-167, 2008.

Apêndice A – Documentos Coletados da Palha

Os documentos analisados referentes à digestão anaeróbica de palha estão apresentados nas tabelas abaixo, separados por patentes concedidas, solicitadas e artigos. Seu número de publicação, título e objetivo resumido de cada documento está explicitado.

Quadro A.0.1 - Patentes Concedidas

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN103740767B	<i>Pretreatment method capable of improving straw biomass anaerobic digestion rate</i>	Metodologia de pré-tratamento químico ácido em ambiente compacto e selado antes de inoculá-lo e seguir com o processo de digestão anaeróbica a temperaturas mesofílicas por 15 a 20 dias.
US9416374B2	<i>Method for treating lignocellulose-bearing materials</i>	Pirólise é realizada sobre resíduos ricos em lignocelulose para gerar <i>biochar</i> (carvão de biomassa) e gás de pirólise, que é injetado em lodo de digestor anaeróbico para ser codigerido e gerar metano. Assim, é possível purificar alguns componentes, como CO ₂ , do gás de pirólise e gerar metano.
US8993288B2	<i>Method for converting biomass to methane</i>	Pirólise de baixa temperatura e longo período (175-325°C, 0,1 a 2h) e esse material é destilado em compostos solúveis em água para serem digeridos anaerobicamente, gerando biogás.
CN103601182B	<i>Preparation method of straw anaerobic fermentation residue active carbon for processing cadmium-containing waste water</i>	Uso do digestato da produção de biogás a partir da palha para gerar carvão ativado para tratamento de águas residuais contaminadas com cádmio. O digestato é macerado, tratado com hidróxido de potássio, seco, lavado com água aquecida, seco novamente e granulado. Gera carbono ativado excelente para a adsorção de íons de cádmio.
CN102827879B	<i>Method for improving straw methane yield through pure ammonia wet process soaking normal temperature pretreatment</i>	Metodologia para o pré-tratamento da palha, que é umedecida com amônia a 2/6% por aproximadamente 5 dias. Auxilia tanto quimicamente quanto na proporção C:N.
CN102604998B	<i>Method for increasing wheat straw anaerobic gas yield through pretreatment of catalysis-ammoniation on wheat straws in solid state at normal temperature</i>	Solução de amônia e antraquinona são misturadas a palha de trigo e selados para pré-tratamento químico antes da digestão anaeróbica, o que aumenta a produção de biogás.
CN102586333B	<i>Method for improving straw methane yield and reducing methane liquid by methane liquid circulation</i>	Metodologia de reciclagem de líquido residual do processo de acordo com a concentração de nitrogênio e de diversos outros parâmetros nutricionais.
CN103409469B	<i>Method for promoting cellulose anaerobic degradation-based methane production</i>	Pantotenato de sódio (vitamina B5) e ácido tetrahidrofóbico (cofator no metabolismo de aminoácidos e ácidos nucleicos) são misturados à palha para a promoção da digestão anaeróbica para a melhor degradação da celulose.
CN103103117B	<i>Methane fermentation device for straw</i>	Sistema para a digestão anaeróbica de palha que contém o tanque e equipamentos de armazenamento.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN103074208B	<i>High-concentration straw methane fermentation equipment</i>	Sistema para a digestão anaeróbica sólida de palha que contém o tanque e equipamentos de armazenamento.
CN103060179B	<i>Large granular straw biogas fermentation device</i>	Sistema para a digestão anaeróbica de palha granulada que contém o tanque e equipamentos de armazenamento.
CN103392948B	<i>Microbial fermentation method for steam-exploded corn straw</i>	Palha de milho que sofreu explosão a vapor é inoculada com micróbios produtores de enzimas e digerido anaerobicamente para a produção de alimento animal.
CN103304286B	<i>Organic fertilizer production process</i>	Pó de palha é codigerido com excrementos e urina de gado que foi previamente digerido para obtenção de fertilizante orgânico.
CN103451095B	<i>Method for preparing marsh gas through straw, excrement and kitchen waste</i>	Metodologia para a produção de biogás a partir de palha, excrementos e restos de alimentos. A palha é macerada e misturada homoganeamente aos restos de alimentos e excrementos antes de sofrer digestão anaeróbica para a produção de biogás.
CN103865791B	<i>Treating device and treating method for streptomycin dregs</i>	Restos de bactérias produtoras de estreptomicina são codigeridas anaerobicamente com palha e restos de cogumelos (controlando, assim, a razão C/N) para a produção de biogás e fertilizante. A matéria prima sofre pré-tratamento alcalino e térmico e é digerida em reator anaeróbico de batelada sequencial (ASBR).
CN104445611B	<i>Resourcelization treatment method of landfill leachate</i>	A palha é utilizada para absorver lixiviado de aterro e codigerido para gerar biogás. O digestato é desidratado e incinerado para geração de energia elétrica.
CN103436440B	<i>Micro-aerobic straw pretreatment and hydrogen and marsh gas combined fermentation system and method</i>	Pré-tratamento microaeróbico de palha para a produção concomitante de biogás e biohidrogênio. O percolado desse pré-tratamento é usado para a produção fotossintética de H ₂ , enquanto o resíduo sólido é usado para a produção de biogás.
CN103436435B	<i>Crop straw co-fermentation device</i>	Equipamento que inclui tanques de pré-tratamento e fermentação para a digestão anaeróbica de palha que contém pré-tratamentos aeróbicos e microaeróbios antes do anaeróbico e onde o digestato pode ser usado como fertilizante e a eficiência da produção de metano, aumentada.
CN103436434B	<i>Crop straw pre-treatment reaction tank</i>	Tanque para o pré-tratamento para a digestão anaeróbica de palha que contém pré-tratamentos aeróbicos e microaeróbios.
CN102876727B	<i>Method for preparing methane by combined fermentation of enteromorpha and straw biomass</i>	Enteromorfa (tipo de macroalga) é fermentada e seu líquido residual é usado como fonte de nitrogênio na codigestão anaeróbica de palha em duas etapas para a geração de biogás.
CN103359825B	<i>Method for treating pig farm wastewater by using straw</i>	A palha é codigerida com água residual de suinocultura para a produção de biogás em lagoa anaeróbica.
US9476066B2	<i>Production of products with favourable GHG emission reductions from cellulosic feedstocks</i>	Combinação de processos físicos e químicos não especificados para extrair as substâncias ricas em açúcar de resíduos ricos em celulose para realização de separação sólido-líquido. A fração líquida sofre digestão anaeróbica e a sólida, processo térmico.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN104099374B	<i>Method for producing methane through mixed slaking of straw stalks subjected to alkali treatment and surplus sludge</i>	Metodologia de pré-tratamento químico alcalino em palha e sua codigestão com lodo para a produção de biogás.
CN103602580B	<i>Apparatus for producing biogas by utilizing rural multivariate organic waste</i>	Dispositivo para a produção de biogás a partir da codigestão de palha e diversos outros resíduos orgânicos. Contém diversos equipamentos que vão desde o pré-tratamento à coleta do gás e do digestato.
CN103911397B	<i>Method of feeding tourmaline product for improving biogas production rate</i>	Codigestão anaeróbica de dejetos bovinos, palha e minério turmalina processado. A turmalina aumenta a produção de biogás em 20-50% e o conteúdo de metano é aumentado em 15-40%, bem como a remoção de demanda química de oxigênio.
CN102453676B	<i>Straw starter and use of the straw starter in straw fermentation</i>	Metodologia para o pré-tratamento de palha ao adicionar um preparado microbiológico diverso e realizar digestão em condições aeróbicas específicas. Assim, a palha estará pronta para a digestão anaeróbica.
CN104046654B	<i>Method for producing methane from plant straws and activated sludge</i>	Metodologia para a produção de biogás a partir da codigestão de palha e lodo. A palha é triturada, seca e sofre adição de solução alcalina antes de ser digerida com o lodo em condições que beiram a mesofílica e termofílica.
JP5851790B2	<i>METHOD FOR RECOVERING ENERGY BY RAPID ANAEROBIC FERMENTATION TREATMENT OF FINE GRINDING RICE STRAW, AND METHOD FOR RECOVERING FERMENTATION GAS IN SOIL BY FERMENTATION GAS CIRCULATION</i>	Palha de arroz triturada é misturada ao solo de arrozal para a geração de biogás
JP5567718B1	<i>METHANE FERMENTATION METHOD, STRAW MATERIAL AND BEDDING</i>	Palha é cominuída em macerador rotatório e digerida anaerobicamente em temperatura termofílica para a excelente fermentação e reuso de recursos.
CN104355707B	<i>Dry and wet combined digestion treatment method for livestock manure and straw</i>	Combinação de codigestão úmida e sólida de palha e excrementos animais.
CN102965396B	<i>Application of schizochytrium thallus residue containing normal hexane</i>	Os resíduos líquidos de talo de <i>Schizochytrium</i> contendo hexano (tipo de fungo marinho) são misturados como fonte de nitrogênio à palha em temperaturas mesofílicas.
CN104073445B	<i>Microbial agent for pretreatment of straws and manure biogas</i>	Agente microbiano acelerador do processo de codigestão de palha e dejetos bovinos.
CN102649934B	<i>Ultra-large type straw methane tank</i>	Tanque de fermentação anaeróbica maior específico para palha.
CN102649933B	<i>Double-mode methane tank</i>	Tanque de biogás que pode servir para a digestão tanto de palha quanto de excremento.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN103374521B	<i>Mechanical and hydraulic combined stirring straw anaerobic fermentation biogas preparation engineering device</i>	Equipamento para a mistura de palha em digestão anaeróbica sólida que combina equipamento mecânico e hidráulico.
CN103740585B	<i>Straw methane fermentation system</i>	Sistema de fermentação anaeróbica para a captação do metano gerado a partir de palha.
CN102586335B	<i>Ammonia-biological joint treatment method for fermenting wheat straws to produce biogas</i>	A palha de trigo sofre pré-tratamento de amoniação e biológico antes de ser fermentado para a produção de biogás.
US9217162B2	<i>Method and apparatus for anaerobic digestion for crop stalk</i>	Processo para realizar digestão anaeróbica de palha de colheita esmagada (pré-tratamento físico) para gerar biogás. Há duas etapas, sendo a primeira uma digestão anaeróbica com alto conteúdo de sólidos, seguido pela segunda, com digestor de hidrocirculação.
CN104357320B	<i>Device integrating straw pretreatment, two-phase fermentation and automatic hull breaking</i>	Tanque de pré-tratamento (não especificado) integrado a um reator anaeróbico de duas fases (uma fermentação sólida, outra líquida) capaz de operação contínua.
CN103627627B	<i>Household biogas system</i>	Sistema doméstico para a produção de biogás a partir de palha. A palha é macerada e alimentada de maneira semi-contínua, hidrolisada em pools separados do tanque de fermentação. O gás gerado é usado para o aquecimento da residência.
CN102757980B	<i>Method for producing methane through combination of perishable organic wastes and straws</i>	A palha e os demais resíduos orgânicos perecíveis são macerados. Os resíduos orgânicos perecíveis são inoculados em leitos percoladores sólidos e hidrolisados anaerobicamente, formando um percolado que é adicionado à palha macerada, aquecido e digerido anaerobicamente para gerar biogás.
CN103509827B	<i>Method for producing ethanol and biogas and co-producing electricity by using corn straws</i>	Produção concomitante de biogás, eletricidade e etanol a partir de palha de milho. A palha sofre explosão a vapor, destilação e sacarificação sincronizada, queima do resíduo sólido e digestão anaeróbica do líquido.
CN104086333B	<i>Special-purpose preparation for improving strong-saline soil and production method thereof</i>	Há tratamento térmico na palha de casca e talo do algodão e sua codigestão anaeróbica com dejetos bovinos para gerar fertilizante de solos muito salinos.
US8771980B2	<i>Combined liquid to solid-phase anaerobic digestion for biogas production from municipal and agricultural wastes</i>	Biomassa lignocelulósica é misturada a efluente de digestão anaeróbica em fase líquida e digerida anaerobicamente em fase sólida, gerando biogás e digestato, e as condições do processo são controladas.
CN102604996B	<i>Method for mixed fermentation of sludge disintegrated by low-strength ultrasonic wave and crop straws pretreated by fermentation broth and application of the method</i>	Palha pré-tratada biologicamente via fermentação e lodo desintegrado via ondas ultrassônicas são codigeridos anaerobicamente em duas fases em temperatura mesofílica, o que aumenta a geração de biogás.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
US9371545B2	<i>CONSORTIUM AND PREPARATION OF MICROORGANISMS FOR CATALYZING CELLULOSE HYDROLYSIS, PREPARATION FOR METHANE FERMENTATION SUPPLEMENTATION, COMBINATION PREPARATION, USE THEREOF AND METHOD USING THE SAME</i>	Consórcio microbiano especializado para o pré-tratamento da celulose e a mais fácil conversão deste resíduo em biogás.
CN103992153B	<i>Bio-organic fertilizer applicable to greenhouse in early spring and preparation method thereof</i>	Codigestão anaeróbica de dejetos bovinos, palha de milho, palha de sésamo, palha de feijão de corda e farelo de trigo para a produção de fertilizante para início de primavera. Após o inóculo, a matéria prima sofre digestão anaeróbica seguida de aeróbica e granulação.
CN103194387B	<i>System for generating sewage gas by straw</i>	Sistema para a produção de biogás a partir da palha de arroz, da maceração ao tanque de metano e mecanismos de controle e alimentação.

