

Relatório de atividades de bolsista
Programa de Apoio à Pós-Graduação – PAPGPrestação de Contas Científica ☐ Parcial ☒ Final

(A prestação de contas científica será parcial no caso de cancelamento ou suspensão do apoio concedido)

Informações gerais:

Nome do bolsista: Hermano da Silveira
Instituição: Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia
Nº convênio:
Curso: Pós-Graduação em Biocombustível <input checked="" type="checkbox"/> Mestrado <input type="checkbox"/> Doutorado
Área de concentração: Biomassas energéticas: Ciência e tecnologia
Ingresso no curso: 17 de fevereiro de 2022
Início de recebimento da bolsa: março de 2022
Título da dissertação/tese: Inovação Organizacional Para Transição de Resíduos em Combustíveis e Energia Renovável: Dimensionamento de Refinaria CDR / WTE
Houve cancelamento/suspensão da bolsa? <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim
Especifique o motivo:

Desempenho acadêmico:

Créditos já concluídos: 25
Créditos a concluir: 0
Total de créditos do curso: 18
Anexe o histórico escolar a este formulário.
Outras atividades desempenhadas no período:
1- Pesquisa levantamento quantitativo de RSU em associações de catadores de reciclagem - OSCs.
2- Desenvolvimento de Projeto Dissertação com pesquisas de RSU levantadas em campo.
3- Pesquisas de Leis e artigos científicos dos equipamentos de pirolise, gaseificação, PNRS, OSCs, SUS.
4- Encontros da Plataforma MROSC como OSC Oika em evoluções de parcerias social para a PNRS.
5- Evolução Parceria Social OSC Oika: https://github.com/Oika-Tecnologia-Inovacao/Quem-Somos
6- Atividades Plataforma MROSC: https://plataformaosc.org.br/
Desenvolvimento de máquinas e equipamento de pirolise e gaseificação da biomassa RSU para implantação em associações OSC - rede de cientistas e catadores de reciclagem conforme a PNRS.

Desenvolvimento dissertação/tese:

() Não iniciada
() Em execução: revisão da literatura, metodologia, outras atividades
(X) Em execução: coleta, tratamento e análise de dados
() Elaboração da versão final
() Concluída – Anexar cópia da ata da aprovação da dissertação/tese; cópia do certificado de conclusão de curso; cópia do trabalho. (Todos os arquivos deverão ser enviados em versão digital).

Produção acadêmica:

Quantificar:

- () Trabalhos apresentados em eventos técnicos/científicos
- () Artigos publicados
- () Relatórios/notas técnicas
- () Outros

Anexar comprovantes de participação e cópia dos trabalhos, em versão digital.

Participação em eventos:

Nome do evento:	Período/Data	Apresentação de trabalho:
		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

Avaliação do desempenho do pós-graduando pelo orientador:

☐ Abaixo da média ☒ Média ☐ Bom ☐ Ótimo

Atestamos a veracidade de todas as informações fornecidas neste formulário:

_____ Data: 05 setembro 2023
Hermano da Silveira

_____ Data: 05 setembro 2023
Antonio José Vinha Zanuncio

**Júpiter - Sistema de Gestão Acadêmica da Pró-Reitoria de Graduação**
HISTÓRICO ESCOLAR FINAL

Unidade: Escola de Engenharia de São Carlos
Aluno: **2377616/2 - Hermano da Silveira**
Ingresso: Transf USP - 26/01/2000
Curso: 18042/110 - Engenharia Elétrica
Engenharia Elétrica/Eletrotécnica
Quantidade de reingressos: 1

Dados pessoais

Data de nascimento: 08/07/1971
Naturalidade: Minas Gerais
Cédula de identidade: RG 25991728X São Paulo
Nacionalidade: Brasileira

Forma de ingresso : Transferência Interna
Data de ingresso : Jan/2000
Instituição de origem : Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
Classificação na carreira: 118 Ano de realização : 1997

Histórico de ingresso

Ingresso	Curso	Início	Fim	Encerramento
Vestibular-01/01/1997	Matemática - Bacharelado em Matemática integral	12/01/2000	26/01/2000	Transferência USP

Certificado de Conclusão

Certificamos, para os devidos fins e de acordo com os registros existentes, a conclusão do curso de graduação sendo-lhe conferido o grau abaixo indicado.

Grau Conferido: Engenheiro Eletricista

Data de Colação de Grau: 04/08/2005 **Data de Expedição:** 04/08/2005 **Ano de Conclusão do Curso:** 2005

Escola de Engenharia de São Carlos , 05/09/2023 09:08

Endereço da Unidade:
Av. Trabalhador Saocarlene 400 Área 1
CEP: 13566-590 São Carlos-SP



Júpiter - Sistema de Gestão Acadêmica da Pró-Reitoria de Graduação

HISTÓRICO ESCOLAR FINAL

Unidade: Escola de Engenharia de São Carlos

Aluno: **2377616/2 - Hermano da Silveira**

Ingresso: Transf USP - 26/01/2000

Curso: 18042/110 - Engenharia Elétrica

Engenharia Elétrica/Eletrotécnica

Quantidade de reingressos: 1

Quantidade de reingressos: 1		Creditos			Atividade				
Sigla	Nome da Disciplina	AU	TR	CH	CE	CP	ATPA	FREQ	NOTA
2000 1º. Semestre									
FCM0101	Física I	6		90					* AE
FCM0102	Física II	6		90					* AE
FFI0180	Laboratório de Física Geral I	2		30				100	6.1 A
FFI0335	Física III	4		60				95	7.9 A
SAP0126	Humanidades e Ciências Sociais	2		30				85	8.0 A
SAP0137	Desenho V	4		60					* AE
SCE0103	Introdução à Ciência da Computação	2	2	90					* AE
SCE0105	Estatística I	4		60					* AE
SCE0151	Linguagens e Técnicas de Programação e Aplicações	2		30					* AE
SCE0154	Métodos Numéricos para Engenharia I	3		45					* AE
SEL0300	Informação Profissional em Engenharia Elétrica	1		15				82	8.5 A
SEL0301	Circuitos Elétricos I	4		60				100	5.0 A
SEL0303	Materiais Elétricos e Processos	2		30				94	6.3 A
SEL0307	Laboratório de Circuitos e Instrumentação	3		45				100	8.0 A
SET0168	Resistência dos Materiais V	4		60				73	5.0 A
SMA0112	Matemática Aplicada	4		60					* AE
SMA0127	Equações Diferenciais Ordinárias	4		60					* AE
SMA0300	Geometria Analítica	4		60					* AE
SMA0301	Calculo I	6		90					* AE
SMA0302	Calculo II	6		90					* AE
SMA0303	Cálculo III	4		60				88	5.3 A
SMA0304	Álgebra Linear	4		60					* AE
2000 2º. Semestre									
FCM0185	Laboratório de Física Geral IV	2		30				100	7.0 A
FFI0181	Laboratório de Física Geral II	2		30				83	8.0 A
FFI0338	Física IV	4		60				100	5.0 A
SCE0155	Métodos Numéricos para Engenharia II	3		45				93	6.0 A
SEL0302	Circuitos Elétricos II	4		60				83	5.6 A
SEL0304	Medidas Elétricas e Eletrônicas I	2		30				94	5.3 A
SEL0306	Laboratório de Dispositivos Eletrônicos	2		30				93	8.5 A
SEL0308	Introdução aos Sistemas Elétricos de Potência	2		30				87	7.0 A
SMA0111	Funções de Variável Complexa	4		60				88	5.1 A
SQM0107	Laboratório de Química Geral e Tecnológica	3		45				85	5.1 A
2001 1º. Semestre									
SEL0305	Medidas Elétricas e Eletrônicas II	2		30				87	5.6 A
SEL0311	Eletrotécnica Aplicada I	2		30				100	5.0 A
SEL0316	Laboratório de Circuitos Eletrônicos I	3		45				100	9.0 A
SEL0327	Laboratório de Sistemas de Controle I	2		30				87	8.5 A
SEL0384	Laboratório de Sistemas Digitais I	2		30				87	7.9 A
2001 2º. Semestre									
SEL0312	Eletrotécnica Aplicada II	3		45				87	6.3 A
SEL0317	Laboratório de Circuitos Eletrônicos II	3		45				73	6.0 A
SEL0328	Laboratório de Sistemas de Controle II	2		30				100	7.1 A
SEL0329	Conversão Eletromecânica de Energia	4		60				97	5.3 A



Júpiter - Sistema de Gestão Acadêmica da Pró-Reitoria de Graduação

HISTÓRICO ESCOLAR FINAL

Unidade: Escola de Engenharia de São Carlos

Aluno: **2377616/2 - Hermano da Silveira**

Ingresso: Transf USP - 26/01/2000

Curso: 18042/110 - Engenharia Elétrica

Engenharia Elétrica/Eletrotécnica

Quantidade de reingressos: 1

Quantidade de reingressos: 1		Creditos			Atividade			FREQ	NOTA
Sigla	Nome da Disciplina	AU	TR	CH	CE	CP	ATPA		
2002 1º. Semestre									
SEL0332	Eletrônica de Potência I	2		30				93	5.0 A
SEL0334	Laboratório de Eletrônica de Potência I	2		30				100	6.4 A
SEL0350	Elementos de Projetos Elétricos em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica	2		30				100	9.0 A
2002 2º. Semestre									
SEL0310	Ondas Eletromagnéticas	4		60				97	5.0 A
SEL0335	Laboratório de Eletrônica de Potência II	2		30				100	7.2 A
SEM0360	Fundamentos Termodinâmicos	4		60				82	5.5 A
2003 1º. Semestre									
SEL0309	Eletromagnetismo	4		60				91	5.0 A
SEL0330	Laboratório de Conversão Eletromecânica de Energia	2		30				100	5.2 A
SEL0341	Máquinas Elétricas	6		90				85	5.0 A
SEL0343	Processamento Digital de Sinais	2		30				71	6.6 A
SEP0581	Economia	4		60				80	5.5 A
SHS0175	Ciências do Ambiente para Engenharia Elétrica	3		45				88	8.5 A
SHS0178	Fenômenos de Transporte	5		75				87	5.0 A
SQM0113	Química Geral e Tecnológica I	3		45				80	5.8 A
2003 2º. Semestre									
SEL0331	Análise de Sistemas Eletronenergéticos	3		45				93	5.0 A
SEL0333	Eletrônica de Potência II	2		30				87	5.5 A
SEL0392	Estágio Supervisionado		1	30	30			100	9.0 A
SEL0394	Projeto de Formatura		6	180				100	8.0 A
SEP0521	Administração Geral	4	1	90				75	7.8 A
2004 1º. Semestre									
SEL0313	Circuitos Eletrônicos I	4		60				77	5.5 A
SEL0336	Aplicação de Microprocessadores I	2		30				87	5.0 A
SEL0349	Métodos de Otimização em Sistemas	2		30				73	5.1 A
SEL0395	Introdução à Engenharia de Reabilitação	2		30				87	5.0 A
SEL0405	Introdução aos Sistemas Digitais I	4		60				90	6.5 A
SEL0417	Fundamentos de Controle	4		60				87	5.2 A
STT0177	Leituras Topográficas	2	1	60				86	6.0 A
2004 2º. Semestre									
1800040	A Ética e a Responsabilidade Social em Engenharia	2		30				73	10.0 A
SEL0314	Circuitos Eletrônicos II	4		60				100	5.0 A
SEL0354	Proteção em Sistemas de Energia Elétrica	3		45				94	5.4 A
SEL0355	Estabilidade em Sistemas de Energia Elétrica	3		45				100	5.0 A
SEL0358	Transdutores	2		30				93	7.7 A
SEL0415	Introdução à Organização de Computadores	2		30				93	6.6 A
SEP0171	Planejamento e Controle de Projetos	3	1	75				100	5.0 A
2005 1º. Semestre									
SEL0348	Cálculo de Curto Circuito	3		45				70	5.1 A
SEL0351	Instrumentação Eletrônica I	2		30				87	5.0 A



Júpiter - Sistema de Gestão Acadêmica da Pró-Reitoria de Graduação

HISTÓRICO ESCOLAR FINAL

Unidade: Escola de Engenharia de São Carlos

Aluno: **2377616/2 - Hermano da Silveira**

Ingresso: Transf USP - 26/01/2000

Curso: 18042/110 - Engenharia Elétrica

Engenharia Elétrica/Eletrotécnica

Quantidade de reingressos: 1

Quantidade de reingressos: 1		Creditos			Atividade				
Sigla	Nome da Disciplina	AU	TR	CH	CE	CP	ATPA	FREQ	NOTA
SEL0357	Operação de Sistemas Elétricos de Potência	3		45				87	5.0 A
SEL0360	Princípios de Comunicação	3		45				87	5.5 A
SEL0365	Linhas de Transmissão de Energia Elétrica	3		45				73	5.0 A

Créditos obtidos: aula :239 trabalho : 12 total: 251

Média ponderada: 6.1

Créditos matriculados: aula :239 trabalho : 12 total: 251

Carga Horária Total: 3945 h (Estágio: 30 h)

Total geral (Carga Horária Total + Estágio + Carga Horária em AAC): 3975

Classificação na turma de ingresso: 8º de 9

- As notas variarão de zero a dez, podendo ser aproximadas até a primeira casa decimal (Regimento Geral, artigo 83).

- Será aprovado, com direito aos créditos correspondentes, o aluno que obtiver nota final igual ou superior a cinco e tenha, no mínimo, setenta por cento de frequência na disciplina (Regimento Geral, artigo 84).

- Um crédito aula corresponde a 15 horas de carga horária semestral, e o trabalho a trinta.

Legenda:

AU = Crédito Aula

TR = Crédito Trabalho

CH = Carga Horária

MA = Matriculado

T = Trancado

CE = Carga Horária de Estágio

A = Aprovado

RN = Reprovado por Nota

AE = Aproveitamento de Estudo

RA = Reprovado por Nota e Frequência

DI = Dispensado

RF = Reprovado por Frequência

CP = Carga Horária práticas componentes curriculares

DS = Dispensado por prova de suficiência (Res. CoG 4844/01)

ATPA = Atividades Teórico-Práticas de Aprofundamento

P = Pendente

I = Inscrito

IR = Inscrição Reservada

IT = Inscrição em Turma Lotada

IP = Inscrição em optativa Preterida

IL = Inscrição em Lista de Espera

Média Ponderada das disciplinas em que o aluno obteve aprovação (não inclui notas de AE e DS).

Aproveitamento de Estudos

Universidade de São Paulo	Disciplinas Equivalentes	Crédito:Aul	Trab	C.H.	Nota	Período
FCM0101 Física I	Física I	6	0		5.2	1999/1
	55 Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação					
FCM0102 Física II	Física II	6	0		5.7	1999/2
	55 Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação					
SCE0103 Introdução à Ciência da Computação	Introdução à Ciência da Computação I	6	0		5.0	1998/1
	55 Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação					
SCE0105 Estatística I	Introdução à Teoria das Probabilidades	4	0		5.4	1999/2
	55 Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação					
SCE0151 Linguagens e Técnicas de Programação e Aplicações	Linguagens e Técnicas de Programação e Aplicações	2	0		8.5	1998/2
	55 Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação					
SCE0154 Métodos Numéricos para Engenharia I	Cálculo Numérico I	3	0		5.5	1999/2
	55 Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação					
SMA0112 Matemática Aplicada	Matemática Aplicada	4	0		5.1	1999/2
	55 Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação					
SMA0127 Equações Diferenciais Ordinárias	Equações Diferenciais Ordinárias	4	0		5.6	1999/1
	55 Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação					
SMA0300 Geometria Analítica	Geometria Analítica	4	0		6.9	1999/1
	55 Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação					
SMA0301 Calculo I	Calculo I	6	0		5.5	1998/1

**Júpiter - Sistema de Gestão Acadêmica da Pró-Reitoria de Graduação**
HISTÓRICO ESCOLAR FINAL

Unidade: Escola de Engenharia de São Carlos

Aluno: **2377616/2 - Hermano da Silveira**

Ingresso: Transf USP - 26/01/2000

Curso: 18042/110 - Engenharia Elétrica

Engenharia Elétrica/Eletrotécnica

Quantidade de reingressos: 1

Aproveitamento de Estudos

Universidade de São Paulo	Disciplinas Equivalentes	Crédito:	Aul	Trab	C.H.	Nota	Período
	55 Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação						
SMA0302 Cálculo II	Cálculo II	6	0			6.4	1998/2
	55 Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação						
SMA0304 Álgebra Linear	Álgebra Linear	4	0			7.0	1998/2
	55 Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação						

Observações

* Engenharia Elétrica: curso reconhecido pela Portaria CEE/GP nº 246/02, de 11/07/2002, publicada no D.O.E. de 29/08/2003.

* Nesta Escola, não há exigência do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE) para conclusão do curso.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Reitoria - Bloco 3P - Avenida João Naves de Ávila 2.121
B. Santa Mônica - Uberlândia - MG - 38.408-144 - Brasil



Diretoria de Administração e Controle Acadêmico
HISTÓRICO ESCOLAR

IDENTIFICAÇÃO

Nome : Hermano da Silveira

Matrícula : 12212PGB003

Naturalidade : Campina Verde

Nacionalidade : Brasileira

Nome do Pai: null

Nome da Mãe: Selma Lúcia da Silveira

UF: MG

Nascimento: 08/07/1971

FORMA DE INGRESSO

Forma de Ingresso: Processo Seletivo: Pós-Graduação

Ano: 2022 - 1º Semestre

CURSO SUPERIOR

Nome do curso

Mestrado em Biocombustíveis

Versão 2023-1

Dados legais de reconhecimento de curso

Reconhecimento: Portaria nº 601/MEC de 09/07/2013 - D.O.U. de 10/07/2013 e nº 609/MEC de 14/03/2019 - D.O.U. de 18/03/2019, em convênio com UFU/UFVJM.

Data do início do curso: 03/03/2022

Data da conclusão do

OBSERVAÇÕES

Data de Ingresso na UFU: 03/03/2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Reitoria - Bloco 3P - Avenida João Naves de Ávila 2.121
B. Santa Mônica - Uberlândia - MG - 38.408-144 - Brasil



Diretoria de Administração e Controle Acadêmico
HISTÓRICO ESCOLAR

Nome: 12212PGB003 - Hermano da Silveira

Curso: 32010010010M5 - Curso de Mestrado Acadêmico em Biocombustíveis (em associação)

Disciplinas	Créditos	CH Curricular	Nota	Faltas	Aulas Ministradas	Situação	I.E.S. de origem da dispensa
1º Semestre de 2022							
PPGB01 Seminários I	2	30	A	0	30	Aprovado	
PPGB02 Seminários II	2	30	A	0	30	Aprovado	
PPGB09 Pirólise, Gaseificação e Combustão de Biomassas	4	60	B	0	60	Aprovado	
PPGB23A Tópicos Especiais IV: Desenvolvimento de Materiais Compósitos Aplicados na Conversão de Biomassa em Biocombustíveis	4	60	A	0	60	Aprovado	
PPGB27 Dissertação de Mestrado	60	900	****	0	900	S/Aproveitamento	
Total Créditos/Carga Horária no Período:		72	1.080	CR: 3,667			
2º Semestre de 2022							
PPGB21E Tópicos Especiais II: Análise Química Instrumental de Biocombustíveis	2	30	D	0	30	Reprovado	
PPGB27 Dissertação de Mestrado	60	900	****	0	900	S/Aproveitamento	
PPGB28 Estágio Docência I	2	30			30	Sem nota	
PPGB36 Introdução aos Biocombustíveis	3	45	B	0	45	Aprovado	
Total Créditos/Carga Horária no Período:		67	1.005	CR: 3,235			
1º Semestre de 2023							
PPGB13 Gestão Ambiental na Agricultura	4	60	A	0	60	Aprovado	
PPGB23K Tópicos Especiais IV: Análises Térmicas	4	60	B	4	60	Aprovado	
PPGB27 Dissertação de Mestrado	60	900	****	0	900	S/Aproveitamento	
Total Créditos/Carga Horária no Período:		68	1.020	CR: 3,320			
2º Semestre de 2023							
PPGB23L Tópicos Especiais IV: Noções do direito, regulação e trabalho	4	60	****			Matrícula	
PPGB27 Dissertação de Mestrado	60	900	****			Matrícula	
Total Créditos/Carga Horária no Período:		64	960	CR: 3,320			
Coeficiente de Rendimento Global(CR):							3,320
Porcentagem do Coeficiente de Rendimento Global(CR):							83,00 %
Crédito para Integralização :			Exigido	Integralizado			
Obrigatórias	:		69	7			
Optativas	:		9	16			
Total de Créditos :			78	23			

Histórico Escolar para simples conferência. Para efeito legal, o Histórico Escolar deverá ser emitido e assinado pela Diretoria de Administração e Controle Acadêmico-DIRAC.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Reitoria - Bloco 3P - Avenida João Naves de Ávila 2.121
B. Santa Mônica - Uberlândia - MG - 38.408-144 - Brasil



Diretoria de Administração e Controle Acadêmico
HISTÓRICO ESCOLAR

Situação do Aluno: Aluno com Vínculo

Resolução nº 12/2008, do Conselho de Pesquisa e Pós-Graduação:

Dos Conceitos

"Art. 34. O aproveitamento em cada disciplina, bem como em outras atividades avaliativas, será aferido por meio de conceito fixo, expresso por números inteiros, sendo:

- I. 'A' - Excelente (de 90 a 100% de aproveitamento): com direito a crédito;
- II. 'B' - Bom (de 75 a 89% de aproveitamento): com direito a crédito;
- III. 'C' - Regular(de 60 a 74% de aproveitamento): com direito a crédito;
- IV. 'D' - Insuficiente (de 40 a 59% de aproveitamento): sem direito a crédito; e
- V. 'E' - Reprovado (de 0 a 39% de aproveitamento): sem direito a crédito.

§ 1º A avaliação do aproveitamento do aluno será feita mediante Coeficiente de Rendimento Global (CR), calculado após a conclusão de cada período letivo, correspondendo à média ponderada de todos os níveis de conceitos atribuídos até então, tomando-se como peso o número de créditos das disciplinas e atribuindo-se aos níveis os valores:

- I – A = 4 pontos por crédito;
- II – B = 3 pontos por crédito;
- III – C = 2 pontos por crédito;
- IV – D = 1 ponto por crédito; e
- V – E = 0. "

Participação protagonista como signatária OSC Oika – Encontro Nacional da Plataforma MROSC.

<https://plataformaosc.org.br/osc-signatarias/>

<https://github.com/Oika-Tecnologia-Inovacao/Quem-Somos>



Às Proposição de Parcerias Sociais OSC Oika:

*Inovação Organizacional Para Transição de Resíduos em Combustíveis e Energia Renovável:
Dimensionamento de Refinaria CDR / WTE, cooperação OSCs Catadores em Economia Circular.*

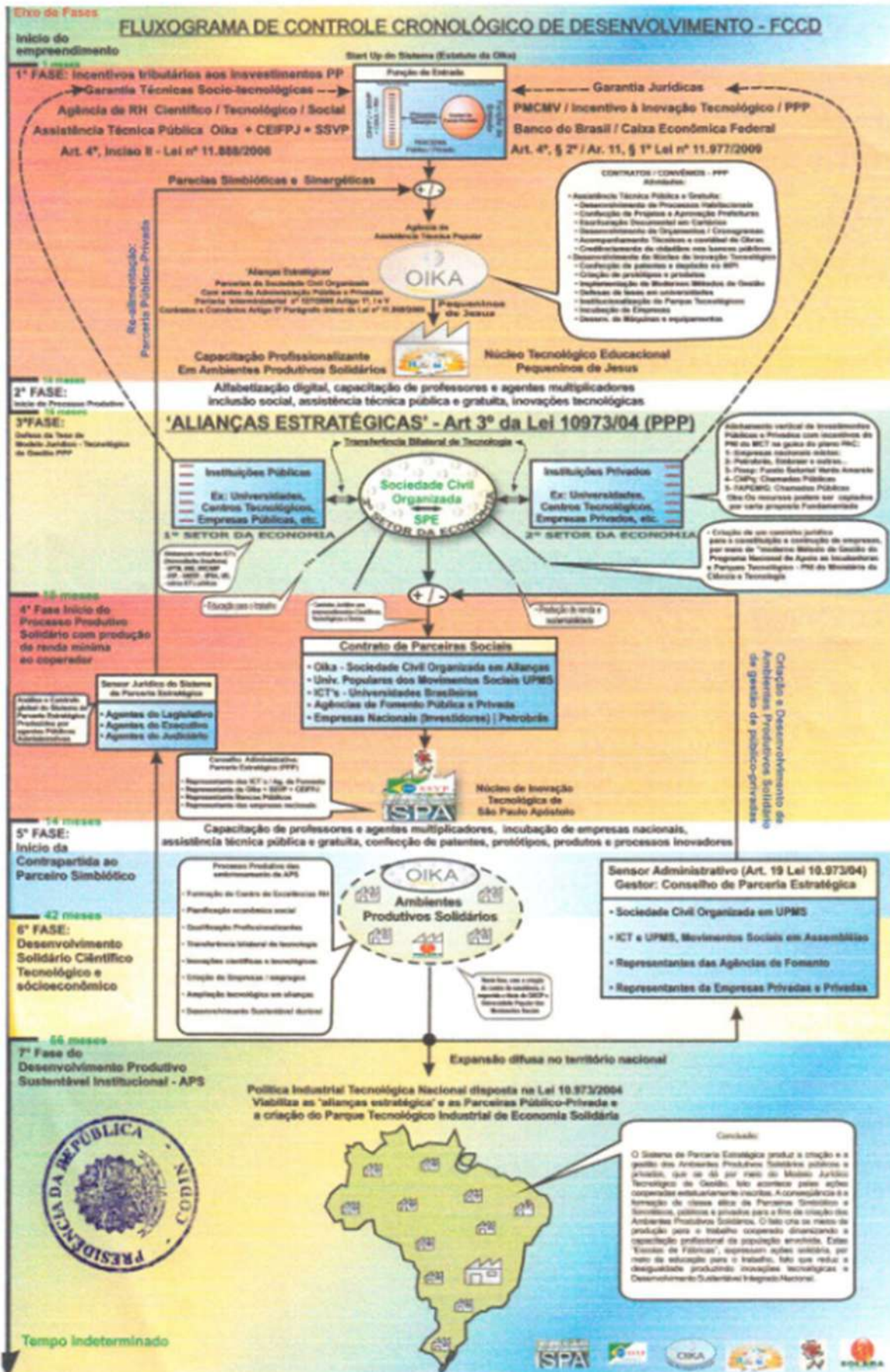
Vem acionar de alianças estratégicas (art. 3º L. 10.973/04), em invento de Modelo Jurídico Tecnológico Institucional de Utilidade Pública: Sistema de Parceria Estratégica, publicado pelo INPI/2010 (art. 5º inc. XXIX CF/88), constitui referencial de arcabouços jurídico sistêmico PNRS (Lei 12.305/10), OSCs (Lei 13.019/14), MLI (Lei 13.243/16), Renova-Bios (Lei 13.576/17), SUS (Lei 8.080/90), Participação Gestor Social (Lei 8.142/90), cooperativismos em rede de cientistas e catadores (Decreto 11.414/2023) para evolução de economia circular a partir de recursos energéticos renováveis.

Congrega a Oika Tecnologia e Inovação (<https://github.com/Oika-Tecnologia-Inovacao/Quem-Somos>), cientistas e catadores de reciclagem para a tarefa de cuidar dos planeta colaborando com objetivos de desenvolvimento sustentável, cooperando com desenvolvimento de máquinas e equipamentos à ser implementado em associações de catadores em função geradora de atividades de renda e economia circular da biomassa – bioeconomia popular solidária. Anexo FCCD do invento.

Este avanço científico, tecnológico e social, viabiliza-se com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Atenciosamente: Hermano da Silveira.

SISTEMA DE PARCERIA ESTRATÉGICA AOS PROGRAMAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS INCLUSIVAS



CNIS – Docência na rede pública de MG, Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG.



INSS

Página 1 de 2

CNIS - Cadastro Nacional de Informações Sociais
Extrato Previdenciário - CNIS Cidadão

08/01/2015 09:13:32

Identificação do Filiado								
NIT: 1.215.390.686-7			Nome: HERMANO DA SILVEIRA					
Data de Nascimento: 08/07/1971			Nome da Mãe: SELMA LUCIA DA SILVEIRA					
Índice	NIT	CNPJ/CEI/CPF/INB	Origem do Vínculo	Data Início	Data Fim	Ult. Remun.	Tipo Vínculo	Indicadores
1	1.215.390.686-7	19.043.892/0001-36	EME ELETRO MECANICA INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	17/12/1984	01/04/1986	03/1986	CLT	
2	1.215.390.686-7	17.473.158/0001-81	GEZA LTDA	01/09/1986	01/02/1990	01/1990	CLT	PEXT
3	1.215.390.686-7	59.596.155/0001-85	INDUSTRIA RICETTI LIMITADA - ME	17/05/1990	14/03/1991	03/1991	CLT	
4	1.215.390.686-7	47.035.662/0001-60	FUNDACAO PARA O INCREMENTO DA PESQUISA E DO APERFEICOAMENTO INDUSTRIAL	01/03/1994		01/1996	CLT	
5	1.215.390.686-7	05.308.851/0001-10	ZANETTI EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA - EPP	05/02/2007	01/06/2007	09/2007	CLT	
6	1.215.390.686-7	18.715.599/0001-05	MINAS GERAIS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCACAO	24/04/2008	27/07/2008	07/2008	CLT	
7	1.215.390.686-7	65.172.579/0001-15	UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS	01/08/2008		02/2009	CLT	
8	1.215.390.686-7	18.715.599/0001-05	MINAS GERAIS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCACAO	18/11/2008	18/12/2008	12/2008	CLT	
9	1.215.390.686-7		CONTRIBUINTE INDIVIDUAL	01/12/2008	31/12/2008		Contribuinte	
10	1.215.390.686-7	18.715.599/0001-05	MINAS GERAIS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCACAO	01/01/2009	31/01/2009	01/2009	CLT	
11	1.215.390.686-7	65.172.579/0001-15	UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS	02/02/2009	31/07/2009	07/2009	CLT	
12	1.215.390.686-7	18.715.599/0001-05	MINAS GERAIS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCACAO	14/09/2009	08/10/2009	10/2009	CLT	
13	1.215.390.686-7	18.715.599/0001-05	MINAS GERAIS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCACAO	01/05/2010	31/05/2010	05/2010	CLT	
14	1.215.390.686-7	18.715.599/0001-05	MINAS GERAIS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCACAO	01/08/2010	31/08/2010	08/2010	CLT	
15	1.215.390.686-7	18.715.599/0001-05	MINAS GERAIS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCACAO	25/10/2010	22/12/2010	01/2011	CLT	
16	1.215.390.686-7	18.715.599/0001-05	MINAS GERAIS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCACAO	28/10/2010	31/12/2010	01/2011	CLT	
17	1.215.390.686-7	18.715.599/0001-05	MINAS GERAIS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCACAO	01/01/2011			CLT	PEXT



INSS

Página 2 de 2

CNIS - Cadastro Nacional de Informações Sociais
Extrato Previdenciário - CNIS Cidadão

08/01/2015 09:13:32

Identificação do Filiado								
NIT: 1.215.390.686-7			Nome: HERMANO DA SILVEIRA					
Data de Nascimento: 08/07/1971			Nome da Mãe: SELMA LUCIA DA SILVEIRA					
Índice	NIT	CNPJ/CEI/CPF/INB	Origem do Vínculo	Data Início	Data Fim	Ult. Remun.	Tipo Vínculo	Indicadores
18	1.215.390.686-7	18.715.599/0001-05	MINAS GERAIS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCACAO	02/01/2011			CLT	PEXT
19	1.215.390.686-7	18.715.599/0001-05	MINAS GERAIS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCACAO	07/02/2011	01/03/2011	01/2012	CLT	
20	1.215.390.686-7	18.715.599/0001-05	MINAS GERAIS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCACAO	28/02/2011	04/03/2011	01/2012	CLT	
21	1.215.390.686-7	26.032.698/0001-10	CENTRO DE EDUCACAO INFANTIL E DE FORMACAO PEQUENINOS DE	01/04/2011	24/07/2012	07/2012	CLT	
22	1.215.390.686-7	18.715.599/0001-05	MINAS GERAIS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCACAO	01/01/2012			CLT	PEXT
23	1.215.390.686-7	18.715.599/0001-05	MINAS GERAIS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCACAO	02/01/2012			CLT	PEXT
24	1.215.390.686-7		CONTRIBUINTE INDIVIDUAL	01/01/2013	31/01/2013		Contribuinte	
25	1.215.390.686-7	18.715.599/0001-05	MINAS GERAIS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCACAO	10/05/2013	31/12/2013	12/2013	CLT	
26	1.215.390.686-7		CONTRIBUINTE INDIVIDUAL	01/11/2013	30/11/2013		Contribuinte	PREM_EXT
27	1.215.390.686-7	18.715.599/0001-05	MINAS GERAIS SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCACAO	01/01/2014	31/01/2014	01/2014	CLT	

Legenda de Indicadores	
Indicador	Descrição
PEXT	- Pendência de Extemporaneidade de Vínculo
PREM_EXT	- Indica que a remuneração da competência é extemporânea

Estágio Engenheiro Eletricista EESC-USP in Universidade de São Paulo.