Fonte: Síntese Própria

Quadro A.0.2 - Patentes Depositadas

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN102793088A	<i>Forage grass prepared by performing biochemical treatment on corn stalk and preparation method for forage grass</i>	Processo de preparação de forragem. Palha de milho, rúmen, soja amadurecida, grãos de cervejarias, farelos são fisicamente macerados, umedecidos e inseridos em tanque anaeróbico. Em meio mesofílico (20~30°C), o material é degradado e amaciado, gerando forragem como digestato, e o biogás é reaproveitado energeticamente.
CN104073522A	<i>Technology for preparing methane through steam explosion sugarcane leaves dry-method anaerobic fermentation</i>	Pré-tratamento de explosão a vapor de folhas de cana de açúcar, inoculada e codigerida anaerobicamente em meio sólido com dejetos de porcos em temperatura mesofílica e C/N definido.
CN105603003A	<i>Process for co-producing ethyl alcohol and marsh gas through plant straw</i>	Coprodução de etanol de segunda geração e biogás a partir de palha. A palha sofre um pré-tratamento alcalino e, com a adição de nutrientes, sofre fermentação alcoólica. O resíduo sólido é misturado a arroz glutinoso (típico da Ásia) fermentado e sofre digestão anaeróbica junto a dejetos humanos e animais.
CN105603000A	<i>Technology for preparing marsh gas from water hyacinth, wheat straw and rice straw</i>	Codigestão de jacinto de água (planta aquática), palha de trigo e palha de milho para produção de biogás. As matérias primas são cominuídas, sofrem digestão aeróbica e digestão anaeróbica. Há adição de fertilizante nitrogenado antes da purificação do biogás. O objetivo é a destinação do jacinto, que é uma praga na região.
CN103468567A	<i>Garage type straw batch fermentation device</i>	Tecnologia de codigestão de palha e lixo doméstico em fermentador em batelada tipo garagem.
CN103468564A	<i>Household straw domestic waste high concentration anaerobic apparatus</i>	Tanque para a digestão anaeróbica sólida de palha em fazenda com peça de metal inoxidável que aprimora o processo de mistura.
CN105112456A	<i>Method for preparing biogas by utilizing anaerobic fermentation of agricultural straw</i>	Metodologia para codigestão anaeróbica de palha moída, lodo ativado, fungos brancos podres, ureia, carvão e dejetos de gado. Temperaturas entre mesofílica e termofílica.
CN105104742A	<i>Method for integrated utilization of agricultural waste resources</i>	Uso integrado de recursos agrários residuais misturados, como palha e dejetos de gado. Fermentação aeróbica em alta temperatura, seguido por cultivo de minhocas e codigestão anaeróbica em digestor anular a seco. Gera-se biogás, fertilizante e minhocas (fontes de proteína).
CN102559773A	<i>Method for improving methane-producing performance under synergistic action of mixed quasi-synchronous fermentation of multiple raw materials</i>	Metodologia para a codigestão de diversas matérias primas de diferentes tempos de processo de maneira concomitante, aumentando o tempo de digestão de materiais mais biodisponíveis e reduzindo o de recalcitrantes através de pré-tratamentos específicos.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN105132469A	<i>Method for using lignocellulose to produce biogas</i>	Pré-tratamento aeróbio facultativo de resíduo lignocelulósico pulverizado e dejetos animais seguido pela digestão anaeróbica para obter biogás.
CN105581021A	<i>Fast straw degradation agent as well as preparation method and application thereof</i>	Produto chamado "agente de degradação de palha" é criado a partir da mistura de palha digerida anaeróbia e aerobicamente, que após misturados, sofrem novamente digestão aeróbica.
CN105670910A	<i>Household semicontinuous straw anaerobic fermentation device</i>	Digestão anaeróbica de palha em reator semicontínuo com instrumentos que facilitam a entrada e descarga do reator.
CN105779506A	<i>Method for coproducing methane and ethanol</i>	Digestão anaeróbica de biomassa lignocelulósica para gerar metano e resíduos sólido e líquido. O resíduo sólido é seco e hidrolisado com enzimas para gerar etanol.
WO2012153189A2	<i>PROCESS AND SYSTEM FOR PRODUCING BIOGAS FROM ANAEROBIC DIGESTION OF PLANT BIOMASS IN SOLID PHASE</i>	O resíduo lignocelulósico sofre explosão de vapor, hidrólise com adição de enzimas e digestão anaeróbica em um único reator, gerando biogás e digestato.
CN105063095A	<i>Fermentation method of biomass biogas</i>	Pré-tratamento de digestão aeróbica de palha seguido de digestão anaeróbica para reduzir o tempo do processo e gerar energia a partir da palha.
CN104206828A	<i>Fermentation method for preparation of pig feed</i>	Produção de alimento para porcos a partir de palha de soja. A soja é pré-tratada fisicamente com cominuição e inoculada antes de sofrer digestão anaeróbica mesofílica.
CN104206826A	<i>Fermentation method for preparing sheep feed</i>	Produção de alimento para ovelhas a partir de palha de soja. A soja é pré-tratada fisicamente com cominuição e inoculada antes de sofrer digestão anaeróbica mesofílica.
CN104186925A	<i>Method for preparing feed through complex probiotic fermentation</i>	Há explosão a ar e quebra da palha de soja em um pó. Esse pó é misturado a farelo e polpa de grãos, inoculada e sofre digestão anaeróbica por 5 a 7 dias em condições mesofílicas para gerarem alimentação probiótica para porcos.
CN104171694A	<i>Preparation method of fermented feed specially used for beef cattle</i>	Há explosão a ar e quebra da palha de trigo em um pó. Esse pó é misturado a farelo de camarão, farelo de alfafa, alcaçuz e erva chinesa (<i>rhizoma atractylodis</i>). Depois é inoculada e sofre digestão anaeróbica por 6 a 8 dias em condições mesofílicas para gerarem alimentação probiótica para gado.
CN105039421A	<i>Method for coupling biogas preparation by means of maize straw with power generation waste-heat utilization</i>	Maceração de palha de milho, tratamento térmico e fermentação mesofílica. Há separação sólido-líquido, tratamento hidrotérmico, fermentação termofílica, separação sólido-líquido. Há secagem do digestato. Esse processo visa à troca de calor entre os processos para um melhor aproveitamento energético e a maior eficiência do processo ao combinar digestões mesofílicas e termofílicas.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN104087618A	<i>Straw mixed raw material fermentation charging and discharging blocking resisting method</i>	Método para o carregamento e descarregamento de palha para fermentação. A palha é cortada e sofre digestão aeróbica em piscina antes de ser enviada a tanque de fermentação. Graças ao pré-tratamento, o risco de bloqueio na descarga ou carregamento do tanque é reduzida.
CN102741390A	<i>Anaerobic process</i>	Reator de fluxo oscilatório (OFR) contínuo com diversos defletores. A palha é finamente triturada e inoculada, sendo essa uma fermentação úmida. É um reator que acelera o processo de digestão anaeróbica.
CN104152495A	<i>Method for anaerobically producing biogas with jerusalem artichoke straw as raw material</i>	Produção de biogás a partir da palha de alcachofra-girassol (<i>Jerusalem artichoke</i>). Primeiro há a quebra da palha e inóculo e a digestão segue há temperaturas altas (60~70°C) para que haja pirólise e aclimação das bactérias e arqueias. Adição de dejetos bovinos e codigestão.
DE102010025727A1	<i>Biogas plant fermenter feeding device, comprises a substance-receiving container, preferably to take solid organic substances including silage, separated slurry and/or straw and a downstream conveyor of substance receiving container</i>	Dispositivo de alimentação de fermentador anaeróbico sólido que recebe palha para a produção de biogás.
CN105087099A	<i>Device and method for pressing biomass particles by utilizing fermented biogas residues</i>	O objetivo é de reduzir o volume da palha excedente das plantações para seu melhor manuseio. Há o pré-tratamento de pulverização da palha, gerando pó de palha que é direcionado ao tanque de digestão anaeróbica para a geração de biogás. O digestato tem sua umidade corrigida e enviado para granulador, convertendo-o em partículas.
CN105177052A	<i>Straw fermentation technology</i>	A patente sugere que o tempo de estocagem da palha seja convertido em pré-tratamento de hidrólise.
US20120315674A1	<i>METHODS OF ENZYMATIC HYDROLYSIS</i>	Metodologia que se baseia em tratar biomassa lignocelulósica com mistura de vapor e SO ₂ , gerando condições ideais para a hidrólise enzimática. A taxa de hidrólise é indicada pelo índice de cristalinidade, que é calculado pela temperatura, tempo de residência e concentração de SO ₂ . Os açúcares gerados são destinados à digestão aeróbica ou anaeróbica.
NZ600127A	<i>Improved methods of enzymatic hydrolysis</i>	Metodologia que conecta o índice de cristalização de resíduo lignocelulósico para prever sua susceptibilidade a hidrólise enzimática. Em seguida, adicionar ácido e calor e realizar hidrólise enzimática, subsequentemente usando a glicose gerada para produção de biogás.
CN105776787A	<i>Method for reinforcing alkaline fermentation and acidogenesis of excess sludge by straws</i>	Codigestão de palha e lodo para o ajuste da proporção C:N e aumento da eficiência da acidogênese, pois o lodo, apenas, não possui matéria orgânica disponível suficiente para que essa fase seja efetiva.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN102604999A	<i>New method for pre-treating raw materials for fermenting wheat straw bio gas</i>	Novo método de pré-tratamento da palha de trigo para seu melhor aproveitamento na digestão anaeróbica. Sofre maceração, adição de ácidos voláteis ou água residual para pré-tratamento térmico.
CN105296568A	<i>Method for recycling alkali treatment lignocellulose waste fluid</i>	Método para o aproveitamento de resíduo de tratamento alcalino de lignocelulose. Realizar tratamento alcalino em resíduo lignocelulósico e separar o fluido residual da lignocelulose tratada. A lignocelulose é lavada. Esse líquido e o fluido residual são misturados, pH corrigido, sofrem precipitação de lignina e centrifugados, gerando sobrenadante e lignina precipitada. O sobrenadante livre de lignina é digerido anaerobicamente e os demais resíduos sólidos são hidrolisados com celulase e geram açúcares.
CN103060178A	<i>Dry type anaerobic fermentation feeding device</i>	Dispositivo para a alimentação de palha a tanque onde ocorrerá digestão anaeróbica a seco que realiza um pré-tratamento físico de quebra da palha.
CN105755052A	<i>Town multi-element organic waste for preparing biogas and method for preparing biogas from same</i>	Preparação de diversos resíduos para a codigestão anaeróbica e produção de biogás para uma cidade. A palha sofre pré-tratamento biológico ao ser misturada com dejetos de gado e sofrer hidrólise. Em seguida, a palha pré-tratada é misturada a diversos resíduos orgânicos para a produção de biogás.
CN105053734A	<i>Corn straw fermentation decomposing agent and application thereof in preparing corn straw pig feed</i>	Agente acelerador de decomposição para a digestão de palha macerada que facilita o processo. O digestato é usado como alimento para porcos e melhora a qualidade da carne.
CN105802839A	<i>Combined methane stirring device</i>	Equipamento de agitação especializado para a digestão anaeróbica de palha.
CN103290061A	<i>Method for converting agricultural solid waste into vehicle gas</i>	Processo para a conversão de resíduos agroindustriais em biocombustível gasoso para carros. A palha sofre explosão a vapor e fermentação anaeróbica em duas fases e o biogás gerado é purificado.
CN104046655A	<i>Hot-washing detoxication technique for enhancing enzymatic saccharification efficiency of wood fiber raw material</i>	A invenção tem como foco a técnica de desintoxicação por lavagem a quente de palhas e outras fibras para a sua conversão em bioprodutos ou bioenergia (biogás, etanol, etc.). Após sofrer pré-tratamento químico (ácido ou alcalino) ou físico (explosão a vapor), a palha sofre lavagem a quente. Em seguida, sofre separação sólido líquido sobre pressão e a parte sólida é resfriada antes de sofrer liquefação enzimática e fermentação sacarificação.
CN105018536A	<i>Pretreatment process of biogas fermentation system</i>	Pré-tratamento para resíduos ricos em lignina. Pré-tratamento físico de corte e maceração, pré-digestão anaeróbica primária em <i>plug-flow</i> para iniciar a decomposição seguido por decomposição térmica e seguindo para reator anaeróbico.
CN104232726A	<i>Marsh gas fermentation material and preparation method thereof</i>	Codigestão de restos de cogumelo enoki, alga verde (<i>enteromorpha</i>), palha de milho, palha de trigo, lodo de lago de peixes, dejetos animais e vinhoto de produção de vinho.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN105661063A	<i>Method for preparing live pig feed by utilizing green straw</i>	O objetivo é a produção de alimento para suinocultura. Há pré-tratamento físico de cominuição da palha de milho ou de trigo e mistura com farelo para inoculação e fermentação anaeróbica em saco plástico.
PL409256A	<i>Elaboration of methodology for preliminary processing of the lignocellulose-rich biomass using the phenomenon of sonification in order to shorten the duration of methane fermentation process</i>	Uso da sonicação como pré-tratamento de resíduos lignocelulósicos para agilizar a digestão anaeróbica.
WO2016145528A1	<i>LIGNOCELLULOSIC CONVE RSION PROCESS COMPRISING SULFUR DIOXIDE AND/OR SULFUROUS ACID PRETREATMENT</i>	Pré-tratamento químico do resíduo lignocelulósico com ácido sulfúrico e/ou sulfídrico e oxidação úmida para gerar resíduo rico em compostos fenólicos, que são digeridos anaerobicamente para gerar metano e ácido sulfídrico, que é reciclado ao processo.
CN103255178A	<i>Method for comprehensively utilizing crop straw</i>	Geração de biogás a partir de palha.
CN102731187A	<i>Liquid fertilizer used for eggplant based on biogas slurry and its application method</i>	O digestato obtido a partir da digestão anaeróbica de dejetos de gado e palha é misturado a diversos outros componentes antes de ser utilizado como fertilizante de berinjela.
CN105602841A	<i>Biomass continuous fermentation system</i>	Reator anaeróbico contínuo para a digestão de palha.
CN105140547A	<i>Six-tank circulating type marsh gas double-path SOFC anode fuel supply system</i>	Equipamento de circulação de gás com seis tanques de fermentação para a produção de biogás gerado a partir da digestão anaeróbica de palha como combustível gasoso de célula a combustível de óxido sólido (SOFC anode- solid oxide fuel cells).
US20150147796A1	<i>Method For Processing A Biomass Containing Lignocellulose</i>	Codigestão anaeróbica de biomassa lignocelulósica que sofreu explosão a vapor com estrume animal e/ou esgoto.
IN2086MUN2014A	<i>METHOD FOR PROCESSING A BIOMASS CONTAINING LIGNOCELLULOSE</i>	Processamento de biomassa rica em lignocelulose sem a necessidade de adição de água. A palha é pressionada por pistão repetidamente para gerar explosão a vapor e autohidrólise. Após esse processo, é misturada a dejetos de gado e digerida anaerobicamente.
CN103088074A	<i>Electrochemical synergic lignocellulose biodegrading method</i>	Tratamento hidrotérmico a 150~200°C, inóculo, produção de biogás sob voltagem de 0,05-0,5V com digestão em temperaturas mesofílica e termofílica para gerar biogás e fertilizante.
CN103045465A	<i>High-efficiency straw biogas fermenting device</i>	Dispositivo de fermentação de palha de alta eficiência que inclui tanque e equipamentos suporte de aquecimento que mantém temperatura mesofílica mesmo no inverno.
CN105755056A	<i>Method for generating methane jointly through bundled straw and livestock and poultry manure</i>	Codigestão mesofílica (30-35°C) de palha e esterco de gado. A palha é inoculada e selada em reator injetado com dejetos de gado.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN104120151A	<i>Dry anaerobic fermentation technology for preparing biogas from blue algae, reed, and paddy rice straw</i>	Tecnologia para digestão anaeróbica sólida a partir da codigestão de alga azul, cana e palha de arroz. As matérias primas são moídas, fermentadas de maneira úmida, misturadas e submetidas à digestão anaeróbica sólida. O biogás sofre purificação. A temperatura do processo é entre a mesofílica e termofílica (25-55°C).
CN104119111A	<i>Technology for preparing organic fertilizer from blue algae, reed, and paddy rice straw</i>	Tecnologia para digestão anaeróbica sólida a partir da codigestão de alga azul, cana e palha de arroz. As matérias primas são moídas, fermentadas de maneira úmida, misturadas e submetidas à digestão anaeróbica sólida e uma digestão aeróbia facultativa secundária. A temperatura do processo anaeróbico é entre a mesofílica e termofílica (25-55°C) e a aeróbia facultativa, termofílica (45-50°C). O digestato é granulado e transformado em fertilizante orgânico.
CN103461689A	<i>Cultivation method for earthworms by using waste domestic fungus bag</i>	Meio de cultivo de minhocas a partir da codigestão úmida de fungos, cama de frango, pó de palha, farelo. Em seguida, as minhocas são adicionadas ao digestato.
CN102334442A	<i>Straw biogas residue nutrition pot</i>	Pós tratamento do digestato gerado a partir da digestão anaeróbica de palha e adição de nutrientes para seu uso como fertilizante.
CN105087660A	<i>Closed-loop circulating production method for co-production of straw ethanol and methane</i>	Produção em ciclo fechado de metano e etanol a partir de palha. Pré-tratamento da palha em água a altas temperaturas, separação sólido-líquido, geração de etanol pela fermentação e destilação do resíduo sólido e preparação de metano a partir do líquido gerado. O digestato do biogás é reciclado para o pré-tratamento.
IN599CHN2014A	<i>BIOGAS FROM ENZYME TREATED BAGASSE</i>	Tratamento enzimático específico para a digestão anaeróbica de bagaços.
US20140106427A1	<i>Biogas From Enzyme-Treated Bagasse</i>	Produção de enzimas para o pré-tratamento da biomassa lignocelulósica e a produção posterior de biogás.
US20130330797A0	<i>Process for Producing Biogas from Pectin and Lignocellulose Containing Material</i>	Pré-tratamento enzimático (liquefação e sacarificação) de resíduos contendo pectina e lignocelulose para sua posterior digestão anaeróbica.
US20130040354A0	<i>Biogas Production Process With Enzymatic Pre-Treatment</i>	Pré-tratamento físico-químico (maceração com adição de soda cáustica) seguido por enzimático de resíduos contendo lignocelulose para sua posterior digestão anaeróbica.
CN105647791A	<i>Device using three-section excess sludge and straw to prepare biogas</i>	Equipamento que inclui uma unidade de alimentação, um tanque de digestão anaeróbica e um mecanismo transportador para a codigestão anaeróbica entre palha e lodo de esgoto. O objetivo é a destinação adequada dos resíduos.
CN102453731A	<i>Process and equipment for preparing biogas by continuous mode dry fermentation</i>	Digestor e equipamentos acessórios em processo contínuo de cofermentação anaeróbica sólida. Aproximadamente 30% da descarga do reator é reaproveitada ao tanque todo o dia e o líquido descarregado é aspergido dentro do reator.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN105087656A	<i>Method for preparing LNG by adopting straw</i>	Produção de LNG (gás natural liquefeito) a partir de palha. Esta sofre pré-tratamento de digestão aeróbica antes da anaeróbica. O gás é pressurizado e purificado antes da liquefação e estocagem.
CN105063097A	<i>Method for preparing CNG (compressed natural gas) from straws</i>	Produção de CNG (gás natural comprimido) a partir de palha. Esta sofre pré-tratamento de digestão aeróbica antes da anaeróbica. O gás é pressurizado e purificado antes da compressão e estocagem.
US20150275114A0	<i>PROCESS FOR CO-PRODUCTION OF BIO-ENERGY AND PRODUCTS FROM INTEGRATED CONVERSION OF BIOMASSES AND MUNICIPAL WASTES</i>	Coprodução de gás de síntese e biogás através da digestão anaeróbica da fração líquida de biomassa algal e lignocelulósica e através da conversão termoquímica da fração sólida. Os subprodutos são água filtrada e biomassa 'primária'. Busca-se a obtenção dos gases.
WO2013017289A2	<i>A METHOD FOR PRODUCING BIOFUEL AND BIOGAS FROM INSOLUBLE ORGANICS</i>	Pré-tratamento biológico de biomassa lignocelulósica para a produção posterior de biogás.
CN103088071A	<i>Preparation method of biomass energy block capable of generating biogas</i>	Pré-tratamento de fermentação e amonificação da palha misturada a excrementos a temperaturas entre psicrófilas e mesofílicas para gerar um produto de mais fácil produção de biogás.
CN103320475A	<i>Method for pretreating lignocellulose raw material by pyrolysis</i>	Metodologia de pirólise de matéria prima rica em lignocelulose para futura digestão anaeróbica a 170-260°C.
CN105586362A	<i>Method for producing methane through high-temperature dry type anaerobic co-fermentation</i>	Codigestão anaeróbica termofílica a seco é realizada em dejetos animais e palha com os parâmetros do processo bem definidos (C:N 20-35, VS 15-25%, TS 20-40%, T 55°C). Com isso, há redução da inibição por amônia ou acidez.
CN103074134A	<i>Method for preparing biogas and carbonate by straw wastes</i>	Palha é macerada e misturada a lixo doméstico antes de sofrer digestão aeróbica sob altas temperaturas. Logo, é umedecido (TS 8-12%) e sofre digestão anaeróbica mesofílica (33-37°C) OU mantido a altos valores de sólidos totais (20-30%) e digerido termofílicamente (53-57°C). O biogás é dessulfurizado por óxido de ferro a seco, descarbonizado com trietileno glicol, separado do metano em tanque aspergido com hidróxido de potássio, que é calcinado e gera carbonato.
CN102367458A	<i>Method for preparing methane by pretreating asparagus straws with NaOH</i>	Pré-tratamento alcalino de palha de aspargo após sua maceração e inóculo para produção de biogás.
CN103060181A	<i>Biological waste disposal device</i>	Dispositivo (digestor e acessórios) para a codigestão anaeróbica de dejetos biológicos e palha in situ.
US20130157334A0	<i>PROCESS FOR CONVERTING A LIGNOCELLULOSIC BIOMASS</i>	Pré-tratamento de biomassa lignocelulósica com ácido sulfúrico para a subsequente conversão em etanol e/ou butanol. O resíduo líquido rico em enxofre sofre digestão anaeróbica para a geração de biogás, que é dessulfurizado.
CN102703304A	<i>Efficient environment-friendly straw methane tank used in rural areas</i>	Tanque subdividido internamente em duas fases para processar palha em áreas rurais. O tanque tem forma de descarga mais simples.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN102719484A	<i>Crop straw ensiling and method for efficiently producing biogas by ensiled straws</i>	Palha verde é cominuída e misturada a aditivo de ensilagem. Após a ensilagem, a fase líquida sofre digestão anaeróbica para a produção de biogás.
CN105506030A	<i>Lignocellulose anaerobic methane-producing pretreatment and fermentation technology</i>	O resíduo lignocelulósico é macerado, hidrolisado com celulase, inoculado e digerido.
RO131499A	<i>PROCESS FOR BIOREFINING SUGAR-BEARING PLANTS AND EXTRACTING SUGARS FOR PREPARATION OF BIOFUELS AND OTHER BIOCOMPOUNDS</i>	Há processo de produção de etanol a partir da biomassa de planta rica em açúcar e o vinhoto gerado é digerido anaerobicamente, gerando biogás e fertilizante.
US2016230134A1	<i>METHOD AND PLANT FOR PRODUCING BIOGAS FROM LIGNOCELLULOSE-CONTAINING BIOMASS</i>	Metodologia e planta para a produção de biogás a partir de palha. Inclui o pré-tratamento físico de cominuição, aquecer a mistura com solução aquosa entre 130 e 200°C (tratamento térmico) e, finalmente, digestão anaeróbica da palha pré-tratada.
CA2896150A1	<i>METHOD AND PLANT FOR PRODUCING BIOGAS FROM LIGNOCELLULOSE-CONTAINING BIOMASS</i>	Produção de biogás a partir da palha. A palha cominuída sofre pré-tratamento químico a altas temperaturas e manutenção desta alta temperatura por longo período de tempo. Em seguida, digestão anaeróbica para produção de biogás.
CN103387459A	<i>Method for producing nutrient soil by virtue fermentation in biogas digester</i>	Digestão anaeróbica úmida de palha cominuída para gerar fertilizante.
CN104987908A	<i>Method for preparing solid biomass fuel</i>	Palha, folhas, casca de arroz e casca de milho são misturadas, pulverizadas e digeridas anaerobicamente. O digestato é, então, carbonizado e endurecido repetidamente até formar um combustível sólido de biomassa que pode ser usado como carvão.
CN103204714A	<i>Method for integral processing of breeding waste and crop straw by earthworms</i>	A palha é misturada aos dejetos da cultura de minhocas para sofrer digestão anaeróbica. O digestato é usado como cultura de minhocas.
CN105181635A	<i>Detection system for volatile solid content in fermentation broth during Eichhornia crassipes and rice straw mixing continuous anaerobic fermentation process</i>	Equipamento para a detecção do conteúdo de sólidos voláteis durante a codigestão contínua de jacinto de água e palha de arroz.
CN104031944A	<i>Method for increasing output of bagasse anaerobic digestion biogas through pretreatment</i>	Pré-tratamento enzimático para a produção de biogás a partir de biomassa lignocelulósica para digestão anaeróbica mesofílica com maior geração de metano.
CN105613243A	<i>Crop straw based culture medium and making method thereof</i>	Processo para a produção de adubo a partir de palha. A palha é umedecida e sofre digestão anaeróbica antes de sofrer compostagem e estar pronta para seu uso como adubo.

Fonte: Síntese própria

Quadro A.0.3 - Artigos

Número	Artigo	Objetivo do Documento
1	XING, W.; CHEN, X.; ZUO, J.; WANG, C.; LIN, J.; WANG, K. A half-submerged integrated two-phase anaerobic reactor for agricultural solid waste codigestion. <i>Biochemical Engineering Journal</i> , v. 88, p. 19-25, 2014.	Codigestão anaeróbica mesofílica de palha de trigo e resíduos hortifrúti (frutas e vegetais) em reator em batelada de duas fases (acidogênica-metanogênica). Essa separação auxiliou na maior eficiência da hidrólise sobre o material lignocelulósico.
2	LI, Y.; DONG, B.; QUAN, Z.; CHEN, J.; LIU, J.; CUI, Z.; CHENG, X. Biogas productivity potential of agricultural residue straw as mono-fermentation substrate. <i>Advanced Materials Research</i> , v. 347-353, p. 2582-2586, 2012.	Estudo do potencial de produtividade de biogás em diferentes tipos de palha (os com melhores resultados, em ordem, foram o trigo, arroz, milho, amendoim e soja). Foi realizado um pré-tratamento biológico microaeróbico para auxiliar a metanogênese em reator mesofílico em batelada.
3	QIAO, J.-T.; QIU, Y.-L.; YUAN, X.-Z.; SHI, X.-S.; XU, X.-H.; GUO, R.-B. Molecular characterization of bacterial and archaeal communities in a full-scale anaerobic reactor treating corn straw. <i>Bioresource Technology</i> , v. 143, p. 512-518, 2013.	O foco do artigo é a caracterização das comunidades microbianas na digestão anaeróbica de palha de milho.
4	SAPCI, Z. The effect of microwave pretreatment on biogas production from agricultural straws. <i>Bioresource Technology</i> , v. 128, p. 487-494, 2013.	Estudo em escala laboratorial de palhas (cevada, trigo de Primavera, trigo de Inverno e aveia) que sofreram pré-tratamento físico de microondas (um grupo sofreu pré-tratamento a seco, enquanto o segundo foi umedecido com água deionizada) para seguirem à digestão anaeróbica mesofílica em batelada. A temperatura do pré-tratamento afetou inversamente o a produção de biogás.
5	BÖSKE, J.; WIRTH, B.; GARLIPP, F.; MUMME, J.; VAN DEN WEGHE, H. Anaerobic digestion of horse dung mixed with different bedding materials in an upflow solid-state (UASS) reactor at mesophilic conditions. <i>Bioresource Technology</i> , v. 158, p. 111-118, 2014.	Dejetos de cavalo codigeridos anaerobicamente em condições mesofílicas com palha de trigo, linho, cânhamo e lascas de madeira, sendo a palha a melhor combinação com dejetos e que apresentou melhor potencial bioquímico de metano. Foram usados reatores <i>upflow</i> de estado sólido (UASS) de um e dois estágios e diferentes taxas de carga orgânica.
6	SAADY, N.M.C.; MASSÉ, D.I. A start-up of psychrophilic anaerobic sequence batch reactor digesting a 35 % total solids feed of dairy manure and wheat straw. <i>AMB Express</i> , v. 5 (1), Article number 55, 10p, 2015.	Codigestão psicrófila a seco de dejetos de gado e palha de trigo em reatores em batelada sequencial.
7	GOMEZ-TOVAR, F.; CELIS, L.B.; RAZO-FLORES, E.; ALATRISTE-MONDRAGÓN, F. Chemical and enzymatic sequential pretreatment of oat straw for methane production. <i>Bioresource Technology</i> , v. 116, p. 372-378, 2012.	Pré-tratamento sequencial de palha de aveia: ácido seguido por enzimático e inserido em UASB.

Número	Artigo	Objetivo do Documento
8	NARRA, M.; BALASUBRAMANIAN, V.; MEHTA, H.; DIXIT, G.; MADAMWAR, D.; SHAH, A.R. Performance evaluation of anaerobic hybrid reactors with different packing media for treating wastewater of mild alkali treated rice straw in ethanol fermentation process. <i>Bioresource Technology</i> , v. 152, p. 59-65, 2014.	Quatro reatores anaeróbicos híbridos com diferentes meios de empacotamento operaram em meio semicontínuo com palha de arroz tratada alcalinamente e advinda da produção de etanol.
9	HEEG, K.; POHL, M.; SONTAG, M.; MUMME, J.; KLOCKE, M.; NETTMANN, E. Microbial communities involved in biogas production from wheat straw as the sole substrate within a two-phase solid-state anaerobic digestion. <i>Systematic and Applied Microbiology</i> , v. 37(8), p. 590-600, 2014.	Estudo de comunidades microbianas envolvidas na produção de biogás a partir de palha de trigo em UASS de duas fases em diferentes temperaturas (mesofílica e termofílica). O termofílico foi mais eficiente.
10	DAI, B.L.; SHU, A.F.; UM, F.H.; XU, N.; WU, Z. Anaerobic fermentation characteristic of rice straw pretreated by HCl. <i>Applied Mechanics and Materials</i> , v. 587-589, p. 856-859, 2014.	Estudo das características da digestão anaeróbica a partir de palha de arroz pré-tratada com ácido HCl. A produção cumulativa de biogás deixou a desejar.
11	WU, J.; SUN, C.; LIU, R. Effects of urea treatment time on anaerobic fermentation of wheat straw for biogas production. <i>Taiyangneng Xuebao/Acta Energiae Solaris Sinica</i> , v. 34(9), p.1547-1550, 2013.	Efeitos positivos do pré-tratamento de ureia na digestão anaeróbica de palha de trigo.
12	LUO, L.; DING, Q.; GONG, W.; WANG, Z.; LI, W.; QIN, L. Urea ammoniated pretreatment improving dry anaerobic fermentation characteristics of rice straw. <i>Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering</i> , v. 31(9), p. 234-239, 2015.	O objetivo do artigo é o estudo do pré-tratamento com ureia da palha de arroz para o favorecimento da digestão anaeróbica a seco. A concentração de ureia foi mais efetiva quer a variação de temperatura durante o pré-tratamento, já que além de facilitar a hidrólise, reduz a proporção C/N a níveis favoráveis.
13	NIU, J.; LIU, L.; ZHANG, Q. Effect of biogas production characteristics of dry anaerobic fermentation of wheat straw pretreated by a microbial community with high cellulose-degradation ability. <i>Advanced Materials Research</i> , v. 347-353, p. 2996-3000, 2012.	Estudo do pré-tratamento biológico com comunidade microbiana de decomposição celulósica da palha de trigo para o favorecimento da digestão anaeróbica a seco. Não houve alteração do conteúdo de lignina e pouca alteração foi observada na celulose, porém a concentração de hemicelulose se mostrou reduzida pela metade. A produção de biogás foi elevada desde o início e se manteve estável.
14	LUO, T.; SHI, G.; MEI, Z.; SHEN, L.; XIONG, X.; LONG, E. Optimization on influencing factors of rice chopped straw anaerobic digestion. <i>Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering</i> , v. 30(17), p. 243-249, 2014.	Otimização do processo de digestão anaeróbica de palha de arroz em diferentes tamanhos de partícula, temperatura (todas dentro da mesofílica), sólidos totais e período de processo. Assim, poderia trabalhar com tamanhos de partícula um pouco maiores e evitar os altos gastos com pré-tratamentos mecânicos. O resultado mostrou que tamanhos de partícula inferiores e temperaturas elevadas eram mais apropriadas.

Número	Artigo	Objetivo do Documento
15	LUO, L.; LI, W.; XU, M.; LI, C.; DOU, Y. Effect of pretreatment methods on anaerobic fermentation characteristics from rice straw. <i>Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery</i> , v. 43(11), p. 152-156, 2012.	Digestão anaeróbica mesofílica de palha de arroz com diferentes pré-tratamentos. A aminação foi a mais eficiente.
16	ZHOU, D.; LI, J.; YANG, F.; WANG, C. Experimental research of batch co-anaerobic fermentation under constant temperature of mixed biomass. <i>Sensors and Transducers</i> , v. 167(3), p. 189-193, 2014.	Estudo da codigestão entre dejetos de gado e palha de milho em reator batelada e das suas proporções ótimas.
17	MA, X.; LI, C.; YUAN, X.; ZHU, W.; WANG, X.; CHENG, X.; CUI, Z. Fermentation technology for methane production using high solid content materials with straw and dairy manure. <i>Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering</i> , v. 30(14), p. 227-235, 2014	Codigestão de palha e dejetos de gado a seco em reator especializado para tal, com sistema de alimentação e de descarga especializados. Foram testadas % de sólidos totais diferentes.
18	ZHAO, L.; WANG, J.; TIAN, M.; LIU, Q.; LIU, H. Study on technology for biogas production by straw dry anaerobic fermentation. <i>World Automation Congress Proceedings</i> , article number 6321423, 2012.	Para a otimização do processo, foram investigados diversos parâmetros do processo à seco (tamanho de partícula, pré-tratamentos, inóculo e C:N). A temperatura mesofílica de 20% de sólidos, pré-tratamento biológico com adição de micro-organismos, partícula de 2mm, 30% de inóculo e C:N de 25.
19	SONG, Z.; QIN, J.; YANG, G.; FENG, Y.; REN, G. Effect of human excreta mixture on biogas production. <i>Advanced Materials Research</i> , v. 347-352, p. 2570-2575, 2012.	Efeitos da codigestão de dejetos humanos com palha de trigo em diferentes temperaturas e como isso afeta a produção de biogás doméstico.
20	WANG, Z.; LIU, Y.; CAI, K.; LI, W. Influence of ammoniation pretreatment characteristics on dryanaerobic digestion of chicken manure and rice straw. <i>Taiyangneng Xuebao/Acta Energetica Solaris Sinica</i> , v. 35(3), p. 421-425, 2014	Influência do pré-tratamento de amoniação na digestão anaeróbica seca e mesofílica de palha de arroz e cama de frango.
21	LEBUHN, M.; HANREICH, A.; KLOCKE, M.; SCHLÜTER, A.; BAUER, C.; PÉREZ, C.M. Towards molecular biomarkers for biogas production from lignocellulose-rich substrates. <i>Anaerobe</i> , v. 29, p. 10-21, 2014.	Codigestão em duas fases de palha e feno a diferentes temperaturas (meso e termofílica) e pH. Houve caracterização e biomarcação da biota do meio.
22	WANG, C.; ZUO, J.; CHEN, X.; XING, W.; XING, L.; LI, P.; LU, X.; LI, C. Microbial community structures in an integrated two-phase anaerobic bioreactor fed by fruit vegetable wastes and wheat straw. <i>Journal of Environmental Sciences (China)</i> , v. 26(12), p. 2484-2492, 2014.	Estudo da estrutura microbiana em biodigestor de 2 fases codigerindo dejetos de hortifrúti e palha de trigo.

Número	Artigo	Objetivo do Documento
23	SHI, X.; YUAN, X.; JIA, Z.; QIU, Y.; WANG, C.; GUO, R. Start-up process for high-solid anaerobic fermentation of corn straw. <i>Huagong Xuebao/CIESC Journal</i> , v. 65(5), p. 1862-1867, 2014.	Foi realizada digestão anaeróbica a seco (alto teor de sólidos) de palha de milho. Foram testados diferentes inóculos, métodos de reciclagem de resíduo e a biota foi caracterizada. Estudos revelaram que o inóculo preparado a partir de lodo da própria palha de milho se mostrou mais efetivo que o com lodo, o que é esperado, pois o sistema microbiano existente já está otimizado para aquele processo.
24	LI, W.; LUO, L.; DOU, Y.; XU, M.; WANG, X.; YUAN, H. Wet and dry coupling anaerobic fermentation process and fermentation characteristic test. <i>Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery</i> , v. 44(5), p. 148-153, 2013.	Combinação entre fermentação anaeróbica líquida (usando dejetos de gado) e seca (palha e o digestato da fermentação líquida).
25	XIE, X.; ZHOU, J.; WU, M.; YONG, X.; WANG, S.; ZHENG, T. Effect of acid and alkali pretreatment on anaerobic fermentation of artemisia selengensis straw. <i>Huagong Xuebao/CIESC Journal</i> , v. 65(5), p. 1883-1887, 2014.	Pré-tratamento ácido e alcalino em diferentes concentrações de palha de <i>Artemisia selengensis</i> (<i>Chinese mugwort</i> ou Artemisia Chinesa) para avaliar qual seria mais eficiente, sendo definido que o pré-tratamento alcalino com 2% de NaOH foi o melhor.
26	SHI, L.; LI, J.; ZHANG, W.; LIU, H. Effect of temperature on dry anaerobic fermentation of animal manure and straw. <i>Advanced Materials Research</i> , v. 608-609, p. 236-241, 2013.	Efeito da temperatura (ambiente (psicrófila), mesofílica e termofílica) na codigestão anaeróbica a seco de dejetos animais e palha. A mesofílica se mostrou mais eficiente.
27	NIU, M.; WANG, S.; XU, W.; GE, A.; WANG, H. Effect of a cellulose-degrading strain on anaerobic fermentation of corn straw. <i>Advanced Materials Research</i> , v. 356-360, p. 2510-2514, 2012.	Efeito da bioadição de uma cepa que degrada celulose na digestão anaeróbica de palha de milho. Houve codigestão da palha com dejetos de porcos e foram analisados diversos parâmetros do processo (pH, proporção de VFA, etc.).
28	WU, A.; CAO, J.; ZHU, D.; QU, H.; WANG, P.; LI, R.; MA, B. Pilot experiment on biogas production of dry fermentation of wheat straw and cow dung with composting pretreatment. <i>Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering</i> , v. 31(22), p. 256-260, 2015.	Codigestão anaeróbica mesofílica de palha de trigo e dejetos de gado a seco. O pré-tratamento de compostagem não foi efetivo, pois consumiu substrato da digestão anaeróbica e reduziu a produção de biogás.
29	ZHANG, M.; GAO, T.; LI, K.; LÜ, Y.; ZHU, Y. Effects of different nitrogen sources on anaerobic fermentation of wheat straw at normal and mesophilic temperatures. <i>Chinese Journal of Environmental Engineering</i> , v. 7(9), p. 3589-2593, 2013.	Os efeitos das diferentes fontes de nitrogênio na digestão anaeróbica de palha de trigo em temperaturas psicrófilas e mesofílicas (20 e 35°C), incluindo a codigestão com dejetos bovinos ou adição de ureia. A melhor temperatura foi a de 35°C.
30	ZHOU, S.; ZHANG, Y.; DONG, Y. Pretreatment for biogas production by anaerobic fermentation of mixed corn stover and cow dung. <i>Energy</i> , v. 46(1), p. 644-648, 2012.	Pré-tratamento de compostagem (empilhar palha) e como isso afeta a codigestão anaeróbica de palha de milho e dejetos bovinos.