Para Quem de Direito

Sirvo-me deste meio para informar que o Eng. Hermano da Silveira foi meu bolsista pré-universitário no antigo Laboratório de Metrologia na EESC-USP nos idos de 1995. Ali desenvolveu seus estudos visando entrar na universidade e, paralelamente, trabalhos laboratoriais incluindo montagens de sistemas experimentais. Através do vestibular do Instituto de Ciências Matemáticas foi admitido na EESC. Diplomou-se no Departamento de Engenharia Elétrica. Sempre demonstrou grande dedicação e esforço no cumprimento das obrigações na busca de seus objetivos. Paralelamente é pessoa honesta, sociável, educada e cooperativa, excelente para trabalho em grupo.

Da forma exposta, recomendo-o para receber o apoio desejado visando a implantação de sua minipresa, na confiança de que cumprirá seus objetivos.


Geraldo Lombardi
Coord. do NETeF

São Carlos, 01 de outubro de 2005





República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) **MU8802432-6 U2**

(22) Data de Depósito: 28/10/2008
(43) Data da Publicação: 29/06/2010
(RPV 2008)



(51) Int.Cl.:
G06Q 90/00

(54) Título: **MODELO JURÍDICO TECNOLÓGICO INSTITUCIONAL DE UTILIDADE PÚBLICA: SISTEMA DE PARCERIA ESTRATÉGICA**

(73) Titular(es): **HERMÃO DA SILVEIRA, ROGÉRIO BERNARDES DE OLIVEIRA**

(72) Inventor(es): **HERMÃO DA SILVEIRA, ROGÉRIO BERNARDES DE OLIVEIRA**

(57) Resumo: Apresento é uma tecnologia social sob a modalidade sob a forma de um Fluxograma do Controle Orientado do Desenvolvimento, por meio do qual são acionadas formas específicas de parcerias estratégicas. O modelo é mensurado, monitorado e controlado por um instrumento da engenharia de controle, concebido como diagrama de bloco de malha fechada. Por meio desse diagrama de bloco obtém-se o posicionamento sistêmico, que é dado pelas funções de transferência, garantindo a construção de mecanismos de eficiência e estabilidade de operação. Esse instrumento é aplicado no desenvolvimento de parcerias estratégicas e institucionais envolvendo, sistêmica e sinergicamente, instituições científicas e tecnológicas, organizações da sociedade civil de interesse público, agências de fomento, núcleos de inovação tecnológica, parques tecnológicos-industriais, micro, pequenas e médias empresas de base tecnológica, inseridas independentemente e inventores industriais. O modelo, portanto, é um instrumento social dinâmico, que mobiliza os diversos setores públicos a privados proporcionando o alinhamento e o desenvolvimento integrado de agentes da sociedade civil e das estruturas do estado em consonância com a lógica do circuito integrado do controle.

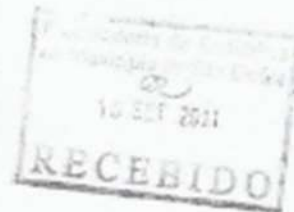
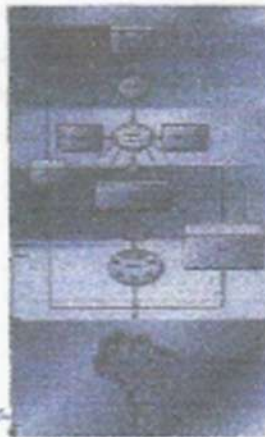
*Recebido e encaminhado à SR
Indústria Nacional
Data: 28/09/2011*

*Paulo Roberto de Mello
Metr: 288.018-3
GERENTE GERAL*

*Recebido Gabinete da Região
dos computadores, Vancio e Br
meio, 28.09.11
J. V. V. V.*

Recebi 15/9/2011

*Olá, imir
Eng. Elétrica*



*Recebi
Isabel Sestini
15/9/11
Grupo de Optics
Instituto de Física de São Carlos/USP*

**RECEBI: MATERIAL
SERVIÇO**
Em 14 de 09 de 2011
[Signature]
Fundação

Elisabete Flores Silva
Secretária de Depto.
Nº Punc. 2450952

**RECEBI os serviços
os materiais
constantes desta nota**
S. Carlos, 15/09/2011
[Signature]

*Recebi
Colônia
Vila Mirandinha Store
Gerente Geral Lora
[Signature]
Eng. Hermão da Silveira
CREA: 944750
Fone: (34) 9991-8820*

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCOMBUSTÍVEL

HERMANO DA SILVEIRA

Matrícula Nº 12212PGB003

**INOVAÇÃO ORGANIZACIONAL PARA TRANSIÇÃO DE RESÍDUOS
EM COMBUSTÍVEL E ENERGIA RENOVÁVEL: Dimensionamento de
Refinarias CDR / WTE**

Projeto de Pesquisa apresentado ao programa de Pós-graduação em Biocombustíveis da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Biocombustível.

Linha de Pesquisa: Biomassa Energética Ciência e Tecnologia

Orientação: Prof. Dr. Antônio José Vinha Zanuncio, Biocomb / UFU

Co-orientação: Prof. Dr. José Luz Silveira, IPBEN / UNESP; Profa. Dra. Cristiane Betanho, FAGEN - CIEPS / UFU; Prof. Dr. Allynson Takehiro Fujita, UEMG

RESUMO

Para mitigar impactos ambientais da geração do lixo, criar alternativas de geração trabalho e renda, este projeto dimensionará usinas de geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos (RSU) e domésticos (RDO) para cooperativas de catadores.

1. OBJETIVOS GERAL

Dimensionar uma planta de micro refinaria de pirólise para cooperativas de catadores de lixo, converter resíduos sólidos urbanos em combustível, energia elétrica, fertilizantes e grafenos.

2. DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.1. Explorar, teoricamente, as políticas de inovação tecnológica, especificamente o uso da pirólise, no tratamento dos resíduos urbanos e domésticos como uma alternativa para diminuir os descartes desses resíduos em lixões de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).
- 2.2. Dimensionar um protótipo experimental de planta de micro refinaria de pirólise, capaz de gerar energia a partir da transição de resíduos sólidos urbanos (RSU) e resíduos sólidos domésticos (RDO) em biomassa energética de Combustíveis Derivados de Resíduos (CDR) para Energia renovável (WTE) com o máximo de aproveitamento dos rendimentos da geração energética,
- 2.3. Gerar renda extra para cooperativas de catadores através da geração de energia elétrica, combustíveis e solventes orgânicos a partir da pirólise de resíduos sólidos urbanos.

3. JUSTIFICATIVA EM REFERENCIAL TEÓRICO

O crescimento da produção induz o aumento de resíduos sólidos urbanos (RSU), popularmente denominado lixo urbano. Esse fato é frequentemente noticiado pelos meios de comunicação em massa e em publicações especializadas. A explicação para a ocorrência desse fenômeno está diretamente relacionada a fatores como: aumento populacional, acelerado processo de urbanização, mudanças tecnológicas e melhoria das condições socioeconômicas da sociedade (MELÓ, 2021; CONCEIÇÃO e TEIXEIRA, 2021).

Assim, o aumento da geração de RSU que é encaminhado para aterros sanitários causa degradação do Meio Ambiente, prolifera doenças e aumenta as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). No âmbito dos Lixões, pessoas mais vulneráveis, como os recicladores, tentam sustento através do mercado de reciclagem por meio da catação e separação dos recicláveis. No entanto, continuam com trabalhos mal remunerados e sem acesso aos parâmetros determinantes da saúde propostos pelo SUS, fatos estes que seque em contradições e contramão da sustentabilidade (IPEA, 2020).

Segundo dados do Banco Mundial de 2020, são geradas anualmente pelo mundo, aproximadamente 2,01 bilhões de toneladas de RSU, e estima-se que em 2050 esse número chegue a 3,40 bilhões de toneladas, um aumento de quase 70%. Para minimizar esse impacto, alguns países buscam usar tecnologia e inovação, tendo a recuperação energética, principalmente a pirólise, como prioridade na gestão (IPEA, 2021).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, determina que o setor público, em todas as suas esferas, e o setor privado realize a gestão de resíduos sólidos, para evitar que esses materiais sejam destinados incorretamente aos lixões. Essa política, dentre outros instrumentos, incentivou a criação e o desenvolvimento de cooperativas e de outras formas de associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis (BRASIL, 2010).

Destaca-se outro objetivo da PNRS, os instrumentos de extensão tecnológica por meio de pesquisas científicas desenvolvidas nas universidades. Para isto, foram instituídos mecanismos legais para regulamentação da extensão tecnológica (Lei nº 10.973/04; Lei nº 13.243/16). Essas leis de inovação tecnológica, viabilizam as alianças estratégicas acionando a Política Nacional de Biocombustíveis – RenovaBio (13.576/17), e as organizações que cooperam em economia circular no mercado da biomassa energética (BETANHO; FERNANTES, 2017).

A transição da biomassa energética de RSU/RDO para energia renovável, possui bases no PNRS, ao desenvolvimento de bioeconomia global, requerendo infraestrutura logística adequada para apoiar o comércio de matéria-prima de biomassa e intermediários, por ser acompanhado por preocupações ambientais, sociais e econômicas inter-relacionadas (MURADIN et al, 2020). São essas preocupações prioridade de sustentabilidade, consonância com direitos sociais de determinantes da Saúde SUS (BUSS, 2007).

É urgente a compreensão de preservação ambiental sendo fundamental à sustentabilidade econômica e a melhoria da qualidade de vida difusa nos setores da sociedade. São temas de recorrentes discussões, inclusive no 18º Encontro Nacional do Terceiro Setor – ENATS 2020 da Plataforma MROSC (Minas Gerais, 2023). Neste encontro, foram apresentadas propostas de modelo para sistematização de alianças estratégicas Inter setorial ao gerenciamento participativo dos RSU em termos de bioeconomia popular solidária. Este modelo objetiva o cooperativismo em soma de esforços Mundiais à sustentabilidade socioambiental que comungam com prática do conceito de Economia Social e Solidária (ESS), atuante na geração de energia renovável, com práticas de transição energética na perspectiva da inovação social (MORANDEIRA-ARCA, 2021).

Muradin et al (2020), afirmam que as ações para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade, estão de acordo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), da Organização das Nações Unidas (ONU, 2023) e com os determinantes sociais da Saúde do SUS (Lei nº 8.080/1990 e Lei nº 8.142/1990). Nas questões sociais, ambientais e econômicas, que por sua vez, corroboram na identificação de *Hotspot* na cadeia produtiva de bioenergia, e, na mitigação de impactos socioambientais ao desenvolvimento de bioeconomia global. Todos estes processos requerem infraestrutura logística adequada para apoiar o comércio de matéria-prima de biomassa e intermediários, acompanhando as preocupações ambientais, sociais e econômicas (MURADIN et al, 2020).

4. MÉTODO CIENTÍFICO – DIMENSIONAMENTO RSU, RDO P/ CDR - WTE

Investiga-se os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e esgoto - Resíduos Sólidos Domésticos (RDO) na cidade de Uberlândia-MG, cidade localizada no Triângulo Mineiro de Minas Gerais, entre as coordenadas geográficas Latitude: -18.9113, Longitude: -48.2622 18° 54' 41" Sul, 48° 15' 44" Oeste; segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2021), o município possui 706.597 habitantes, uma área de 4.115,206 km².

Observou-se pelo jornal impresso e online Diário de Uberlândia (2020), que o aterro sanitário recebe diariamente cerca de **700 ton/dia** de lixo). Em um mês completo, a quantidade de resíduos depositados nestes aterros sanitários, chegar até **18.000 ton/mês** de lixo. Em estudo da Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes (Abetre), constatou que 2,7 mil das **5.570 cidades do País ainda descartam os resíduos incorretos**, como em lixões, causando prejuízos ao Meio Ambiente e à Saúde Pública. Conforme Plano Municipal de Saneamento Básico:

Estão sob a responsabilidade do DMAE o planejamento e o gerenciamento das atividades operacionais da coleta de resíduos domiciliares e equiparados e da coleta seletiva, que são realizadas integralmente pela empresa contratada Limpebras Engenharia Ambiental; e das **atividades de implantação e operação do novo aterro sanitário (CTR)**, inclusive a manutenção, o monitoramento e encerramento do aterro antigo, que são realizadas em regime de concessão administrativa, pela empresa **Limpebras Resíduos Ltda.**, subsidiária da primeira (Plano Municipal de Saneamento Básico, 2019 – Grifo nosso).

Felizmente, com o avanço da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), existe uma mobilização de ações sociais inclusivas que alteram o quadro econômico dos catadores de materiais recicláveis, que são denominados como responsáveis pelo ciclo de vida do RSU

recicláveis (SOARES, 2019). Desde 2010, vários municípios do país, entre eles Uberlândia-MG; adotam políticas públicas de parcerias sociais em programa de coleta seletiva. Em maio de 2023, o Prefeito de Uberlândia-MG assinou um decreto nº 20.367/2023, que instituiu o programa Municipal de Cooperação e Doação de Mobiliário Urbano para Implantação de Pontos de Entrega Voluntária (PEV's), a serem instalados em áreas públicas ou privadas no Município de Uberlândia, para coleta seletiva de resíduos sólidos recicláveis, em parceria com o Dmae (UBERLÂNDIA, 2023).

Soares (2019) recomenda que essas parcerias devem ser monitoradas a fim de promover garantias jurídicas e institucionais, visando transparência nas relações firmadas entre as empresas e as organizações da sociedade civil (OSCs). Dessa forma, o Marco Regulatório das Organizações da Sociedade Civil (MROSC), como é conhecida a Lei nº 13.019/2-14, foi instituído com essa finalidade. As ferramentas jurídicas, indicam instrumentos de tecnologia social de coordenação metodológica de alianças estratégicas em envolvimento de parcerias sociais intersetorial, modelo de gestão participativo de modo a garantir à apropriação pública, os conhecimentos dos ambientes produtivos em circuitos conectados de pessoas e tecnologias em processos de sustentabilidade, e assim, o gerenciamento em forma organizacional dos resíduos sólidos urbanos - RSU, de modo a assegurar direitos aos atores individuais e coletivos que deflagram inovações, inventos, patentes e atividades produtivas de economia popular solidária (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2010). Abaixo, investiga PNRS integrando OSC de catadores, recicladores e potencial quantitativo RSU, RSD em Uberlândia-MG.

4.1. INVESTIGAÇÃO DE RSU NAS ASSOCIAÇÕES DE CATADORES DE UBERLÂNDIA

Pelo contato com catadores urbanos e famílias de catadores, junto as associações de catadores de reciclagem observou-se as associações conveniadas à PMU, cadastrados no Programa de Coleta Seletiva do Dmae (2023) e, no Centro de Incubação de Empreendimentos Populares CIEPS/PROEX (UFU, 2023). Com o Programa, os RSU são pré-selecionados pelos cidadãos em suas próprias residências para serem recolhidos por caminhão da coleta seletiva da PMU, com prestação de serviços terceirizados da Limpebras Resíduos Ltda. Após a coleta são transportados aos galpões das cooperativas de catadores de recicláveis associados.

Nas associações acontece a recepção e separação dos diferentes tipos de recicláveis, havendo no final da triagem uma sobra de 21% do peso total recepcionado de rejeitos de lixo aos aterros sanitários (CRT). As associações de catadores estão relacionadas na tabela 1.

Tabela 1: Associações e Cooperativa de Catadores de Uberlândia (2023)

Nº	ASSOCIAÇÕES	BAIRRO
01	Associação dos Catadores e Recicladores de Uberlândia – ACRU	Bairro Minas Gerais
02	Associação dos Recicladores Boa Esperança – ARBE	Daniel Fonseca
03	Associação dos Recicladores e Catadores Autônomos – ARCA	Santa Luzia
04	Associação de Catadores de Material Reciclável Taiamam – ASSOTAIAMAM	Daniel Fonseca
05	Cooperativa dos Recicladores de Uberlândia – CORU	Jardim Brasília
06	Associação Brasileira de Reciclagem e Coleta Seletiva – ABRCS	Bairro Dona Zulmira

Fonte: PMU, 2023.

Em Imagem 1, pesquisa de campo, indicando as relações das pessoas e populações, OSC de Catadores, PMU com o lixo, rumo a uma proposta de sustentabilidade em ODS.

Imagem 1: *Programa de Coleta Seletiva, Catadores Autônomos e Associações de Catadores.*



a. Coleta Seletiva – Bairro Sta Mônica UDI



Recepção do caminhão no Galpão ACRU



Catador - Pessoa em Condição de Rua



Prensagem Papelão Galpão - CORU



Famílias de Catadores Coletores

Fonte: Autor, 2023.



Famílias de Catador Recicladores

4.1.1. Comercialização de Material Recicláveis por OSCs de Catadores

No período de 2019 a 2022, analisou-se o quantitativo de material reciclado comercializado pelas associações e cooperativas de catadores (OSCs), após o processo de separação de reciclável e dos rejeitos indesejáveis. Estes estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Material Reciclável Comercializado Associações e Cooperativa de Catadores (Kg)

PROGRAMA DE COLETA SELETIVA - PNRS LEI 12.305/2010; LEI N° 12.504/2016; LEI N° 13.019/14													
MATERIAL RECICLÁVEL SEPARADOS E COMERCIALIZADO PELAS OSC: ASSOCIAÇÕES E COOPERATIVAS DE CATADORES (KG)													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total Anual Coletado
2019	160.953,50	162.079,61	155.822,50	130.841,28	180.855,32	169.667,38	176.631,10	156.457,88	167.015,60	213.010,90	223.640,60	226.439,90	2.123.415,57
2020	272.529,20	268.444,50	256.658,30	284.701,30	292.326,80	348.339,70	344.170,26	341.731,50	319.891,70	362.622,50	328.747,57	326.814,10	3.746.977,43
2021	276.790,30	332.504,19	356.028,50	358.740,30	288.415,90	356.026,70	217.352,85	356.241,04	321.147,40	331.225,00	353.398,40	386.791,20	3.934.661,78
2022	421.087,70	364.517,90	398.040,10	448.360,20	396.653,40	372.922,10							2.401.581,40
Média Período	282.840,18	281.886,55	291.637,35	305.660,77	289.562,86	311.738,97	246.051,40	284.810,14	269.351,57	302.286,13	301.928,86	313.348,40	12.206.636,18
													ACUMULADO

Fonte: Censo IBGE / Dados Gerenciamento RSU - DMAE - Coletados Disponível às OSC de Catadores.

Em 2021 o total de material reciclável comercializado totalizou 3.934.661,78 kg/ano, o equivalente diário de **10,77 toneladas/dias**. Este material reciclável após ser separado, prensado e empacotado pelas mãos dos catadores, nas associações em cooperativas de catadores (OSC's) seguem para a indústria da transformação.

4.1.2. Coleta Seletiva DMAE / Limpebras à Disposição OSC de Recicladores

Haja visto, que os catadores de materiais recicláveis, que sejam pela PNRS, os responsáveis pelo ciclo de vida dos produtos, indica a consonância nas Políticas Públicas do Plano Municipal de Saneamento Básico, Lei nº 12.504, de 25 de agosto de 2016, que dispõe sobre o serviço público de coleta seletiva, sustentável e solidária, à destinação dos resíduos recicláveis do município de Uberlândia MG. Destaca-se dispositivos:

Art. 5º da Lei nº 12.504/16: O serviço público de coleta seletiva solidária no Município de Uberlândia será prestado exclusivamente por cooperativas ou associações de catadores de materiais recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda reconhecidas pelo poder público como catadores de materiais recicláveis, com o uso de equipamentos compatíveis com as normas técnicas, ambientais e de saúde pública.

Assim, esse material coletado pelo Dmae e encaminhado para cada associação de catadores totalizam os volumes descritos na tabela 3.

Tabela 3: Material RSO Encaminhado as OSC - Associações e Cooperativa de Catadores (Kg)

PROGRAMA DE COLETA SELETIVA - PNRS LEI 12.305/2010; LEI Nº 12.504/2016; LEI Nº 13.019/14 COLETA TRANSPORTE E DESTINAÇÃO DE RSO -> ENCAMINHAMENTO PARA OSC: ASSOCIAÇÕES COOPERATIVAS DE CATADORES RECICLADORES (KG)																		
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total Anual Coletado	Média Diária	Média Mensal	População Abrangida	Média Anual	Produção Per Capita Kg/ Hat/ Dia
2019	219.979	181.329	183.661	200.218	214.441	177.961	210.856	205.287	200.693	222.508	196.883	215.604	2.429.420	9.565	202.452	275.631	46,9%	0,024
2020	229.308	180.799	218.844	200.364	196.021	211.120	231.087	211.360	246.480	252.790	241.088	280.562	2.699.823	10.629	224.985	335.810	57,2%	0,022
2021	270.978	252.520	278.314	249.197	254.340	272.947	296.261	316.930	328.864	307.760	310.659	376.338	3.515.108	13.839	292.926	505.558	85,7%	0,022
2022	325.250	289.355	360.060	315.525	343.589	343.566	314.572	334.339	350.288				2.976.544	15.666	248.045	503.558	85,7%	0,033
Média Período	261.379	226.001	260.220	241.326	252.098	251.399	263.194	266.979	281.581	261.019	249.543	290.835	11.620.895					
													ACUMULADO					

Fonte: Censo IBGE / Dados Gerenciamento RSU - DMAE – Coleta Disponível às OSC de Catadores.

Na tabela 3, relaciona-se médias periódicas RSU de 2019 a 2022. Esses materiais coletados são destinados às associações de catadores (OSC's), ficando a disposição para separação e reciclagem. Conforme dados DMAE, muitos desses resíduos separados são reencaminhados aos aterros sanitários, e a coleta abrange uma população de 503.558 pessoas (85,7% da população) com uma produção per capita de 0,033 Kg / habitante, onde verifica-se que no ano de 2021, a disposição média diária de **13,839 Toneladas / dia** que foram destinados para as associações de catadores. Indica ainda que em 2022, na pandemia COVID-19, houve um aumento, com uma disposição de **15,67 Toneladas/dia**, maior que 2021.

4.1.3. Coleta Seletiva Realizada por Catadores e OSC de Recicladoras

Conforme Fontão (2020), o PNRS surge como marco regulatório para o gerenciamento dos RSU, delegando responsabilidade aos geradores, estabelecendo a coleta seletiva como centro de gestão. Constituem um arranjo produtivo de mútua proteção do direito cooperado produtivo, onde em colaboração catadores de reciclagem, objetivando a geração de renda colaborativa com material reciclagem. Apoiam-se no “programa de coleta seletiva coleta, que destina RSU para separação dos recicláveis, em conformidade ao PNRS.

Tabela 4: Recicláveis, Coletado Pelas OSC's - Associações e Cooperativas de Catadores (Kg)

PROGRAMA DE COLETA SELETIVA - PNRS LEI 12.305/2010; LEI Nº 12.504/2016; LEI Nº 13.019/14 MATERIAL RECICLÁVEL COLETADO PELAS OSC: ASSOCIAÇÕES COOPERATIVAS CATADORES (KG)														
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total Anual Coletado	Média Mensal
2020	40.375,60	68.207,60	54.772,90	55.004,20	45.553,20	60.282,70	40.536,40	121.640,10	93.771,00	72.902,90	99.401,80	96.103,20	848.551,60	70.712,63
2021	61.995,10	97.092,80	115.264,80	110.545,00	70.898,10	107.271,10	77.871,30	94.580,60	83.257,60	88.839,50	89.017,40	78.244,60	1.074.877,90	89.573,16
2022	79.320,00	99.216,40	94.538,10	100.903,50	44.676,00	47.031,90							465.685,90	77.614,32
Média Período	60.563,57	88.172,27	88.191,93	88.817,57	53.709,10	71.528,57	59.203,85	108.110,35	88.514,30	80.871,20	94.209,60	87.173,90	2.389.115,40	
													ACUMULADO	

Fonte: Censo IBGE / Dados Gerenciamento DMAE – RDO Coletado pelas OSC de Catadores de Reciclagem.

Na tabela 4, os quantitativos coletados pelas associações e pelas cooperativas (OSC's), de Uberlândia MG, em 2022, apresentam a média mensal de 77.614,32 Kg/mês de material para reciclagem, com uma média diária de **2,77 toneladas/dia**.

4.1.4. Material Encaminhado aos Ecopontos com Pneus, Sucatas Diversos

O CONASUST (Congresso Nacional de Sustentabilidade, 2023) indica que a Coleta de Pneus inservíveis pelo Centro de Controle de Zoonoses (CCZ) tem fins de combater focos transmissores do mosquito da dengue. A média de pneus recolhidos ao Ecopontos gira em torno de 18 a 20 mil/mês. Considerando uma média de 10 kg cada pneu, encontramos o aproximado de 190 ton/mês, ou, 6,8 ton/dia de pneus inservíveis (PMU, 2023).

Tabela 5: Material RDO Separados Recicláveis Coletado Encaminhados aos Ecopontos (Kg)

PROGRAMA DE COLETA SELETIVA - PNRS LEI 12.305/2010; LEI N° 12.504/2016; LEI N° 13.019/14 MATERIAL ENCAMINHADO PARA OS ECOPONTOS - SMMSU (Kg)														
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total Anual Coletado	Média Mensal
2020				48.300,00	44.100,00	51.100,00	49.100,00	47.800,00	41.200,00	43.100,00	21.500,00	25.600,00	371.800,00	41.311,11
2021	35.000,00	32.100,00	22.000,00	37.000,00	20.000,00	37.300,00	31.000,00	18.000,00	26.100,00	23.200,00	18.000,00	15.300,00	315.000,00	26.250,00
2022	32.100,00	21.000,00	18.000,00	31.900,00	30.100,00	32.100,00							165.200,00	27.533,33
Média Período	33.550,00	26.550,00	20.000,00	39.066,67	31.400,00	40.166,67	40.050,00	32.900,00	33.650,00	33.150,00	19.750,00	20.450,00	852.000,00	
													ACUMULADO	

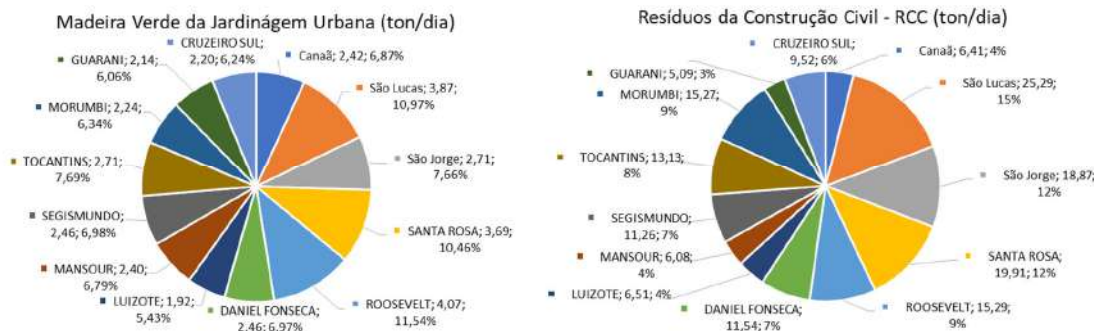
Fonte: Censo IBGE / Dados Gerenciamento DMAE – RDO Coletado pelas OSC de Catadores de Reciclagem.

Na tabela 5, relaciona-se os quantitativos de materiais coletados nos Ecopontos, com uma média mensal de 27.533,30 kg/mês de material reciclável, o que corresponde a média diária de 0,98 toneladas/dia de material reciclável. A disposição média nos Ecopontos encontra-se materiais como: eletrodomésticos descartados, madeiras, sofás e resíduos verdes. Outro material reciclável são os resíduos de poda de árvores.

4.1.5. Massa Verdes da Jardinagem e Resíduos de Construção Civil (RCC)

Segundo DMAE, nos anos de 2017 e de 2018, as quantidades de massa verde, material originários de podas de árvores e plantas de pequenas obras de resíduos da construção civil, extraídos da análise do Plano Municipal de Saneamento Básico, onde divulgado em 2019. Em Gráfico 2, relaciona-se resíduos de jardinagem urbana com média diária de **35,30 ton/dia** de massa verde das podas de madeiras, e, **163,23 ton/dia** de rejeitos da construção argamassa, tijolos e restos de madeiras. Esses materiais são encaminhados para a Salto Soluções Ambientais, empresa da Limpebras, que é parceira do Municípios no tratamento resíduos (Salto, 2017). Observa-se encaminhamentos diferentes do ordenamento jurídico do PNRS.

Gráfico 2: Massa Verde da Jardinagem Urbana e Resíduo de Construção Civil.



Fonte: Autor, 2023 – Dados extraídos DMAE - Plano Municipal de Saneamento Básico, 2019 – p.167.