Número	Artigo	Objetivo do Documento
31	WANG, D.; AI, P.; YAN, L.; YU, L.; YAN, S.; ZHANG, Y. Property analysis of two-step anaerobic digestion of rice straw pretreated by dilute acid and dilute alkali. <i>Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery</i> , v. 46(2), p. 168-175 and 180, 2015.	Efeito do pré-tratamento com ácido e base em palha de arroz que será anaerobicamente digerida em reator de duas fases.
32	CHEN, G.; BI, J.; DU, J.; CHANG, Z.; YE, X. Optimization experiment of straw-bed anaerobic fermentation system for biogas production. <i>Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering</i> , v. 32(1), p. 250-257, 2016	Otimização da codigestão de palha e águas residuais de gado em biorreator novo e contínuo, com leito de palha (fase estacionária) e fase móvel de águas residuais de gado. Foram testadas diferentes condições de processo e posicionamento dos equipamentos envolvidos no reator.
33	LI, H.-H.; BA, Q.-Y.; YAN, Z.-Y.; LIU, X.-F. Studies on microbial community of different materials and anaerobic fermentation. <i>Zhongguo Huanjing Kexue/China Environmental Science</i> , v. 35(5), p. 1449-1457, 2015.	Estudo da comunidade microbiana da digestão anaeróbica de diferentes materiais como cama de frango, dejetos de porcos, dejetos de vaca e palha. A palha, sozinha, não apresentou grande produção de biogás (apenas superior aos dejetos de vaca), porém o inóculo usado não foi estabilizado e não há evidência de pré-tratamento da palha.
34	YANG, S.; XIAO, T.; LI, J.; DONG, C. Densified biomass fuels production from crop straw pretreated by anaerobic fermentation. <i>Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering</i> , v. 29(17), p. 182-187, 2013.	O artigo sugere a produção concomitante de biogás e combustível denso de biomassa ((<i>densified biomass fuel</i>)) a partir da palha do milho. Primeiramente haveria a digestão anaeróbica mesofílica em estado líquido (12% TS) e, em seguida, sofre processos físicos para análise da possibilidade de produção de DBF. A porcentagem de lignina do digestato era superior bem como outras características quando comparado à palha de milho pura, logo seria potencialmente um DBF mais eficiente (reduzir o desgaste do material final devido a menor recalcitrância do digestato em comparação à palha).
35	XU, G.; FAN, S.; ZHANG, B.L.; LIU, J. Anaerobic fermentation characteristics of corn straw pretreated by steam explosion. <i>Advanced Materials Research</i> , v. 512-515, p. 334-337, 2012.	Estudo da produção de biogás a partir de palha de milho verde e seca que sofreu pré-tratamento de explosão a vapor.
36	BI, J.-H.; CHENG, G.-Y.; CHEN, L.; LI, Y.-L.; HEI, K.-L.; ZHANG, Y.-P.; HUO, L.-J.; CHANG, Z.-Z. Chemical composition of different parts of chili stalks and their biogas production potentials during anaerobic fermentation. <i>Zhongguo Huanjing Kexue/China Environmental Science</i> , v. 36(7), p. 2073-2078, 2016.	Tentativa de caracterizar a composição química da palha de chili através da digestão anaeróbica separada de suas partes.

Número	Artigo	Objetivo do Documento
37	LI, W.; DING, Q.; WEI, D.; LUO, L.; WANG, Q.; WANG, J. Aerobic and anaerobic two-phase fermentation process and biogas production characteristic of rice straw. <i>Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery</i> , v. 47(3), p. 150-157, 2016.	Processo de pré-tratamento biológico aerado para compensar a hidrólise lenta do processo anaeróbico, seguida da digestão anaeróbica mesofílica de palha de arroz.
38	LUO, L.; LI, W.; DOU, Y.; WANG, X.; XU, M. Effect of urea pretreatments on solid-state anaerobic digestion of rice straw for improving biogas production. <i>International Agricultural Engineering Journal</i> , v. 22(1), p. 7-13, 2013.	Pré-tratamento químico com adição de ureia seguido pela digestão anaeróbica sólida e mesofílica de palha de arroz.
39	SONG, Z.; YANG, G.; ZHANG, T.; FENG, Y.; REN, G.; HAN, X. Effect of Ca(OH) ₂ pretreatment on biogas production of rice straw fermentation. <i>Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering</i> , v. 28(19), p. 207-213, 2012.	Efeito do pré-tratamento alcalino com hidróxido de cálcio sobre a digestão anaeróbica de palha de arroz.
40	FENG, X.; WANG, J.; PENG, S.; MA, D.; YUE, Z. Effects of algae-residue addition on corn straw anaerobic fermentation characteristics. <i>Chinese Journal of Environmental Engineering</i> , v. 9(6), p. 2986-2990, 2015.	Codigestão de palha de milho e algas para suprir a concentração de nitrogênio.
41	WANG, D.; AI, P.; YU, L.; TAN, Z.; ZHANG, Y. Comparing the hydrolysis and biogas production performance of alkali and acid pretreatments of rice straw using two-stage anaerobic fermentation. <i>Biosystems Engineering</i> , v. 132, p. 47-55, 2015.	Em reator de batelada de dois estágios de digestão anaeróbica de palha de arroz, foi testado tanto o pré-tratamento alcalino (NaOH) quanto ácido diluído (HCl). O ácido foi mais eficiente.
42	ZHU, D.; XIE, H.; CAO, J.; HAN, B.; LI, R.; WANG, P.; QU, H.; ZHAO, W.; WANG, D.; MA, B. Design and application of dry anaerobic fermentation system using flexible membrane-covered garage. <i>Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering</i> , v. 32(8), p. 177-183, 2016.	Foco específico no design e aplicação de digestor anaeróbico de garagem que efetivamente tratava palha, dejetos animais e outros resíduos sólidos.
43	XU, G.; FAN, S.; WANG, X.; TIAN, D.; ZHANG, B. Anaerobic fermentation characteristic of green corn straw pretreated by steam explosion. <i>Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering</i> , v. 28(13), p. 205-210, 2012.	Fermentação anaeróbica de palha verde de milho que sofreu pré-tratamento de explosão a vapor.

Número	Artigo	Objetivo do Documento
44	LIU, A.; XU, S.; LU, C.; PENG, P.; ZHANG, Y.; FENG, D.; LIU, Y. Anaerobic fermentation by aquatic product wastes and other auxiliary materials. <i>Clean Technologies and Environmental Policy</i> , v. 16(2), p. 415-421, 2014.	Codigestão de resíduo marinho orgânico e palha de arroz, pó de casca de amendoim e restos de alimentos (9:1). O processo foi efetivo na produção de biogás.
45	ZHANG, T.; MAO, C.; ZHAI, N.; WANG, X.; YANG, G. Influence of initial pH on thermophilic anaerobic co-digestion of swine manure and maize stalk. <i>Waste Management</i> , v. 35, p. 119-126, 2015.	Estudo da influência do pH inicial na codigestão termofílica de dejetos suínos e palha de milho.
46	SI, B.; ZHANG, Y. Prediction of methane production from straw using thermodynamic electron equivalents model. <i>Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering</i> , v. 29(7), p. 170-176, 2013.	Uso de modelagem para a previsão da produção de biogás a partir de palha de milho, arroz e trigo.
47	DUBROVSKIS, V.; PLUME, I.; KAZULIS, V.; CELMS, A.; KOTELNECS, V.; ZABAROVSKIS, E. Biogas production potential from agricultural biomass and organic residues in Latvia. <i>Engineering for Rural Development</i> , v. 11, p. 566-571, 2012.	Potencial de produção de biogás a partir de palha de cevada, folhagem e algas, muito encontrados na Latvia.
48	MAROUSEK, J. Study on commercial scale steam explosion of winter brassica napus STRAW. <i>International Journal of Green Energy</i> , v. 10 (9), p. 944-951, 2013.	Pré-tratamento de explosão a vapor de palha de <i>winter brassica napus (rapeseed)</i> antes da digestão anaeróbica termofílica.
49	ZHONG, C.; WANG, C.; WANG, F.; JIA, H.; WEI, P.; ZHAO, Y. Enhanced biogas production from wheat straw with the application of synergistic microbial consortium pretreatment. <i>RSC Advances</i> , v. 6(65), p. 60187-60195, 2016.	Estudo do pré-tratamento de bioadição (sinergia microbial, com bactérias e fungos) para a melhor produção de biogás a partir de palha de trigo. O processo aumentou em quase 40% a produção total de biogás e em 80% a de metano.
50	LAURINOVICA, L.; JASKO, J.; SKRIPSTS, E.; DUBROVSKIS, V. Biochemical methane potential of biologically and chemically pretreated sawdust and straw. <i>Engineering for Rural Development</i> , p. 468-471, 2013..	Potencial de produção de metano de <i>hardwood sawdust</i> e <i>rapeseed straw</i> foi estudado com a adição de pré-tratamento biológico (fungal) e químico (alcalino). A melhor produção foi a de palha tratada quimicamente.

Fonte: Síntese própria

Apêndice B – Documentos Coletados da Vinhaça

Os documentos analisados referentes à digestão anaeróbica de vinhaça estão apresentados nas tabelas abaixo, separados por patentes concedidas, solicitadas e artigos. Seu número de publicação, título e objetivo resumido de cada documento está explicitado.

Quadro B.0.1 - Patentes Concedidas

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
DE102007061137B4	<i>Device and method for converting fermentation stillage, accruing as waste product at the production of ethanol, in biogas</i>	Aparato composto por unidade de separação da fração da vinhaça em fina e grosseira, digestor para a fração fina e/ou grosseira.
KR101342156B1	<i>METHOD FOR PREPARING BIOFUELS AND BIOCHEMICALS USING ETHANOL FERMENTATION WASTE</i>	A vinhaça é inoculada e fermentada anaerobicamente em reatores batelada e contínuo, gerando biogás rico em hidrogênio e metano. Em processo alternativo, pode-se produzir butanol.
CN104140181B	<i>Processing method of cellulosic ethanol fermentation waste-liquid</i>	Método de tratamento da vinhaça advinda da produção de etanol 2G. A vinhaça tem seu pH alterado com substâncias alcalinas e sofre digestão anaeróbica sobre pressão (enquanto a pressão atmosférica é por volta de 0,1MPa, a do reator é de 0,3~0,5MPa), o que reduz a inibição por sulfato.
CN103771655B	<i>Cellulose ethanol fermentation waste liquor treatment method</i>	A vinhaça altamente concentrada em sais produzida a partir da fermentação alcoólica de celulose é tratada em pool rico em íons de ferro que é promovido a óxido de ferro e reage com o sulfato, fazendo-o precipitar e não passar para a próxima fase, pois poderia inibir a metanogênese. Em seguida, ocorre a digestão anaeróbica sob pressão (0,3-0,5mPa), Oxidação Fenton, floculação e filtração. Assim, é possível eliminar a etapa de digestão aeróbica e reduzir custos.
CN103102036B	<i>Cellulose ethanol production wastewater treatment method</i>	A vinhaça altamente concentrada em sais produzida a partir da fermentação alcoólica de celulose é filtrada e resfriada antes de ser digerida de maneira anaeróbica em UASB. O digestato sofre digestão aeróbica, catálise oxidativa, seguido por uma segunda digestão aeróbica antes de ser filtrado.
CN103102011B	<i>Anaerobic bio-enhancement treatment method for cellulose ethanol wastewater</i>	Método de tratamento da vinhaça advinda da produção de etanol 2G. A vinhaça é digerida anaerobicamente por cepa específica para a oxidação do sulfato e, em seguida, é digerida para a formação de biogás.
CN102910777B	<i>Treatment method for wastewater generated in cellulosic ethanol production</i>	Método de tratamento da vinhaça advinda da produção de etanol 2G (palha de milho). A vinhaça é filtrada via filtro prensa, evaporada, resfriada, digerida anaerobicamente e aerobicamente e filtrada, podendo ser reciclada ao processo.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN102351386B	<i>Potato type ethanol wastewater treatment method and system</i>	Digestão anaeróbica termofílica de vinhaça de batata, gerando biogás e digestato. O digestato é flotado e filtrado, tendo seus nutrientes retirados, digerido anaerobicamente em temperatura mesofílica, digestão aeróbica e MBR aeróbico.
CN102660447B	<i>Comprehensive treatment and resource recycling method for wine brewing wastes</i>	A vinhaça e a água residual da produção de vinho são filtradas e digeridas para a geração de metano, que é usado para gerar energia térmica.
US8669083B2	<i>Biogas apparatus and biogas production process for integration with an ethanol production system and process</i>	Aparato para a produção combinada de biogás e etanol a partir do milho. Primeiro há uma unidade de pré-tratamento para a conversão da matéria prima em açúcar, que em seguida é inserido em fermentador para a fermentação alcoólica. Ocorre então a destilação, separando o álcool da vinhaça integral, que é separada em vinhaça fina e grãos de destilação. A vinhaça fina sofre digestão anaeróbica, gerando biogás.
CN102921700B	<i>Distillate spirit vinasse spot comprehensive utilization method</i>	Vinhaça de bebidas destiladas e aguardente (bebidas espirituosas) é convertida em biogás para uso em aquecimento. O resíduo líquido é recirculado ao sistema, enquanto o sólido pode ser utilizado como fertilizante.
US8153006B1	<i>Anaerobic treatment process for ethanol production</i>	Vinhaça fina da produção de etanol é digerida anaerobicamente em condições mesofílicas para gerar líquido rico em amônia, que retorna ao processo. O biogás sofre tratamento antes de ser usado para geração de energia térmica.
CN103030211B	<i>Method for treating molasses alcohol wastewater</i>	Codigestão anaeróbica de vinhaça de melaço e dejetos de porco em reator de circulação interna em escala piloto.
CN102586336B	<i>Two-stage conversion method for producing bio-methane</i>	Vinhaça de mandioca é filtrada, hidrolizada, acidificada, digerida anaerobicamente em dois estágios para gerar biogás que, dependendo da qualidade, é enviado para geração de energia térmica ou biocombustível veicular.
CN102873079B	<i>Method for removing sulfate radical in molasses alcohol wastewater by using bagasse ash</i>	Cinzas de bagaço são misturadas à vinhaça de melaço e a mistura é filtrada, sendo digerida anaerobicamente. A cinza de bagaço adsorve e precipita sulfatos, aumentando a produção de metano.
CN102910786B	<i>Method and equipment for high-concentration alcohol wastewater treatment</i>	Equipamentos e metodologia para o tratamento de vinhaça altamente concentrada, oriunda da produção de álcool. As impurezas mais grosseiras são retiradas via gradeamento, resfriadas em tanque, bombeadas em UASB e sofre floculação por cloreto de alumínio polimérico e flotação. Depois, é aerada e desinfetada. O biogás é desidratado e armazenado para energia térmica na fábrica. O lodo gerado é concentrado e desidratado, e o líquido gerado é bombeado novamente para o sistema.
CN103992012B	<i>Recycling system and technique for producing wastewater by cellulosic ethanol</i>	A vinhaça gerada a partir da destilação do álcool 2G é digerida anaerobicamente em dois estágios, sendo o primeiro termofílico e o segundo, mesofílico. Isso aumenta a eficiência do processo, reduz o consumo de água e melhora a qualidade do resíduo gerado.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN103243123B	<i>Novel recycling technology for high-value conversion of tubers vinasse</i>	Sistema diferenciado com zero emissões para a produção concomitante de álcool e biogás. Mandioca é fermentada alcoolicamente em temperatura mesofílica e destilada, gerando o álcool e a vinhaça de mandioca. A vinhaça é, então, digerida anaerobicamente para gerar biogás e o digestato é descarbonizado.
CN103274576B	<i>Method for reducing arsenic content of biogas slurry</i>	A patente tem como foco a redução do conteúdo de arsênico no digestato gerado a partir de fontes de carbono, como a vinhaça e se dá pela adição de cloreto de ferro (II) à fonte de carbono inoculada.
JP5846160B2	<i>APPARATUS AND METHOD FOR TREATING ALCOHOL PRODUCTION DRAINAGE</i>	Digestão anaeróbica de vinhaça condensada em reator anaeróbico de leito fluidizado (<i>upward flow fluidized bed</i>) e o parte do digestato retorna ao processo.
CN101711229B	<i>CONCURRENT ANAEROBIC DIGESTION AND FERMENTATION OF LIGNOCELLULOSIC FEEDSTOCKS</i>	Produção de etanol de segunda geração a partir de resíduos lignocelulósicos e realizando digestão anaeróbica da vinhaça para geração de biogás.
CN103922471B	<i>Efficient anaerobic reactor used for fuel ethanol waste water secondary anaerobic treatment</i>	Reator anaeróbico usado para tratamento de vinhaça integral gerada a partir de produção de álcool.
CN103936239B	<i>Advanced treatment process and system for cassava-based ethanol wastewater</i>	Tratamento avançado de vinhaça da produção de etanol de mandioca. Esta é submetida a digestão anaeróbica de múltiplos estágios, sendo o primeiro em reator anaeróbico de leito fluidizado, biorreator de membrana e nanofiltração.
CN103509827B	<i>Method for producing ethanol and biogas and co-producing electricity by using corn straws</i>	Coprodução de bioetanol, biogás e biomassa para combustão que é convertida em energia elétrica a partir da palha de milho. A palha sofre sacarificação e é fermentada alcoolicamente, gerando etanol e vinhaça. A vinhaça é separada fisicamente e a parte sólida é usada para queima, enquanto a líquida sofre digestão anaeróbica e gera biogás.
CN102643000B	<i>Method for improving semi-dry fermentation stability of municipal sludge by adding cassava vinasse</i>	Fermentação semi-sólida (12-18%) com a mistura de lodo e vinhaça de mandioca com o objetivo de reduzir os custos com agitação e balancear a proporção C:N.
MD4362C1	<i>Process for producing biohydrogen and biomethane</i>	Digestão anaeróbica em duas fases de vinhaça a partir da destilação de vinho em condições mesofílicas. Na primeira fase, são adicionados componentes nutricionais para garantir a geração de biohidrogênio, enquanto há codigestão com farinha de amaranto, excrementos de gado e/ou cama de frango para estimular a produção de metano.
MD4176C1	<i>Process for obtaining feed supplement, containing vitamin B12, and methane</i>	Produção de vitamina B12 e biogás a partir da digestão da vinhaça. Componentes nutricionais são adicionados (óleo de amaranto, complexo tartrate-amônia de cobalto e ferrocianeto de potássio) em condições mesofílicas. O biorreator age em duas fases (acetogênica e metanogênica), gerando biogás e digestato. Ao digestato é inserido diatomita e desidratado a vácuo para gerar B12.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN104178526B	<i>Method for producing marsh gas by two-phase dry-type mixed anaerobic fermentation</i>	Resíduos domésticos de cozinha são submetidos a uma fermentação alcoólica antes de serem misturados à vinhaça e inoculados para a produção de biogás. O objetivo é reduzir a inibição por ácidos voláteis e aumentar a produção de biogás.
CN103951481B	<i>Organic fertilizer prepared from recovered wastes of pig farm and preparation method thereof</i>	Vinhaça misturada a diversos outros materiais nutricionais (açúcar mascavo, mel, líquen...) e sofre um pré-tratamento biológico aeróbico antes de ser misturada a restos de abatedouro de porcos e palhas para ser digerida anaerobicamente. Os autores definem o tempo de digestão para cada faixa de temperatura e época do ano para gerar fertilizante.
CN103193366B	<i>Integrated treatment method of corn alcohol wastewater</i>	Metodologia de tratamento integrado de vinhaça de milho. É acidificado, digerido anaerobicamente em <i>internal recycling up-flow anaerobic sludge blanket</i> , digestão aeróbica e filtro.
CN103992010B	<i>Combined treatment process of stillage and wine-making wastewater</i>	Codigestão anaeróbica de vinhaça e água residual do processo de produção de vinho. Os resíduos sólidos do processo são extraídos via filtração e são usados como fertilizante orgânico, enquanto o resíduo líquido sofre digestão anaeróbica para a geração de biogás.
CN103688923B	<i>Organic magic soil</i>	Vinhaça da produção de álcool é misturada a diversos outros componentes, como palha e casca de coco para ser utilizado como matriz orgânica.
CN103688836B	<i>Manufacturing method of soilless seedling breeding matrix special for strawberries</i>	Metodologia para a fabricação de matriz orgânica para morangos que mistura digestato da produção de biogás a partir de vinhaça etílica, pó de palha e diversos outros componentes.
CN103664402B	<i>Vegetable seedling growing substrate</i>	Metodologia para a fabricação de fertilizante orgânico para vegetais que mistura digestato da produção de biogás a partir de vinhaça etílica, cascas de arroz carbonizadas, perlita e diversos outros componentes.