4.2. PROBLEMATIZAÇÃO COLETA DMAE/LIMPEBRAS AO ATERRO SANITÁRIO

Vem investigando o processamento de resíduos comerciais com características similares ao denominados de Resíduos Sólidos Domiciliares (RDO). Doravante, investigaremos os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) provenientes de esgoto tratado pela ETE - Estação de Tratamento de Esgoto. Lodo de esgoto que são secados e destinados às Central de Tratamento de Resíduo (CTR) - aterro sanitário e Lixões. Com a ação do tempo, as chuvas, esses materiais é lixiviam em CTR e lixões, tornando-os contaminantes e poluidores de rios, e espécies aquáticas do ecossistema em prejuízo do Meio Ambiente.

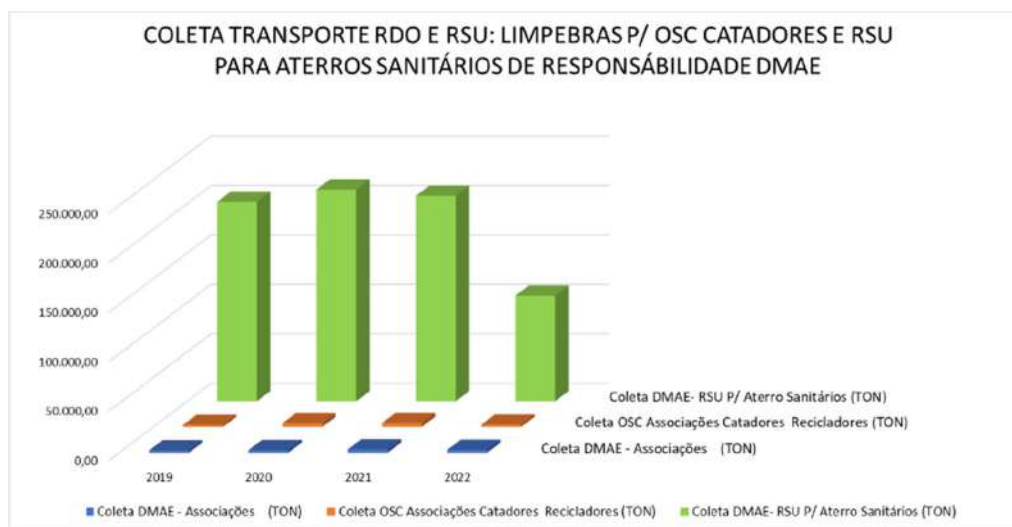
Tabela 6: Coleta, Transporte e Disposição de RSU encaminhamento aos Aterro Sanitário.

COLETA TRANSPORTE, DMAE LIMPEBRAS DESTINAÇÃO (RSU) AOS ATERRO SANITÁRIO (TON / MÊS)																	
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total Anual Coletado	Média diária	População Urbana	População Total	Produção Per Capita Kg/Hab/Dia
2019	17.691,350	15.394,150	16.034,310	16.606,270	16.380,480	14.692,720	16.420,050	15.717,190	16.648,150	17.587,000	18.079,530	20.495,910	201.747,110	552,732	672.138	691.305	0,822
2020	19.650,380	17.686,020	18.614,900	16.196,140	16.207,050	17.065,490	16.997,760	16.091,950	18.007,670	18.413,920	18.571,990	20.691,420	214.194,690	586,835	679.714	699.714	0,863
2021	18.469,180	16.572,520	18.259,610	15.989,080	16.295,360	16.285,810	16.283,480	16.010,870	17.395,830	17.697,710	18.553,820	19.997,640	207.810,910	569,345	687.006	706.597	0,829
2022	19.930,150	17.683,230	18.678,520	16.837,240	17.109,900	16.539,160							106.778,200	589,935	687.006	706.597	0,859
Média Mensal Periódica	18.935,265	16.833,980	17.896,835	16.407,183	16.498,198	16.145,795	16.567,097	15.940,003	17.350,550	17.899,543	18.401,780	20.394,990	730.530,910				
													Acumulado				

Fonte: Censo IBGE / Dados Gerenciamento DMAE – Encaminhado aos Aterros Sanitários (CTR)

Na tabela 6, relaciona-se a coleta, o transporte e RSU disponível para aterros sanitários em toneladas. Em análise do ano de 2021, indica-se que a cidade de Uberlândia MG disponibiliza uma quantidade diária de **569,345 toneladas por dia RSU (569,345 Ton/dia)** e a quantidade anual de 207.810,91 toneladas. Volumes estes destinados e acumulados nos aterros sanitários.

Gráfico 2: Coleta DMAE, Coleta OSCs, Descartes CTR / Lixão.



Fonte: Censo IBGE / Dados Gerenciamento DMAE – Coletados, Encaminhados OSC's e CTR – Lixões

Conforme Gráfico 2, a maior parte dos RSU são encaminhados aos CTR e Lixões. Com o crescimento populacional acumulam montanhas de RSU em CTR, contaminando o Meio Ambiente. É urgente a solução, previstas em normativas de PNRS, SUS e ODS - ONU.

4.2.1. Dimensionamento Quantitativo de Rejeitos RSU P/ Transição CDR, WTE

A partir dos dados, tabelas, gráficos, pesquisas de RSU e RSD da cidade de Uberlândia-MG, fez-se levantamento quantitativo de rejeitos que poderão ser utilizados na desintegrados térmica de CDR e WTE, podendo gerar receita para as OSCs de Catadores.

Tabela 7: Dimensionamento de RSU - Rejeitos à Transição CDR - Pirolise / Gaseificação - WTE

Levantamento Quantitativo de RSU / RDO - Recicláveis (79%) e Rejeitos (21%) [ton/dia]				
Itens	Disponibilidades - Destino (Ton/dia)	Disponível	Reciclável	Rejeitos
5.1.1	Comercializado pelas OSC Catadores Reciclagem	10,77	10,77	0,00
5.1.2	Coleta Seletiva DMAE/Lipembras P/ OSC's Catadores	15,67	12,38	3,29
5.1.3	Coleta Seletiva Realizada Pelas OSC de Catadores	2,77	2,19	0,58
5.1.4-1	Ecopontos Pneus Inservíveis	6,80		1,43
5.1.4-2	Ecopontos, Moveis e Sucatas Diversas	0,98	0,77	0,21
5.1.5-1	Ecopontos, Madeiras Massa Verde da Jardinagem	35,30		7,41
5.1.5-2	Ecoponto RCC, Sobras de Construções 21% madeira	163,23		34,28
5.2	Aterros Sanitários (CTR) - DMAE/Limpebras	569,34		119,56
				166,7589

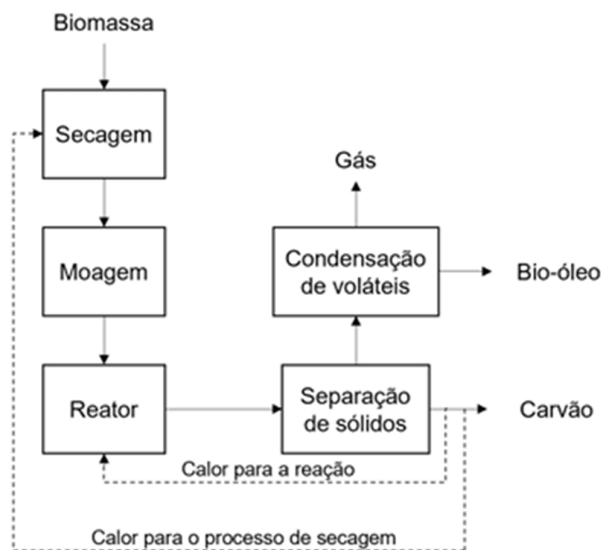
Fonte: Fonte: Autor, 2023.

Na tabela 7, fazemos o levantamento quantitativo de **166,76 ton/dia** de rejeitos indesejados que podem servir de biomassa de transição e recuperação energética. Esse quantitativo servirá de base para nosso o dimensionamento de máquina térmica reator de pirolise.

4.3. FORMULAÇÃO - HIPÓTESE DESINTEGRAÇÃO TÉRMICA DA BIOMASSA RSU

A hipótese formulada neste estudo considera a desintegração térmica dos rejeitos de RSU e RDO, biomassa potenciais materiais para processos da pirólise de geração energética a partir do lixo. A pirólise trata-se da decomposição química de materiais orgânicos através da aplicação de calor. A secagem é uma etapa inicial importante no processo de pirólise, pois remove a umidade da biomassa, resultando em um combustível seco. A eliminação prévia da água é essencial para obter um produto final de alta qualidade. No entanto, a secagem requer um alto consumo de energia, e uma alternativa é utilizar os subprodutos (carvão e gás) gerados no processo como fonte de calor. Em um reator de pirólise, ocorrem dois estágios: o primário, onde a biomassa se decompõe em carvão sólido, bio-óleo, gás e água, e o secundário, onde ocorre decomposição adicional e formação de mais produtos gasosos. A pirólise rápida pode converter até 70-80% da biomassa em bio-óleo, e um maior rendimento líquido pode ser obtido com tempos de residência menores, evitando a decomposição secundária dos produtos (BITTENCOURT, F. P., 2020).

Figura 1 - Diagrama simplificado do processo de pirólise.



Fonte: adaptado de Benevides et al. (2015)

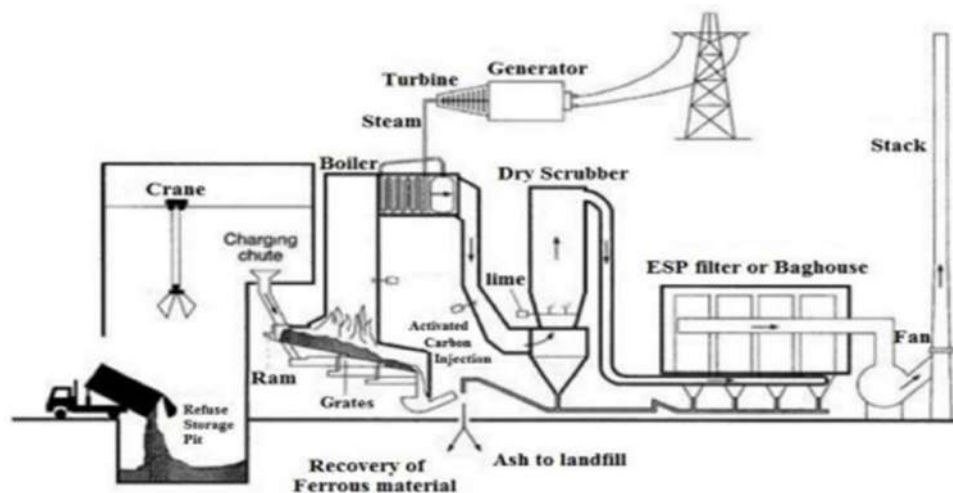
No processo simplificado de pirólise, a biomassa é inicialmente seca e moída. Depois, introduzida no reator, onde é aquecida sem oxigênio, resultando em gases, líquidos e carvão. Os gases são resfriados e condensados em um condensador, formando o bio-óleo. O carvão sólido é separado dos produtos gasosos e líquidos. Converter em bio-óleo e carvão de maneira controlada e eficiente.

4.3.1. Aplicação de Pirólise, Conversão de Energia a Partir RSU – CDR e WTE

De acordo com Moya et al. (2017), a pirólise é um processo termoquímico que envolve a degradação térmica de resíduos sólidos na ausência de oxigênio. Antes de serem submetidos à pirólise, os resíduos sólidos urbanos (RSU) precisam passar por etapas de pré-tratamento, como segregação e classificação, com separação mecânica de materiais como vidro, metais e inertes. A pirólise ocorre em câmaras específicas, nas quais os RSU são aquecidos em um ambiente sem oxigênio e com uma atmosfera controlada de carbono não reativa. Isso leva à desintegração dos RSU, resultando na perda de massa orgânica e na formação de produtos finais, como gases de síntese, hidrocarbonetos líquidos e cinzas próprias dos resíduos sólidos. A temperatura de pirólise necessária é mantida por meio do fornecimento de calor externo, que varia de acordo com os materiais utilizados no processo.

Os gases de síntese gerados durante a pirólise são compostos principalmente por metano, hidrogênio, monóxido de carbono e dióxido de carbono. O poder calorífico líquido do gás de síntese normalmente varia entre 15 e 20 [MJ/Nm³]. De acordo com um estudo recente realizado por Zafar (2014), os hidrocarbonetos líquidos obtidos da destilação dos produtos da pirólise de resíduos plásticos apresentam propriedades semelhantes ao combustível petrodiesel. Na Figura 2, apresentada por Ahmadi et al. (2020), é ilustrado um processo de recuperação energética, utilização de uma linha de produção baseada na pirólise.

Figura 2– Planta de produção de energia elétrica e calor por pirólise de RSU

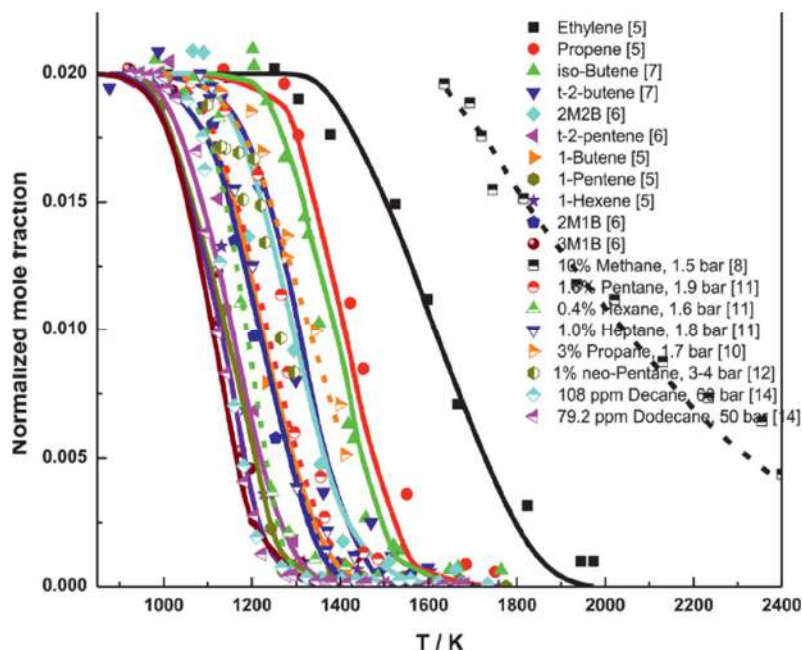


O processo de pirólise possui vantagens tais como: o equipamento é flexível para instalação e a separação de RSU/RD orgânicos não é necessária, pois todos os materiais residuais são usados para produzir diferentes bioprodutos de gases de síntese que pode ser usado em diferentes aplicações de energia, como motores, caldeiras, células de combustível, turbinas e bombas de calor. Em resumo, há impactos ambientais mínimos na cadeia do gerenciamento de resíduos. Inclusive os gases podem ser queimados para produzir energia e, esses gases podem ser condensados para produzir biocombustíveis (MOYA, 2017; D’ALESSANDRO et al, 2013; MOAYEDI, 2014).

Ferreira (2021) e Jain e Sharma (2011) afirmam que os processos de recuperação energética podem ser divididos em duas categorias: processos biológicos (biodigestão anaeróbica e fermentação) e processos termoquímicos como a incineração, a combustão, a pirólise, a gaseificação e a liquefação. Tais metodologias de conversão também são conhecidas como *Waste-to-Energy* (WTE) (SOMORIN et al, 2017).

Nagaraja (2021), define a pirólise como a decomposição termoquímica de materiais orgânicos na ausência de oxigênio para produzir produtos líquidos (bio-óleo), gasosos (hidrogênio/gás de síntese) e sólidos (biocarvão). Esta tecnologia pode ser aplicada em uma ampla gama de biomassa, incluindo gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, síntese de materiais, correção do solo e geração de energia (RATHNAYAKE et al, 2022).

Gráfico 1: *Fração molar normalizado de hidrocarbonetos obtidos a partir de pirólise.*



Fonte: Nagaraja, 2021

No Gráfico 2, Nagaraja (2021) apresentou os perfis de fração molar normalizados de combustível obtidos a partir de estudos de pirólise na literatura, onde detectou os tempos de residência para diferentes combustíveis. Bridgewater (2012), classificou a pirólise em três categorias dependendo da temperatura operacional (T) e do tempo de residência (τ_{res}): pirólise lenta ($\tau_{res} > 10$ min, baixa T $\sim 290 - 400$ K), pirólise intermediária ($\tau_{res} \sim 10 - 30$ s, moderado T ~ 500 K), pirólise rápida ($\tau_{res} \sim 1$ s, moderado T ~ 500 K). Essas temperaturas serão observadas para a operação e dimensionamento do equipamento. Nagaraja (2021), conclui que hidrocarbonetos maiores são mais rápidos para pirólise até que uma “temperatura limite” de ignição ($\sim 950 \text{ K} = 676,85 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Abaixo hidrocarbonetos se decomponham nas condições operacionais de pressão parcial de combustível e tempo de residência fornecidos.

Tabela 8: Estudos de pirólise com Temperatura Limite de diferente combustível com Pressão 2 bar, Fração Molar de 2% e Tempo de Residência de 3,25 ms.

Nome de Combustível	Formula de Combustível	Reações Termoquímicas	tipo de dissociação	Temperatura Limite $^{\circ}\text{C}$
Metano	CH_4	$\text{CH}_4 \leftrightarrow \dot{\text{C}}\text{H}_3 + \dot{\text{H}}$	alceno C-H	1296,85
Propano	C_3H_8	$\text{C}_3\text{H}_8 \leftrightarrow \dot{\text{C}}_2\text{H}_5 + \dot{\text{C}}\text{H}_3$	C-C	801,85
N-Butano	$n\text{-C}_4\text{H}_{10}$	$\text{C}_4\text{H}_{10} \leftrightarrow n\dot{\text{C}}_3\text{H}_7 + \dot{\text{C}}\text{H}_3$	C-C	756,85
		$\text{C}_4\text{H}_{10} \leftrightarrow \dot{\text{C}}_2\text{H}_5 + \dot{\text{C}}_2\text{H}_5$		
Iso-Butano	$i\text{-C}_4\text{H}_{10}$	$i\text{C}_4\text{H}_{10} \leftrightarrow i\dot{\text{C}}_3\text{H}_7 + \dot{\text{C}}\text{H}_3$	C-C	731,85
Neo-Pentano	$\text{neo-C}_5\text{H}_{12}$	$\text{neoC}_5\text{H}_{12} \leftrightarrow t\dot{\text{C}}_4\text{H}_9 + \dot{\text{C}}\text{H}_3$	C-C	756,85
N-Pentano	$n\text{-C}_5\text{H}_{12}$	$n\text{C}_5\text{H}_{12} \leftrightarrow n\dot{\text{C}}_4\text{H}_9 + \dot{\text{C}}\text{H}_3$	C-C	726,85
Isso-Pentano	$i\text{-C}_5\text{H}_{12}$	$i\text{C}_5\text{H}_{12} \leftrightarrow i\dot{\text{C}}_4\text{H}_9 + \dot{\text{C}}\text{H}_3$	C-C	726,85
N-Heptano	$n\text{-C}_7\text{H}_{16}$	$n\text{C}_7\text{H}_{16} \leftrightarrow n\dot{\text{C}}_6\text{H}_{13} + \dot{\text{C}}\text{H}_3$	C-C	716,85
3M1B	cC_5H_{10}	$3\text{M1B} \leftrightarrow \dot{\text{C}}_4\text{H}_7 + \dot{\text{C}}\text{H}_3$	C-C	686,85
1-Buteno	$1\text{-C}_4\text{H}_8$	$1\text{-C}_4\text{H}_8 \leftrightarrow \dot{\text{C}}_3\text{H}_5 + \dot{\text{C}}\text{H}_3$	C-C	746,85
2M1B	aC_5H_{10}	$2\text{M1B} \leftrightarrow i\dot{\text{C}}_4\text{H}_7 + \dot{\text{C}}\text{H}_3$	C-C	726,85
1-Penteno	$1\text{-C}_5\text{H}_{10}$	$1\text{-C}_5\text{H}_{10} \leftrightarrow \dot{\text{C}}_4\text{H}_7 + \dot{\text{C}}\text{H}_3$	C-C	676,85
Propeno	C_3H_6	$\text{C}_3\text{H}_6 \leftrightarrow \dot{\text{C}}_3\text{H}_5 + \dot{\text{H}}$	alílico C-H	906,85
Isso-Buteno	$i\text{-C}_4\text{H}_8$	$i\text{C}_4\text{H}_8 \leftrightarrow i\dot{\text{C}}_4\text{H}_7 + \dot{\text{H}}$	alílico C-H	886,85
2M2B	bC_5H_{10}	$2\text{M2B} \leftrightarrow \text{a}\dot{\text{C}}_5\text{H}_9 + \dot{\text{H}}$	alílico C-H	806,85
		$2\text{M2B} \leftrightarrow \text{c}\dot{\text{C}}_5\text{H}_9 + \dot{\text{H}}$		

Fonte: NAGARAJA (2021), com adaptação do Autor (2023)

O projeto de um reator de pirólise leva em conta suas condições de operação depende da relação do CPI entradas de biomassa (MJ/kg) e saída cuja eficiência de rendimento, sendo controlada pelo tempo de residência, taxa de fornecimento de biomassa transferência de calor (NAGARAJA, 2021).

4.4. SISTEMATIZAÇÃO DE BALANÇO DE MASSA ENERGÉTICO EM CFB

O balanço de massa e energia reportado de experimentos laboratoriais e pesquisas, trata do balanço de massa de pirolise experimental das diversas biomassa em reatores riser de leito fluidizados circulantes CFB. Ao sistema proposto, resulta da literatura.

4.4.1. Experimento de Transferência de Calor em Massa, Circulação de Areia em CFB.

Inspira-se em trabalhos laboratoriais realizados pelo Autor em idos de 1993 a 1997, enquanto estagiário do Laboratório de Metrologia do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, sob coordenação do Professores Geraldo Lombardi e Josmar Davilson Pagliuso. Realizamos construção de aparelhos e experimentos de leito fluidizado circulante (CFB), e operação com areia, para pesquisa de transferência de calor em massa, como está relacionado na Figura 1.

Em nosso dimensionamento, considera-se a aplicação dos fenômenos de transportes e colisões entre partículas areia de quartzo com biomassa de rejeitos, dentro de riser de CFB, transferindo de calor nas colisões e desintegrando em fluido térmico de $\sim 500^\circ\text{C}$, convertendo a biomassa em gás de síntese de biocombustíveis e calor para transição à energia elétrica.

Figura 3: Aparelho Experimental em Procedimentos Testes de Transferência em CFB

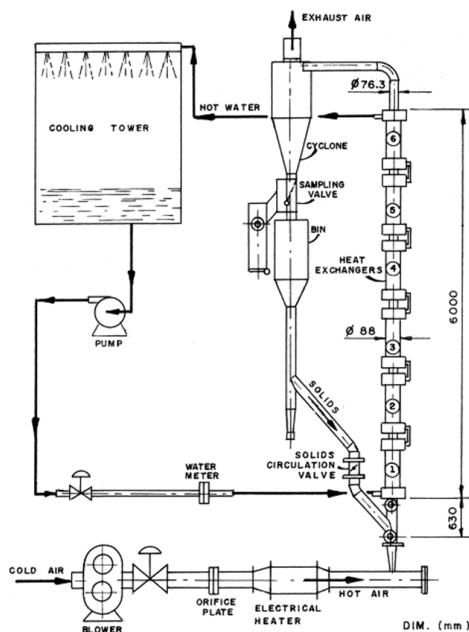


Figura 4.a Diagrama esquemático experimental

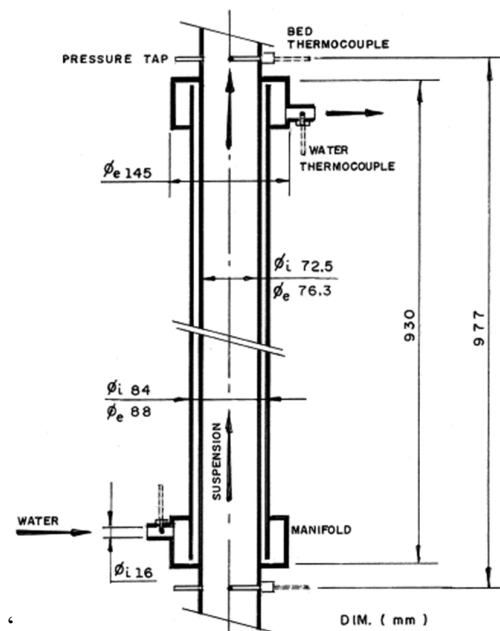


Figura 5.b: Trocador de calor com camisa de água

O sistema da Figura 1, foi construído em aço inoxidável e isolado termicamente, com perda de calor não superior a 2% no pior caso – na jaqueta superior. As temperaturas da suspensão água e gás-sólido foram medidas na entrada e na saída de cada trocador de calor por camisa de água por termopares do tipo K, em contato direto com os respectivos fluxos. A massa coletada foi pesada, para determinação da vazão, e sua distribuição granulométrica foi caracterizada. A fase particulada foi constituída por areia de quartzo – material muito resistente à abrasão – que foi dimensionada aproximadamente em cinco diâmetros, d : 179, 230, 385, 460 e 545 μm (PAGLIUSO, J. D., et al, 2000).

Conforme Pagliuso, J. D., et al (2000), em estudos de sistema experimento de transferência de calor em leito fluidizado circulante (CFB), o coeficiente de transferência de calor diminuiu a medida que aumento comprimento vertical do riser, variando de 30 a 150 [$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$] para as superfícies mais longas a 50 a 300 [$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$] para as mais curtas. Além de um certo comprimento – 1,5 a 2,0 [m], nenhuma queda adicional na transferência de calor foi observada. O coeficiente local também aumentou em direção às seções inferiores do espelho do leito, como consequência do aumento da densidade da suspensão. No que diz respeito ao tamanho das partículas, ao contrário dos leitos fluidizados borbulhantes, seu efeito não seria muito distinto em leitos circulantes, pelo menos para superfícies de transferência de calor relativamente longas ($>1,5$ m), diâmetros de partícula inferiores a 500 μm e densidades de suspensão superiores a 10 kg/m^3 . Densidade da suspensão – que varia de 10 a 100 kg/m^3 – seria o fator operacional dominante influenciando o coeficiente de transferência de calor, e dependia da raiz quadrada da densidade média da seção transversal da suspensão. Exceto para leitos muito diluídos, a velocidade superficial do gás não teve grande influência na transferência de calor, reconhecidamente como consequência de uma contribuição relativamente baixa da convecção do gás. O coeficiente de transferência de calor aumentou com a temperatura do leito, devido à maior condutividade térmica do gás e à radiação térmica, cuja contribuição foi mais significativa para os leitos diluídos. Embora alguns parâmetros adimensionais tenham sido propostos para correlação de dados, nenhum até agora se tornou universalmente aceito.

O coeficiente local de transferência de calor ao longo do leito h , foi calculado a partir de U_i coeficiente global de transferência de calor, igualando as expressões da taxa de transferência de calor q , em cada um dos seis trocadores de calor com camisa de água, segue:

$$q = \dot{m}.c.(T_0 - T_i) \quad (1)$$

$$q = U_i \cdot A_i \cdot \Delta T_{lm} \quad (2)$$

Onde \dot{m} é a taxa de fluxo de massa de água, c o calor específico da água, T_i e T_o as temperaturas de entrada e saída da água, A_i a área da superfície interna de transferência de calor e ΔT_{lm} é a diferença de temperatura média logarítmica em cada aquecimento da camisa de água permutada e h é o coeficiente de transferência de calor obtido de U_i , tal que:

$$h = \frac{11}{(U_i - \left(\frac{D_i}{2k}\right) \cdot \ln\left(\frac{D_e}{D_i}\right) - \frac{D_i}{(D_e \cdot h_e)})} \quad (3)$$

Onde D_i e D_e são os diâmetros interno e externo do tubo interno, k a condutividade térmica, e h_e o coeficiente de transferência de calor para o fluxo anular de água. A transição laminar-turbulenta para escoamento em anéis concêntricos ocorre, segundo Hanks [16], para um número de Reynolds de 2300. Os valores encontrados nos experimentos estavam na faixa de 200 a 600, de modo que o fluxo de água era laminar. A superfície interna dos anéis foi admitida isotérmica, o que é uma boa aproximação, já que a variação máxima da temperatura da água ao longo dos seis trocadores de calor foi de 13°C, com cerca de 10% da diferença média de temperatura entre a suspensão de sólidos e a água, e a temperatura da suspensão não variam mais de 3%. O fluxo foi considerado totalmente desenvolvido. O valor de h e foi de 900 W/m² K, com um número de Nusselt de 5,02. Encontramos a transferência de calor h do leite para a parede é cerca de **60 W.m⁻².K⁻¹**.

A densidade média da suspensão sólida ρ_m para cada trocador foi calculada a partir da queda de pressão Δp ao longo de seu comprimento L , tal que:

$$\rho_m = \Delta p \cdot g \cdot L \quad (4)$$

Onde g é a aceleração gravitacional, e os efeitos de atrito e aceleração gás-partículas foram desprezados.

Ao projetar uma caldeira CFB, a densidade média da suspensão no riser pode ser usada para calcular o coeficiente médio de transferência de calor em fluxo de massa sólida circulada em relação a densidade média, de cada tamanho de partícula (Pagliuso, J. D., et al, 2000). Conforme Pagliuso, J. D., et al, 2000, os experimentos concordam com diversos autores, incluindo listadas na Tabela 2. Os estudos confirmam a dependência do coeficiente

de transferência de calor e a densidade da suspensão. Nas equações propostas a densidade para $\rho = 40 \text{ kg/m}^3$. Os resultados confirmam também a influência do diâmetro da partícula no coeficiente de transferência de calor, tendo um efeito significativo à medida que o tamanho diminui à base do riser CFB. Sugere-se correção no coeficiente de transferência de calor para determinada partícula a partir de um coeficiente de referência obtido para outro tamanho de partícula de mesma densidade de suspensão, sendo o fator de correção de tamanho, tal que

$$h = hR \cdot dR \cdot d^n \quad (5)$$

Onde R indica os dados de referência e n é uma constante empírica. Tirando $dR=179\mu\text{m}$, por exemplo, o correspondente coeficiente de transferência de calor hR é dado por:

$$hR = 28,02 + 46,84 \cdot \rho m + 1,541 \cdot 10^2 \cdot \rho^2 \quad (6)$$

Em função da densidade da suspensão, obtida pela aplicação da Eq. (6) para partículas de diâmetro 385, 460 e 545 μm . Partículas com $d=230\mu\text{m}$ foram extraídos para verificar a proposição. Observou-se que a dependência de n da densidade da suspensão é mais significativa do que do diâmetro da partícula, adotou-se para d , média aritmética desses diâmetros de partícula, de modo que n pode ser obtido:

$$n = 2,818 \cdot 10^{-1} - 1,069 \cdot 10^3 \cdot \rho m + 2,338 \cdot 10^4 \cdot \rho^2 - 1,788 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \quad (7)$$

Tabela 9: Transferência de calor em um leito fluidizado circulante CFB

Autor	d (μm)	T_s (°C)	L (m)	V (m/s)	Di (mm)	Identificação dados
1. Furchi et al. [6]	109, 196, 269	250	1,0	5,8–8,9	72,0	1a–1c
2. Feugier et al. [19]	95, 215	400	0,95	10	150,0	2a–2b
3. Prop. correl. —,	90, 230, 545	150	1,0–6,0	10,5	72,5	3a–3c
4. Wu et al. [7] , [9]	188, 241	277, 410	1,53, 1,59	4–6, 7,5	152	4a–4b
5. Pagliuso et al, 2000	179, 230, 385, 460, 545	150	1,0, 6,0	10,5	72,5	5a–5e
6. Sekthira et al. [8]	300	232	0,10–0,70	4,9–7,3	88,0	6
7. Modelo de Glicksman [12]	90, 260	20	1,0			7a–7b

Fonte: Pagliuso; Lombardi, g.; Goldstein, L., Jr, J. D., 2000

4.4.2. Gradientes da Temperatura na Degradação da Partícula e Biomassa - CFB

Conforme Van De Velden, M. et al., 2010, a influência do gradiente de temperatura, na transferência de calor em massa corroboram para acionamento da catalise de reações térmicas. A pirólise rápida e seu rendimento máximo de óleo estão associados, e só podem ser alcançados pelo aquecimento rápido e uniforme das partículas de biomassa. Para atingir essas metas, é muito importante evitar gradientes térmicos dentro e ao redor da partícula. A aplicação dos princípios básicos da transferência de calor para a partícula e da condução de calor dentro da partícula permite determinar as condições de trabalho necessárias.

A uniformidade de temperatura das partículas de biomassa ao longo do riser, pode ser determinada pela lei de condução de calor de Fourier, aqui aplicada em regime não estacionário e para o caso simples de uma partícula esférica:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{k_p}{\rho_p \cdot c_p} \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial T}{\partial r} \right) = D \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial T}{\partial r} \right) \quad (8)$$

$$D = \frac{k_p}{\rho_p \cdot c_p} \quad (9)$$

Onde k_p [W/(m⁻¹.K⁻¹): condutividade térmica da biomassa na temperatura T, c_p [J.kg⁻¹.K⁻¹): capacidade térmica específica da biomassa na temperatura T, ρ [kg.m⁻³): densidade da biomassa e D [m.s⁻¹): difusividade térmica da partícula.

As soluções dessa condição térmica instável são simples quando condições de contorno fáceis podem ser aplicadas. As soluções são muito difíceis ou impossíveis para condições de contorno complexas e/ou corpos de forma irregular. As soluções gerais são, portanto, comumente expressas por uma análise dimensional. Para uma esfera de raio r , inicialmente na temperatura T_0 , e repentinamente exposta à vizinhança em T_s , a distribuição de temperatura, em qualquer instante t e posição x , sendo dada por:

$$\frac{T_s - T}{T_s - T_0} = f \left(\frac{h \cdot r}{k_p}, D \cdot \frac{t}{r^2}, \frac{x}{r} \right) \quad (10)$$

Onde h : coeficiente de transferência de calor externo na superfície da esfera (W.m⁻².K⁻¹).

Como é importante conhecer a evolução da temperatura no núcleo da esfera (T_c em $x = 0$) e introduzindo o número de Biot (Bi), que se reduz a equação (2) a:

$$Bi = \left(\frac{r}{\frac{1}{h}} \right) = r \cdot \frac{h}{kp} \quad (11)$$

$$\frac{T_s - T}{T_s - T_0} = f \left(Bi, D \frac{t}{r^2}, \frac{x}{r} \right) \quad (12)$$

Para valores grandes ($Bi \rightarrow \infty$) ou muito pequenos ($Bi \rightarrow 0$) do número de Biot, as soluções são fornecidas graficamente por Carslaw e Jaeger (1962). Para aplicações de partículas de biomassa em um leito fluidizado, os números de Biot são intermediários ($Bi = 0,2$ a 1), veja mais adiante no texto) e condições extremas não se aplicam. Para esses valores intermediários do número de Biot, os resultados são apresentados por Heisler (1947) na forma de gráficos, expressando $(T_s - T_c) / (T_s - T_0)$ em termos de $D.t / r$ (o número de Fourier) com $1/Bi$ como parâmetro. A aplicação ilustrativa do gráfico é dada na Tabela 2, com propriedades características da serragem a 773 K, com coeficiente médio de transferência de calor em leito fluidizado na superfície da esfera de $500 \text{ W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ [31] ou seja:

$$k_p = 0,15 \text{ W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad c_p = 1150 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad \rho_p = 700 \text{ kg.m}^{-3}$$

Na Tabela Y. Tempo necessário onde núcleo de uma partícula esférica de pó de serra atinja aproximadamente (99%), temperatura ambiente (773 K) onde a partícula é submersa.

Tabela 10: Desintegração de Biomassa

R(μm)	Bi-número	D.t / r ²	t(s)
50	0,17	13	0,017
100	0,34	7	0,38
200	0,67	5	1.08
400	1.33	2.2	2.2

Fonte: Van De Velden, M. et al., 2010

Assume-se que uma condição em que a temperatura do núcleo atingiu 99% da temperatura da vizinhança ($T_s \approx 773 \text{ K}$ ou $499,85 \text{ }^\circ\text{C}$) satisfaz condições de temperatura

uniforme T em toda a esfera (seja, $T_c \approx 0,99 T_s$). O T inicial da esfera é 293 K e $D \approx 1,86 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$.

Como a pirólise rápida requer que a reação ocorra dentro de 2 a 2,5 s, fica claro que apenas partículas muito pequenas atenderão às condições de aquecimento rápido a uma temperatura uniforme. Nesse caso, partículas com diâmetro acima de 200 μm , levam 0,38 segundos para aquecer, ou seja, cerca de 15% do tempo de reação proposto de 2 a 2,5 segundos, começando a comprometer a condição ideal de pirólise rápida.

De acordo com os cálculos anteriores, pode-se supor que a taxa de aquecimento em toda a partícula é uniforme ao aquecer partículas muito pequenas ($\leq 200 \mu\text{m}$) a uma taxa β (K.s^{-1}): condições de contorno simplificadas podem, portanto, ser aplicadas à Eq. (1), ou seja:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \beta, \quad \text{para } r = 0 \text{ a } R = dp/2 \quad (13)$$

$$\frac{\partial T}{\partial r} = 0, \quad \text{para } r = 0 \text{ (no núcleo)} \quad (14)$$

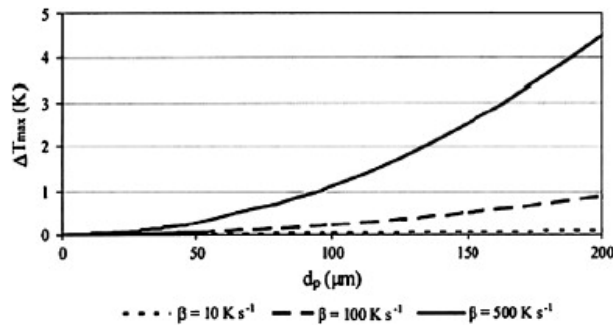
A solução é dada por Carslaw e Jaeger (1962) como:

$$\Delta T_{max} = (T_R - T_C) \quad (15)$$

$$\Delta T_{max} = \beta \cdot \frac{dp^2}{(24 \cdot D)} \quad (16)$$

Onde T_R : T na superfície da partícula (em $r = R$) (K), T_C : T no núcleo da partícula (em $r = 0$) (K). A Eq. (4) pode ser aplicado para vários valores de β e com, por exemplo, as propriedades características da serragem mencionadas acima. Os resultados são um conjunto de curvas em função do diâmetro figura Rff.

Gráfico 2: Diferença máxima de temperatura (ΔT_{max}) entre a superfície e o núcleo da partícula de serragem de madeira em função do diâmetro da partícula em diferentes taxas de aquecimento (β).



Fonte: Van De Velden, M. et al., 2010

Esses cálculos mostram que as diferenças de temperatura entre a superfície e o núcleo da biomassa são muito limitadas, certamente quando se considera que a temperatura ao redor é de 773 K (500 °C) e que a taxa de aquecimento variará entre no mínimo 1,5 K/s em um experimento de TGA, e, até algumas centenas de K/s em um leito fluidizado borbulhante ou circulante CFB. Conforme

Aconselha Van de Velden, M. et al., 2010, que para obter um aquecimento rápido de toda a partícula, é apropriado usar pequenas partículas de biomassa (por exemplo, $<200 \mu\text{m}$ para pó de serra) e nenhum gradiente térmico significativo ocorrerá nessas pequenas partículas: o núcleo e a superfície da partícula de biomassa se comportarão termicamente e cineticamente de maneira semelhante.

4.4.3.A Influência da transferência de calor para as partículas de biomassa - CFB.

A pirólise rápida requer uma rápida transferência de calor para a biomassa. Esta transferência de calor é condicionada pelo grau de turbulência do gás e dos sólidos operados no reator. O coeficiente de transferência de calor em um CFB é estimado a partir dos resultados de Kobro e Brereton (1986).

Exemplifica um CFB operando com areia de **100 μm** como material de leito a uma velocidade de gás recomendada de **5 m s^{-1}** , com taxa de circulação sólida de **200 $\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$** , o coeficiente de transferência de calor por convecção é **620 $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$** .

Como não apenas a convecção externa, mas também a condução interna é importante,

o quadro geral é expresso pelo número de Biot, que representa a resistência interna à penetração de calor dividida pela resistência externa à transferência de calor e é escrita da seguinte forma:

$$Bi = r \cdot \frac{h}{kp} \quad (17)$$

Partícula de serragem de 200 μm ($r = 100 \mu\text{m}$) a 773 K, expressão os valores seguintes:

$$h = 300 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \quad Bi = 0,2$$

$$h = 500 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \quad Bi = 0,33$$

$$h = 700 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} \quad Bi = 0,47$$

Van De Velden, M. et al., 2010

Conclui Van De Velden, M. et al., 2010, que embora as condições operacionais para um rendimento máximo de óleo sejam bem conhecidas, a cinética da conversão de biomassa precisa ser determinada. Em artigo considerou (i) as condições de trabalho necessárias para pesquisas experimentais relevantes; (ii) a medição termogravimétrica das constantes cinéticas e (iii) o calor de reação da pirólise da biomassa – entalpia expressa em kJ/kg ou kJ/m³.

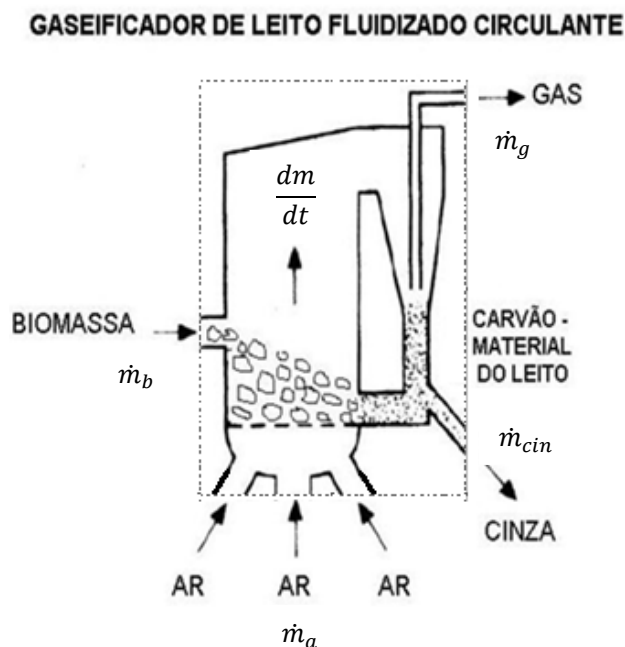
Para programar experimentos de forma relevante e eficaz, e para avaliar criticamente os resultados anteriores da literatura, foi demonstrado que os testes devem ser realizados (i) com partículas de biomassa menores que aprox. 200 μm e (ii) em um ambiente de reação onde a taxa de aquecimento da partícula é de cerca de 80 K.min⁻¹ e onde a resistência interna à penetração de calor é menor que a resistência externa à transferência de calor, expressa na condição de contorno do número de Biot, $Bi < 1$.

Experimentos TGA e DSC, uma grande variedade de partículas de biomassa que determinam respectivamente a cinética da reação e a dependência de Arrhenius em reação endotérmica. À maioria das espécies de biomassa, a constante de velocidade de reação é $>0,5 \text{ s}^{-1}$, correspondência de uma reação rápida. O calor endotérmico de entalpia (h) da reação varia de **207 a 434 kJ.kg⁻¹**. Os resultados conferem com os da literatura. Neste mesmo estudo, relaciona-se pesquisas laboratoriais de transferência de calor em leito fluidizado circulante - CFB, utilizando partículas de areia com diâmetro de partículas de $d=230\mu\text{m}$, realizados em condições de testes na EESC-USP São Carlos SP (PAGLIUSO, J. D., et al, 2000).

4.4.4. Conservação da Energia Aplicada em Volume de Controle - CFB

Em experimento de Joule (1818-1889) e Benjamim Thompson (1753-1814), relacionam processos térmicos adiabáticos e com mudança de estado, comprovando as relações entre energia interna (ΔU), calor (Q) e trabalho (W). Considerando volume de controle com isolamento térmica com a vizinhança em um sistema fechado Figura 6.

Figura 6 - Cálculo do Volume de Controle de Reator CFB



Fonte: Rodrigues C. J. C. et al (2023)

Na figura 6, vemos um volume de controle termodinâmico aplicado em um CFB. O volume de controle termodinâmico é uma região do sistema que é selecionado para análise termodinâmica, onde realizamos balanços de massa, energia e outras propriedades das termodinâmicas. O balanço de energia em um volume de controle termodinâmico contabiliza a fração massiva, garantindo que a quantidade de energia que entra no volume de controle seja igual à que sai dele. A entalpia é frequentemente usada para medir a energia térmica por unidade de massa de ar, gás e cinzas em um processo de gaseificação. Portanto, o balanço energético do gaseificador assegura que a quantidade total de entalpia que entra seja igual à que sai do sistema, com auxílio de Rodrigues C. J. C. et al (2023), equacionamos:

$$\dot{m}_b \cdot h_b + \dot{m}_a \cdot h_a = \dot{m}_g \cdot h_g + \dot{m}_{cin} \cdot h_{cin} + \dot{Q}_{ma} \quad (18)$$

Onde, \dot{m}_b : Fluxo de biomassa que entra no gaseificador, kg/s; \dot{m}_g : Fluxo de gás produzido na gaseificação, kg/s; \dot{m}_a : Fluxo de ar introduzido no gaseificador, kg/s; \dot{m}_{cin} : Fluxo de cinzas, kg/s; \dot{Q}_{ma} : fluxo de calor perdido para o meio ambiente, kW; h_b : Entalpia da Biomassa (kJ/kg); h_g : Entalpia do gás e do ar (kJ/kg); h_a : Entalpia do gás e do ar (kJ/kg); h_{cin} : Entalpia das cinzas, (kJ/kg). Pela Primeira Lei da Termodinâmica equacionamos:

$$\dot{Q} - \dot{W} = \frac{dE}{dt} |_{\psi C_{sistema}} \quad (19)$$

$$E = \int_{massa(sistema)} e \cdot dm = \int_{Volume \psi(sistema)} e \cdot \rho \cdot d\psi \quad (20)$$

$$\dot{Q}_{\psi C} - \dot{W}_{\psi C} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{\psi.C} e \cdot \rho \cdot d\psi + \int_{SC} e \cdot \rho \cdot V \cdot dA \quad (21)$$

$$e = u + \frac{1}{2} \cdot V_s^2 + g \cdot Z \quad (22)$$

Onde e é a energia total específica do fluido (J/kg), u é a energia interna específica do fluido (J/kg), V_s é a velocidade de saída do fluido em (m/s), g é a aceleração da gravidade (m/s²) e Z é a altura de uma referência (m) que representa a energia potencial específica devido à elevação em relação a essa referência.

Na formulação do volume de controle em geral, onde apresentar várias vazões de entrada e saídas por consequência uma somatória dos termos de escoamento de massa é frequentemente necessária. A forma final da Pela Primeira Lei a Termodinâmica fica:

$$\frac{dE_{V.C}}{dt} = \dot{Q}_{V.C} - \dot{W}_{V.C} + \sum \dot{m}_e \cdot \left(h_e + \frac{1}{2} \cdot V_e^2 + g \cdot Z_e \right) + \sum \dot{m}_s \cdot \left(h_s + \frac{1}{2} \cdot V_s^2 + g \cdot Z_s \right) \quad (23)$$

Onde $\frac{dE_{V.C}}{dt}$ é a Taxa de Variação da Energia Interna do Volume de Controle, $\dot{Q}_{V.C}$ é a Taxa de Transferência de Calor para o Volume de Controle, $\dot{W}_{V.C}$ é Taxa de Trabalho Realizado pelo Volume de Controle, $\sum \dot{m}_e \cdot \left(h_e + \frac{1}{2} \cdot V_e^2 + g \cdot Z_e \right)$ é a Soma das Taxas de Entrada de Massa com Energia Total (entalpia, cinética e potencial), $\sum \dot{m}_s \cdot \left(h_s + \frac{1}{2} \cdot V_s^2 + g \cdot Z_s \right)$ é a Soma das Taxas de Saída de Massa com Energia Total (entalpia, cinética e potencial). Essa projeção representa o balanço de energia para um volume de controle, levando em consideração as transferências de calor, trabalho e as mudanças de energia associadas aos fluxos de entrada e saída. Na tabela relações de fluxo de calor e trabalho e na Figura 1, diagrama de pirolise gaseificação em CFB.

Tabela 11: Análise dos Fluxos de Calor e Trabalho

$\dot{Q} > 0$, Calor transmitido da vizinhança para o sistema	(24)
$\dot{Q} > 0$, Calor transferido do sistema para vizinhança	(25)
$\dot{W} > 0$, Trabalho realizado pelo sistema sobre vizinhança	(26)
$\dot{W} > 0$, Trabalho realizado pela vizinhança sobre o sistema	(27)

Fonte: Autor (2023)

4.4.5. Equações Governamentais do Balanço de Massa e Energia

Conforme Trendewicz et al., 2014, desenvolve as equações governamentais para o representar o modelo de reator CFB, compondo equações de conservação de estado estacionário, continuidade, momento e energia para um sistema de fluxo sólido-gás. A mudança na taxa de fluxo de massa da espécie i (M_i) é representado por:

$$\frac{d}{dz}(M_i) = \sum_{j=1}^k v_{i,j} \cdot R_j(z) \quad (28)$$

Onde $v_{i,j}$ é o coeficiente estequiométrico para a espécie i na reação j , $k = 19$ é o número de reações R_j , é a taxa de reação para a reação j , dada pela seguinte fórmula:

$$R_j(z) = k_j \cdot \exp\left(-\frac{E_{ij}}{R \cdot T}\right) \cdot M_i \quad (29)$$

As reações seguem abordagem de Arrhenius com o pré-expoente k_j e a energia de ativação E_a . As reações são de primeira ordem.

4.4.5.1. A Equação da Continuidade Para Fase Gasosa:

$$\frac{d}{dz}(\epsilon g \cdot \rho g \cdot v g) = \sum_{i=1}^N \sum_j^k v_{i,j} \cdot R_j(z) \quad (30)$$

Onde $\epsilon g, \rho g, v g$, são frações de volume, densidade (kg/m³) e velocidade (m/s) da mistura gasosa composta pelo número total de $N = 20$ espécies. O fluxo de massa e a fração de volume estão relacionados da seguinte forma:

$$\epsilon g \cdot \rho g \cdot v g = \sum_{i=1}^N M_i \quad (31)$$

4.4.5.2. A Equação da Continuidade Para Fase de Biomassa:

$$\frac{d}{dz}(\epsilon b \cdot \rho b \cdot v b) = \sum_{i=1}^M \sum_j^k v_{i,j} \cdot R_j(z) \quad (32)$$

Onde $\epsilon b, \rho b, v b$ são fração volumétrica, densidade [kg.m⁻³] e velocidade [m.s⁻¹] da biomassa composta pelo número total de $M = 13$ espécies. O fluxo de massa e a fração de volume estão relacionados da seguinte forma:

$$\epsilon b \cdot \rho b \cdot v b = \sum_{i=1}^M M_i \quad (33)$$

4.4.5.3. A Equação da Continuidade Para Areia Inerte é representado por:

$$\frac{d}{dz}(\epsilon s \cdot \rho s \cdot v s) = 0 \quad (34)$$

Onde ϵs , ρs , $v s$ são a fração volumétrica, densidade (kg/m^3) e velocidade (m/s) da areia.

4.4.5.4. Momento Balanço de Energia Para Fase de Biomassa:

$$\frac{d}{dz}(\epsilon b \cdot \rho b \cdot v b) = -G(\epsilon b) \cdot \frac{d\epsilon b}{dz} - \epsilon b \cdot \frac{dp}{dz} + \frac{d}{dz}\left(\epsilon b \cdot \mu b \cdot \frac{v b}{dz}\right) - \epsilon b \cdot \rho b \cdot g + \beta \cdot (v g - v b) - \frac{2 \cdot f_b \cdot \epsilon b \cdot \rho b \cdot v b \cdot v g}{D_h} \quad (35)$$

Onde G é o coeficiente de colisão de partículas, que representa a perda de momento devido a colisões de partículas, μ é a viscosidade sólida [Pa.s], β é um coeficiente de troca de momento interfásico, f_b é o coeficiente de atrito, D_h é o diâmetro do reator em (m). O termo convectivo no lado esquerdo da equação é devido ao impacto combinado das seguintes forças: perda de momento devido a interações sólido-sólido $G(\epsilon b) \cdot \frac{d\epsilon b}{dz}$ é a queda de pressão $\epsilon b \cdot \frac{dp}{dz}$, cisalhamento viscoso $\frac{d}{dz}\left(\epsilon b \cdot \mu b \cdot \frac{v b}{dz}\right)$, força da gravidade $\frac{d}{dz}\left(\epsilon b \cdot \mu b \cdot \frac{v b}{dz}\right)$, troca de momento entre as fases sólida e gasosa $\beta \cdot (v g - v b)$ e a perda de momento devido a colisões com a parede $\frac{2 \cdot f_b \cdot \epsilon b \cdot \rho b \cdot v b \cdot v g}{D_h}$. Os coeficientes empíricos na equação do momento podem ser calculados a partir de correlações empíricas (SÁNCHEZ, R. A., et al). O coeficiente de colisão de partículas calculado a partir de:

$$G = 10^{-8,76 \cdot \epsilon g + 5,43} \quad (36)$$

O coeficiente de troca interfásico calculado a partir de (SÁNCHEZ, R. A., et al)

$$\beta = 150 \cdot \frac{\epsilon s^2 \cdot \mu g \cdot \rho g}{(\epsilon g \cdot d s \cdot \phi s)^2 \cdot (\rho s - \rho g)} + 1,75 \cdot \frac{\rho g \cdot \rho s \cdot |v g - v s| \cdot \epsilon s}{\epsilon g \cdot d s \cdot \phi p \cdot (\rho s - \rho g)}, \quad \text{se } \epsilon g \leq 0,8 \quad (37)$$

$$\beta = \frac{3}{4} \cdot C_d \cdot \frac{\rho g \cdot \rho s \cdot |v g - v s| \cdot \epsilon s}{d s \cdot \phi p \cdot (\rho c - \rho g)} \cdot \epsilon g^{-2,65}, \quad \text{se } \epsilon g > 0,8 \quad (38)$$

Onde C_d é o coeficiente de arrasto empírico, calculado a partir das seguintes correlações:

$$C_d = \frac{24}{Re} \cdot (1 + 0.15 \cdot Re^{0.687}), \quad se \ Re \leq 1,000 \quad (39)$$

$$C_d = 0,44, \quad se \quad Re > 1,000 \quad (40)$$

Onde Re é o número de Reynolds com relação de gás e areia:

$$Re = \frac{|vg - vs| \cdot ds \cdot \epsilon g \cdot \rho g}{\mu g} \quad (41)$$

Os coeficientes de atrito para a fase gasosa e sólida podem ser calculados a partir de (SÁNCHEZ, R. A., et al), da seguinte forma:

$$f_g = \frac{16}{Re}, \quad se \ Re \leq 2.100 \quad (42)$$

$$f_g = \frac{0,0791}{Re^{1/4}}, \quad se \ 2100 \leq Re \leq 10^5, \quad se \ 2100 \leq Re \leq 10^5 \quad (43)$$

$$f_g = [2 \cdot \log Re \cdot \sqrt{f_g} - 0,8]^{-2}, \quad se \ Re \leq 10^5 \quad (44)$$

Onde Re é o número de Reynolds para a fase gasosa

$$Re = \frac{\epsilon g \cdot |vg|. Dh \cdot \rho g}{\mu g} \quad (45)$$

$$f_g = \frac{0,0025}{vp} \quad (46)$$

Da mesma forma, o equilíbrio do momento para a areia é representado por:

$$\frac{d}{dz}(\epsilon s \cdot \rho s \cdot v s) = -G(\epsilon s) \cdot \frac{d\epsilon s}{dz} - \epsilon s \cdot \frac{dp}{dz} + \frac{d}{dz} \left(\epsilon s \cdot \mu s \cdot \frac{vs}{dz} \right) - \epsilon s \cdot \rho s \cdot g + \beta \cdot (vg - vs) - \frac{2 \cdot f s \cdot \epsilon s \cdot \rho s \cdot v s \cdot vs}{Dh} \quad (47)$$

4.4.5.5. Balanço de Energia Para Fase de Biomassa:

$$\frac{d}{dz}(\epsilon g \cdot \rho g \cdot v g) = -G(\epsilon g) \cdot \frac{d\epsilon g}{dz} - \epsilon g \cdot \frac{dp}{dz} + \frac{d}{dz}\left(\epsilon g \cdot \mu g \cdot \frac{v g}{dz}\right) - \epsilon g \cdot \rho g \cdot g + \beta \cdot (v g - v s) - \frac{2 \cdot f g \cdot \epsilon g \cdot \rho g \cdot v g \cdot v g}{D h} \quad (48)$$

Os coeficientes empíricos e as correlações necessárias para o balanço de quantidade de movimento foram obtidos de (SÁNCHEZ, R. A., et al). Balanço de Energia para Fase de Biomassa Calculada:

$$\epsilon b \cdot \rho b \cdot v b \cdot A c \cdot c_{p,b} \cdot \frac{dTb}{dz} = -A_{s,bio} \cdot h_{bg} \cdot (Tb - Tg) + \sum_j^k R_j \cdot \Delta H_j \quad (49)$$

$$A_{s,bio} = \pi \cdot d^2 \cdot N b \quad (50)$$

Onde A_c é a área da seção transversal do reator (m^2), $C_{p,b}$ é o calor específico da biomassa(J/kg.k), T_b , T_{gas} são gases a temperatura média da partícula de biomassa (K) e a temperatura média do gás (K), respectivamente, $A_{s,bio}$ é a área de superfície total das partículas de biomassa (m^2), h_{bg} é o coeficiente global de transferência de calor entre a biomassa e o gás (W/m² K) , d_b é o diâmetro da partícula de biomassa (m), N_b é o número de partículas de biomassa, ΔH_j é a entalpia de reação para o numero de reação j. A mudança na temperatura da biomassa ao longo do reator $\epsilon b \cdot \rho b \cdot v b \cdot A c \cdot c_{p,b} \cdot \frac{dTb}{dz}$ é devido à transferência de calor da fase gasosa $A_{s,bio} \cdot h_{bg} \cdot (Tb - Tg)$ e o calor das reações de pirólise $\sum_j^k R_j \cdot \Delta H_j$. Da mesma forma, o balanço de energia para a areia é calculado da seguinte forma:

$$\epsilon s \cdot \rho s \cdot v s \cdot A c \cdot c_{p,s} \cdot \frac{dT_s}{dz} = -A_{s,areia} \cdot h_{sg} \cdot (T_s - T_g) \quad (51)$$

$$A_{s,areia} = \pi \cdot d_s^2 \cdot N_s \quad (52)$$

Onde c_p é o calor específico da areia (J/kg K), T_s é a temperatura média da partícula de areia (K), $A_{s,areia}$ é a área total da superfície das partículas de areia (m^2), h_{sg} é o coeficiente global de transferência de calor entre a areia e o gás (W/m² K), d_s é o diâmetro da partícula de areia (m) e N_s é o número de partículas de areia. A mudança é a temperatura da areia ao longo do

reator $\epsilon_s \cdot \rho_s \cdot v_s \cdot A_c \cdot c_{p,s} \cdot \frac{dT_s}{dz}$, e a transferência de calor para a fase gasosa $As \cdot area \cdot h_{s,g} \cdot (Ts - Tg)$. A equação de energia para a fase gasosa é calculada da seguinte forma:

$$\epsilon_g \cdot \rho_g \cdot v_g \cdot A_c \cdot c_{p,g} \cdot \frac{dT_g}{dz} = As \cdot area \cdot h_{s,g} \cdot (Ts - Tg) + As \cdot bio \cdot h_{b,g} \cdot (Tb - Tg) \quad (53)$$

Onde $c_{p,s}$ é o calor específico da mistura gasosa (J/kg K). A mudança na temperatura do gás ao longo do reator $\epsilon_g \cdot \rho_g \cdot v_g \cdot A_c \cdot c_{p,g} \cdot \frac{dT_g}{dz}$, é devido à transferência de calor da areia $As \cdot area \cdot h_{s,g} \cdot (Ts - Tg)$, e com a transferência de calor para a biomassa $As \cdot bio \cdot (Tb - Tg)$. O coeficiente de transferência de calor entre a fase sólida e gasosa foi calculado a partir das seguintes correlações:

$$h_{sg} = \frac{6 \cdot kg \cdot \epsilon_s \cdot Nus}{dp^2} \quad (54)$$

Onde a partícula Nusselt Nus número foi calculado da seguinte forma:

$$N_{us} = (7 - \epsilon_g + 5 \cdot \epsilon_g^5) \cdot (1 + 0,7 \cdot Re_s^{0,2} \cdot Pr^{0,33}) + (1,33 - 2,4 \cdot \epsilon_g + 1,2 \cdot \epsilon_g^2) \cdot Re_s^{0,7} \cdot Pr^{0,33} \quad (55)$$

Onde kg é a condutividade térmica do gás, Pr é o número de Prandtl, Re é o número de Reynolds dos sólidos e dp é o diâmetro da partícula. As correlações foram obtidas do MFIx Documentation Theory Guide (SYAMLAL, M., et al, 2003)

4.4.6. Simulação de Pirólise de Resíduos Para Produção de Combustíveis

De Lima, S. G., et al (2021), propôs metodologia com a utilização de simulador Scilab® (SCILAB ENTERPRISES, 2012) para implementação do modelo dinâmico. O modelo proposto por Van de Velden et al. (2008), CFB, utiliza-se, por se tratar de um modelo validado experimentalmente e com relativa facilidade de implementação. Os principais aspectos a serem discutidos são: (i) variação da conversão dos componentes com o tempo, (ii) efeito do tempo de residência sobre as conversões, (iii) efeito da temperatura sobre as conversões. O modelo cinético consiste em separar os componentes envolvidos na pirólise em quatro blocos: (1) biomassa, (2) sólidos, (3) líquido e (4) gás. Logo, os subcomponentes

envolvidos em cada corrente não são considerados nesse modelo.

$$\frac{dm_B(t)}{dt} = -(k_1 + k_2 + k_3) \cdot m_B(t) \quad (56)$$

$$\frac{dm_G(t)}{dt} = k_1 \cdot m_B(t) + k_4 \cdot m_O(t) \quad (57)$$

$$\frac{dm_O(t)}{dt} = k_2 \cdot m_B + k_4 \cdot m_O(t) \quad (58)$$

$$\frac{dm_C(t)}{dt} = k_3 \cdot m_B(t) \quad (59)$$

Onde m_B , m_G , m_O e m_C se referem às fracções mássicas de biomassa, carbono (sólidos), óleo e gás, respectivamente, monitoradas em variável de tempo t . Os parâmetros k_1 , k_2 , k_3 e k_4 são os parâmetros cinéticos característicos do sistema de reações. A **Figura 1, mostra modelos** relacionados são similares ao proposto de VAN DE VELDEN et al., 2008.