Fonte: Síntese própria

Quadro B.0.2 - Patentes Depositadas

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN103976136A	<i>Biogas residue resource reutilization method</i>	A vinhaça gerada a partir da produção de etanol de trigo é digerida anaerobicamente e seu digestato é reaproveitado, sendo misturado com farelo de trigo e incubado com cepa D1 de <i>Bacillus licheniformis</i> , fermentado e seco para ser usado como alimento proteico.
CN103086797A	<i>Cultivation material for oyster mushroom in edible mushrooms and production technology of cultivation material</i>	O digestato oriundo da fermentação anaeróbica de vinhaça é usado para a produção de um meio de cultivo de fungos.
US20140356927A1	<i>Anaerobic Process</i>	Produção de biogás em dois estágios para o tratamento de vinhaça de plantas produtoras de bebidas alcoólicas, gerando biogás.
CN105565598A	<i>Method for comprehensively treating and utilizing cassava vinasse waste water and industrial sludge</i>	Vinhaça integral de mandioca é digerida anaerobicamente a temperaturas termofílicas para geração de biogás. O digestato é filtrado e o líquido obtido é tratado para se obter água mais limpa. O resíduo sólido sofre pirólise para geração de energia
JP2014205121A	<i>PRODUCTION PLANT, AND METHOD OF AND SYSTEM FOR PRODUCING FERTILIZER PACKAGE PRODUCT</i>	Biomassa lignocelulósica sofre pré-tratamento de radiação, sônica, decomposição térmica, oxidação ou neutralização para a separação da lignina. A biomassa deslignificada sofre digestão alcoólica, gerando etanol e vinhaça. Essa vinhaça sofre digestão anaeróbica, formando biogás e digestato. Tanto o etanol quanto o digestato são aproveitados na planta, enquanto o biogás serve de geração energética na planta.
WO2013000925A1	<i>PROCESS FOR THE DIGESTION OF ORGANIC MATERIAL</i>	Fermentação alcoólica de matéria orgânica para gerar etanol e vinhaça. A vinhaça é digerida anaerobicamente para gerar biogás.
WO2014098874A1	<i>VINASSE TREATMENT FOR WATER REUSE, FERTILIZER AND BIOGAS PRODUCTION</i>	Combinação de digestão anaeróbica (gerando biogás), biorreator de membrana (MBR), e um 'concentrador de sal', como osmose reversa ou eletrodialise que usa sais que tornam o fertilizante mais rico em nutrientes.
CN105284618A	<i>MS-free tissue culture method for bananas</i>	Metodologia para a produção de um meio de cultura para bananas sem o uso do meio MS (<i>Murashige and Skoog medium</i>) através do uso do digestato de vinhaça oriunda da mandioca, reduzindo custos e aperfeiçoando o crescimento da planta.
CN105210883A	<i>Cultural medium for tuber crops and application of cultural medium</i>	Metodologia para a produção de um meio de cultura para tubérculos sem o uso do meio MS (<i>Murashige and Skoog medium</i>) através do uso do digestato de vinhaça oriunda da mandioca misturada com leite de côco e água, reduzindo custos e aperfeiçoando o crescimento da planta.
CN105647975A	<i>Method for preparing biogas by utilizing molasses alcohol wastewater</i>	Produção de biogás a partir do vinhoto gerado de fermentação de álcool a partir de melaço. O melaço é O vinhoto é diluído em água, inoculado e digerido anaerobicamente. O digestato, então, é dessulfurizado biologicamente e usado como inóculo.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN102994562A	<i>Technology for preparing methane through vinas se fermentation</i>	Codigestão de vinhaça e dejetos suínos em condição mesofílica, gerando biogás com maior concentração de metano e fertilizante para o crescimento de cogumelos.
CN104891749A	<i>Straw alcohol wastewater treating method</i>	Método de tratamento de vinhaça obtida através de álcool de segunda geração que se resume em filtrá-la, submetê-la a tratamento de microeletrólise de ferro-carbono, realizar digestão anaeróbica para obter biogás e, em seguida, tratamento aeróbico e de biomembrana.
CN104261626A	<i>Method of comprehensively treating liquor wastewater by eichhornia crassipes</i>	Há digestão anaeróbica em duas etapas dos resíduos sólidos de hiacinto e vinhaça de produção de álcool a partir do hiacinto. O digestato sofre separação sólido-líquido e serve como meio de cultura para o próprio hiacinto, fechando o ciclo.
CN102796767A	<i>Method for producing alcohols through resourceful treatment of anaerobic effluents</i>	A vinhaça gerada a partir da destilação do álcool é digerida anaerobicamente, gerando biogás para aquecimento ou uso como combustível de carros e seu digestato é filtrado. Uma parte é usada como fertilizante de flores, enquanto a outra é reciclada ao processo de fermentação alcoólica.
US20150064761A1	PROCESS OF PRODUCING BIOENERGY WITH LOW CARBON DIOXIDE EMISSIONS AND ZERO-WASTE OF BIOMASS	Biomassa sofre sacarificação e fermentação alcoólica, gerando resíduos sólidos, etanol e vinhaça. O resíduo sólido e a vinhaça são digeridos anaerobicamente, gerando <i>biochar</i> (carvão a partir da biomassa), digestato líquido e biogás. O biogás e o digestato líquido são injetados em sistema de cultivo de algas autotróficas, gerando metano purificado, restos de algas. As microalgas vão para a produção de biodiesel, enquanto as macroalgas são recicladas para a produção de álcool.
CN104232726A	<i>Marsh gas fermentation material and preparation method thereof</i>	Metodologia de preparação do meio que será digerido para a produção de biogás. Há codigestão de resíduos de cogumelos enokitake, algas, palha de milho, dejetos animais, palha de trigo, lodo de piscicultura e vinhoto de vinho. O meio é inoculado com cepas que aceleram o processo e a geração de biogás de alta qualidade.
CN105624203A	<i>Method for producing biogas from cassava alcohol waste liquid as raw material</i>	Metodologia para a produção de biogás a partir do vinhoto de mandioca. O processo é termofílico e isso aumenta o rendimento em biogás e reduz o COD final do digestato.
CN105624023A	<i>Mechanical device for producing biogas from cassava alcohol waste liquid as raw material</i>	Equipamento para a produção de biogás a partir do vinhoto de mandioca. O sistema engloba tanque de neutralização, cilindro de digestão anaeróbica, tanque selado com água. O vinhoto também passa por um desarenador.
CN103387313A	<i>Method for treating cellulosic ethanol waste water</i>	Metodologia para o tratamento de vinhaça de etanol 2G que consiste em digestão anaeróbica em alta temperatura seguida de mesofílica, filtração, desinfecção, filtro de membrana para ser reciclado ao sistema.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN105803007A	<i>Technology for refining various barks</i>	Fermentação alcoólica de cascas e amido de mandioca gera etanol e vinhaça. A vinhaça gera biogás e o digestato, que é misturado a suco de plantas e filtrado em separação sólido-líquido para gerar combustível sólido e fertilizante.
CN105803008A	<i>Method for efficiently preparing ethanol through refining bran</i>	O vinhoto fino gerado a partir da fermentação de farelo é inoculado e digerido anaerobicamente para gerar biogás. O resíduo sólido obtido a partir da filtração do vinhoto integral é usado como alimento para gado.
CN104498535A	<i>High-efficiency comprehensive utilization technique for abandoned bark</i>	Fermentação alcoólica de cascas e amido de mandioca gera etanol e vinhaça. A vinhaça gera biogás e o digestato, que é misturado a suco de plantas e filtrado em separação sólido-líquido para gerar combustível sólido e fertilizante.
CN105800781A	<i>Method using graphite felt material to fill anaerobic reactor to treat cassava alcohol wastewater</i>	Material de preenchimento de reator anaeróbico contínuo para tratar vinhaça de mandioca.
CN105087660A	<i>Closed-loop circulating production method for co-production of straw ethanol and methane</i>	A palha é pré-tratada em água sob temperatura de 150~200°C e pressão de 0,02~2,5MPa e sofre separação sólido-líquido, gerando um resíduo líquido e um sólido. O sólido sofre fermentação alcoólica, gerando etanol e vinhaça. O líquido é codigerido anaerobicamente com a vinhaça fina gerada anteriormente, gerando digestato e biogás. O digestato retorna ao processo como líquido de pré-tratamento da palha.
IN2520MU2013A1	<i>METHOD FOR PULVERISATION OF SOLIDS PRESENT IN BIOMETHANATED SPENT WASH</i>	Metodologia para a pulverização de sólidos presentes no digestato gerado a partir da digestão anaeróbica de vinhaça integral. Um secador de tipo tambor transforma esses sólidos em um pó que pode ser utilizado como fertilizante.
CN103570184A	<i>Treatment method of cellulose fuel ethanol waste water</i>	A vinhaça de etanol 2G sofre separação sólido-líquido, microeletrólise, digerida anaerobicamente, aerobicamente e descarregada.
CN105366870A	<i>Wheat starch and alcohol wastewater treatment process</i>	Produção de biogás a partir de vinhaça de amido de trigo. O vinhoto integral sofre pré-tratamento, entra em reator <i>BYSB-plus (upflow reactor)</i> para geração de biogás. Em seguida, o digestato entra em um reator <i>CBSB</i> para estar de acordo com as especificações nacionais chinesas.
CN105039422A	<i>Method for producing biogas from vinasse by high-temperature anaerobic fermentation</i>	A vinhaça é inoculada e digerida em temperaturas termofílicas em agitador e o biogás é coletado.
CN104630307A	<i>Bio-refinery integrated process for separating and classifying whole-plant corn component</i>	Processo integrado de planta de processamento de milho. A vinhaça do milho sofre digestão anaeróbica. O biogás é tratado, sendo o metano enviado para a geração energética e o CO ₂ , para a rede alimentícia. O digestato é usado como fertilizante.
CN103172215A	<i>Two-stage anaerobic treatment system for cassava alcohol wastewater</i>	A vinhaça de mandioca é primeiramente digerida em tanque anaeróbico termofílico seguido por UASB mesofílico, seguido por digestão aeróbica. Gera-se, assim, biogás.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
CN103058451A	<i>Starch wheat and alcohol waste water processing technology</i>	Produção de biogás a partir de vinhaça de amido de trigo. O vinhoto integral sofre pré-tratamento, entra em reator <i>BYSB-plus (upflow reactor)</i> para geração de biogás. Em seguida, o digestato entra em um reator CBSB para estar de acordo com as especificações nacionais chinesas.
CN103011397A	<i>Special wheat starch and alcohol wastewater BYSB-plus assembly type three-phase separator</i>	Reator anaeróbico <i>BYSB-plus</i> com separador trifásico para a produção de biogás a partir de vinhoto de amido de trigo.
CN103011397A	<i>Special anaerobic treatment reactor BYSB-plus for wheat starch and alcohol wastewater</i>	Reator anaeróbico <i>BYSB-plus</i> com quatro áreas funcionais (captação do líquido, separação, reação e distribuição) para a produção de biogás a partir de vinhoto de amido de trigo.
CN102320707A	<i>Method for treating waste water generated in production process of alcohol by fermenting</i>	Digestão anaeróbica termofílica de vinhaça integral, centrifugação para separar fases, digestão mesofílica em UASB, reação aeróbica em SBR.
CN105330375A	<i>Efficient bio-organic fertilizer and preparing method thereof</i>	Digestato do vinhoto gerado a partir da produção de etanol de mandioca é desidratado, inoculado, digerido aerobicamente, tornando-o um fertilizante orgânico mais eficiente e menos poluente.
CN103540619A	<i>Method for directionally adjusting and controlling anaerobic fermentation on acid production components of cassava alcohol wastewater</i>	Produção de ácidos graxos voláteis a partir da vinhaça de mandioca, que é rica em carboidratos e pobre em nitrogênio e fosfato..
CN103304042A	<i>Method for preparing rapid external carbon source through cassava ethanol wastewater</i>	Tratamento da vinhaça gerada a partir da mandioca através da digestão anaeróbica com controle de parâmetros como pH e temperatura do processo para a geração de ácidos graxos, que podem ser usados no tratamento de esgoto.
CN103266141A	<i>Ecological method of co-production of fuel ethanol and biogas</i>	Coprodução de biogás e etanol. A matéria-prima rica em açúcar é fermentada para gerar uma cerveja que é destilada, formando vinhaça integral e etanol. A vinhaça, sendo ela integral ou fina, é digerida anaerobicamente. O digestato formado é usado em ferti-irrigação.
CN103266139A	<i>Production method of solid alcohol fermentation</i>	Fermentação alcoólica em meio sólido, gerando álcool e vinhaça. Essa vinhaça sofre separação física e o líquido gerado sofre digestão anaeróbica. O digestato líquido é reciclado ao início do processo ao umedecer a matéria prima que será fermentada alcoolicamente.
MD20150010A2	<i>Anaerobic process for the production of biogas</i>	Processo de produção de biogás que se baseia na codigestão anaeróbica mesofílica de resíduos da destilaria de álcool e dejetos de gado.
RO131499A0	<i>PROCESS FOR BIOREFINING SUGAR-BEARING PLANTS AND EXTRACTING SUGARS FOR PREPARATION OF BIOFUELS AND OTHER BIOCOMPOUNDS</i>	Há processo de produção de etanol a partir da biomassa de planta rica em açúcar e o vinhoto gerado é digerido anaerobicamente, gerando biogás e fertilizante.

Número de Publicação	Título	Objetivo do Documento
US2014065685A1	<i>System and Method for Producing Ethanol and Biogas</i>	Coprodução de biogás e etanol. O açúcar é fermentado para gerar uma cerveja que é destilada, formando vinhaça integral e etanol. A vinhaça, sendo ela integral ou fina, é digerida anaerobicamente. O digestato formado é filtrado e a fase líquida retorna ao processo.
CN103011495A	<i>Method for carrying out environmentally-friendly treatment on cassava alcohol vinasse liquid</i>	O foco desta patente é na destinação apropriada da vinhaça de mandioca. Há duas etapas de digestão anaeróbica e adição de agente coagulante.

Fonte: Síntese própria

Quadro B.0.3 - Artigos

Número	Artigo	Objetivo do Documento
1	MOTA, V.T.; ARAÚJO, T.A.; AMARAL, M.C.S. Comparison of aerobic and anaerobic biodegradation of sugarcane vinasse. <i>Applied Biochemistry and Biotechnology</i> , v. 176(5), p. 1402-1412, 2015	O objetivo deste artigo é de comparar as digestões anaeróbica e aeróbica da vinhaça.
2	MOTA, V.T.; SANTOS, F.S.; ARAÚJO, T.A.; AMARAL, M.C.S. Evaluation of titration methods for volatile fatty acids measurement: Effect of the bicarbonate interference and feasibility for the monitoring of anaerobic reactors. <i>Water Practice and Technology</i> , v. 10(3), p. 486-495, 2015.	Avaliação dos métodos de titulação para medida de ácidos graxos voláteis, importantes para a avaliação da estabilidade da digestão anaeróbica. Diferentes métodos e como eram afetados pela presença de bicarbonato, presente em todo o processo. Os métodos de Kapp e DiLallo foram os que apresentaram melhores resultados e foram menos afetados pela presença de bicarbonato.
3	VAN HAANDEL, A.; DE VRIEZE, J.; VERSTRAETE, W., DOS SANTOS, V.S. Methanosaeta dominate acetoclastic methanogenesis during high-rate methane production in anaerobic reactors treating distillery wastewaters. <i>Journal of Chemical Technology and Biotechnology</i> , v. 89(11), p. 1751-1759, 2014.	Otimização do processo de metanogênese em reator UASB em condições mesofílicas através da variação de temperatura de OLR (taxa de carga orgânica). Foi observado que <i>Methanosarcina</i> (acetoclástica) foi incapaz de dominar a metanogênese acetotrófica e que quem desempenhou esse papel foi a <i>Methanosaeta</i> .
4	RODRIGUES, I.J.; FUESS, L.T.; BIONDO, L.; SANTESSO, C.A.; GARCIA, M.L. Coagulation-flocculation of anaerobically treated sugarcane stillage. <i>Desalination and Water Treatment</i> , v. 52(22-24), p. 4111-4121, 2014.	Pós-tratamento (coagulação-floculação) do digestato da digestão anaeróbica de vinhaça de cana de açúcar.
5	SELUY, L.G.; ISLA, M.A. A process to treat high-strength brewery wastewater via ethanol recovery and vinasse fermentation. <i>Industrial and Engineering Chemistry Research</i> , v. 53(44), p. 17043-17050, 2014.	Digestão anaeróbica de vinhaça forte de cervejaria.
6	CHAI, S.; GUO, J.; CHAI, Y.; CAI, J.; ZHANG, Q. The effect of trace element addition on the performance efficiency of an anaerobic moving bed biofilm reactor treating wine vinasse. <i>Journal of Pure and Applied Microbiology</i> , v. 7, p. 753-758, 2013.	Adição de elementos nutricionais em digestão anaeróbica de vinhaça de vinho para a otimização do processo.
7	XIE, L.; JI, C.; WANG, R.; ZHOU, Q. Nitrate reduction pathway in an anaerobic acidification reactor and its effect on acid fermentation. <i>Journal of Bioscience and Bioengineering</i> , v. 119(1), p. 95-100, 2015.	Estudo da performance de reator onde houve processo integrado de desnitrificação ao da fase acidogênica da digestão anaeróbica em vinhaça de mandioca. A presença de nitratos não inibiu o processo, porém alterou a distribuição de ácidos graxos voláteis.
8	MOTA, V.T.; SANTOS, F.S.; AMARAL, M.C.S. Two-stage anaerobic membrane bioreactor for the treatment of sugarcane vinasse: Assessment on biological activity and filtration performance. <i>Bioresource Technology</i> , v. 146, p.s 494-503, 2013.	Um biorreator à membrana anaeróbico de dois estágios (2-SAnMBR) foi concebido para o tratamento de vinhaça de cana de açúcar.