No sistema a constante k_1 se refere a taxa de reação de biomassa para gás, k_2 para óleo, k_3 para carbono e k_4 se refere a etapa de pirólise secundária geradores de óleo e gás. Tais valores podem ser obtidos pelas seguintes equações (VAN DE VELDEN et al., 2008).

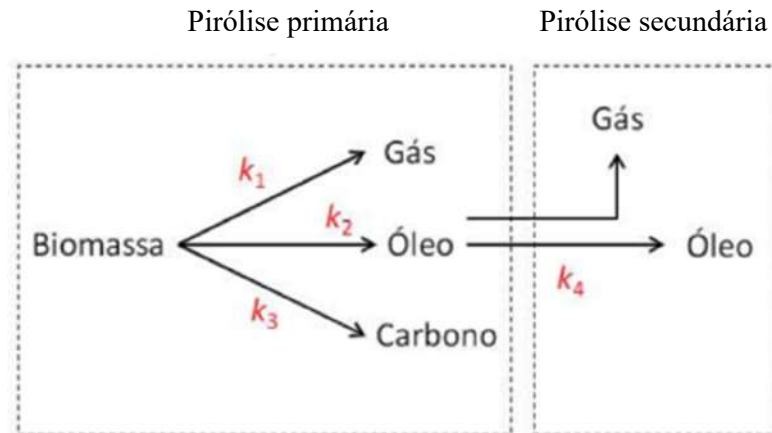
$$k_1 = 14300 \cdot \exp\left(-\frac{106500}{R \cdot T}\right) \quad (60)$$

$$k_2 = 7900 \cdot \exp\left(-\frac{81000}{R \cdot T}\right) \quad (61)$$

$$= \frac{m_{C\infty}}{1 - m_{C\infty}} \cdot (k_1 + k_2) \quad (62)$$

Onde T é a temperatura do meio e R é a constante universal dos gases ($8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$). O valor da constante k_2 , geralmente, é obtido experimentalmente. O parâmetro $m_{C\infty}$ se refere à quantidade máxima de fração mássica de carbono obtida, que equivale a 0,2.

Figura 7 - Esquema cinético simplificado implementado no Scilab®



Fonte: De Lima, S. G., et al (2021)

Note que o sistema reacional é representado por um sistema de Equações Diferenciais Ordinárias de Valor Inicial; sendo necessários quatro condições iniciais de referentes às frações de cada "componente": $m_{B,0}$; $m_{G,0}$; $m_{O,0}$ e $m_{C,0}$. Onde $m_{B,0} = 1$ e $m_{G,0} = m_{O,0} = m_{C,0} = 0$; sendo frações massifica consideradas zero no início da reação (DE LIMA, S. G., et al, 2021). Na Tabela 12: Estudos de caso simulados no SCILAB®.Scilab®

Tabela 12: Simulados no SCILAB®.Scilab®

Caso	Descrição
Simulação dinâmica do processo na Temperatura de 750 K	Análise interpretação do comportamento dinâmico da pirólise utilizando o modelo simplificado apresentado no item anterior
Efeito da variação da temperatura para diferentes tempos de residência	Análise interpretação da temperatura que afeta na conversão da biomassa para gases de síntese em tempos de residência diferentes.
Análise de superfície ótima de operação da pirólise rápida	Estudo e visualização da superfície 3-D ótima para interpretação qualitativa do ponto ótimo de operação.

Fonte: Adaptação De Lima, S. G., et al, 2021

4.4.7. Análise Térmica TGA e DSC na Determinação de Produtos CDR, WTE

Os experimentos de transferência de calor em massa, e, agregam-se a técnicas de experimentos de análise termogravimétrica (TGA) e calorimetria diferencial de varredura (DSC). Mecanismos para obter informação de monitoramento do fluxo de calor em função da temperatura, independentemente da variação de massa, onde se verifica a taxa de reação de pirólise da biomassa em transição para outros produtos (KERSTEN et al., 2005).

Gráfico 3: TGA – Consumo de biomassa elevando a temperatura – Formação de Produto

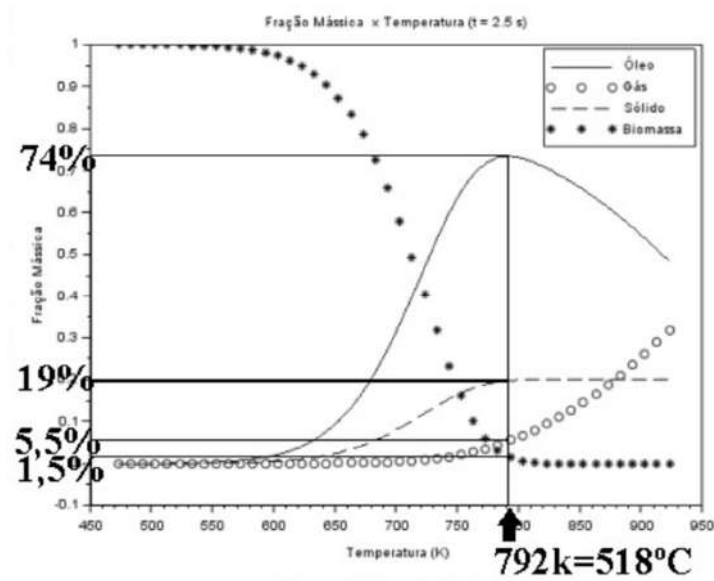
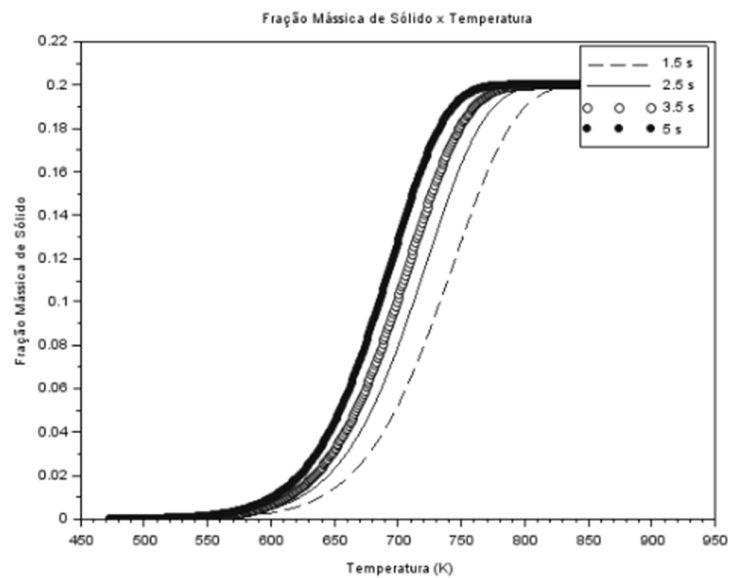


Gráfico 4: DSC - Rendimento de solida com elevação da temperatura



Fonte: De Lima, S. G., et al, 2021, adaptado pelo (Autor 2023)

O Gráfico 8 e 9, TGA e DSC apresenta a influência da temperatura sobre os rendimentos de produtos da pirólise previstos: bio-óleo, carvão e voláteis. A temperatura que maximiza o rendimento líquido para a pirólise com tempo de residência de 2,5 segundos está entre 770 k a 800 k, ou seja, aproximadamente 500 °C.

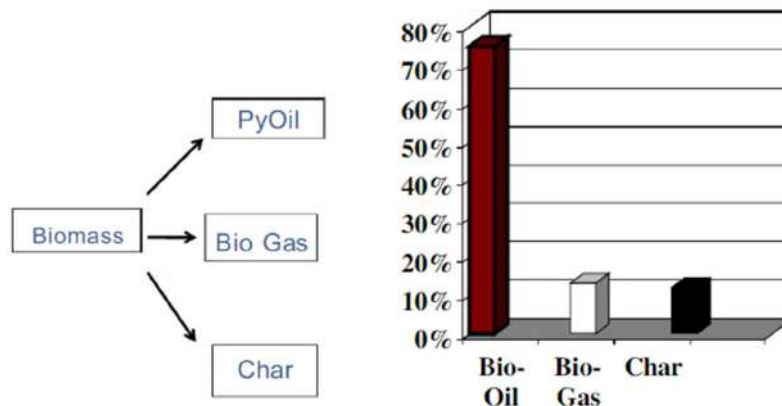
VAN DE VELDEN, M. et al., 2010, relaciona os parâmetros térmicos necessários para

formular o balanço térmico da reação de pirólise. Como a pirólise de toda reação de craqueamento é uma reação endotérmica, o calor da reação deve ser fornecido indiretamente para os trocadores de calor, ou, diretamente por pré-aquecendo do material do CFB ou o gás na fluidização. Normalmente a combustão do gás de pirólise fornece o calor necessário (C , $J.g^{-1}$) e os gases de pirolise em gás de arraste do oxigênio livre. O calor necessário para pirólise da biomassa contém dois componentes (Eq. (2)): o calor necessário para aquecer a biomassa até a temperatura em que ocorre a pirólise e o calor necessário para a pirólise endotérmica como tal. Assim, o calor necessário pode ser escrito da seguinte forma:

$$C = m_b \cdot c_{p,b} \cdot (T_{\infty} + T_0) + m_b \cdot \Delta H_r \quad (63)$$

A temperatura na qual ocorre a pirólise, o calor específico c_p ($J.g^{-1}.K^{-1}$) das amostras de biomassa experimentadas. Com valores de c_p variando de 1,2 a 0,9 [$kJ.kg^{-1}.K^{-1}$]. O calor da reação ΔH_r [$J.g^{-1}$] necessários para a própria pirólise investigada (VAN DE VELDEN, M. et al., 2010)

Gráfico 5: Rendimentos Básicos da Produção da Pirolise em CFB



Fonte: ENSYN RTP, (2011) - <https://pt.scribd.com/document/60431549/ENSYN-RTP-Description-2011>

As análises realizadas através da variação de parâmetros do processo - volume, temperatura e tempo, para uma mesma vazão de biomassa, permitiram concluir: O aumento de volume resulta em aumento de produtos gasosos e diminuição de líquidos para todas as biomassas avaliadas. A temperatura apresenta uma região de ótimo rendimento ao alcatrão pirolítico em 450°C e ao bagaço da cana-de-açúcar em torno de 500°C para as demais biomassas; e em tempo de residência de até 2 segundos rendendo maiores quantidades de líquidos com valores até 75% de rendimento.

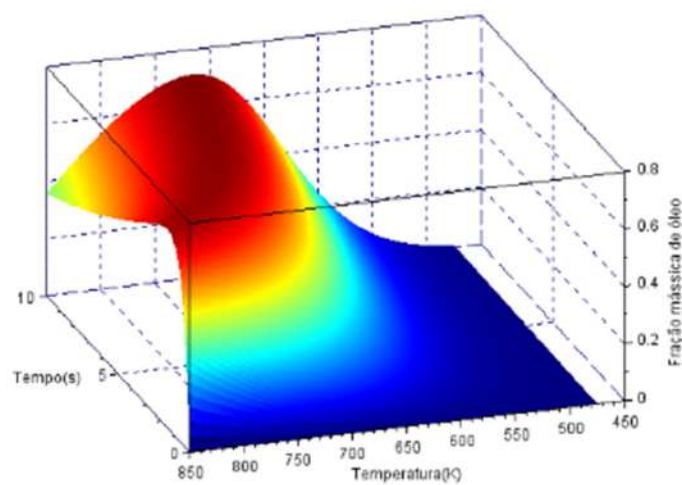
O trabalho de Santos S.L., et al (2023), utiliza na Tabela 4, resultados para otimização da temperatura na pirólise que utilizado biomassa de palha para um tempo de 2,5 s que são expressos por Van de Velden,et al (2008). Para mesma biomassa e tempo de reação, uma temperatura ótima de 763K é observada para fracção massifica de bio- óleo que correspondeu 0,658, que corresponde a valores praticamente idêntico encontrados em outros trabalhos. Já para a biomassa abeto, este mesmo autor obteve para 2,5 s uma temperatura otimização de 793K e fração de bio-oleo de 62,5%. Em Tabela 11, otimização de pirólise.

Tabela 13: Temperatura otimizada de pirólise de abetos em diferentes tempos, e temperatura de otimização de palha para 2,5 segundos

Tipo de Biomassa	Tempo (s)	Temperatura de Otimização (k)	Fação massifica de Bio-óleo
Abeto	2,5	809,80	0,698
	5,0	760,01	0,706
	7.5	733,81	0,710
	10	716,27	0,713
Palha	2,5	759,083	0,663

Fonte: Santos S.L., et al (2023)

Gráfico 6: Fração massifica, temperatura, tempo



Fonte: Santos S.L., et al (2023)

Observar que o resultado da otimização para a biomassa palha foi praticamente idêntica a obtida nos experimentos de Van de Velden, et al (2008), o que indica o sucesso da implementação ao computacional.

4.4.8. Análise da Variação de Entalpia das Espécies de Biomassa e RSU

A necessidade de se fazer uma investigação na entalpia das diferentes biomassas que compõem os RSU, a serem pirolisadas ou gaseificadas; dá-se ao fato de que são diversas biomassas com diferentes valores de entalpia. Assim, orientações e discussões, conduziram-nos para realizar pesquisas de entalpia de diferentes amostras de biomassa e espécies de RSU. Levantou-se os valores de poder calorífico das biomassas, considerando a temperatura de pirolise e gaseificação para comparar as entalpias referendadas no trabalho.

A entalpia é uma função termodinâmica que representa a energia total de um sistema, incluindo sua energia interna e o trabalho realizado pelo volume de controle durante de uma reação química ou processo físico, mantendo a pressão constante. É uma medida da quantidade de calor envolvida em uma reação ou na mudança de estado a uma determinada pressão. A entalpia (H) é utilizada para avaliar as trocas de energia em sistemas termodinâmicos.

Explica-nos Schurhaus P. (2007), que o Poder calorífico inferior - PCI: é a quantidade de calor que se libera durante a combustão completa de uma unidade de massa ou volume de combustível em [kJ/kg] ou [kJ/m³]. Pode-se dizer que o PCI (não se condensa os vapores de água presentes nos gases de combustão), se refere ao calor efetivamente possível de ser utilizado nos combustíveis, enquanto o poder calorífico superior - PCS (se condensam os vapores de água presente nos gases de combustão), em torno de 10% a 20% mais elevado. Para avaliar o poder calorífico dos combustíveis sólidos de biomassa, a condição mais usual é utilizar uma bomba calorimétrica, se pressuriza com oxigênio e se efetua uma queima, medindo-se o calor liberado pela variação de temperatura de água em um vaso onde coloca-se a bomba.

Considerando os estudos de Van de Velden, et al. (2008), as espécies de biomassa, especialmente: serragem, aletos de madeira e palhas, que são testadas no reator de CFB, resultaram em reações com variação de calor de **207 a 434 kJ/ kg**. Os resultados estão de acordo com os dados da literatura, sendo-nos advertindo que os experimentos nem sempre são realizados sob condições de teste relevantes. Assim, pelas tabelas investigamos o poder calorífico (PCI) dos diversas biomassa, no intuito de obter um valor médio e desvio padrão comparável ao potencial calorímetro das diferentes espécies de RSU.

Tabela 14: Características técnicas de diferentes biomassas, investigação de PCI

Tipo de Biomassa	Composição elementar [%]						Composição imediata [%]			PCI [MJ /kg]
	Tc	Th	To	Tn	Ts	Tcz	V	Tcz	F	
Pinheiro	49,29	5,99	44,36	0,06	0,03	0,30	82,54	0,29	17,70	20,00
Eucalipto	49,00	5,87	43,97	0,3	0,01	0,72	81,42	0,79	17,82	19,40
Casca de arroz	40,96	4,30	35,86	0,4	0,02	18,34	65,47	17,89	16,67	16,1
Bagaço de cana	44,80	5,35	39,55	0,38	0,01	9,79	73,78	11,27	14,95	17,30
Casca de coco	48,23	5,23	33,19	2,98	0,12	10,25	67,95	8,25	23,8	19,00
Sabugos de milho	46,58	5,87	45,46	0,47	0,01	1,40	80,10	1,36	18,54	18,80
Ramas de algodão	47,05	5,35	40,97	0,65	0,21	5,89	73,29	5,51	21,20	18,30
Desvio Padrão PCI [MJ /kg] =										0,93
Média PCI [MJ/Kg] =										18,80

Fonte: Schurhaus P. (2007), adaptado pelo Autor (2023)

A análise da Tabela 14, adaptada de Schurhaus P. (2007), encontramos os valores do PCI das diferentes biomassas de madeiras de pinho, eucalipto, casca de arroz, bagaço de cana, casca de coco, sabugos de milho, ramos de algodão. Verifica-se o desvio padrão de 0,93 MJ/kg e uma média de 18,80 MJ/kg de PCI. Investigamos PCI em MJ/kg de amostras de biomassa de combustíveis derivados de madeira, estimando encontrar um padrão ao PCI do aleto de madeira, serragem e palha, utilizados nos CFB, referidos na Tabela 14.

Tabela 15: Combustíveis oriundos de madeira: tipos, origem e dados técnicos (Fonte 9.30)

	CAVACO DE SERRARIAS	SERRAGEM	CAVACO DE FLORESTAS	RECICLADO	LENHA	PELLET	
Origem	Costaneiras e sobras de madeira das serrarias	Serrarias, resíduo inerente ao ato de serrar	Resíduos do manejo dos reflorestamentos (galhos e ponteiros)	Madeira de Descarte (lixo)	Resíduos do manejo de reflorestamentos	Biomassa de reflorestamentos	
Madeira	Pinus ou Eucaliptus	Pinus ou Eucaliptus	Pinus ou Eucaliptus	Diversos Tipos	Pinus ou Eucaliptus	Pinus ou eucalipto cana e outros	
Granulometria	2x4x8	Fino	2x4x8	2x4x8	6a 20[cm]de diâmetro	Cilindro Ø6 [cm] x 5 a 20[mm]de comprimento	[cm]
Umidade	35a 45	35a 45	16a 30	16a 20	16a 304	Inferior a 10%	[%]
ρ Densidade	380 a 420	350		220a 250			[kg /m³]
					250 a 600	680	[kg/m³st]
PCI kCalor	2100 a 2400	2100 a 2400	2600 a 3200	3200 a 3600	2500 a 3500	4400	[kcal /kg]
PCI MJoules	8,78 a 10,04	8,78 a 10,04	10,87 a 13,38	13,38 a 15,06	10,46 a 14,64	18,41	[MJ /kg]
PCI Média da Espécie	9,41	9,41	12,125	14,22	12,55	18,41	[MJ /kg]
Análise PCI	Desvio Padrão PCI [MJ/KG] = 3,37			Média PCI [MJ/kg] = 12,69			[MJ /kg]

Fonte: Schurhaus P. (2007), adaptado pelo Autor (2023)

Pela tabela 15, verificamos do poder calorífico inferior - PCI em MJ/kg, para amostras

de biomassa, combustíveis derivados de madeira: cavacos de serraria, serragem, cavacos de florestas, lenha e pellet possui uma média de 12,69 MJ/kg com desvio padrão de 3,37 MJ/kg.

Pesquisas de Schurhaus P. (2007), indicam diferentes origens de biomassas, provindas de florestas, serrarias e materiais reciclados. Na Tabela PP, relaciona-se umidade (%), e, poder calorífico (PCI) em Kcal/kg. Transformamos e calculamos a média e o desvio padrão em MJ/kg, adotado com utilizada comparativa.

Tabela 16: Variação do PCI em relação com a umidade (Fonte 9.39)

Biomassa	Umidade Base Úmida	PCI	PCI
	[%]	[kcal /kg]	[MJ/kg]
Lenha	62	1.362,53	5,70
	50	1.960,13	8,20
	38	2.581,63	10,80
	23	3.298,75	13,80
	17	3.633,41	15,20
	9	4.015,87	16,80
	0	4.470,05	18,70
	65	1.095,00	4,58
Madeira	55	1.571,00	6,57
	45	2.048,00	8,57
	35	2.524,00	10,56
	25	3.000,00	12,55
	15	3.477,00	14,55
	0	4.191,00	17,54
Cacho Seco de Amêndoa	56,90	1.526,74	6,39
Serragem	40,49	2.400,12	10,04
Caroço de Açaí	35,00	2.568,94	10,75
Fibra de Dendê	26,56	2.520,48	10,55
Casca de Castanha do Pará	15,47	3.741,91	15,66
Serragem	10,07	3.933,34	16,46
Serragem	5,12	4.253,50	17,80
Desvio Padrão PCI [MJ/kg] =			4,35
Média PCI [MJ/kg] =			11,99

Fonte: Schurhaus P. (2007), adaptado pelo Autor (2023)

Na Tabela 16, a biomassa de carvão vegetal obtido pela carbonização da lenha de em média 2 m³ de lenha, são gerados 1m³ de carvão vegetal com poder calorífico (PCI) de aproximadamente 7 MJ/kg. Esses são utilizados principalmente na siderurgia e gasogênios (SCHURHAUS P., 2007). Verifica-se o PCI em MJ/kg de amostras de biomassa de combustíveis derivados de biomassa de madeira: lenha, cacho seco de amêndoa, serragem,

carroço de açaí, fibra de dendê, casca de castanha e serragens. Observou-se uma média de 11,99 MJ/kg com um desvio padrão de 4,35 MJ/kg.

Schurhaus P. (2007), indica relação das diferentes origens de biomassas, provindas de florestas, serrarias e material reciclados, onde comparando em Tabela dd as relações entre umidade (%), densidade (ρ), poder calorífico (PCI) em Kcal/kg. Desta calculamos a média e o desvio padrão em MJ/kg, para os termos comparativa.

Tabela 1718: Propriedade do Cavaco de Madeira / Serragem (Fonte 9.30)

Origem Vindoura da Biomassa	Umidade	ρ Densidade	PCI	PCI
	[%]	[kg /m ³]	[kcal/kg]	[MJ/kg]
Reciclado	10	100	3930	16,44
Reciclado	15	130	3675	15,38
Reciclado	20	175	3425	14,33
Reciclado	25	220	3175	13,28
Floresta	30	265	2925	12,24
Floresta	35	310	2675	11,19
Floresta /Serraria	40	355	2425	10,15
Serraria	45	400	2175	9,10
Serraria	50	445	1920	8,03
Serraria	55	485	1670	6,99
Serraria	60	530	1420	5,94
Serraria	65	575	1170	4,90
Serraria	70	620	920	3,85
	19,47	Desvio Padrão [MJ /kg]=		4,09
	40	Média [MJ /kg]=		10,14

Fonte: Schurhaus P. (2007), adaptado pelo Autor (2023)

A Tabela 17, verifica-se que a biomassa mais seca possui menor umidade (%), e, também possui menor densidade (ρ), relacionando um maior PCI, verificado em MJ/kg. Relaciona-se biomassa de resíduos verdes urbanos, como os indicados no Gráfico 2: Massa Verde da Jardinagem Urbana e Resíduo de Construção Civil. Calculamos uma média de 10,14 MJ/kg com um desvio padrão de 4,09 MJ/kg, quando temos um percentual de umidade de 40%. Em faço de otimização, fica claro que devemos ter uma biomassa mais seca, objetivando um PCI mais elevado, 10% em uma correspondência de aproximadamente 16,44 MJ/kg.

RODRIGUES, C. J. C. et al (2023), em análise das propriedades da biomassa, o poder calorífico do combustível é a quantidade de energia liberada durante a combustão completa da unidade de massa (1 kg) ou unidade de volume (1Nm³) do combustível, podendo ser essa energia medida em kJ/kg (kcal/kg) ou kJ/Nm³ (kcal/Nm³). Se na temperatura de referência, 25 °C, a água estiver no estado vapor nos produtos da combustão, aplica-se o termo Poder Calorífico Inferior (PCI), enquanto que se a água estiver em estado líquido nos produtos, aplica-se o termo de Poder Calorífico Superior (PCS). A diferença entre o PCS e o PCI é o calor latente de condensação da água (Carvalho e McQuay, 2007).

Conforme Rodrigues C. J. C. et al (2023), os valores de PCS apresentam uma visão muito otimista sobre o conteúdo energético do combustível; estes valores ignoram o conteúdo real de umidade do combustível, otimizando o conteúdo energético. Para fins de gaseificação, poderes caloríficos inferiores (PCI) indicados na tabela 17, o PCI de diferentes tipos de biomassa secas.

Tabela 1920: Características técnicas de diferentes biomassas em base seca

Itens	Tipo de Biomassa	Composição Elementar (%)						PCI MJ /kg
		C	H	O	N	S	H ₂ O	
1	Pinho	49,29	5,99	44,36	0,06	0,03	0,30	20,00
2	Eucalipto	49,00	5,87	43,97	0,30	0,01	0,72	19,04
3	Casca de arroz	40,96	4,30	35,86	0,40	0,02	18,34	16,10
4	Bagaço de cana	44,80	5,35	39,55	0,38	0,01	9,79	17,30
5	Casca de coco	48,23	5,23	33,19	2,98	0,12	10,25	19,00
6	Sabugos de milho	46,58	5,87	45,46	0,47	0,01	1,40	18,80
7	Ramas de algodão	47,05	5,35	40,97	0,65	0,21	5,89	18,30
8	Palha de trigo	48,5	5,5	3,9	0,3	0,1	4	17,30
9	Palha de Cevada	45,7	6,1	38,3	0,4	0,1	6	16,10
10	Lignina	56,4	4,2	18,4	1,6		5	26,8
11	Carvão Betuminoso	73,1	5,5	8,7	1,4	1,7	9	34,00
Desvio Padrão do Poder Calorifico PCI [MJ/kg]								5,22
Média do Poder Calorifico PCI [MJ/kg]								19,59

Fonte: **Rodrigues C. J. C. et al (2023)**, adaptado pelo Autor (2003)

A análise da Tabela 18, da pesquisa de Rodrigues C. J. C. et al (2023) com adaptações, encontramos os valores do PCI das diferentes biomassas de madeiras de pinho, eucalipto, casca de arroz, bagaço de cana caca de coco, sabugos de milho, ramas de algodão, palha de trigo, palha de cevada, lignina e carvão betuminoso. Verificamos uma média de 19,59 MJ/kg e um desvio padrão de 5,22 MJ/kg no PCI.

Tabela 2122: Relação entre o PCI [MJ/kg] da Biomassa com Variando a Umidade X%

PRODUTO	P.C.I (MJ /kg) com X (% de umidade)					
	X %	PCI MJ/kg	X %	PCI MJ/kg	X %	PCI MJ/kg
Lenha	0	19,35	20	15,01	40	10,66
Serragens	0	19,07	15	15,84	35	11,54
Caroço de Oliva	0	18,84	15	15,80	35	11,75
Casca de amêndoa	0	18,56	10	16,47	15	15,42
Cortiça das árvores	0	19,44	20	15,26	40	11,08
Tipo Coníferas						
Tipo Frondoso	0	18,23	20	14,09	40	9,95
Poda de frutíferos	0	17,89	20	13,84	40	9,78
Palha de cereais	0	17,14	10	15,17	20	13,21
Caroço de uva	0	18,89	25	13,54	50	8,19
Desvio Padrão	Seca	0,74	17,22	0,99	35	2,10
Média (MJ/kg)		18,60		15,00		11,29

Fonte: **Rodrigues C. J. C. et al (2023)**, adaptado pelo Autor **(2003)**

Na Tabela 19, encontramos os valores do PCI das diferentes biomassas de madeiras, e investigamos uma média uma variação na média consonante a variação da umidade. Observa-se o PCI destas biomassas guardam mesmas características à de abeto de madeira, palhas e serragem, utilizadas no CBD no experimento de Van de Velden, et al. (2008).

4.4.8.1. Análise do PCI e PCS dos RSU

SCARAFIZ, G. (2023), nos explica que o poder calorífico seco - PCS DO RSU, indicando-nos que análises gravimétricas dos resíduos, são utilizados nas usinas para determinar seu PCS. Uma vez conhecida sua gravimetria o PCS do RSU sem umidade poderá ser calculado por meio da Equação D.

$$PCI_{RSU_SECO} = \sum_{i=1}^M \%Parcela_i \cdot PCS_i \quad (64)$$

Onde: PCI_{RSU_seco} é o PCI do RSU sem umidade (ou PCS), expressos em MJ/kg. A $\%Parcela_i$ é – Porcentagem da umidade em massa do componente i presente na análise gravimétrica. PCS_i é o PCS do componente i presente na análise gravimétrica de n - Número de componentes presente na análise gravimétrica.

Analizamos os valores médios e desvio padrão na variação da entalpia, PCI, das espécies de biomassa dos RSU por vias da internet, chegando a seguinte Tabela 19.

Tabela 23: Espécies de Biomassa Orgânicas do RSU

Espécies de RSU Biomassa	Entalpia (KJ/mol)	Entalpia (MJ / kg)	Temperatura de Gaseificação (°C)	Referência Autoral
Papel e papelão	251,136	17	300-500	Silva, A.B. et al.
Plástico	684,057	40	300-450	Santos, C.D. et al.
Alimentos	317,344	16	400-600	Oliveira, R.F. et al.
Madeira	249,386	18	400-600	Carvalho, A.B. et al.
Tecidos	294,737	15	300-450	Pereira, J.F. et al.
Borracha	546,043	30	300-450	Pereira, J.F. et al.
Resíduos Orgânicos	211,667	12	400-600	Silva, M.A. et al.
Palhas	195,803	14	350-500	Pereira, J.F. et al.
Desvio Padrão [MJ/kg]		9,66		
Média [MJ/kg]		20,25		

Fonte: Autor (2023) - <https://www.openai.com/exemplo-dados>

Na tabela 20 – verificamos as espécies de RSU, encontramos um desvio padrão de **9,66 MJ/kg**, dentro de uma média de **20,25 MJ/kg**. Os valores são mais elevados que as das outras espécies de biomassa, devido ao resíduo de plástico (40 MJ/kg) e aos resíduos de pneus (30 MJ/kg), derivado do petróleo e seringueiras, que aumentam o PCI médio. Com isto, o valor de PCI dos RSU mostra-nos que é uma opção rentável a pirolise e gaseificação, especialmente ao aumentar o percentual de resíduos plásticos e de resíduos de pneus, aumenta PCI no CFB.

As amostras de biomassa pesquisadas se assemelham as biomassas de aleto de madeira, serragem e palha, utilizados e testadas nos CFB, com a vantagem de possuírem maior PCI caracterizado na média e desvio padrão.

4.4.8.2. Cálculo do Gás de Biomassa (PCI_g)

Conforme Rodrigues C. J. C. et al (2023), é de conhecimento que em base seca o gás de biomassa tem geralmente uma composição de: CO_2 13%, C_2H_4 0,19%, C_2H_6 0,15%, C_2H_2 0,01%, H_2 16%, O_2 0,60%, N_2 48%, CH_4 2%, CO 20% (G.P.T 2005). E para calcular o P.C.I pode-se utilizar a seguinte equação apresentada, conforme Nogueira e Lora (2003).

$$PCI_g = 0,126.C_{CO} + 0,358.C_{CH_4} + 0,108.C_{H_2} + 0,59.C_{C_2H_4} + 0,637.C_{C_2H_6} \quad (6566)$$

Onde o PCI_g em $[MJ.N^{-1}.m^{-3}]$ e C_{CO_2} , C_{CH_4} , C_{H_2} , $C_{C_2H_4}$, $C_{C_2H_6}$, são as concentrações volumétricas do gás produzido em “porcentagens”. Portanto resolvendo a Eq. 65:

$$PCI_g = 0,126.(20) + 0,358.(2) + 0,108.(16) + 0,59.(0,19) + 0,637.(0,15) \quad (6768)$$

$$PCI_g = 5,1716 MJ/Nm^3 \quad (69)$$

Conforme Rodrigues C. J. C. et al (2023), este valor é bem próximo dos encontrados na literatura a respeito do PCI de gás de biomassa.

4.4.8.3. Cálculo da Entalpia do Gás de Biomassa

Rodrigues C. J. C. et al (2023), calcula o gás de biomassa produzido, a entalpia (hg) resultado do efeito de vários gases que o compõem em base úmida, encontrando:

$$h_g = h_{CO_2} \cdot C_{CO_2} + h_{CH_4} \cdot C_{CH_4} + h_{H_2} \cdot C_{H_2} + h_{N_2} \cdot C_{N_2} + h_{O_2} \cdot C_{O_2} + h_{CO} \cdot C_{CO} + h_{H_2O} \cdot C_{H_2O} \quad (70)$$

Onde: $C_{elementos}$ é a Concentrações volumétricas do gás produzido em “porcentagens” (base úmida): CO_2 13,40%, H_2 17,90%, O_2 0,90%, N_2 40,20%, CH_4 3,60%, CO 13,40%, H_2O 10,60%. $h_{elementos}$: Entalpia dos elementos que compõem o gás.

A entalpia de cada um dos elementos que compõem o gás de saída pode ser determinada utilizando os calores específicos a pressão constante (C_p) dos gases (PERRY, 1984], cujos valores estão expressos em função da temperatura em $cal/mol^{-1}.K^{-1}$, estes são:

Tabela 24: C_p dos elementos em função de T

$C_p: CO = 6,6 + 0,0012T$	$C_p: CO_2 = 10,34 + 0,00274T - 195500 / T^2$
$C_p: H_2 = 6,62 + 0,00081T$	$C_p: N_2 = 6,50 + 0,00100T$
$C_p: O_2 = 8,27 + 0,000258T - 187700/T^2$	$C_p: H_2O = 8,22 + 0,00015T + 0,00000134T^2$
$C_p: CH_4 = 5,34 + 0,0115T$	

Fonte: **Rodrigues C. J. C. et al (2023)**

A entalpia de cada elemento do gás é dada pela seguinte expressão:

$$h = hf + \int_{298}^{\pi} C_{pelementos} \cdot dT \quad (71)$$

Onde, hf é a Entalpia de formação [kJ/kmol], T é a temperatura em Kelvin [K],
C_p é o calor específico [kJ/kmol.K]

Substituindo os calores específicos a uma temperatura de 600°C na equação (12) (temperatura aproximada à gaseificação da biomassa) e as respectivas entalpias de formação dos elementos que compõem o gás, obtém-se a entalpia de cada um [Perry. R, 1984].

$$h_{N_2} = 17,38 \text{ kJ/mol}$$

$$h_{O_2} = 18,326 \text{ kJ/mol}$$

$$h_{H_2} = 16,714 \text{ kJ/mol}$$

$$h_{CH_4} = -45,33 \text{ kJ/mol}$$

$$h_{CO} = -92,93 \text{ kJ/mol}$$

$$h_{CO_2} = -366,87 \text{ kJ/mol}$$

$$h_{H_2O} = -220,752 \text{ kJ/mol}$$

Substituindo estes valores na Eq. (68 - hg), fazemos:

$$h_g = 0,1340.(-366,87) + 0,0360.(-45,33) + 0,1790.(16,714 + 0,402.(17,38) + 0,09.(18,326) + 0,134.(-92,93) + 0,106.(-220,752) \quad 72$$

$$h_g = -76,5012 \text{ kJ/mol}$$

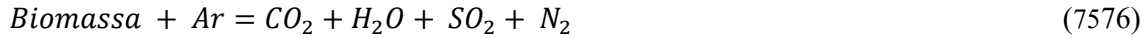
Dividendo este valor pela massa molecular do gás (24,034 g. mol⁻¹) tem-se:

$$h_g = \frac{-76,5012 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{24,034 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} * 1000 = -3183,04 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad \text{ou} \quad h_g \cong -3,18 \text{ MJ/kg} \quad (7374)$$

O valor negativo deve-se a entalpia de formação de certos elementos da composição do gás.

4.4.8.4. Cálculo da Entalpia da Biomassa e do Ar

Considerando uma temperatura ambiente de 25°C, mediante a Eq (77 – h) obtém-se a entalpia da biomassa é a entalpia de formação da biomassa mesma. Portanto, partindo das reações de oxidação completa da biomassa, tem-se a seguinte expressão.



Onde, os produtos da reação são CO₂, H₂O, SO₂ (quase desprezível) e N₂: os reagentes são a biomassa e o ar. Sabe-se que o salto entálpico (Δh) é o poder calorífico; o PCI para a biomassa lignocelulosica foi considerado como 16,50 MJ/kg, (Nogueira e Lora, 2003), então pode escrever a seguinte expressão:

$$\Delta h = -PCI = \sum_{PRODUTO} hf - \sum_{REAGENTES} hf \quad (7778)$$

Onde, Δh é o salto entálpico e hf é a Entalpia de formação

Por outro lado, a análise elementar da biomassa em base seca é de: 45,8% de C, 5,90% de H, 0,09% de S, 0,30% de N e 47,90 % de O; considera-se nos cálculos um conteúdo de umidade na biomassa de 12,10% [Arauzo, 1999]. Assim, calcula-se que de 1 kg de biomassa obtém-se 1,67 kg de CO₂, 0,531 kg de H₂O e 0,0018 kg de SO₂. Portanto, resolvendo a Eq (79).

$$-PCI_{Biomassa} = (hf_{CO_2} + hf_{H_2O} + hf_{SO_2} + hf_{N_2}) - hf_{Biomassa} - (h_{N_2} + h_{O_2}) \quad (7980)$$

$$-16500 = (1,6793 * (-8946,6)) - (0,531 * 15879,4) - (0,0018 * 4638) + 0 - hf_{Biomassa} - 0 \quad (8182)$$

$$hf_{Biomassa} = -8038,89 \text{ kJ/kg} \quad (8384)$$

4.5. MODELAGEM DE REATOR DE LEITO FLUIDEZADO CIRCULANTE - CFB

O modelo do reator de pirólise rápida de biomassa pode ser composto pelos seguintes submodelos: modelo químico de conversão de biomassa , modelo de partícula de biomassa, modelo de dinâmica de fluidos e modelo de transferência de calor . Com a revisão da

literatura sobre trabalhos anteriores relaciona os submodelos a seguir (TRENDEWICZ et al., 2014):

1. Submodelo químico de conversão de biomassa: Descreve as reações químicas envolvidas na decomposição da biomassa durante a pirólise. Inclui a análise das principais reações como a decomposição da celulose, hemicelulose e lignina em produtos gasosos, líquidos e sólidos. O modelo químico leva em consideração a cinética das reações e a influência dos parâmetros de temperatura e tempo de residência no processo de conversão.
2. Submodelo de partícula de biomassa: Descreve o comportamento das partículas de biomassa durante a pirólise. Considera aspectos como a transferência de massa e calor nas partículas, a evolução das composições químicas durante a decomposição e a formação de produtos. O modelo de partícula também pode levar em conta a distribuição de tamanho de partícula e a influência das propriedades físicas da biomassa.
3. Submodelo dinâmica de fluidos: Descreve o comportamento do fluido de pirólise, como a distribuição de velocidade, a transferência de calor, massa e a mistura no reator. O modelo de dinâmica de fluidos considera a interação entre as partículas de biomassa e o gás de pirólise, levando em conta a formação de jatos de gás e padrões de escoamento no leito fluidizado.
4. Submodelo de transferência de calor: Descreve a transferência de calor no reator, considerando a contribuição de diferentes mecanismos, como condução, convecção e radiação. O submodelo de transferência de calor considera as propriedades térmicas da biomassa, das partículas e do gás de pirólise, bem como as condições de operação, como temperatura e fluxo de calor.

Esses submodelos são essenciais para a compreensão e previsão do comportamento da pirólise rápida de biomassa em um reator. A literatura científica contém diversos trabalhos relacionados a cada um desses submodelos, que fornecem insights sobre os mecanismos de conversão de biomassa, a dinâmica do reator e os parâmetros de projeto, como na referência, onde obteve uma revisão mais detalhada dos submodelos (TRENDEWICZ et al., 2014).

4.5.1. Descrição do Sistema de Pirólise Rápida de Biomassa - CFB

Conforme Trendewicz et al., 2014; o dimensionamento em questão, trata-se de um sistema de reator de leito fluidizado circulante (CFB) para a pirólise rápida de biomassa é composto por um 1) alimentador de biomassa, 2) um reator riser, 3) ciclones, 4) condensador e 5) queimador, e inovações a serem descritas, similares em Fig.1. A Biomassa, os sólidos inertes de areia e o gás, são fluidizados pelo fundo do reator de CFB. A energia térmica necessária para as reações de pirólise endotérmica é fornecida pelo gás em corrente de partículas de areia quente, que serve como fonte primária de calor para o processo. Os gases e vapores da pirólise são separados do carvão e dos sólidos inertes em um ciclone. Os gases e vapores são direcionados para um condensador, onde o óleo é separado dos gases e recolhido. Os gases não condensáveis são parcialmente reciclados, sendo usados como gás de arraste para o reator. Carvão e areia são transportados para um combustor, onde a areia é aquecida com o calor da combustão e reciclada para o reator riser. O riser do reator de pirólise rápida é um tubo longo de seção transversal circular.

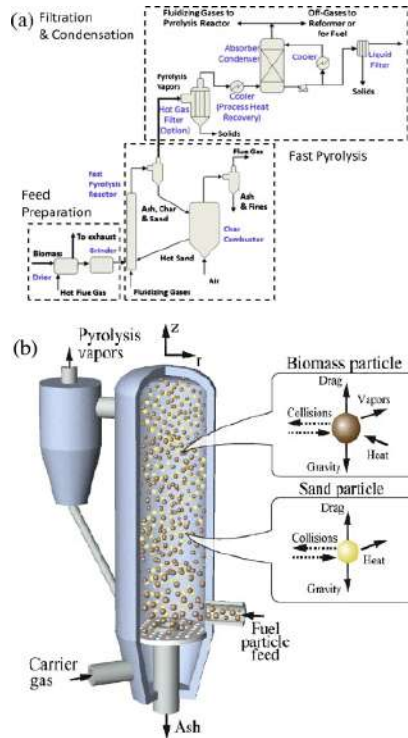
Conforme mostrado na Fig. 1-b. Partículas de biomassa normalmente moídas de tamanho de partícula de 1–2 mm, são secas até 10 % de perda de massa umidade para aplicações industriais. Logo após, as partículas de biomassa entram no reator, com aproximadamente 100 °C. Em momento intenso de transferência de calor na entrada do reator entre sólidos e gás no arraste. As partículas de biomassa são aquecidas até a temperatura ideal de pirólise de aproximadamente 500 °C, sendo pirolisadas e transportadas pelo gás fluidizando até o topo do reator. Em poucos segundos, produtos de pirólise, partículas de areia e gás de fluidizado chegam à saída do reator.

Tabela 25: Composição química de matérias-primas de biomassa [36] .

matéria-prima	Pinho	Canudo	casca de azeitona	Desperdício
Celulose	0,420	0,300	0,215	0,185
Hemicelulose	0,240	0,350	0,211	0,085
Lignina	0,240	0,175	0,459	0,305
Cinzas	0,003	0,075	0,015	0,325
Água	0,097	0,100	0,100	0,100

Fonte: Trendewicz et al., 2014

Fig. Y Diagramas: (a) Pirolise rápida de biomassa, (b) Reator CFB



(TRENDEWICZ et al., 2014)

Tabela 26: Parâmetros de Operação de Entrada do Modelo CFB.

Biomassa		Areia		Gás		Reator
$M_{biomassa}$ [kg.s ⁻¹]	0,023	$R_{areia/biomassa}$ [-]	15	$T_{gás}$ [K]	700	D_{Reator} 0,08
$D_{p,biomassa}$ [m ⁻⁶]	500	$D_{p,areia}$ [m ⁻⁶]	500	P [barra]	1.175	H_{Reator} 4
$T_{biomassa}$ [K]	373	T_{areia} [K]	900	$v_{gás}$ [EM]	0,7	
$v_{biomassa}$ [EM]	0,15	v_{areia} [EM]	0,15			

Fonte: Trendewicz et al., 2014

4.5.2. Comparações Entre Gaseificadores Borbulhado Versus Circulante CFB

Rodrigues, C. J. C. et al, 2023, fez a comparação entre os gaseificadores de leitos circulantes e os gaseificadores de leito borbulhantes, referindo que: Os gaseificadores Updraft e Downdraft também chamados de gaseificadores de primeira geração são mais simples e baratos de construir que os de leito fluidizado CFB. Entretanto, os gaseificadores de CFB são melhores nas aplicações de alta capacidade e rendimento, como em sistemas de gaseificação de biomassa em ciclo combinado (Biomass Integrated Gasification Cicle Combined). Faz referência BIG-GT, gaseificador de biomassa integrado em turbina a gás, devido taxa de alta

flexibilidade em relação ao tipo de combustível, permitindo utilizar combustíveis de baixa densidade e granulometria fina, como é o caso da maioria dos resíduos agroindustriais. Assim como pela facilidade no dimensionamento os leitos cíclicos apresentam vantagens (Blackadder et al.,1993). Na figura U, apresenta modelagem de um gaseificador de leito fluidizado circulante CFB (RODRIGUES, C. J. C. et al, 2023)

Figura 4.5. Leito fluidizado borbulhante
[Williams et al., 1989].

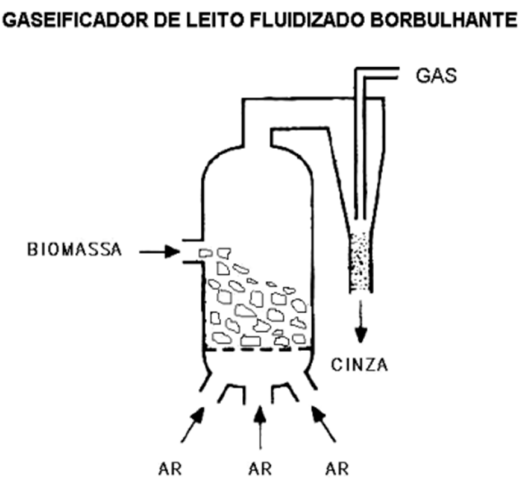
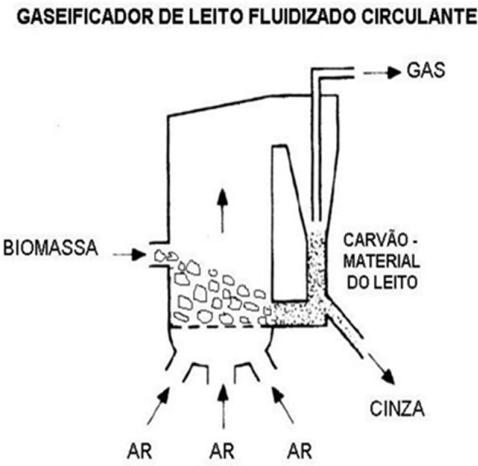


Figura U Leito fluidizado circulante CFB
[Williams et a., 1989].



Fonte: Rodrigues, C. J. C. et al (2023)

Tabela 27: Principais características de operação, diferentes gaseificadores (Arauzo, 1999)

REATOR	Operação do Reator	Temp. °C Reação - Saída	Alcatrão	Material Particulado	MWe* Min - Máx
Downdraft	Fluxo de ar descendente, frequentemente usado em sistemas de gasificação.	1000 a 800	Muito Baixo	Moderado	0,1 - 1
Updraft	Fluxo de ar ascendente, usados em processos como queima de biomassa.	1000 a 250	Muito Alto	Moderado	1 - 10
Borbulhante	Fluxo de suspensão de partículas sólidas em gás ascendente, criando bolhas.	850 - 850	Médio	Alto	1 - 50
Circulante - CFB	Reator de suspensão de partículas em um fluxo de gás para diversas aplicações.	1000 a 850	Baixo	Muito alto	5 - 100
*Aplicado para geração de energia elétrica					

Fonte: RODRIGUES, C. J. C. et al, 2023

Pela tabela A – observamos vantagens na construção de leito fluidizado circulante (CFB), uma vez que possui um melhor aproveitamento energético no processo de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU). Identifica-se que o Poder Calorífico dos

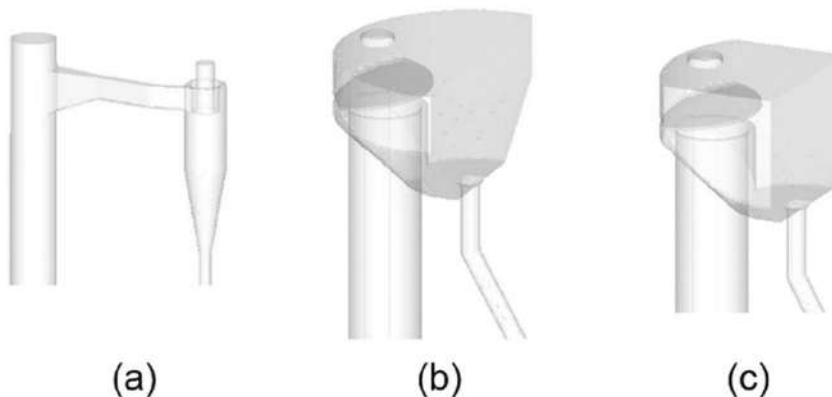
PCI_{RSU} de aproximadamente 20,25 MJ/kg, sendo viável na operação de leito fluidizado circulante – CFB, cuja capacidade pode gerar em média 52,5 MWe (megawatt elétrico).

O referido BIG-GT: Projeto Demonstrativo "Brazilian Wood BIG-GT" (Biomass Integrated Gasificator – Gás Turbine). Aqui indicamos o os CFB com CDR e WTE (geração de eletricidade e biocombustíveis). Se **demonstram a viabilidade comercial para geração energética a partir da biomassa das plantações de eucalipto com $PCI_{\text{eucalipto}} = 19,40 \text{ MJ/kg}$; isto só indica maior viabilidade para geração a partir de RSU, que possui maior média $CPI_{\text{RSU}} = 20,25 \text{ MJ/kg}$, e, vantagens de impactos socioambientais positivos e de acordo com ODS. Constitui-se em aplicação semelhante para geração energética de sistema que emprega turbina a gás integrada a gaseificador atmosférico, com turbina de potência de 30 MW, operando em ciclo combinado com CFB, semelhantes está prevista para ser implantação no estado da Bahia (RODRIGUES, C. J. C. et al, 2023).**

4.5.3. Comparações Entre Ciclone Versus Desengatador

Neste estudo, Reinking, Z., et al (2022), faz comparações entre os ciclones versus desengatador, onde várias configurações de desengatador são propostas são simuladas e comparadas a um ciclone típico usando simulações de dinâmica de fluidos computacional (CFD). Verificou-se que a eficiência de separação no desengatador **é fortemente influenciada pelo tamanho da placa de deflexão, e não pelo tamanho da própria unidade.**

Figura 8 – Diferentes separadores de sólidos testados: (a) separador de ciclone normal , (b) entrada lateral 50% do volume, (c) entrada lateral 40% do volume.

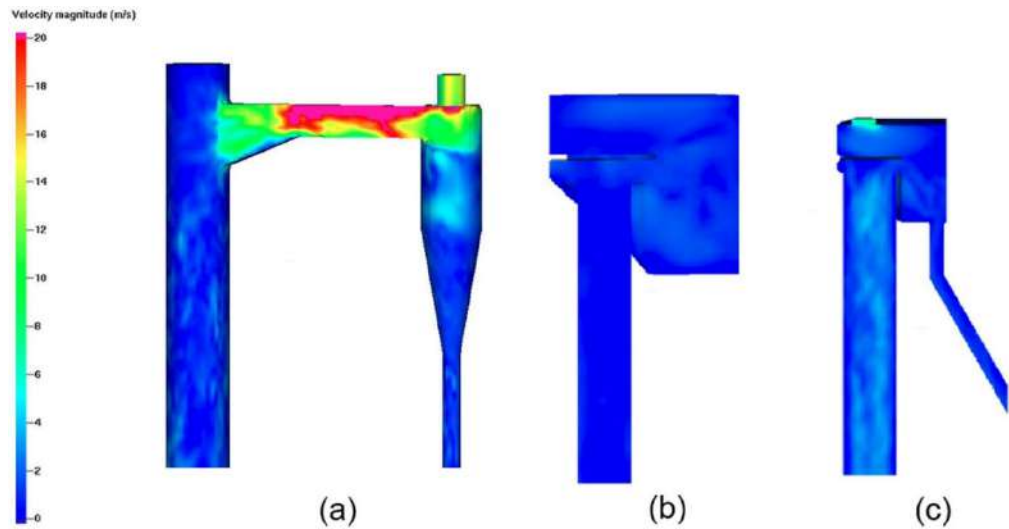


Fonte: Reinking, Z., et al (2022)

Os ciclones normalmente não permitem que as cinzas saiam do sistema através da

saída do ciclone, fazendo com que as cinzas se acumulem no leito fluidizado e necessitando de sistemas adicionais para remover as cinzas que se acumulam no leito.

Figura 9: Magnitude da velocidade do gás (m/s) para (a) ciclone FR, (b) desengatador de 50% do volume e (c) desengatador de 40% do volume.



Fonte: Reinking, Z., et al (2022) - <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2022.117467>

O estudo do desengatador como uma alternativa para separação de sólidos inerentemente entre os pequenos e grandes. Em sistema de separação gás-sólido-sólido, as cinzas saem juntos com o gás, enquanto o material desejado fica retido no leito fluidizado. Ao contrário dos ciclones, que utilizam uma força centrífuga para separar sólidos e gases, o desengatador realiza essa separação com base na velocidade de extração das partículas. O gás e as partículas sobem e atingem uma placa de deflexão antes de entrar na câmara de desengate, onde partículas com baixa velocidade terminal, como os finos de cinzas, são arrastadas pelo gás (REINKING, Z., et al 2022).

Tabela 28: Fração de material retornado ao reator para ciclone vs. desengatadores.

Projeto	Fração de retorno (O C 100–200 μm)	Fração de retorno (cinzas 10–40 μm)
Ciclone	0,999	0,61
Desengate de volume de 50%	0,999	0,44
Desengate de volume de 40%	0,999	0,23

Fonte: Reinking, Z., et al (2022) - <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2022.117467>

A eficiência de separação do desengatador para retirada de cinzas do sistema, oferece

vantagens de não erosão no equipamento como no ciclone.

4.6. DIMENSIONAMENTO E BALANCEAMENTO ENERGÉTICO – PIROLISE CFB

De acordo com o modelo de Van de Velden M., et al, (2007), que segue com objetivo determinar as dimensões adequadas do reator (riser) para alcançar a conversão desejada. Os modelos de cinética da reação são utilizados para determinar o tempo de residência necessário para produzir a quantidade necessária de bio-óleo a uma temperatura operacional selecionada (geralmente em torno de 500 °C). Devido ao curto tempo de residência de alguns segundos apenas, com a utilizar partículas pequenas (areia), comumente na faixa de 100-300 µm, e a conversão ocorre em uma única passagem pelo riser. A operação do riser é isotérmica quando a velocidade de fluidização e a taxa de circulação são suficientes. O balanço de calor determina o fornecimento de calor necessário à operação. Este calor (aquecimento da biomassa e calor de reação) pode ser fornecido pela combustão do não condensável gás de pirólise, que pode pré-aquecer indiretamente o material do Leito Fluidizado Circulante (CFB) ou pode entregar o calor diretamente. Em ambos os casos, o gás de combustão forma o quase livre de O₂ gás de fluidização. O material (areia) aquecido indireto no leito fluidizado circulante, promove a transferência de calor ao RSU triturado viabilizando as reações em processo fluidização.

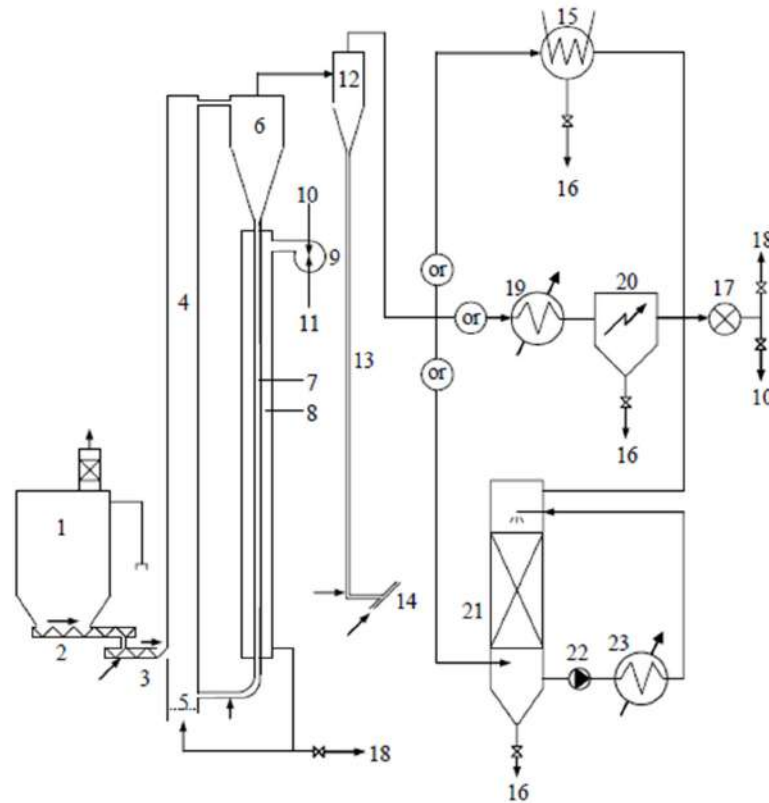
A pirólise da biomassa no CFB requer um regime de fluxo de núcleo para obter uma constante, tempo de residência controlável, obtido para $U > U_{tr} + 1$ (m/s) e $G > 200$ (kg/m²s). Juntamente com o balanço térmico, esses valores determinam o diâmetro do reator. No modo de fluxo do núcleo, a velocidade de escorregamento U_s , pode ser aproximada por $U - U_t$; sendo então: ($U_s = U - U_t$). A altura necessária do leito (H) é, portanto: ($H = U_s t$). Esta estratégia de design é aplicada a um Reator da 10 MW (bio-óleo), que consome 3,4 ton/h de biomassa e produz 2 ton/h de Bio-óleo. O riser tem um diâmetro de 0,4 m e uma altura de 12,5 m. A taxa de circulação de material no CFB deve ser de 115 ton/h (31,94 kg/s) e a velocidade do gás de 5,6 m/s para operação em fluxo de pistão com um tempo de residência de 2,5 s. O calor do processo é totalmente fornecido pela combustão do gás de pirólise, que indiretamente pré-aquece o material no leito circulante. O gás de combustão forma o gás de fluidização, juntamente com o gás de pirólise e gás e vapor. O carvão (30 MJ/kg) pode ser recuperado. Um diagrama completo do processo é dado na Fig. 8, onde três diferentes técnicas de recuperação de óleo são propostos: condensação indireta, precipitação eletrostática ou condensação por lavagem combinada. Este último é recomendado devido ao alto custo da eletrostática precipitação e problema da deposição preferencial de lignina durante a

condensação, levando à incrustação nas superfícies do trocador de calor.

Van de Velden M., et al, em idos dos anos de 2006, 2007, quando a relação Euros / Reais (**1€ = R\$ 2,79**), realizou uma avaliação econômica indicativa do processo e comparando o preço por GJ (valor calorífico do produto) de bio-óleo e óleo combustível pesado, resultou: 16 MJ/kg a 19 MJ/kg e ~ 41 MJ/kg. Em análise estimada os valores de investimento versus produção, encontra-se: O investimento necessário foi de **R\$ 12.834.000,00** (4.600.000 €). Os custos operacionais anuais variam de **R\$ 7.533.000,00/ano** (2.700.000,00 €/ano). Para uma produção anual de **16.320 ton** de bio-óleo/ano, ou seja, **440,82 R\$/ton** (158 €/ton) de bio-óleo, correspondendo a um média **25,11 R\$/GJ** (9,0 €/GJ). Se o subproduto de bio-carvão for vendido a **128,34 R\$/ton** (46€/tonelada), com vantagem calorífica sobre carvão vegetal, consegue-se uma redução de **2,79 R\$/GJ** (1€/GJ). O preço atual do óleo combustível pesado é **1.283,40 R\$/ton** (460 €/tonelada) ou **31,25 R\$/GJ** (11,2 €/GJ). Assim, a pirólise de bio-óleo; portanto, é economicamente viável, mesmo com uma margem de lucro de cerca de 20 a 30 %.

Deste modo, conforme Van Der Velden M. (2007) a planta retorna 20 a 30% de margem de lucro, o que representa R\$ **1.506.600 - 2.259.900** de retorno anual. Ou seja, a planta se paga em um período entre 5 anos e 8 meses à 8 anos e 6 meses.

Figura 10: Planta de produção de energia elétrica e calor por pirólise de RSU



Fonte: Van de Velden M., 2007

No diagrama esquemático da instalação de pirólise global com 1) moega de biomassa com alimentação pneumática e filtro de mangas; 2) rosca transportadora (rpm variável); 3) transportador helicoidal (rpm alto); 4) riser; 5) distribuidor tubular para gás de combustão; 6) ciclone de baixa eficiência (LE) para remoção de material do leito circulante (areia), com tamanho de corte de 100 μm ; 7) downcomer e válvula L; 8) aquecedor de radiação; 9) queimador; 10) gás não condensável; 11) ar de combustão; 12) ciclone de alta eficiência (HE) para char; 13) downcomer com válvula L; 14) transporte pneumático de carvão para silo e densificação; 15) condensador; 16) evacuação do bio-óleo; 17) ventilador de sucção para gases não condensáveis; 18) câmara de pós-combustão ou flare; 19) refrigerador; 20) precipitador eletrostático; 21) purificador - condensador; 22) bomba de circulação de bio-óleo; e 23) resfriador (cooler) trocador de calor.