Número	Artigo	Objetivo do Documento
9	SIQUEIRA, L.M.; DAMIANO, E.S.G.; SILVA, E.L. Influence of organic loading rate on the anaerobic treatment of sugarcane vinasse and biogas production in fluidized bed reactor. <i>Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering</i> , v. 48(13), p. 1707-1716, 2013.	O foco do estudo é a avaliação de um reator anaeróbico de leito fluidizado (AFBR) com partículas de poliestireno como material de suporte para o tratamento de vinhaça de cana de açúcar e a influência da taxa de carga orgânica. O inóculo vinha de um UASB que tratava águas residuárias de matadouro de porcos.
10	RODRÍGUEZ, E.; LOPES, A.; FDZ-POLANCO, M.; SDTAMS, A.J.; GARCÍA-ENCINA, P.A. Molecular analysis of the biomass of a fluidized bed reactor treating synthetic vinasse at anaerobic and micro-aerobic conditions. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> , v. 93(5), p. 2181-2191, 2012.	Caracterização das comunidades microbianas em Reator Anaeróbico de Leito Fluidizado usando vinhaça sintética (betaínas, glicose, acetato, propionato e butirato). O objetivo é estudar as interações sintróficas e competitivas a variações das razões de substrato/sulfato de 8, 4 e 2 e às condições anaeróbicas e micro-aeróbicas. A adição de oxigênio afetou a presença de acetogênicos. Altas concentrações de sulfato inibiram a presença de arqueias hidrogenotróficas.
11	SOSA-VILLALOBOS, C.A.; RUSTRIÁN, E.; HOUBRON, E. Assessment of a fixed biomassanaerobic reactor for the treatment of vinasse. <i>International Journal of Environmental Research</i> , v. 9(4), p. 1157-1162, 2015.	Avaliação do tratamento de vinhaça de cana de açúcar em reator anaeróbico de biomassa fixa (FBAR) com variações de OLR. Quando a taxa de carga orgânica cresceu demais, a eficiência de remoção da demanda química de oxigênio (DQO) foi menor.
12	WANG, Z.; LV, Z.; DU, J.; MO, C.; YANG, X.; TIAN, S. Combined process for ethanol fermentation at high-solids loading and biogas digestion from unwashed steam-exploded corn stover. <i>Bioresource Technology</i> , v. 166, p. 282-287, 2014.	Coprodução de etanol e metano do <i>stover</i> (folhas e haste, não a palha) de milho não lavada submetida à explosão de vapor. Foi realizada uma fermentação alcoólica de alto teor de sólidos e o vinhoto advindo da destilação sofreu digestão anaeróbica.
13	GHORBANIAN, M.; LUPITSKY, R.M.; SATYAVOLU, J.V.; BERSON, R.E. Impact of hydraulic retention time at constant organic loading rate in a two-stage expanded granular sludge bed reactor. <i>Environmental Engineering Science</i> , v. 31(6), p. 317-323, 2014.	Análise da performance de reator de leito expandido granular em diferentes tempos de retenção hidráulicos com OLR fixos usando águas residuais de destilaria. Foi definido que usando concentrações superiores de DQO a velocidades inferiores é mais eficiente do que valores de DQO inferiores a tempos de retenção inferiores, insinuando que o processo é limitante na difusão.
14	REGUEIRO, L.; VEIGA, P.; FIGUEROA, M.; LEMA, J.M.; CARBALLA, M. Influence of transitional states on the microbial ecology of anaerobic digesters treating solid wastes. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> , v. 98(5), p. 2015-2027, 2014.	Teste com cinco tipos de resíduos (dejetos de porco, resíduos de biodiesel, vinhoto de etanol, resíduos de melaço e resíduos de fábricas de peixes em conserva) para ver a influência sob as populações microbianas. O resíduo de fábrica de peixe em conserva foi a com maior população de arqueias e maior diversidade microbiana, tendo maior eficiência na biometanação. Apenas duas populações microbianas foram encontradas em resíduos de biodiesel e de melaço.
15	TOWN, J.R.; LINKS, M.G.; FONSTAD, T.A.; DUMONCEAUX, T.J. Molecular characterization of anaerobic digester microbial communities identifies microorganisms that correlate to reactor performance. <i>Bioresource Technology</i> , v. 151, p. 249-257, 2014.	O objetivo do experimento era a caracterização molecular das comunidades microbianas relacionadas à performance de um reator não especificado. Houve a codigestão termofílica entre dejetos de gado leiteiro e vinhaça fina da destilaria de trigo (advinda da centrifugação).

Número	Artigo	Objetivo do Documento
16	GODOI, L.A.G.; DAMIANOVIC, M.H.R.Z.; FORESTI, E. Sulfidogenesis interference on methane production from carbohydrate-rich wastewater. <i>Water Science and Technology</i> , v. 72(9), p. 1644-1652, 2015.	Análise da interferência da sulfidogênese na metanogênese de vinhaça de cana de açúcar fina sintética. Foram testadas diferentes taxas de DQO/sulfato (desde a requerida nutricionalmente até concentrações mais elevadas) e nenhum dos experimentos apresentou inibição da metanogênese.
17	DERELI, R.K.; GRELOT, A.; HEFFERNAN, B.; VAN DER ZEE, F.P.; VAN LIER, J.B. Implications of changes in solids retention time on long term evolution of sludge filterability in anaerobic membrane bioreactors treating high strength industrial wastewater. <i>Water Research</i> , v. 59, p. 11-22, 2014.	Avaliação do impacto de tempo de retenção de sólidos (SRT) na "filtrabilidade" em biorreator anaeróbico de membrana no tratamento de vinhaça fina de etanol de milho. Foi determinado que o SRT é um dos fatores mais importantes e correlacionado a acumulação de partículas finas e solutos, que estão relacionados ao fluxo e entupimento.
18	DERELI, R.K.; VAN DER ZEE, F.P.; HEFFERNAN, B.; GRELOT, A.; VAN LIER, J.B. Effect of sludge retention time on the biological performance of anaerobic membrane bioreactors treating corn-to-ethanol thin stillage with high lipid content. <i>Water Research</i> , v. 49, p. 453-464, 2014.	Efeito do tempo de retenção de lodo (SRT) na performance de AnMBRs que tratam vinhaça fina de etanol advindo do milho, sendo este rico em lipídio. Altos valores de SRT levaram à inibição da metanogênese por ácidos graxos de cadeia longa.
19	YIN, Z.; XIE, L.; WANG, R.; ZHOU, Q. Effects of nitrite on integrated process of denitrification with anaerobic acidogenesis. <i>Huagong Xuebao/CIESC Journal</i> , v. 65(9), p. 3640-3646, 2014.	Estudo da adição de nitrito onde houve processo integrado de denitrificação ao da fase acidogênica da digestão anaeróbica em vinhaça de mandioca. A presença de nitratos não alterou em grandes proporções ácidos graxos voláteis, porém a adição de nitrito inibiu a fase acidogênica do processo.
20	ACEVES-LARA, C.-A.; LATRILLE, E.; CONTE, T.; STEYER, J.-P. Online estimation of VFA, alkalinity and bicarbonate concentrations by electrical conductivity measurement during anaerobic fermentation. <i>Water Science and Technology</i> , v. 65(7), p. 1281-1289, 2012.	Uso da condutividade elétrica para medidas de ácidos graxos voláteis, alcalinidade e concentração de bicarbonato durante digestão anaeróbica. Foi testado em escala de laboratório a produção de hidrogênio a partir de melaço e geração de metano a partir de vinhoto em escala piloto.
21	CHEN, Y.-Y.; XIE, L.; LIU, H.; ZHOU, Q. Study on anaerobic fermentation of cassava stillage for VFAs production under room temperature. <i>Gao Xiao Hua Xue Gong Cheng Xue Bao/Journal of Chemical Engineering of Chinese Universities</i> , v. 29(5), p. 1279-1284, 2015.	Estudo da digestão anaeróbica de vinhoto de mandioca (que possui alto conteúdo de carga orgânica e sólidos suspensos) em temperatura ambiente, variando se é <i>whole</i> ou <i>thin</i> . Foram realizados quatro pré-tratamentos (2 físicos e 2 químicos), mas pouco efeito tiveram sobre a produção de VFA.
22	LIU, H.; XIE, L.; CHEN, Y.G.; ZHOU, Q. VFAs production potential of brewery industry wastewater and starch wastewater. <i>Advanced Materials Research</i> , v. 777, p. 225-231, 2013.	Produção de VFAs através dos vinhotos de mandioca, amido e vinho amarelo, porém o último não apresentou bons resultados.

Número	Artigo	Objetivo do Documento
23	FORMAGINI, E.L.; MARQUES, F.R.; SEREJO, M.L.; PAULO, P.L.; BONCZ, M.A. The use of microalgae and their culture medium for biogas production in an integrated cycle. <i>Water Science and Technology</i> , v. 69(5), p. 941-946, 2014.	O digestato da produção de biogás a partir da vinhaça é usado como meio de cultura para a produção de microalgas, que podem produzir biodiesel e produtos de maior valor agregado, e o CO ₂ da produção de etanol (que gerou a vinhaça) pode ser usado como fonte de carbono para as mesmas. Testes foram realizados para que o meio de cultura restante ou a suspensão de microalgas (alcalinos), pudessem ser usados para estabilizar o pH do meio da digestão anaeróbica, já que a vinhaça é ácida. A alcalinidade, ainda assim, é baixa e há necessidade da adição de ureia ou bicarbonato.
24	WANG, K.; ZHANG, J.-H.; LIU, P.; MAO, Z.-G. Suitability of anaerobic digestion effluent as process water for corn fuel ethanol fermentation. <i>Water Science and Technology</i> , v. 69(9), p. 1894-1899, 2014.	Processo fechado onde há produção de biogás a partir de vinhaça fina (de produção de etanol do milho) e seu digestato é usado como água de processo da fermentação do etanol.
25	LIU, C.; LIU, X.Q.; XIONG, C.; CAI, Z.L.; XIANG, K. Comparative study on the anaerobically methanogenic results of sauce sweet model liquor and fen-flavor liquor wastewater. <i>Advanced Materials Research</i> , v. 726-731, p. 2636-2640, 2013.	Digestão anaeróbica de vinhoto de dois tipos de bebidas espirituosas e as duas apresentaram os mesmos resultados.
26	ZHAO, P.; BU, L.; XUE, W.; JIANG, J.; SUN, D. Polygeneration of ethanol and biogas from wheat straw steam pretreated at vigorous severity without consuming enzymes. <i>Journal of Biobased Materials and Bioenergy</i> , v. 9(6), p. 616-624, 2015.	Foi realizado pré-tratamento ácido (ácido sulfúrico) à vapor de palha de trigo e o açúcar gerado sofreu fermentação alcoólica. O vinhoto gerado sofreu digestão anaeróbica e gerou metano.
27	ZIEMINSKI, K.; KOWALSKA-WENTEL, M. Effect of enzymatic pretreatment on anaerobic co-digestion of sugar beet pulp silage and vinasse. <i>Bioresource Technology</i> , v. 180, p. 274-280, 2015.	a co-digestão entre vinhoto e silagem de polpa de beterraba sacarina em diferentes proporções para avaliar o rendimento de produção de biogás. Proporções muito elevadas de vinhoto reduzem a proporção de biogás. O pré-tratamento enzimático da silagem aumentou a produção de biogás.
28	MORAES, B.S.; ZAIAT, M.; BONOMI, A. Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane ethanol production in Brazil: Challenges and perspectives. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i> , v. 44, p. 888-903, 2015.	Este <i>paper</i> trata das perspectivas e desafios da implementação da digestão anaeróbica de vinhaça de cana de açúcar empregada na produção de etanol brasileiro.
29	RAMÍREZ, I. ADM1 applications for a hybrid up-flow anaerobic sludge-filter bed reactor performance and for a batch thermophilic anaerobic digestion of thermally pretreated waste activated sludge. <i>Revista Facultad de Ingeniería</i> , i. 65, p. 167-179, 2012.	Revisão da aplicação de modelos matemáticos que descrevem reações de digestão anaeróbica em reator UASFB (<i>upflow anaerobic sludge filter bed reactor</i>) e reator batelada para o tratamento separado de vinhoto de destilaria de vinho e lodo ativado pré-tratado termicamente.

Número	Artigo	Objetivo do Documento
30	COLUSSI, I.; CORTESI, A.; GALLO, V.; RUBESA FERNANDEZ, A.S.; VITANZA, R. Modelling of an anaerobic process producing biogas from winery wastes. <i>Chemical Engineering Transactions</i> , v. 27, p. 301-306, 2012.	Revisão da aplicação de modelos matemáticos que descrevem reações de digestão anaeróbica para o tratamento separado de vinhoto de destilaria de vinho.
31	GARCIA-SOLANO, M.; MÉNDEZ-ACOSTA, H.O.; PUEBLA, H.; HERNANDEZ-MARTINEZ, E. Dynamic characterization of an anaerobic digester during the start-up phase by pH time-series analysis. <i>Chaos, Solitons and Fractals</i> , v. 82, p. 125-130, 2016.	Metodologia para o monitoramento online das variáveis chave do processo de digestão anaeróbica, como o pH em vinhaça de tequila em reator de leito fixo.
32	HERNANDEZ-MARTINEZ, E.; PUEBLA, H.; MENDEZ-ACOSTA, H.O.; ALVAREZ-RAMIREZ, J. Fractality in pH time series of continuous anaerobic bioreactors for tequila vinasses treatment. <i>Chemical Engineering Science</i> , v. 109, p. 17-25, 2014.	Análise das flutuações de pH para o processo de digestão anaeróbica de vinhaça de tequila em digestor contínuo.
33	MÉNDEZ-ACOSTA, H.O.; CAMPOS-RODRÍGUEZ, A.; GONZÁLEZ-ÁLVAREZ, V.; GARCÍA-SANDOVAL, J.P.; SNELL-CASTRO, R.; LASTRILLE, E. A hybrid cascade control scheme for the VFA and COD regulation in two-stage anaerobic digestion processes. <i>Bioresource Technology</i> , v. 218, p. 1195-1202, 2016.	Controlador cascata contínuo-discreto para a regulação de VFA e COD em reator de dois estágios (acidogênico e metanogênico). O vinhoto de tequila é utilizado.
34	WANG, K.; MAO, Z.; ZHANG, C.; ZHANG, J.; ZHANG, H.; TANG, L. Influence of nitrogen sources on ethanol fermentation in an integrated ethanol-methane fermentation system. <i>Bioresource Technology</i> , v. 120, p. 206-211, 2012.	Integração da produção de etanol e metano. O vinhoto foi tratado por digestão anaeróbica em dois estágios e seu digestato, reciclado para promover o crescimento de leveduras, substituindo a ureia.
35	MOESTEDT, J.; NORDELL, E.; HALLIN, S.; SCHNÜRER, A. Two-stage anaerobic digestion for reduced hydrogen sulphide production. <i>Journal of Chemical Technology and Biotechnology</i> , v. 91(4), p. 1055-1062, 2016.	O objetivo do experimento é de separar o processo de digestão anaeróbica em dois estágios afim de reduzir a produção de sulfeto de hidrogênio. A codigestão entre a fração orgânica de resíduo sólido municipal e o vinhoto fino não ocorreu como o esperado, pois o pH estava muito reduzido para a redução de sulfato.
36	WILKINSON, A.; KENNEDY, K.J. Anaerobic digestion of corn ethanol thin stillage in batch and by high-rate down-flow fixed film reactors. <i>Water Science and Technology</i> , v. 66(9), p. 1834-1841, 2012.	Digestão anaeróbica de vinhoto fino de etanol de milho em reatores batelada e de leito fixo (<i>high rate down-flow</i>).

Número	Artigo	Objetivo do Documento
37	GUPTA, S.; SHARMA, A.; SARATCHANDRA, T.; MALIK, S.; WAINDESKAR, V.; MUDLIAR, S. Effect of Ozone Pretreatment on Biodegradability Enhancement and Biogas Generation Potential From Biomethanated Distillery Effluent. <i>Ozone: Science and Engineering</i> , v. 37(5), p. 411-419, 2015.	Pré-tratamento de ozônio em efluente de destilaria e como isso afeta a biometanização deste.
38	BARRERA, E.L.; SPANJERS, H.; SOLON, K.; AMERLINCK, Y.; NOPENS, I.; DEWULF, J. Modeling the anaerobic digestion of cane-molasses vinasse: Extension of the Anaerobic Digestion Model No. 1 (ADM1) with sulfate reduction for a very high strength and sulfate rich wastewater. <i>Water Research</i> , v. 71, p. 42-54, 2015.	Modelagem de digestão anaeróbica de vinhaça de cana e melados e como o modelo foi capaz de prever as variáveis do processo e a falha de estágios da digestão anaeróbica.
39	ASATO, C.; LI, J.; ZICARI, S.; ZHANG, R. Anaerobic digestion of bioethanol stillage for biogas energy production and nutrient and water recovery. <i>American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting 2014, ASABE 2014</i> , v. 1, p. 519-528, 2014.	Foi utilizado um programa de modelagem para avaliar o potencial de digestão anaeróbica de vinhoto de planta de bioetanol de beterrabas sacarinaes para o fornecimento de energia térmica para a planta e produção de fertilizante, melhorando assim o valor comercial do bioetanol.
40	FUESS, L.T.; GARCIA, M.L. Anaerobic digestion of stillage to produce bioenergy in the sugarcane-to-ethanol industry. <i>Environmental Technology (United Kingdom)</i> , v. 35(3), p. 333-339, 2014.	Investigação do potencial energético de digestão anaeróbica aplicada em vinhoto na indústria sucroalcooleira. A capacidade de recuperação energética é alta e cessaria a necessidade da planta por combustíveis fósseis.
41	SZLACHTA, J.; FUGOL, M.; PRASK, H. Utilization of distillery wastes by anaerobic digestion. <i>Przemysl Chemiczny</i> , v. 92(7), p. 1346-1349, 2013.	Uso de vinhaça de batata e amido.
42	FU, S.; XU, X.; SHI, X.; WANG, C.; QIAO, J.; YANG, Z.; GUO, R. Basic research on utilization of stillage for biogas production. <i>Huagong Xuebao/CIESC Journal</i> , v. 65(5), p. 1913-1919, 2014.	Digestão anaeróbica de vinhoto de indústria de etanol e vinho associada a produção de fertilizantes.
43	TIAN, Z.; MOHAN, G.R.; INGRAM, L.; PULLAMMANAPPALLIL, P. Anaerobic digestion for treatment of stillage from cellulosic bioethanol production. <i>Bioresource Technology</i> , v. 144, p. 387-395, 2013.	Digestão anaeróbica termofílica do vinhoto de etanol celulósico de bagaço de cana de açúcar. O vinhoto advindo da destilação e filtrado, sendo separado em dois (resíduo e filtrado). A fração filtrada era mais biodegradável.