A cinética e endotermicidade na operação da pirólise de biomassa é obtida a partir da análise termogravimétrica (TGA) e da análise de calorimetria diferencial de varredura (DTG). A maioria das espécies de biomassa contam taxa de reação $>0,5 \text{ s}^{-1}$, correspondendo a uma reação rápida, que exige um tempo de reação curto, onde ocorre alta taxa de conversão. Experimentos laboratoriais em CBT com lote de biomassa em escala piloto, mostram que o rendimento de bio-óleo está entre 60 e 70 % em peso da biomassa seca e pode

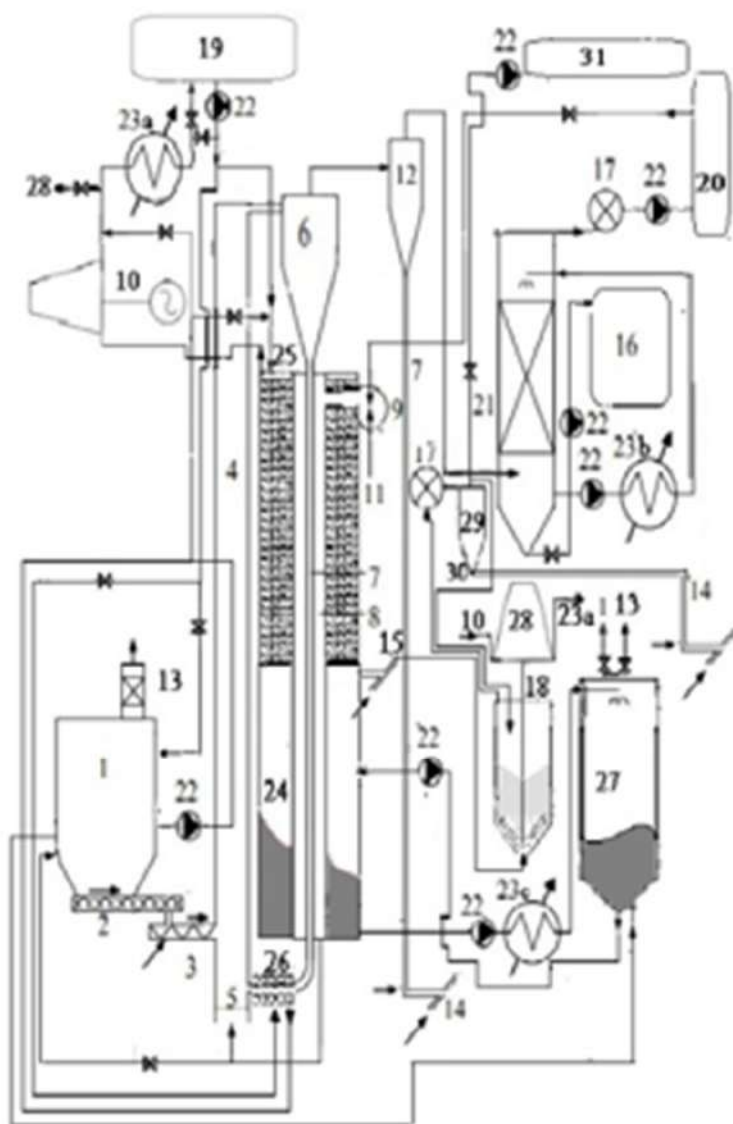
ser alcançado com temperatura operacional aproximada de 510 ± 10 °C, de acordo com dados da literatura. Os fundamentos da pirólise são a base do modelo desenvolvido, aplicado para prever os rendimentos dos diferentes produtos em função das variáveis de operação do processo. As previsões estão de acordo com nossos próprios experimentos de conversão. Por fim, todas as descobertas são utilizadas e ilustradas na estratégia de projeto de um CFB para a pirólise de biomassa como o de VAN DE VELDEN, M.(2008).

Ao proposto "Dimensionamento de Micro Refinarias CDR/WTE", foram pesquisados reatores CFB, em objetivo de otimizar a conversão de resíduos em energia de forma eficiência e sustentável. O processo termodinâmico que melhor identificamos o melhor produto mercadológico resultou na pirólise e gaseificação da biomassa dos rejeitos de RSU, com semelhanças a proposta do Projeto Demonstrativo "Brazilian Wood BIG-GT" (RODRIGUES, C. J. C. et al, 2023).

5. DIMENSIONAMENTO MICRO REFINARIAS CDR/WTE DENTRO DE OSCs DE CATADORES

Em “*Dimensionamento de Micro Refinarias CDR/WTE*”, utiliza-se as referências e experimentos de modelos científicos literários para realização do processo inventivo comparado, em fins de otimizar o processo em modulo sustentável, com a elaboração de sistemas de absorção de CO₂, em atendimento de uma economia de baixo carbono, Determinantes da Saúde SUS (Lei nº 8.080/90 e Lei nº 8.142/90): econômicos, sociais e ambientais em formas de somar aos esforços mundiais de ODS - ONU.

Figura de Reator Proposto Micro Refinaria de Pirolise de CDR e WTE



Fonte: Adaptado de [Van Der Velden M. 2008 – Oika, 2023](#)

Tabela de Equipamento e Sensores de Controle – Planta Reator Pirolise Micro Refinaria CDR / WTE

Item	Qt.	EQUIPAMENTO	SENSOR	CONTROLE
1	1	Tanque desidratador;	Medidor de Fluxo, Termopar Balança	Atuador de válvula no controle da entrada de ar
2	1	Triturador,	Tacometro	Controle de velocidade
3	1	Rosca de alimentação;	Tacometro	controle velocidade
4	1	Elevador,	Termopar	
5	1	Distribuição tubular do gás de combustão;	Medidor de Fluxo, Termopar	
6	1	Ciclone de baixa eficiência para separar areia(corte 100um);	Medidor de Fluxo, Termopar	
7	1	Tubo de descida e válvula em L;		
8	1	Aquecedor radiativo;	Termopar e Sonda Lambda	

9	1	Queimador;	Medidor de Fluxo e Sonda Lambda	Potenciometro no controle de velocidade
10	1	Motor à vapor e gerador,	Tacometro, Voltmetro e Amperimetro	
11	1	Ar para combustão;		Atuador de válvula no controle de entrada de ar
12	1	Ciclone de alta eficiência para separar bio-carvão;	Medidor de Fluxo, Termopar	
13	1	Chaminé;	Medidor de Fluxo, Termopar	
14	1	Transmissão pneumática de bio-carvão para silo;	Balança de precisão	Controle de velocidade
15	1	Saída de CO ₂ ;	Medidor de Fluxo	
16	1	Armazenamento de bio-óleo	Sensor de nível	
17	2	Ventilador de sucção para gases não-condensáveis;	Tacometro	Potenciometro no controle de velocidade
18	1	Tratamento de gases com Ga+AgF 7:1 em DMF+ETA10%;	Sensor de pressão e Termopar	
19	1	Tanque de água:	Sensor de pressão, de nível e Termopar	
20	1	Armazenamento de gás;	Sensor de pressão e de Fluxo	
21	1	Torre condensadora;	Sensor de nível, de Fluxo e Termopar	
22	8	Bomba	Tacometro	controle de velocidade
23	3	Radiador;	Sensor de Fluxo e Termopar	
24	1	Regeneração do CO ₂ ;	Sensor de nível e Termopar	
25	1	Caldeira flamatubular vertical;	Sensor de pressão, de Fluxo e Termopar	
26	1	Camisa d'água:	Medidor de fluxo e Termopar	
27	1	Torre de sequestro de CO ₂ ;	Sensor de nível, Lambda e Termopar	
28	1	Motor à vapor;	Tacometro	
29	1	Ciclone de separação do grafeno;		
30	1	Saída de grafeno para estocagem;	Balança de precisão	controle de velocidade
31	1	Armazenamento de O ₂	Sensor de pressão e de Fluxo	

Fonte: OSC- Oika Tecnologia & Inovação: <https://github.com/Oika-Tecnologia-Inovacao/Quem-Somos>

5.1. Cálculo de Dimensionamento de um Gaseificador CFB

Visto que o equipamento de pirolise e gaseificação de leito fluidizado circulante - CFB, trata-se de uma operação em um leito de gaseificação downdraft modificado para

circulação de areia no riser, assim, utilizaremos as equações referidas por Rodrigues C. J. C. et al (2023), para conhecer a área da garganta (região de oxidação), conhecendo o fluxo de biomassa e a capacidade específica de processamento estabelecido, pode-se escrever a seguinte equação:

$$Area da Garganta (m^2) = \frac{Alimentação da Biomassa \frac{Kg}{h}}{Capacidade específica de processamento \left(\frac{Kg}{h.m^2} \right)} \quad (85)$$

Pelo dimensionamento quantidade de biomassa rejeitos de RSU do item (4.2.1), temos para gaseificar 166,76 ton/dia, e, considerando um período de operação de 24 horas por dia, teremos um valor de 6,95 ton/hora. Em modelo de Van Der Velder M. (2008), que empregamos, extraímos um reator que consome 3,4 ton/h de biomassa e produz 2 ton/h de Bio-óleo, sendo que seu riser possui diâmetro de 0,4 m e uma altura de 12,5 m e com uma taxa de circulação de material no CFB de 115 ton/h (31,94 kg/s) a uma velocidade do gás de 5,6 m/s para operação em fluxo com um tempo de residência de 2,5 s. Em tecnologia proposta operamos para gaseificação da biomassa rejeitos RSU elevando a temperatura de operação de aproximadamente 515°C. Como 0,4 m é o diâmetro da região de pirólise, devendo da garganta de alimentação ser a metade; então com diâmetro de garganta 0,2 metros.

Com isto, para o cálculo da área de garganta, temos:

$$Area da Garganta (m^2) = \frac{6,95 \left(\frac{ton}{h} \right)}{\left(\frac{3,4}{0,1256} \right) \left(\frac{ton}{h.m^2} \right)} = m^2 \quad (86)$$

$$2 * \pi * R =$$

$$\pi * r^2 = 3.12 * (0,4)^2 = 0,5024$$

Por meio da equação calculamos a área da garganta em (m²).

O diâmetro desta região será de 0,32 m, e de acordo com Reed e Dass, 1989, o diâmetro na

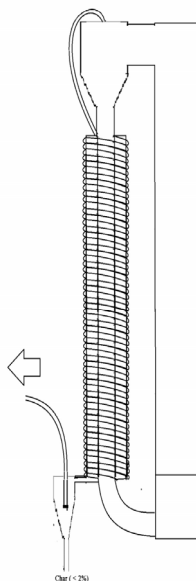
região de pirólise será o dobro da região da garganta, ou seja será 0,64 m.

Como mencionado no capítulo anterior, o volume da região de redução deverá ser maior de 0,5 m³ por cada m² da zona da garganta.

Como a área da região da garganta é 0,08 m², o volume da região de redução deverá ser de 0,04 m³. Com estes parâmetros pode-se dimensionar do corpo do gaseificador. As características de construção são mostradas na tabela 7.1. O gaseificador e suas respectivas dimensões e principais partes são apresentadas nos Anexos (Plano N° 14) e o gaseificador já acoplado é apresentado nos Anexos (plano N° 13).

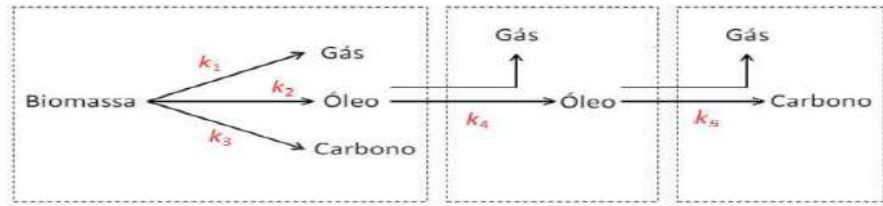
Segundo SCARAFIZ(2023), uma planta de gaseificação só é viável economicamente se o processamento for de no mínimo 150t/dia para um hipotético cenário onde não há juros sob o financiamento da planta. Em um cenário realista, aplicando a SELIC atual, verifica-se que o dispêndio necessário ultrapassa 1 bilhão de reais para uma planta que processa mais de 800 toneladas por dia de RSU, tornando o investimento inviável para a maioria das cidades brasileiras.

Quebra térmica do vapor de bio-óleo



Para integrar o modelo de obtenção do bio-óleo desenvolvido por Manon Van de Velden à geração de energia, alterações foram feitas no modelo para estender a etapa de pirólise secundária em uma segunda fase, em que ocorre a reforma secundária de gases concomitante à gaseificação do bio-óleo ao ser aplicado o retorno da água e alcatrão ainda em vapor para serem decompostos pela alta temperatura e a presença do gás de pirólise contendo vapor de bio-óleo. Considerando os dados de Chhiti et al(2018), verifica-se que o bio-óleo produz um gás de síntese com menor quantidade de alcatrão e de finos de carvão conforme

aumenta-se a temperatura e tempo de residência em um reator.



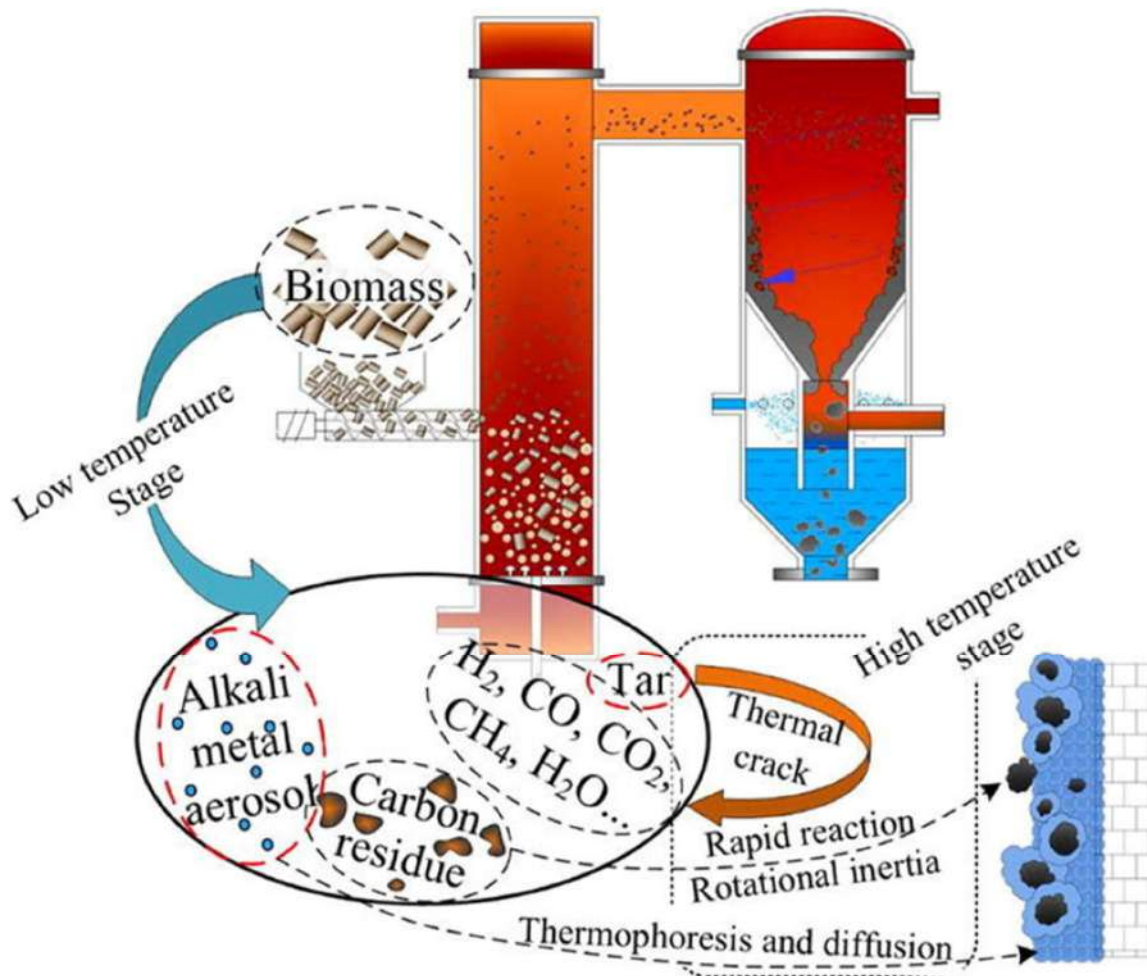
Desenvolvendo um sistema de equações polinomiais com os dados de Chhiti(2018), tem-se:

$k_5 = t(1/2625) + s(181/105)$, onde s é o tempo de residência em segundos e t é a temperatura. Desta forma, expondo o bio-óleo à 1000°C por 5 segundos, tem-se 9% de char para o caso da gaseificação do bio-óleo líquido. A taxa de aquecimento influencia este resultado, chegando a 2%. Um estudo detalhado da simulação das reações envolvidas no processo e um modelo simplificado foi realizado por Martins et al(2021).

No modelo aqui proposto, o gás pirolítico é obtido de um pirolisador de Manon Van de Velden,,sendo imediatamente(ainda em vapor) submetido à quebra térmica de seus compostos alifáticos por exposição durante 5 segundos à temperatura de 1000°C através de espira que desce e depois sobe, cada fase com 2,5s, conforme o dimensionamento feito à partir do modelo de Van de Velden. A taxa de aquecimento influencia a separação de fases entre os produtos formados. Através destas observações, o modelo proposto neste trabalho busca tirar proveito da disponibilidade de uma câmara à até 1200 graus Celsius no modelo do reator de pirólise para prover o calor à uma segunda câmara, consistindo em um longo tubo em espiral por onde passa o gás pirolítico. Na modificação proposta, um tubo em espira fechado é usado para substituir a parede externa da câmara de combustão do queimador já presente no modelo de Manon Van de Velden. Um bom isolamento, com aplicação de espumas de carbono da camara externa, favorecerá o processo. O produto obtido é energia em forma de um gás de síntese. Diferentes abordagens podem, a partir daí, ser feitas. À exemplos, pode-se utilizar este gás de síntese para processos na indústria química ou até mesmo utilizar este gás de síntese como combustível em uma turbina modificada, que pode trabalhar em alta eficiência com a presença de vapor d'água disponível no sistema, conforme Assaf et al(2022) e Haselhoff(2015), sendo a tecnologia atualmente disponível mais adequada por conta da alta eficiência na produção de energia elétrica. Muitas das possibilidades podem requerer a separação do gás e vapor, o que pode ser feito por vários meios diferentes e relativamente baratos, como os abordados na referência da empresa TLV para separadores em que cita separadores como o de por força centrípeta, que alcança 98% de separação Link sobre separadores da empresa TLV(<https://www2.tlv.com/steam-info/steam-theory/other/separators#:~:text=Another%20method%20is%20to%20utilize,inner%20wall%20of%20the%20separator>) pelas OSCs em matéria de organização social do trabalho, operando um . No caso de produção de energia elétrica, é possível utilizar uma turbina à vapor e posteriormente realizar a separação, enquanto em caso de utilizar duas turbinas, pode-se realizar a separação previamente para um ciclo combinado, onde uma turbina à gas modificada é capaz de gerar mais vapor, a ter seus gases de exaustão combinado com o vapor previamente sendo a entrada de uma turbina à vapor, como em Kolev et al(2001). Algumas desvantagens podem ser o alto custo das turbinas, a necessidade de trabalhadores especializados para

realizar a manutenção e operação das máquinas. Estudos como o de Costa et al(2021) demonstram que outras tecnologias como Células de Combustível de Óxido Sólido podem ser uma alternativa no futuro, por terem um potencial teórico acima de 90% de conversão, o que ainda não foi atingido em estudos práticos.

Figura 11 - Diagrama de quebra térmica do vapor de pirólise para gaseificação em BFB.



Fonte: Pei. H., et al (2018).

Adaptações propostas para viabilizar o sistema às associações

A principal desvantagem dos sistemas de geração de energia são o seu alto custo, principalmente relacionado ao preço de turbinas, que chegam a custar milhões de reais e não são tão eficientes quando aplicadas em menor escala. Frente à esta problemática, é proposto que uma parceria das associações com o Estado para obtenção de veículos usados poderia viabilizar a implementação de um sistema gerador poderia ser uma solução frente aos altos preços das turbinas. Por exemplo, a expectativa de lucro nos leilões de veículos na cidade de Uberlândia de acordo com matéria do G1 é de, em média, R\$6.666. Usados para gerar energia, só os motores em si poderiam render até 6 vezes seu valor em venda no tempo de vida útil

estimado em um ano de geração de energia, já considerando manutenção e adaptação, visto que um motor 1.0, por exemplo, seria capaz de gerar mais de 60MW de energia no seu tempo de vida-útil. Além de estudos como de Cordeiro(2018) que demonstram a viabilidade econômica de adaptações similares visando economia de combustível através de um micro reator de gaseificação, enquanto outros como Salgado(2022) demonstraram a total conversão para o gás de um gaseificador, ainda que com menor eficiência do motor, Os alternadores dos veículos podem ser utilizados como bobinas para geradores alternativos, conforme em Adibowo(2018), ao passo de que os processos de manutenção e adaptação podem gerar mais empregos e renda na esfera das associações de catadores. Uma segunda via de geração, com o vapor, pode ser adaptada previamente à separação de vapor e gases para gerar energia através de Turbinas de Tesla, que apesar de obterem apenas uma fração da eficiência de turbinas mais avançadas, são fáceis e baratas de se produzir (Thomazoni(2022). A expectativa de eficiência de ambos os sistemas a serem utilizados representam aproximadamente 10% da energia disponível de forma mecânica e química, separadamente.

Outra dificuldade financeira que as associações podem enfrentar é a construção do próprio reator, que pode ser construído em parceria com projetos nas universidades e recursos estatais para viabilizar o empreendimento, principalmente pela necessidade de tratamento dos gases poluentes dos motores, à serem feitos com a tecnologia inovadora que utiliza energia mecânica para converter CO₂ em oxigênio e carbono(<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adma.202105789>), o que demanda a atuação do Estado e das universidades por requerer maior gasto e conhecimento técnico para serem aplicados, mas são de suma importância para cumprir as ODSs e realizar um processo de conversão com pegada negativa de carbono, o que pode se traduzir em maior incentivo fiscal às operações das associações e, consequentemente, aumento da renda. Organizações como a OIKA em Uberlândia (<https://github.com/Oika-Tecnologia-Inovacao/Quem-Somos>) podem ser agentes indispensáveis na implementação deste tipo de projeto, dadas as diversas parcerias e diversidade de labor necessárias para a construção de tais sistemas frente às demandas tecnológicas que se impõem por iniciativa da lei à partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos, que na presente proposta é aliada dos 16 Obsetivos Desenvolvimento Sustentáveis da ONU.

Mesmo reduzindo custos ao máximo utilizando diferentes tecnologias e diversas parcerias, trabalhos como o de

Scarafiz(<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/37757/1/An%C3%A1liseComparativaEcon%C3%B4mica.pdf>) revelam como é importante a atuação do Estado como financiador da transição para energia renovável a partir do RSU e RDO como um projeto economicamente viável, pois a atual taxa de juros no Brasil requer uma quantidade de resíduos processados centenas de vezes maior que as disponíveis na maior parte das cidades brasileiras, incluindo Uberlândia, ao passo de que o recurso público diretamente investido permite que uma planta possa se manter, tratar os resíduos disponíveis e gerar empregos processando uma quantidade muito menor, desta vez compatível com o disponível na cidade(acima de 150 toneladas diárias, ou o equivalente a dois gaseificadores com base em modificação do sistema proposto por Van de Velden. A produção de resíduos de aproximadamente 700 toneladas por dia em Uberlândia requer 9 gaseificadores, o que levado para os cálculos de custo do autor, representariam aproximadamente R\$ 112 milhões

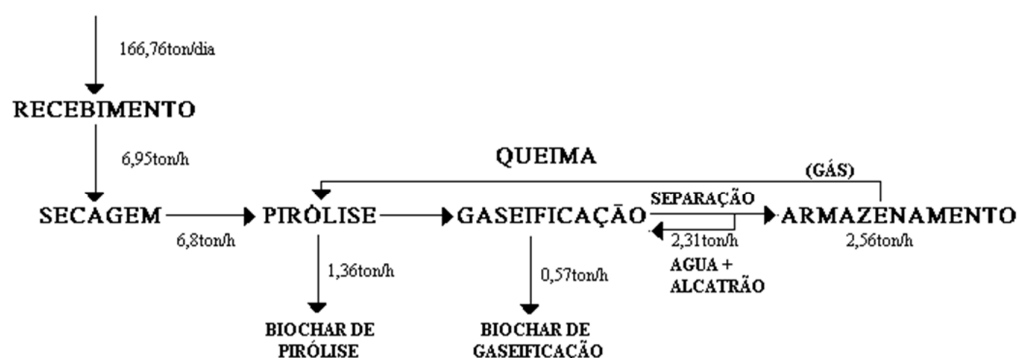
desconsiderando o tratamento de gases, que estimamos que fique em, pelo menos, R\$ 2.9 milhões já para as 9 unidades). Este valor para realizar a implementação de tal planta equivale a aproximadamente 6 vezes o custo da manutenção que se tem todo ano com os aterros com base em dados da Cresan(2019) acerca de 2018, sendo que este valor cresce a cada ano. Segundo Scarafiz(2023), para tratar 669 toneladas por dia, a máxima taxa de juros para que a planta não dê prejuízo é de 10%, considerando uma TIR de 0%. Ao analisar a atual condição de financiamento pelo BNDES, por exemplo, a taxa de juros TLP (IPCA+5,31%a.a.) para o mês de agosto, considerando o IPCA dos últimos 12 meses, fica em 9.3%. Na prática, seria necessário considerar que a variação do IPCA impõe um alto risco de que a planta possa dar prejuízo. Considerando, por exemplo, a taxa IPCA de 1 ano atrás, a TLP ficaria em 14,04%, conferindo um prejuízo notável que inviabiliza a planta diante uma análise de risco financeiro ao contrair um empréstimo para sustentar o CAPEX, ainda que com condições facilitadas, pois incidem taxas de contratação e demais custos de taxas variáveis e incertas que não permitem qualquer atratividade ao mercado privado para aplicação da tecnologia de gaseificação de RSU. Por outro lado, esta tecnologia pode ser aplicada com recursos públicos que não incidem em juros, permitindo assim a viabilidade econômica e os consequentes benefícios para a sociedade advindos da aplicação de tal tecnologia em termos socioambientais e socioeconômicos. Tem-se que é possível para o Estado financiar as associações para que seja realizada a conversão de seu resíduo em energia renovável, adequando o município às ODSs e à PNRS, o que por outro lado não é viável ao mercado privado na região, tendo em vista o alto valor de crédito necessário, o risco associado ao investimento, a baixa lucratividade e a cobrança de juros que inviabilizam o interesse privado nesta questão. Por estas limitações ao mercado privado e a necessidade de adequar o município às leis federais, tem-se que a responsabilidade socioambiental é dever e do Estado, enquanto princípio da constituição, e que os impactos ambientais e sociais advindos de tal transição são de sumo interesse do setor público. Já em relação às associações de catadores em Uberlândia, juntas dispõem de 166,76 toneladas diárias(rejeito). Esta quantidade possibilita, utilizando os dados de Scarafiz(2023), a implementação de uma planta de gaseificação com 0% de TIR e isenta de juros. Embora o processo não seja por si lucrativo, há uma transferência de renda observada ao permitir que as associações tratem o RSU, que é seu por direito diante da PNRS, correspondendo à uma alternativa que restaura o direito de propriedade aos seus legítimos donos, bem como a renda que provém de seu tratamento, ao passo de possibilitar um tratamento mais ecológico aos resíduos em sua posse.

Uma planta com pegada negativa de carbono para as associações de Uberlândia

Com o intuito de realizar o processo de tratamento do RSU sem emissão de poluentes, é visada uma planta à semelhança do pirolisador de Van de Velden onde é acoplado um segundo estágio de quebra térmica para realizar a gaseificação do bio óleo ainda em fase gasosa, modulando sua variação, limitando a matéria em uma taxa de aquecimento crescente durante o processo. Os gases de exaustão são reintroduzidos no riser, conforme Van de Velden, de forma que não se emite poluentes após a queima, mas se redireciona estes gases à reforma e gaseificação no mesmo reator de gaseificação e reforma secundárias, em série com a recirculação de gases de combustão na fluidização do reator de pirólise. Há dois estágios de separação de sólidos no sistema: um anterior e outro posterior à segunda fase de quebra térmica, separando biochar de

pirólise e biochar de gaseificação. Um dispositivo de separação de vapor d'água e gás de síntese utiliza a força centrípeta para o tratamento do produto obtido no processo. Desta forma, energia é produzida sem emissão de gases poluentes na forma de um gás de síntese de baixo valor energético, respeitando o mínimo economicamente viável através de dois sistemas Van de Velden modificados, tratando 163.2 toneladas diárias de rejeito das associações (Considera-se 166,76 toneladas de matéria que sofre secagem até a perda de 10% de massa em umidade e, também, o progressivo aumento de RSU e RDO através dos anos, de forma que a planta possa realizar o tratamento de todo o rejeito por, no mínimo, 8 anos). Com base nos trabalhos de Song et al (2021) e Shafiq et al (2021), a reintrodução do vapor de água produzido na reforma e na gaseificação provê uma via simples de se converter o alcatrão no gás e aumentar o valor energético do produto final. Espera-se que o valor de implementação seja por volta de 30 milhões de reais para dois reatores modificados com base em M. Van de Velden e Chhiti et al. Em comparação, utilizando os dados do DMAE e SMMADU de 2014-2017, tomando-se uma progressão geométrica do custo de implementação e operação do aterro e trazendo-o para 2023, tem-se o valor de R\$ 19,300.644,63. Há de se pontuar que, relativo às 150 toneladas que se pretende tratar, o custo proporcional deste tratamento para o aterro é de R\$5,790,193.39, levando inevitavelmente à conclusão de que é possível ao Estado implementar a tecnologia adequada à PNRS e consonantes com as 17 ODSs com o equivalente do que se gasta só para manter e continuar implementando aterros para tratar o mesmo tanto durante aproximadamente 5 anos com tecnologia inadequada.