Número	Artigo	Objetivo do Documento
44	ZIGANSHIN, A.M.; SCHMIDT, T.; LV, Z.; LIEBETRAU, J.; RICHNOW, H.H.; KLEINSTEUBER, S.; NIKOLAUSZ, M. Reduction of the hydraulic retention time at constant high organic loading rate to reach the microbial limits of anaerobic digestion in various reactor systems. <i>Bioresource Technology</i> , v. 217, p. 62-71, 2015.	Estudo microbiológico de bactérias e arqueias envolvidas na produção de hidrogênio e metano e a influência da taxa de carga orgânica nos tempos de retenção em diferentes reatores (CSTR, FBR e ASBR) usando vinhoto fino.
45	FUESS, L.T.; GARCIA, M.L. Bioenergy from stillage anaerobic digestion to enhance the energy balance ratio of ethanol production. <i>Journal of Environmental Management</i> , v. 162, p. 102-114, 2015.	Investigação do potencial energético de digestão anaeróbica aplicada em vinhoto. A capacidade de recuperação energética é alta e cessaria a necessidade da planta por combustíveis fósseis.
46	MORAES, B.S.; JUNQUEIRA, T.L.; PAVANELLO, L.G.; CAVALETT, O.; MANTELATTO, P.E.; BONOMI, A.; ZAIAT, M. Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane biorefineries in Brazil from energy, environmental, and economic perspectives: Profit or expense? <i>Applied Energy</i> , v. 113, p. 825-835, 2014.	Perspectivas energéticas, ambientais e econômicas da digestão anaeróbica de vinhoto em biorrefinarias de cana no Brasil. Esta alternativa seria viável em dois casos: uso do biogás gerado como energia térmica ou substituição da frota a diesel das usinas por biogás veicular.
47	OH, S.T.; MARTIN, A.D. Glucose contents in anaerobic ethanol stillage digestion manipulate thermodynamic driving force in between hydrogenophilic and acetoclastic methanogens. <i>Chemical Engineering Journal</i> , v. 243, p. 526-536, 2014.	Estudo molecular do comportamento competitivo entre arqueias metanogênicas acetoclásticas e hidrogenotróficas devido à concentração de glicose na vinhaça.
48	JIANG, X.; HAYASHI, J.; SUN, Z.Y.; YANG, L.; TANG, Y.Q.; OSHIBE, H.; OSAKA, N.; KIDA, K. Improving biogas production from protein-rich distillery wastewater by decreasing ammonia inhibition. <i>Process Biochemistry</i> , v. 48(11), p. 1778-1784, 2013.	A produção de etanol a partir de resíduos de cozinha gera vinhoto rico em proteínas, que ao ser digerido anaerobicamente pode levar à inibição do processo por alta concentração de amônia. A solução foi a digestão termofílica e a recirculação de biogás lavado com água na fase líquida ou no <i>headspace</i> . O ajuste da proporção carbono/nitrogênio também se mostrou importante.
49	AQUINO, S.; PIRES, E.C. Assessment of ozone as a pretreatment to improve anaerobic digestion of vinasse. <i>Brazilian Journal of Chemical Engineering</i> , v. 33(2), p. 279-285, 2016.	Pré-tratamento de ozônio em vinhaça de etanol de cana e como esse processo afeta a biodegradabilidade da matéria-prima.
50	WANG, K.; ZHANG, J.-H.; LIU, P.; CAO, H.-S.; MAO, Z.-G. Reusing a mixture of anaerobic digestion effluent and thin stillage for cassava ethanol production. <i>Journal of Cleaner Production</i> , v. 75, p. 57-63, 2014.	Vinhaça fina e o digestato advindo da produção de biogás a partir da própria vinhaça fina foram recirculados ao processo de fermentação alcoólica como água de processo, otimizando a produção de etanol de mandioca.

Fonte: Síntese própria

Apêndice C – Logomarcas dos atores ligados à Palha

Este anexo contém as logomarcas que representam cada uma das empresas, centros de pesquisa e universidades responsáveis pelos documentos colhidos e analisados que se referissem à digestão anaeróbica de palha. O número do documento onde os *players* atuaram, nome do ator, logomarca e *websites* que forneceram as informações sobre os *players* estão disponíveis nas tabelas abaixo. A tabela D.1 possui um resumo sobre áreas de atuação das empresas analisadas.

O tipo de documento foi colorido para facilitar sua diferenciação de maneira visual. Artigos possuem coloração rosada, patentes solicitadas são verdes e patentes concedidas, azuis. Aos *players* cuja logomarca não foi encontrada ou se mostrou inexistente foram criadas logomarcas ilustrativas com as iniciais para facilitar sua visualização no *roadmap*. Empresas sem logomarca oficial receberam coloração alaranjada e os centros de pesquisa, azuladas.

O nome original e sem tradução de alguns *players* foi adicionado para facilitar sua busca.

Quadro C.0.1 - Logomarcas das Empresas

<i>Player</i>	<i>Logomarca</i>	<i>Resumo da Empresa</i>
Anaergia Inc.		Líder mundial na solução de problemas envolvendo energias renováveis e na conversão de resíduos em bioprodutos.
Anhui Dadi Energy Saving Science & Technology Co., LTD (安徽大地节能科技有限公司)		Manufatureira de pellets de biomassa para fins energéticos e outros produtos.
Anhui Fuyang Yongzhi Ring Can Engineering LTD (安徽阜阳永志环能工程有限公司)		Empresa especializada em tratamento de resíduos, gasodutos, instalação de equipamentos de dessulfurização em fazendas.
Anqing City Yixiu District Yongxing Agricultural Machinery and Agronomy Comprehensive Development SP (安庆市宜秀区永兴农机农艺综合发展专业合作社)		Cooperativas que focam no desenvolvimento da agricultura.
Beijing Yingherui Environmental Engineering Co., ltd		Empresa especializada em tratamento de esgotos e compostagem (além de outros tratamentos biológicos).
Beijing Yisheng Power Biotechnology Co., ltd (北京益生动力生物科技有限公司)		Empresa especializada no desenvolvimento da ecoagricultura da China desenvolvendo de tecnologia microbiológica avançada e sua aplicação prática.

Player	Logomarca	Resumo da Empresa
Cetrel s.a.		Responsável pelo fornecimento de água, tratamento e disposição final dos efluentes e resíduos industriais, além do monitoramento ambiental do Polo Industrial de Camaçari.
Changling County Yixin Agriculture Development Co., ltd (长岭县一鑫农业开发有限公司)		Empresa especializada no setor de agropecuária, pesca e florestal.
Chengdu Giant Star Farming & Animal Husbandry Science and Technology Co., Ltd. (成都巨星农牧科技有限公司)		Empresa especializada em tecnologias para a gestão de criação suína.
Chongqing Kairui Agricultural Development Co., ltd (重庆凯锐农业发展有限责任公司)		Especializada em consultas de investimentos em projetos agrícolas, planejamento, design, produção, marketing e vendas.
Chongqing Guangda (Group) Co., ltd (重庆光大(集团)有限公司)		Empresa especializada em fazendas de gado.
Cpi Innovation Services Ltd		Centro de inovação tecnológica de novos produtos e processos.
Dezhou Qiyao New Energy Co., Ltd (德州市庆云县德州齐耀新能源有限公司)		Provê serviços de economia de energia e energias sustentáveis.
A E. I. Du Pont Nemours And Company		Líder mundial em inovação e ciência orientada para o mercado e atua no mercado por mais de dois séculos nos mais diversos mercados. A empresa fornece soluções para o pré-tratamento enzimático de resíduos lignocelulósicos.
Eltaga Licensing Gmbh		Empresa especializada em um tipo de fermentador patenteado e que vende essa tecnologia.
Inbicon		Subsidiária da DONG Energy, empresa dinamarquesa pioneira na conversão de biomassa para a produção de etanol de segunda geração e bioeletricidade. Faz uso de processos térmicos e enzimáticos para o pré-tratamento da lignocelulose de palha e gera coprodutos como lignina renovável e melaço de açúcar.
Texaco Development Corporation		Subsidiária da Chevron Corporation, especializada no ramo petrolífero.

Player	Logomarca	Resumo da Empresa
Guangxi Huaqi Energy-Saving Environmental Protection Engineering Co., Ltd (广西华旗节能环保工程有限公司)		Empresa especializada em economia energética.
Harbin Daliang Industrial Co., Ltd (哈尔滨良大实业有限公司)		Empresa especializada em tecnologia avançada de produção de biogás para geração de energia limpa ao solo chinês.
Harbin Jinmuyuan Biotechnology Co., Ltd		Empresa especializada em tecnologias agropecuárias.
Heilongjiang Longneng Weiye Environmental Science & Technology Co., Ltd (黑龙江龙能伟业环境科技股份有限公司)		Empresa especializada na aplicação de palha na geração de energia.
Henan Tianguan Biofuel Engineering Technology Co., Ltd (河南天冠生物燃料工程技术有限公司)		Desenvolvimento de projetos, transferência tecnológica e aconselhamento técnico com foco na tecnologia de geração de biocombustíveis.
Hubei Lvxin Ecological Technology Co., Ltd (湖北绿鑫生态科技有限公司)		O escopo de negócio é na instalação e aconselhamento em equipamentos e tecnologias da área de biogás e biomassa.
Bioprocess control (Sweden) Co. Ltd.		Líder em tecnologias de instrumentação e controle avançados.
Dresser-Rand Guascor		Solucionadora sustentável de problemas energéticos, atuando na área de energia hidráulica, solar e bioenergia.
General Electric Company		Empresa multinacional americana de serviços e tecnologia, atuando como fornecedora de soluções de infraestrutura nos setores de energia, iluminação e transporte. Comercializa motores que funcionam a biogás.
Iogen Corporation		Líder em desenvolvimento de tecnologias de queima limpa e biocombustíveis de segunda geração.
Jiangxi Huayifeng Ecology Industrial Co., Ltd (江西省华颐丰生态实业有限公司)		Empresa especializada na área agropecuária.
Kinetic Biofuel As		Empresa que combina conhecimentos na briquetagem e em energias renováveis.

Player	Logomarca	Resumo da Empresa
Maabjerg Energy Concept		A empresa dinamarquesa (MEC) é um consórcio entre DONG energy, Novozymes, Vestforsyning e Struer Forsyning. Desde 2011 visa a ambiciosa coprodução de etanol de segunda geração, biogás, aquecimento urbano do distrito, energia e dióxido de carbono industrial.
Mitsui Engineering & Shipbuilding Co Ltd		Empresa especialista em engenharia marítima e construção de navios.
Nanjing Pingyu Environmental Engineering Co., Ltd (南京评宇环境工程有限公司)		Empresa especializada no desenvolvimento de tecnologias, transferência tecnológica e pesquisa na área de compósitos e biogás.
Henan Tianguan Group Co. Ltd		Empesa especializada na produção de bioenergia, produtos químicos finos, químicos orgânicos e engenharia bioquímica.
Nanjing Gongda Environment Technology Co., Ltd (南京工大环境科技有限公司)		Companhia que nasceu de universidade e tem como foco a inovação tecnológica e proteção ambiental.
Nanjing Yuanyi Environment Biological Engineeringco., Ltd (南京源一环境生物工程有 限公司)		Especializada em engenharia ambiental e tecnologias novas com foco em solução de resíduos ambientais.
Heilongjiang Nongken Great Northern Wilderness Cattle Industry (黑龙江农垦北大荒牛业有 限公司)		Foco na pesquisa e desenvolvimento na área da pecuária.
Novozymes A/S		Companhia solucionadora de problemas biológicos e líder mundial na produção de enzimas.
Nowast Environmental Science And Technology (Suzhou) Co.,Ltd		Empresa especializada na solução de problemas ambientais.
Qingdao Tianren Environment Co., Ltd		Foco no desenvolvimento de energia a partir de biomassa e proteção ambiental
Qitaihe Baotailong Coal Chemical Industry Co., Ltd (七台河宝泰隆煤化工股份 有限公司)		Empresa especializada na mineração de carvão.
Qujing City Qilin District Tianyuan Industry Co.,Ltd (曲靖市麒麟区天源实业有 限公司)		Foco na criação de gado e horticultura.

Player	Logomarca	Resumo da Empresa
Sea Marconi Technologies Di Vander Tumiatti S.A.S.		Foco na produção de propriedade tecnológica, pesquisa, serviços e produtos avançados com foco energético, ambiental, industrial, saúde pública e serviços.
Sequence Laboratories Goettingen GmbH		Laboratório de sequenciamento de DNA.
Shandong Baoli Biomass Energy Co., Ltd (山东宝力生物质能源股份有限公司)		Empresa de alta tecnologia com estratégia na produção de bioenergia, como bioetanol e biogás.
Shandong Green Energy Gas Industrial Co. Ltd. (山东绿能燃气实业有限责任公司)		Área de gás natural comprimido e liquefeito.
Shanghai Co-Elite Agricultural Sci-Tech (Group) Co.,Ltd		Integra atividades de pesquisa, produção, marketing na área de agricultura.
Shanghai Gaosheng Industrial Co., Ltd (上海昊晟实业有限公司)		Realiza negócios na área de equipamentos da área de bioenergia e alimentos oleaginosos.
Shanghai Shanshen Biotechnology Development Co., Ltd (上海山神生物科技发展有限公司)		Especializada na área de desenvolvimento tecnológico, transferência de tecnologias, equipamentos...
Shell Oil Company		Subsidiária nos Estados Unidos da Royal Dutch Shell é uma das maiores produtoras de petróleo e gás natural dos EUA.
Shengli Oilfield Shengli Power Machinery Co., Ltd.		Manufatureira de motores a gás e solucionadora de problemas energéticos.
Shenzhen Haijixing Environmental Protection Co., Ltd (深圳市海吉星环保有限责任公司)		Usa conhecimentos da tecnologia de patentes para promover reciclagem de resíduos e uso de energia de origem biológica.
Siyang New Energy Service Station (泗阳县新能源服务站)		Foco em pesquisa científica e troca de tecnologias.
State Grid Corporation Of China		Companhia chinesa responsável pela maior distribuição elétrica do país.
State Grid Xinyuan Beijing Bio-Ethanol Energy R &D Center (State Grid Energy Services Limited - 国网节能服务有限公司)		Subsidiária da State Grid Corporation Of China.

Player	Logomarca	Resumo da Empresa
Verbio Vereinigte Bioenergie Ag		Empresa alemã especializada na produção de biocombustíveis.
Xebec Adsorption Inc		Especializada em soluções para o <i>upgrading</i> do biogás, gás natural e hidrogênio. Provedora mundial de soluções para energias renováveis para reduzir a pegada de carbono.
Xuzhou Lianyi Biotechnology Development Limited Company (泗阳县新能源服务站)		Foco em P&D e produção 'natural' de alimentos e condimentos.
Xuzhou Yuxin Environmental Protection Building Materials Co., Ltd (徐州市宇鑫环保建材有限公司)		Especializada na área de construção, maquinaria e equipamentos pesados, agora com foco em reciclagem em resíduos da construção civil.
Zhongshan Chengming Agriculture Technology Development Co., Ltd (中山市承铭农业技术开发有限公司)		Empresa especializada em P&D, design, construção e vendas na área agrícola moderna, integrando água e fertilizantes orgânicos para obtenção de melhores resultados.

Fonte: Síntese própria

Quadro C.0.2 - Logomarcas dos Centros de Pesquisa

Player	Logomarca
Bavarian State Research Center for Agriculture	
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim	
Dairy and Swine Research and Development Centre, Agriculture and Agri-Food Canada	
Nanjing Research Institute for Agricultural Mechanization - Ministry of Agriculture (Academy Of Planning And Designing Of The Ministry of Agriculture)	
Chinese Academy Of Sciences	
Biogas Institute Of The Ministry Of Agriculture	
Agro-Machinery Research Institute Of Chinese Academic Of Tropical Agricultural Sciences	
Beijing Agricultural Machinery Testing Extension Station	
Chongqing Academy Of Agricultural Sciences	
Energy And Environment Research Institute Of Heilongjiang Province	
Environmental Protection Research Institute Of Light Industry	
Georgia Tech Research Corporation	
Guangdong Engineering Technology Institute (广东省工程技术研究所)	

Player	Logomarca
Henan Agricultural Mechanical Test And Evaluation Station (河南省农业机械试验鉴定站)	
Jingmen Rural Energy Technical Extending Station (荆门市农村能源技术推广站)	
Instituto Potosino De Investigación Científica Y Tecnológica	
Instytut Agrofizyki Im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk	
Jiangsu Academy Of Agricultural Sciences	
Jilin Academy Of Agricultural Sciences	
Provincial Key Laboratory Of Gansu Higher Education For City Environmental Pollution Control (城市环境污染控制甘肃省高校省级重点实验室)	
Linyi Qingyu Environmental Resource Comprehensive Utilization Institute (临沂市清宇环境资源综合利用研究院)	
Nanyang City Lvye Circle Agriculture Research Institute (南阳市绿野循环农业研究所)	
Qingdao Institute Of Bioenergy And Bioprocess Technology, Chinese Academy Of Sciences	
The Ohio State University Research Foundation	

Player	Logomarca
Research Center For Recycling Agricultural Engineering Technology Of Shaanxi Province (陕西省循环农业工程技术研究中心)	
Sardar Patel Renewable Energy Research Institute	
Shanghai Academy Of Agricultural Sciences	
Guangzhou Institute Of Energy Conversion, Chinese Academy Of Sciences	
China-Japan Collaborative Research Center For The Rural Environment And Resource (天津中日农村环境资源合作研究中心)	
Institute Of Biomechanics And Physical Research	
Wuhan Vegetable Research Institute (武汉市蔬菜科学研究所)	
Institute Of Subtropical Agriculture, Chinese Academy Of Sciences	
Heilongjiang Institute Of Agricultural Mechanical Engineering Science (黑龙江省农业机械工程科学研究院)	
Yancheng Xinyang Agricultural Test Station (盐城市新洋农业试验站)	

Fonte: Síntese própria

Quadro C.0.3 - Logomarcas das Universidades

Player	Logomarca
---------------	------------------

Player	Logomarca
Anhui Normal University	
Beijing Jiaotong University	
Beijing University Of Chemical Technology	
Bielefeld University	
China Agricultural University	
Georg-August-University Of Göttingen	
Harbin Institute Of Technology	
Hebei University Of Science And Technology	
Hefei University Of Technology	
Henan Agricultural University	
Huaihai Institute Of Technology	
Huaiyin Normal University	
Huazhong Agricultural University	
Hunan Agricultural University	
Jiangnan University	

Player	Logomarca
Jiangxi University Of Science And Technology	
Jiaxing University	
Jilin Institute Of Chemical Technology	
Jilin University	
Kunming University Of Science And Technology	
Lanzhou City University	
Lanzhou University Of Technology	
Latvia University Of Agriculture	
Meijo Univ	
Nanjing Agricultural University	
Nanjing University Of Technology (Nanjing Tech University)	
Nankai University	
Nanyang Normal University	
North China Electric Power University	
Northeast Agricultural University	

Player	Logomarca
Northwest A And F University (Northwest Agriculture And Forestry University)	
Norwegian University Of Life Sciences	
Sardar Patel University	
Shaanxi University Of Science & Technology	
Shandong Academy Of Agricultural Sciences	
Shandong University	
Shandong Jiaotong University	
Shandong University Of Technology	
Shanghai Jiao Tong University	
Shenyang Agricultural University	
Shenyang Jianzhu University	
Shenyang University	
Sichuan University	
Tarim University	
Technische Universität Berlin	
Tianjin Agricultural University	

Player	Logomarca
Tianjin University	
Tianshui Normal University	
Tongji University	
Tsinghua University	
Universitatea De Științe Agricole Și Medicină Veterinară A Banatului "Regele Mihai I Al României" Din Timișoara	
University Of Latvia	
University Of South Bohemia	
University Of Chinese Academy Of Sciences	
Uniwersytet Warszawski	
Washington State University	
Xi'an Polytechnic University	
Zhejiang A&F University	
Zhejiang University	
Zhengzhou Institute Of Aeronautical Industry Management	

Fonte: Síntese própria

Apêndice D – Logomarcas dos Atores ligados à Vinhaça

Este anexo contém as logomarcas que representam cada uma das empresas, centros de pesquisa e universidades responsáveis pelos documentos colhidos e analisados que se referissem à digestão anaeróbica de vinhaça. O número do documento onde os *players* atuaram, nome do ator, logomarca e *websites* que forneceram as informações sobre os *players* estão disponíveis nas tabelas abaixo. A tabela D.1 possui um resumo sobre áreas de atuação das empresas analisadas.

O tipo de documento foi colorido para facilitar sua diferenciação de maneira visual. Artigos possuem coloração rosada, patentes solicitadas são verdes e patentes concedidas, azuis. Aos *players* cuja logomarca não foi encontrada ou se mostrou inexistente foram criadas logomarcas ilustrativas com as iniciais para facilitar sua visualização no *roadmap*. Empresas sem logomarca oficial receberam coloração alaranjada e os centros de pesquisa, azuladas.

O nome original e sem tradução de alguns *players* foi adicionado para facilitar sua busca.

Quadro D.0.1 - Logomarcas das Empresas

<i>Player</i>	Logomarca	Resumo da Empresa
Agraferm Technologies Ag		A Agraferm planeja e constrói digestores anaeróbicos para a produção de biogás. Uma das poucas provedoras mundiais do modelo ‘chave de mão’ de plantas agroindustriais.
Anhui Fengtian Agricultural Technology Co.,Ltd (安徽省 丰田 农业 科技 有限公司)		Companhia atua na pesquisa, infraestrutura e gestão agrícola, usando alta tecnologia para a produção de produtos agrícolas orgânicos de alto valor agregado.
Biothane Systems International		Biothane é subsidiária da Veolia Water Technologies é uma das líderes na área de tratamento de águas residuais.
Veolia Water Solutions & Technologies Support		
Blaygow Limited		Nenhum dado foi encontrado sobre esta empresa.
Cetrel S.A.		Responsável pelo fornecimento de água, tratamento e disposição final dos efluentes e resíduos industriais.
Changhae Ethanol Co., Ltd		Fabrica e vende bebidas destiladas a partir de cana de açúcar, arroz, tapioca ou cevada.
Dedini Indústrias De Base		Empresa com atuação nos mais diversos segmentos industriais de infraestrutura e insumos básicos, energia e alimentos. É líder mundial no fornecimento de equipamentos e plantas para o setor sucroalcooleiro.

Player	Logomarca	Resumo da Empresa
China Haisum Engineering Co., Ltd		Provedora de serviços de engenharia, como design, consulta e supervisão, em escopos da área de energia elétrica a agricultura e têxtil.
China Petroleum & Chemical Corporation		Aprimorar o desenvolvimento e acelerar o crescimento de novas fontes energéticas para o crescimento da China. Passou recentemente de uma empresa ligada apenas ao fornecimento de petróleo para uma provedora de serviços integrados.
Cnpc Jilin Chemical Group Corp		Subsidiária da CNPC (China National Petroleum Corporation) e é líder na área de engenharia de petróleo, construção, manufatura e contrato de EPC (<i>Engineering, Procurement and Construction</i>).
Dainippon Printing Co Ltd		Empresa de impressão japonesa, envolvida em vasta variedade de processos de impressão.
Department Of Biochemical Conversion, Deutsches Biomasseforschungszentrum Ggmbh		O governo federal alemão é o único <i>shareholder</i> da DBFZ. A empresa se fundiu com o Institute for Energy and Environment gGmbH, tornando-o capaz e atuar no setor de produção de energia a partir da biomassa.
Deyang Hyred Science & Technology Co.,Ltd (德阳华宇瑞得智能科技有限公司)		Empresa especializada em equipamentos metálicos, principalmente no setor de veículos.
Dsm Ip Assets B.V		Companhia rica em portfólio alimentos e nutrientes, fornecendo ingredientes de origem mais saudável para alimentos processados, aditivos para animais e materiais biomédicos.
Eisenmann Corporation		Provedora de acabamentos de superfície, controle de poluição atmosférica, digestão anaeróbica e tecnologias de alta temperatura.
Enn Research And Development Co., Ltd		Empresa inovadora na área energética. Formou <i>business chains</i> com distribuidoras de energia, energia solar e tecnologias energéticas. Começou com distribuição de gás na China e, agora, desenvolve soluções integradas de energia limpa.
General Electric Company		Empresa multinacional americana de serviços e tecnologia, atuando como fornecedora de soluções de infraestrutura nos setores de energia, iluminação e transporte.
Gs Caltex Corporation		Empresa provedora de energia.
Guangxi Guitang (Group) Co., Ltd		Empresa chinesa especializada na operação de produção de açúcar, papéis e fertilizante.
Guangxi Wuming Anning County Starch Co., Ltd (广西武鸣县安宁淀粉有限责任公司)		Localizada em região rica em mandioca, se especializou na produção de amido de mandioca e produtos derivados, como o álcool. Associou-se com universidade para estudar tratamento da vinhaça gerada.

Player	Logomarca	Resumo da Empresa
Guangxi Wuming County Jiaolong Alcohol Energy Co., Ltd		Organização especializada em farinha e produtos de grãos.
Dresser-Rand Guascor		Solucionadora sustentável de problemas energéticos, atuando na área de energia hidráulica, solar e bioenergia.
Guizhou Qinghe Ecological Technology Co., Ltd (贵州清禾生态科技有限公司)		Empresa focada na área agropecuária, florestal e pesqueira.
Guizhou Tairan Environment Technology Co., Ltd (贵州泰然环境科技有限责任公司)		Gestão e solução de problemas para águas residuais, poluentes gasosos e economia energética.
Hangzhou Weiqing Environmental Protection Engineering Co., Ltd (杭州维清环保工程有限公司)		Competência no setor de tecnologias, informação e maquinário para proteção ambiental com especialização em águas residuais.
Henan Tianguan Biofuel Engineering Technology Co., Ltd (河南天冠生物燃料工程技术有限公司)		Desenvolvimento de projetos, transferência tecnológica e aconselhamento técnico com foco na tecnologia de geração de biocombustíveis.
Henan Tianguan Group Co., Ltd		Empresa especializada na produção de bioenergia, produtos químicos finos, químicos orgânicos e engenharia bioquímica.
Henan Zhongzheng Environmental Engineering Co., Ltd (河南君和环保科技有限公司)		Provedora de serviços técnicos profissionais ligados a águas residuais de origem municipal e industrial. É uma empresa baseada em tecnologia com forte desenvolvimento técnico e habilidade de aplicação.
Jiangsu Huating Biotechnology Co., Ltd (江苏花厅生物科技有限公司)		Atua em diversos setores, como industrial, pesquisa científica, negócios e produção de álcool e dióxido de carbono para fins alimentícios.
Jinan Shengquan Group Share-Holding Co., Ltd (济南圣泉集团股份有限公司)		Foco na pesquisa e desenvolvimento de biomassa de diversos tipos de palha, líder na produção de resinas, novos materiais, biomedicina e biomassa.
Kurita Water Ind Ltd		Empresa especializada no tratamento de águas e meio ambiente com foco em P&D.
Lignol Innovations Ltd		Empresa canadense com foco na produção de etanol, lignina e outros bioprodutos a partir de biomassa lignocelulósica.

Player	Logomarca	Resumo da Empresa
Liuzhou Jingyang Energy-Saving Technology Research Development Co., Ltd (柳州市京阳节能科技研发有限公司)		Foco em pesquisa e desenvolvimento na área de economia energética e conservação ambiental. Possui centro com foco em P&D, manufatura de produtos e filiais de cooperação.
Methanum Resíduo E Energia		Investe em desenvolvimento tecnológico e inovação de interesse estratégico nacional e para o setor empresarial. Oferece soluções customizadas, associando tratamento de resíduos e efluentes à geração energética.
Nanjing Yuankai Biological Energy Environmental Protection Engineering Co., Ltd (南京元凯生物能源环保工程有限公司)		Foco em proteção ambiental, desenvolvimento biotecnológico, fertilizante orgânico, tratamento de água e produção de energia.
Praj Industries Limited		Companhia mais bem sucedida na área de biocombustíveis e oferece soluções em plantas produtoras de etanol e álcool comestível e de tratamento de águas residuais.
Procorp Enterprises, LLC		Time de especialistas que fornece soluções em operações de águas residuais industriais e municipais.
Qingdao Jieneng Energy-Saving Environmental Protection Technology Co., Ltd (青岛嘉能节能环保技术有限公司)		Empresa engajada no desenvolvimento e na P&D de projetos envolvendo energia térmica ou elétrica.
Qingdao Weiye Forging Machinery Co., Ltd (青岛炜烨锻压机械有限公司)		Produtora de maquinarias e equipamentos de metal.
Shandong Baoli Biomass Energy Co., Ltd (山东宝力生物质能源股份有限公司)		Empresa de alta tecnologia com estratégia na produção de bioenergia, como bioetanol e biogás.
Shandong Longlive Bio-Technology Co., Ltd (山东龙力生物科技股份有限公司)		Utiliza tecnologia de bioengenharia para gerar açúcar, amido e outros produtos a partir do milho, além de reaproveitar seus resíduos.
Shanghai Safbon Water Service Co., Ltd (上海巴安水务股份有限公司)		Empresa com experiência na indústria de água capaz de atuar em diversas áreas, como planejamento de projeto, design e construção de estação de tratamento de água.

Player	Logomarca	Resumo da Empresa
Shanghai Tianzhiguan Renewable Energy Co., Ltd (上海天之冠可再生能源有限公司)		Empresa engajada na pesquisa e desenvolvimento, engenharia e suporte técnico em bioenergia e bioquímicos.
Shell Oil Company		Subsidiária nos Estados Unidos da Royal Dutch Shell é uma das maiores produtoras de petróleo e gás natural dos EUA.
Shengli Oilfield Shengli Power Machinery Co., Ltd.		Manufatureira de motores a gás e solucionadora de problemas energéticos.
Stan Mayfield Biorefinery Pilot Plant		Planta construída em parceria entre a o Institute of Food and Agricultural Sciences da University of Florida e a Buckeye Technologies, Inc. Auxilia o estudo da conversão de biomassa em etanol 2G pelos pesquisadores da Universidade da Florida.
State Grid Corporation Of China		Companhia chinesa responsável pela maior distribuição elétrica do país.
State Grid Xinyuan Beijing Bio-Ethanol Energy R &D Center		Subsidiária da STATE GRID CORPORATION OF CHINA.
State Grid Energy Conservation Service Co., Ltd		Subsidiária da STATE GRID CORPORATION OF CHINA.
Suzhou Biyuan Environmental Protection Engineering Co., Ltd		Especializada em engenharia ambiental e pesquisa e desenvolvimento na área, com foco em construção, design, instalação e suporte em tratamento de águas residuais e proteção ambiental.
Taicang Yifa Petrochemical Ore Material Inspection Co., Ltd (太仓意发石化矿材检测有限公司)		Laboratório especializado em petróleo e produtos derivados do mesmo, principalmente em teste de produtos e desenvolvimento de tecnologias.
Tangshan Jintu Microbial Organic Fertilizer Co., Ltd		Produtora em larga escala de biofertilizantes. Para isso, usa tecnologia microbiana em variedade de resíduos orgânicos.
Tekniska Verken I Linköping AB		Empresa produtora de eletricidade especializada no uso de energias renováveis, como o biogás.
Texaco Development Corporation		Subsidiária da Chevron Corporation, especializada no ramo petrolífero.
Tokyo Gas Co.		Principal fornecedora de gás natural das maiores cidades japonesas.
Verbio Vereinigte Bioenergie Ag		Empresa alemã especializada na produção de biocombustíveis.
Wujiang Yongxiang Ethanol Manufacturing Co., Ltd (吴江永祥酒精制造有限公司)		Uma das maiores empresas em pesquisa e tecnologia do leste chinês, produtora de álcool para fins alimentícios, etanol, CO2 e produtos alimentícios derivados do milho.

<i>Player</i>	Logomarca	Resumo da Empresa
Xebec Adsorption Inc		Especializada em soluções para o <i>upgrading</i> do biogás, gás natural e hidrogênio. Provedora mundial de soluções para energias renováveis para reduzir a pegada de carbono.
Zhejiang Maoyanggang Agricultural Development Co., Ltd (浙江毛阳岗农业发展有限公司)		Foco na criação de porcos, projetos agrícolas, produção de fertilizantes orgânicos.
Zhenjiang Xingnong Organic Fertilizer Co., Ltd (镇江兴农有机肥有限公司)		Companhia especializada em P&D e produção de produtos para a agricultura, como fertilizantes orgânicos.

Fonte: Síntese própria

Quadro D.0.2 - Logomarcas dos Centros de Pesquisa

<i>Player</i>	<i>Logomarca</i>
Agriculture And Agri-Food Canada	
Agro-Environmental Protection Institute, Ministry Of Agriculture	
Brazilian Bioethanol Science And Technology Laboratory (Ctbe)	
Brazilian Center For Research In Energy And Materials (Cnpem)	
Cash Crops Research Institute, Guangxi Academy Of Agricultural Sciences (广西农业科学院经济作物研究所)	
Chinese Academy Of Sciences	
Cnrs	
Consejo Nacional De Investigaciones Cientificas Y Tecnologicas (Conicet)	
Csir-Central Food Technological Research Institute	
Csir-National Environmental Engineering Research Institute	
Helmholtz Centre For Environmental Research	
Inra	
Jiangsu Academy Of Agricultural Sciences	
Korea Institute Of Science And Technology	
Laboratory Of Microbial Ecology And Technology (Labmet)	
Nanjing Institute For The Comprehensive Utilization Of Wild Plants ((南京野生植物综合利用研究院))	

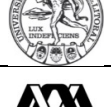
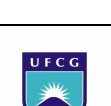
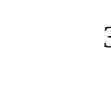
<i>Player</i>	<i>Logomarca</i>
Ozone Research & Applications	
Sinopec Fushun Research Institute Of Petroleum & Petrochemicals	
Veolia Environnement Recherche Et Innovation	

Fonte: Síntese própria

Quadro D.0.3 - Logomarcas das Universidades

<i>Player</i>	<i>Logomarca</i>
Anhui Agricultural University	
Beijing Forestry University	
Capital Normal University	
Delft University Of Technology	
Federal University Of Ceará (UFC)	
Federal University Of Mato Grosso Do Sul (UFMS)	
Federal University Of Minas Gerais (UFMG)	
Federal University Of São Carlos (UFSCAR)	
Ghent University	
Guangxi University	

<i>Player</i>	<i>Logomarca</i>
Guilin University Of Technology	
Industry Academic Cooperation Foundation, Daegu University	
Industry Academic Cooperation Foundation Keimyung University	
Istanbul Technical University	
Jiangnan University	
Jilin University	
Kazan (Volga Region) Federal University	
Kumamoto University	
Lodz University Of Technology	
London South Bank University	
Lund University	
Myongji University Industry And Academia Cooperation Foundation	
Nanjing Tech University	
Northwest A&F University	
Politechnika Wroclawska	

<i>Player</i>	<i>Logomarca</i>
Quilin University Of Technology	
Sancti Spiritus University	
Shandong Academy Of Agricultural Sciences	
Sichuan University	
Swedish University Of Agricultural Sciences	
Technological Institute Of Boca Del Río	
Tongji University	
Tsinghua University	
Unesp (Univ Estadual Paulista)	
Univ. Nac. Del Litoral	
Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco	
Universidad De Guadalajara	
Universidad Del Quindío	
Universidad Veracruzana	
Universidade Federal De Campina Grande	
Universidade Federal De Minas Gerais (UFMG)	

<i>Player</i>	<i>Logomarca</i>
Università Di Trieste	
Universitatea De Stat Din Moldova	
Universitatea De Științe Agricole Și Medicină Veterinară A Banatului "Regele Mihai I Al României" Din Timișoara	
Université De Toulouse	
University Of California	
University Of Chinese Academy Of Sciences	
University Of Florida	
University Of Louisville	
University Of Manchester	
University Of Ottawa	
University Of Rostock	
University Of Santiago De Compostela	
University Of São Paulo (USP)	
University Of Saskatchewan	
University Of Science And Technology Beijing	

<i>Player</i>	<i>Logomarca</i>
Uniwersytet Przyrodniczy We Wrocławiu	
Valladolid University	
Wageningen University	
Wuhan Institute Of Technology	
Zhengzhou University	

Fonte: Síntese própria