Fluxo de Massa para a planta



CONCLUSÃO

A partir dos dados apresentados neste trabalho, identificam-se diversos obstáculos para o tratamento do RSU através da pirólise, principalmente do ponto de vista mercadológico, uma vez que seu produto possui composição variável, de tratamento complexo e a impossibilidade logística de se formular uma mistura de resíduos ideal frente à variação de composição e monta diária que é da natureza da oferta de resíduos, o que aumenta muito os custos em armazenamento e tratamento do material e suas emissões, além de outros desafios logísticos e tecnológicos. Uma variação da tecnologia, a gaseificação e integração com sistema de geração de energia, é uma estratégia amplamente explorada para mitigar estes obstáculos, mas percebe-se que é necessário processar diariamente um volume muito maior de resíduos do que dispõem individualmente as associações. Ainda, mesmo que todo o resíduo da cidade seja destinado ao tratamento por gaseificação, unificando a oferta de resíduos por meio de parcerias entre associações e empresas responsáveis pelo tratamento de RSU, seria necessário o investimento entre R\$240.000.000,00 e R\$ 300.000.000,00 em 4 a 5 plantas de gaseificação da WEG, que processam 120t/dia cada. Também foi verificado que para este volume de processamento, apenas seria possível o investimento público, uma vez que ao considerar a taxa SELIC em um financiamento privado, o tratamento só seria rentável ao processar um volume muito maior de resíduos do que o que a cidade oferece. A atual gestão praticada em parceria com empresas privadas para aterros controlados é fruto do que é economicamente viável para o mercado realizar. Porém, para cumprir as novas determinações de tratamento de RSU, não é economicamente viável que o mercado custeie a transição tecnológica para fazer cumprir as determinações da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Portanto, mesmo que a tecnologia não seja nova e que parcerias sejam possíveis para a coleta e separação dos resíduos, o dimensionamento que a torna viável só pode ser realizado mediante investimento público em acordo com os arranjos de parcerias previstos no marco regulatório do terceiro setor e a lei de inovação tecnológica. Os estudos levaram a concluir que o tratamento de resíduos separados dentro das associações demanda tecnologias pontuais e específicas para cada material, a fim de viabilizar sua implementação por estas instituições, para que parcerias sejam desenvolvidas em outras rotas, como a pirólise de alguns tipos de plásticos e a venda de químicos provenientes desta, que se apresenta como uma possibilidade de realizar a economia circular destes materiais. Todavia, tal solução não é suficientemente satisfatória do ponto de vista ecológico para todos os tipos de materiais, o que demonstra a necessidade de mais estudos na área. Uma planta foi idealizada para tratar os rejeitos de propriedade das associações de forma a produzir energia em forma de gás de síntese de baixo valor energético em um processo de pegada negativa de carbono, o que representa um avanço na literatura sobre o tema, bem como a estimativa de implementação e comparação com os custos atuais das tecnologias inadequadas foram feitas, em descompasso com a lei para o futuro na PNRS e CDSs .

-> sugestões para trabalhos futuros

-> Analisar materiais específicos que compõem o RSU e a possibilidade de construir reatores específicos que possam tornar o processo barato o suficiente para ser implementado em menor escala para as associações/cooperativas de catadores de recicláveis, dentro da oferta que dispõem de materiais e recursos.

REFERÊNCIAS

Adibowo et al(2018)
https://www.researchgate.net/publication/340166361_The_analyse_of_the_automotive_alternator_as_a_generator_in_Picohydro_system_Laboratory_experiment_test_The_analyse_of_the_automotive_alternator_as_a_generator_in_Picohydro_system_Laboratory_experiment),

AHMADI, Ali, et al. Benefits and limitations of waste-to-energy conversion in Iran.
Renewable

Assaf et al(2022)(<https://www.mdpi.com/1996-1073/15/24/9527>)

Energy Research and Applications, v. 1, n. 1, p. 27-45, 2020.

BITTENCOURT, F. P. Simulação e análise técnico-econômica de uma planta de pirólise multipropósito para obtenção de bio-óleo a partir de diferentes biomassas. 2020.

BRASIL. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2004]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm. Acesso em: 15 ago. 2022.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, [2010]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 15 ago. 2022.

BRASIL. Lei nº 13.019, de 31 de julho de 2014. Estabelece o regime jurídico das parcerias entre a administração pública e as organizações da sociedade civil. Brasília, DF: Presidência da República, [2014]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/113019.htm. Acesso em: 15 ago. 2022.

BRASIL. Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13243.htm. Acesso em: 15 ago. 2022.

BRASIL. Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2017]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/113576.htm. Acesso em: 15 ago. 2022.

BRASIL. Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [1990]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18080.htm. Acesso em: 23 set. 2022.

BRASIL. Lei nº 8.142, de 28 de dezembro de 1990. Dispõe sobre a participação da comunidade na gestão do Sistema Único de Saúde (SUS) e sobre as transferências intergovernamentais de recursos financeiros na área da saúde e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [1990]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18142.htm. Acesso em: 23 set. 2022.

BRIDGWATER, A. V. Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass & bioenergy*, v. 38, p. 68–94, 2012.

BUSS, PM; PELLEGRINI FILHO, A. A saúde e seus determinantes sociais. *Physis* (Rio de Janeiro, Brasil), v. 17, n. 1, pág. 77–93, 2007.

Chhiti et al(2018)(<https://hal.science/hal-01688416/document>)

Cresan(2019)(<https://leismunicipais.com.br/MG/UBERLANDIA/ANEXO-DECRETO-18462-2020-UBERLANDIA-MG.pdf>)

Cordeiro(2018)(https://bdm.unb.br/bitstream/10483/20773/1/2018_KarineXimenesCordeiro_tcc.pdf)

CONCEIÇÃO, M. M. M. da; TEIXEIRA, L. C. G. M. RELAÇÃO ENTRE

PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E CRESCIMENTO POPULACIONAL NA REGIÃO NORTE. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 1383–1396, 2021. DOI: 10.22201/iingen.0718378xe.2021.14.3.75886.

Costa et al(2021)(<https://www.mdpi.com/2227-9717/9/2/254>)

D’ALESSANDRO, B; et al. The IPRP (Integrated Pyrolysis Regenerated Plant) technology: From concept to demonstration. Applied Energy, vol. 101, pp. 423-431, January 2013.

De Lima, S. G., Santos, L. de S., & Monteiro, L. P. C. (2021). Simulação da pirólise de resíduos para a produção de combustível limpo / Pyrolysis simulation of residues for the clean fuel production. Brazilian Journal of Development, 7(8), 78706–78719. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n8-205>

DEMARQUI, Bianca Veneziano; et al. Inovação: estudo de caso de reciclagem de isopor® em uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis. XVI Jornada Científica de Administração Pública. 2022. Disponível em: https://doity.com.br/media/doity/submissoes/artigo-32dfa60dbb809525d68ffc85322e95d47d08a6d-segundo_arquivo.pdf. Acesso em: 01 jan 2023.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO – DMAE. Coleta, transporte e disposição de resíduos sólidos urbanos no resíduo sanitário. Disponível em: <https://docs.uberlandia.mg.gov.br/wp-content/uploads/2022/07/6.-TABELA-RS-Domiciliar- JUN-2022.pdf>. Acesso: 15 nov. 2022.

ENSYN RTP Description (2011). Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/60431549/ENSYN-RTP-Description-2011>>. Acesso em: 14 jul. 2023.

FARIA, Luiz Augusto Estrella. Economia e autopoiese. Revista de Economia Política. v. 22, p. 685-700, 2020.

FERNANDES, J. E.; BETANHO, C. (org.) Economia Popular Solidária - nosso sul: a transformação pela solidariedade. Uberlândia: Navegando, UFU, PROEX, CIEPS, 2017.

FERREIRA, Cassius Ricardo Nascimento. Projeto de linha industrial para o processamento de resíduos sólidos urbanos e produção de combustível derivado de resíduos para a gaseificação em reator termoquímico: análise experimental do syngas para a produção de energia térmica e elétrica. 2021. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Uberlândia, 2021.

FONTÃO, S; OLIVEIRA, L. P. F. A importância da associação de catadores de materiais recicláveis: o contexto social dos catadores. Revistaea, v. 19, no. 72, 2020. Disponível em: <http://revistaea.org/artigo.php?idartigo=3997>. Acesso em: 12 ago. 2022.

GERAIS, PM Portal Minas Gerais - Eventos: 18 o ENCONTRO NACIONAL DO TERCEIRO SETOR - ENATS 2023 . Disponível em:

<https://www.minasgerais.com.br/pt/eventos/belo-horizonte/18-encontro-nacional-do-terceiro-setor-enats-2023>>. Acesso em: 12 jun. 2023.

Haselhoff(2015)

https://essay.utwente.nl/67729/1/Bacheloropdracht_HaselhoffEA_s1120891_openbaar.pdf

Heisler, MP "Gráficos de temperatura para aquecimento por indução e temperatura constante." Transações da Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos 69.3 (1947): 227-236.

HS Carslaw , JC Jaeger , Herman Feshbach; Condução de Calor em Sólidos . Physics Today 1 de novembro de 1962; Disponível em: <https://doi.org/10.1063/1.3057871>

INFIESTA, Luciano R. et al. Design of an industrial solid waste processing line to produce refuse-derived fuel. Journal of environmental management, v. 236, p. 715-719, 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Dados Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/Uberlândia>. Acesso em: 13 de out 2022.

IPEA. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos - Relatório de Pesquisa IPEA, 2019. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=17247

JACOBI, P. R. BESEN, G. R. Gestão de resíduos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. Estudos Avançados, v. 25, n. 71, p. 135–158, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v25n71/10.pdf>

Kolev et al (2001) https://www.researchgate.net/publication/229336538_New_type_of_a_gas-steam_turbine_cycle_with_increased_efficiency

KERSTEN, S. R. A. et al. Biomass pyrolysis in a fluidized bed reactor. Part 1: Literature review and model simulations. Industrial & engineering chemistry research, v. 44, n. 23, p. 8773–8785, 2005.

KOBRO, H.; BRERETON, C. Heat transfer in circulating fluidized beds. Circulating Fluidised Bed Technology II; Basu, P., Ed.; Pergamon Press: Toronto, p. 263-272, 1986.

Kolev et al (2001) https://www.researchgate.net/publication/229336538_New_type_of_a_gas-steam_turbine_cycle_with_increased_efficiency

LIMA, L. G. P. MELHORIA NA EFICIÊNCIA TÉRMICA DE UMA CALDEIRA AQUATUBULAR ALIMENTADA A CAVACO FLORESTAL. [s.l: s.n.].

NAGARAJA, SS et al. Um estudo fundamental sobre a pirólise de hidrocarbonetos. Combustão e chama , v. 233, n. 111579, pág. 111579, 2021.

Mais de 100 mil Pneus são Coletados pela Prefeitura de Uberlândia, Site PMU, 2022.

Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/2022/06/23/mais-de-100-mil-pneus-sao-coletados-pela-prefeitura-de-uberlandia/>. Acesso em 05/2023.

Martins et al(2021)(<https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acs.energyfuels.1c01742>).

Matéria do G1, "Leilão de carros e motos do Detran-MG continua aberto e lance mínimo é de R\$ 300 Processo é totalmente virtual, com lances abertos a qualquer interessado que se cadastrar no portal do órgão"; link: www.g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2021/06/05/leilao-de-carros-e-motos-do-detran-mg-continua-aberto-e-lance-minimo-e-de-r-300.ghtml; dia 05 de Junho de 2021.

MÉLO, Sahyonara Estrela de Lacerda Hussein. Conversão térmica dos resíduos urbanos como alternativa energética para o encerramento dos lixões da Paraíba. 2021. Tese (Doutorado em Energias Renováveis) Universidade Federal da Paraíba, 2021.

MERLIN Bruna, Aterro sanitário de Uberlândia recebe cerca de 700 toneladas de lixo por dia. Diário de Uberlândia, 2020. Disponível em: <https://diariodeuberlandia.com.br/noticia/27296/aterro-sanitario-de-uberlandia-recebe-cerca-de-700-toneladas-de-lixo-por-dia#box-comentarios>

MIGUEL, E. D. A. C.; OLIVEIRA, J. C. D. E.; SANTOS, L. P. GESTÃO PÚBLICA NA COLETA SELETIVA DE UBERLÂNDIA – MG. Anais do I Congresso Nacional de Sustentabilidade On-line: Uma abordagem social, ambiental e econômica. Anais...Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente, 2023.

MORANDEIRA-ARCA, Jon; et al. Social innovation for a new energy model, from theory to action: contributions from the social and solidarity economy in the Basque Country. Innovation: The European Journal of Social Science Research, p. 1-27, 2021.

MOYA, Diego et al. Municipal solid waste as a valuable renewable energy resource: a worldwide opportunity of energy recovery by using Waste-To-Energy Technologies. Energy Procedia, v. 134, p. 286-295, 2017.

MURADIN, Magdalena; KULCZYCKA, Joanna. The identification of hotspots in the bioenergy production chain. Energies, v. 13, n. 21, p. 5757, 2020.

O aumento da produção de lixo no Brasil exigiu ação coordenada entre governos e cooperativas de catadores . Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2021/06/aumento-da-producao-de-lixo-no-brasil-requer-acao-coordenada-entre-governos-e-cooperativas-de-catadores>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

ONU. Organização das Nações Unidas. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. 2018. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 08/01/2023.

PAGLIUSO, J. D.; LOMBARDI, G.; GOLDSTEIN, L., Jr. Experiments on the local heat transfer characteristics of a circulating fluidized bed. Experimental thermal and fluid science, v. 20, n. 3–4, p. 170–179, 2000.

Plano Municipal de Saneamento Básico. Site da PMU/DMAE, 2019. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/MG/UBERLANDIA/ANEXO-DECRETO-18462-2020->

UBERLANDIA-MG.pdf

Pei. H., et al (2018) - <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.07.021>

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA - PMU – Associação e Cooperativa de Catadores. Disponível: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/servicos-dmae/coleta-de-residuos/>. Acesso em 08/01/2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA – PMU: Prefeito Assina Decreto que Institui Programa Para Estações de Reciclagem e Determina Ampliação da Coleta Seletiva. Disponível: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/2023/05/15/prefeito-assina-decreto-que-institui-programa-para-estacoes-de-reciclagem-e-determina-ampliacao-da-coleta-seletiva/>

RAIMONDI, Vincenzo. Autopoiesis and evolution: The role of organisms in natural drift. *Adaptive Behavior*, v. 29, n. 5, p. 511-522, 2021.

RATHNAYAKE, N. et al. Co-pyrolysis of biosolids with alum sludge: Effect of temperature and mixing ratio on product properties. *Journal of analytical and applied pyrolysis*, 2022.

Salgado(2022)(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544221028826>)

Salto Soluções Ambientais, Salto de Uberlândia MG, 2017. Disponível em site: <https://www.saltouberlandia.com.br/>. Acesso 01/06/2023

SÁNCHEZ, R. A.; SOLSVIK, J.; JAKOBSEN, H. A. Modeling and simulation of cold flow fluidized bed reactors. *Energy procedia*, v. 26, p. 22–30, 2012.

Santos S.L., Correa B. I; Vista do SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PIROLÍSE DE BIOMASSAS. Disponível em: <<https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/enmc-ectm/article/view/12229/9664>>. Acesso em: 28 jul. 2023.

Semana da Reciclagem do DMAE Permitirá Criação de Programa para Estações de Reciclagem. Site PMU, 2023. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/2023/05/12/semana-da-reciclagem-do-dmae-permitira-criacao-de-programa-para-estacoes-de-reciclagem/>. Acesso em 05/2023

Shafiq et al (2021)(<https://link.springer.com/article/10.1007/s43938-021-00004-9>)

SHEN, D.; JIN, W.; HU, J; XIAO, R.; LUO, K. An overview on fast pyrolysis of the main

SILVEIRA, H.; OLIVEIRA, R. B. de; Modelo Jurídico Tecnológico Institucional de Utilidade Pública: sistema de parceria estratégica. INPI-SP. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedit>

o=779748&SearchParameter=MODELO%20JUR%CDDICO%20TECNOL%D3GICO%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=. 2010.

SOARES, Aline Mara Alves. Política Nacional de Resíduos Sólidos e Marco Regulatório das Organizações da Sociedade Civil: reflexões sobre as influências na sustentabilidade das associações de catadores. 2018.

SOMORIN, T. O.; ADESOLA, S.; KOLAWOLE, A. State-level assessment of the waste-to energy potential (via incineration) of municipal solid wastes in Nigeria. *Journal of Cleaner Production*. v. 164, p. 804-815, 2017.

Song et al(2021)<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8153945/>)

SYAMLAL, M.; ROGERS, W.; O'BRIEN, T. J. MFIX documentation theory guide. [s.l.] Office of Scientific and Technical Information (OSTI), 1993. . Acesso em: 27 jul. 2023.

SZIGETHY, Leonardo; ANTENOR, Samuel. Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. Brasília, DF: IPEA, 2021. Disponível: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217>.

Thomazoni(2022))
https://www.researchgate.net/publication/358700443_Influence_of_Operational_Parameters_on_the_Performance_of_Tesla_Turbines_Experimental_Investigation_of_a_Small-Scale_Turbine).

TRENDEWICZ, A. et al. One dimensional steady-state circulating fluidized-bed reactor model for biomass fast pyrolysis. *Fuel* (London, England), v. 133, p. 253–262, 2014.

UBERLÂNDIA. Lei nº 12.504, de 25 de agosto de 2016. Dispõe sobre o serviço público de coleta seletiva solidária dos resíduos recicláveis no município de Uberlândia e dá outras providências. Uberlândia, MG. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-ordinaria/2016/1250/12504/lei-ordinaria-n-12504-2016-dispoe-sobre-o-servico-publico-de-coleta-seletiva-solidaria-dos-residuos-reciclaveis-no-municipio-de-uberlandia-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 10 out. 2022.

Van de Velden M. Parameter study and modelling of CFB pyrolysis (in Dutch). Master of Bio-engineering thesis, University of Antwerpen, June 2006

VAN DE VELDEN M. Et al. Fast Pyrolysis of Biomass in a Circulating Fluidised Bed. [s.l.] Refereed Proceedings, University of Antwerpen, 2007.

VAN DE VELDEN, M.; BAEYENS, J.; BOUKIS, I. Modeling CFB biomass pyrolysis reactors. *Biomass & bioenergy*, v. 32, n. 2, p. 128–139, 2008.

VAN DE VELDEN, M. et al. Fundamentals, kinetics and endothermicity of the biomass pyrolysis reaction. *Renewable energy*, v. 35, n. 1, p. 232–242, 2010.

ZAFAR, S. Overview of Biomass Pyrolysis. 2014. Disponível em: <http://www.bioenergyconsult.com/tag/biofuels/>

Prezado Interlocutor, conforme solicitado,

segue a documentação, encaminhados em 2 partes - anexos:

1- Documento original autenticação em cartório, frente e no verso - 2023.

3- Diploma, Histórico Escolar Universidade de São Paulo expedido pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo - EESC-USP.

O endereço está em rodapé, e o ENADE, pode ser investigado em ônus prova junto a própria EESC-USP, especialmente visto que meu nome está nas pilastras dos formandos da EESCUSP - <https://eesc.usp.br/graduacao/>

4- Documento com Certidão de Nascimento

Desde já, agradeço.

Hermano da Silveira. (Parte 2)



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) **MU8802432-6 U2**



(22) Data de Depósito: 28/10/2008
(43) Data da Publicação: 29/06/2010
(RPI 2060)

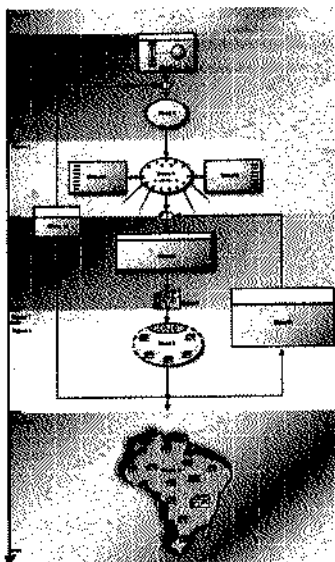
(51) *Int.Cl.:*
G06Q 90/00

(54) Título: MODELO JURÍDICO TECNOLÓGICO INSTITUCIONAL DE UTILIDADE PÚBLICA: SISTEMA DE PARCERIA ESTRATÉGICA

(73) Titular(es): HERMANO DA SILVEIRA, ROGÉRIO BERNARDES DE OLIVEIRA

(72) Inventor(es): HERMANO DA SILVEIRA, ROGÉRIO BERNARDES DE OLIVEIRA

(57) **Resumo:** Proposto é uma tecnologia social que se materializa sob a forma de um Fluxograma de Controle Cronológico de Desenvolvimento, por meio do qual são acionadas formas específicas de parcerias estratégicas. O modelo é mensurado, monitorado e controlado por um ferramental da engenharia de controle, conhecido como digrama de bloco de malha fechada. Por meio deste diagrama de bloco obtém-se o equacionamento sistêmico, que é dado pelas funções de transferência, garantindo a construção de mecanismos de eficiência e estabilidade de operação. Esse ferramental é aplicado no desenvolvimento de parcerias estratégicas e institucionais envolvendo, sistêmica e sinergicamente, instituições científicas e tecnológicas, organizações da sociedade civil de interesse público, agências de fomento, núcleos de inovação tecnológica, parques tecnológico-industriais, micro, pequenas e médias empresas de base tecnológica, inventores independentes e inventores industriais. O modelo, portanto, é um ferramental social dinâmico, que mobiliza as dimensões sociais públicas e privadas proporcionando o alinhamento e o desenvolvimento integrado de agentes da sociedade civil e das estruturas do estado em consonância com a lógica do circuito integrado de controle.



“MODELO JURÍDICO TECNOLÓGICO
INSTITUCIONAL DE UTILIDADE PÚBLICA: SISTEMA DE PARCERIA
ESTRATÉGICA”

O presente modelo de utilidade é uma tecnologia social fundamentada na estrutura normativo-legal do Estado brasileiro e no diagrama de bloco de malha fechada, que é uma ferramenta da engenharia de controle. Esse constructo cria um *modelo jurídico tecnológico e institucional de utilidade pública* que impulsiona o desenvolvimento e a implementação de uma forma específica de *parceria estratégica*, sendo, portanto, um instrumento promotor das “alianças estratégicas”, tais como dispostas no artigo 3º e 19 da Lei nº 10.973/2004, as quais envolvem, em ações coordenadas de projetos: cooperativas, empresas nacionais, “instituições científicas e tecnológicas” (ICT, artigo 2º inciso V da Lei nº 10.973/2004), organizações da sociedade civil de interesse público (OSCIP - Lei nº 9.790/1999) e agências de fomento (artigo 2º, inciso I da Lei nº 10.973/2004). A tecnologia social, objeto do invento em tela, viabiliza tecno-normativamente a construção de parcerias público-privadas por meio do *Modelo Jurídico Tecnológico Institucional de Utilidade Pública: Sistema de Parceria Estratégica*, amparado na Constituição Federal, em um conjunto de leis de incentivo às inovações tecnológicas e no Direito Administrativo Brasileiro.

Depreende-se dos conteúdos comuns contidos em contratos e convênios firmados entre partes a seguinte conceituação de parceria: *união estável entre duas ou mais partes, sendo estas pessoas físicas e/ou pessoas jurídicas. A parceria tem como propósito precípua a produção de benefícios mútuos, dispostos em contrato e/ou convênios*. Uma vez em consonância com os marcos éticos e consuetudinários que orientam os contratos de parceria, e uma vez inscrita no âmbito das dinâmicas sociais e tecno-organizativas, as parcerias público-privadas (de acordo com o estabelecido na Lei nº 11.079/2004, especialmente em seu artigo 4º, incisos I, II e VII) devem promover benefícios bem sucedidos à esfera pública e à esfera privada no que tange ao seu desenvolvimento científico, tecnológico, cultural e socioeconômico. Para a consecução desses fins, as parcerias público-privadas

devem ainda obedecer aos princípios fundamentais da despesa pública de utilidade, legitimidade, oportunidade, legalidade e economicidade (conceitos desenvolvidos por Lino Martins da Silva, na obra *Contabilidade Governamental*, 2004, página126).

5 Como tecnologia social, as parcerias estratégicas, articuladas no âmbito público e privado, seja pelos fundamentos estipulados na forma e funcionamento do aparelho estatal brasileiro, seja pelos canais normativamente estabelecidos que possibilitam a interlocução ampla entre a sociedade civil, as instituições públicas e seu respectivo sistema normativo-
10 legal, devem dotar a iniciativa pública e a iniciativa privada com incentivos e recursos para a consecução dos fins referidos, tal como dispõe a legislação (Lei nº 10.973/2004 e Lei nº 11.079/2004).

A falta de instrumentos sócio-tecnológicos que viabilizem a construção de uniões estáveis, que garantam a durabilidade
15 dessas ações, a transparência na produção, implementação e gestão dos ambientes produtivos, bem como a ausência de sistemas tecno-metodológicos que assegurem práticas, procedimentos e processos de desenvolvimento econômica e sócio-ambientalmente sinérgicos e sustentáveis, que proporcionem a mensuração e o controle de irregularidades na administração
20 dos recursos e incentivos, consubstanciam o problema central do *modus operandi* das uniões público-privadas tais como são elas propostas e definidas no artigo 3º e 19 da Lei nº 10.973/2004 e no artigo 4º da Lei nº 11.079/2004.

Embora existam instrumentos jurídicos que normatizem a institucionalização e o desenvolvimento de parcerias público-
25 privadas, tais "alianças estratégicas" encontram um impedimento que obstaculiza a sua efetivação. Às ferramentas jurídicas faltam instrumentos tecnológicos para coordenar e aperfeiçoar metodologicamente essas parcerias de modo a garantir à apropriação pública conhecimentos, ambientes e circuitos tecnológicos que, concomitantemente, assegurem direitos aos atores
30 individuais e coletivos que deflagram processos dessa natureza.

Conhecidos os problemas que inviabilizam as referidas parcerias público-privadas, apresentam-se as soluções, as quais se

fundamentarão na articulação sinérgica entre o sistema de parceria estratégica, a ação popular criadora e o ferramental jurídico-tecnológico que se proporá a seguir.

O Modelo Jurídico Tecnológico Institucional de

- 5 *Utilidade Pública: Sistema de Parceria Estratégica* é constituído por duas unidades articuladas, complementares, intercambiáveis e fundamentais. A primeira unidade, de natureza tecno-normativa, demarca a estrutura jurídica de operacionalização do sistema, seja ela: o Regime Democrático Pleno, a Constituição da República Federativa do Brasil e um conjunto de leis de
- 10 incentivo às inovações tecnológicas. A segunda unidade, de natureza eminentemente científico-tecnológica, tem como fundamento o diagrama de bloco de malha fechada, ferramenta de alta precisão da engenharia de controle.

- A estrutura jurídica que constitui a primeira unidade
- 15 do modelo tem o propósito de munir os agentes públicos e privados com o ferramental jurídico adequado para o desenvolvimento das finalidades aqui propostas. *O Modelo Jurídico Tecnológico Institucional de Utilidade Pública: Sistema de Parceria Estratégica*, que é um "Projeto de cooperação envolvendo empresas nacionais, ICT e organizações de direito privado sem fins lucrativos
- 20 voltadas para atividades de pesquisa e desenvolvimento" (artigo 3º da Lei nº 10.973/2004), objetiva a criação de patentes, protótipos, produtos e processos inovadores dentro de núcleos de inovação tecnológica (artigo 2º inciso VI da Lei nº 10.973/2004), e se consubstancia como uma ação popular criadora de interesse público, difuso e coletivo (em consonância com o artigo 1º da Lei nº
- 25 9.790/1999). Para a consecução dos propósitos relacionados, o encaminhamento deste registro de patente e o acionamento da ação pública criadora, sobre a qual se discorrerá, faz uso dos "princípios da legalidade, finalidade, motivação, razoabilidade, proporcionalidade, moralidade, ampla defesa, contraditório, segurança jurídica, interesse público e eficiência",
- 30 dispostos no artigo 2º da Lei nº 9.784/1999, que "regula o processo administrativo no âmbito da Administração Pública Federal", tal como Hely Lopes Meireles discorre em seu livro *Direito Administrativo Brasileiro* (São

Paulo-1979, 7ª edição, página 71). Sublinha-se que o modelo objeto da presente solicitação de patente vai ao encontro da promoção do desenvolvimento nacional, de acordo com o estabelecido no artigo 3º da Constituição Federal. Estruturado em coerência normativo-legal com as

5 "alianças estratégicas", dispostas no artigo 3º da Lei nº 10.973/2004, este modelo encontra-se fundamentado em sólida estrutura normativo-legal que regula as funções constituídas da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e das respectivas agências de fomento. Este modelo, que se caracteriza por ser um projeto de programa específico (*Sistema de Parceria*

10 *Estratégica*) é estruturado segundo o referido aparato legal com a finalidade de arregimentar recursos e incentivos, dispostos nos marcos normativos, para a consecução dos objetivos aqui propostos, sejam eles a promoção do desenvolvimento socioeconômico e sociocultural do estado-nacional brasileiro, dos atores mobilizados e alinhados nas específicas *parcerias estratégicas*,

15 sobre as quais se detêm, e dos agentes públicos e privados situados no campo de alimentação e retroalimentação do diagrama de bloco de malha fechada.

A ferramenta científico-tecnológica que integra a segunda unidade do modelo toma como referência teórica o diagrama de bloco de malha fechada (*Sistema de Controle Realimentado*, Charles L. Phillips e

20 Hoyce D. Arbour, 1997), uma metodologia da engenharia de controle, que será adaptada às organizações sociais de modo a dar conta da lógica dialética por meio da qual se desenrola a dinâmica de acionamento e desenvolvimento dessas organizações. Essa ferramenta, que fundamenta metodologicamente a tecnologia social em tela, é construída segundo princípios de alta precisão da

25 engenharia e será utilizada na promoção de desenvolvimento científico, tecnológico e socioeconômico, tal como disposto no *Fluxograma de Controle Cronológico de Desenvolvimento*, FCCD, apresentado no **Desenho 1**. O sistema de parceria estratégica, fundamentado neste referencial tecnocientífico, tem como função precípua viabilizar a implementação, bem como

30 garantir o desenvolvimento e o funcionamento eficaz, de Instituições Científicas e Tecnológicas (ICT), de parques tecnológicos industriais, de movimentos organizados da sociedade civil (cujo propósito das ações seja a promoção

intrínseca e extrínseca do desenvolvimento socioambiental e econômico-cultural, delimitado por marcos distributivos do produto do trabalho), de iniciativas públicas e privadas que promovam a alfabetização digital e a formação tecno-profissional, de ambientes laborativos que fomentem a inovação tecnológica, de iniciativas inovadoras acionadas por inventores industriais e independentes, de cadeias e arranjos produtivos que tenham função estratégica no desenvolvimento nacional, de agroindústrias e indústrias organizadas com base no trabalho familiar (que operam em consonância conceitual com a lógica da economia solidária e do preço justo), e de empresas nacionais (em especial as micro, pequenas e médias empresas, MPMEs) de base tecnológica. O modelo sobre o qual se discorre é acionado por meio de organizações da sociedade civil de interesse público e de agentes parceiros públicos e privados precursores de projetos inovadores e estratégicos capazes de promover, dentro de marcos de sustentabilidade previamente definidos, o desenvolvimento sociocultural, ambiental e econômico não somente dos atores diretamente envolvidos no processo, mas também na totalidade societária que integra a nação brasileira.

O **DESENHO 1**, anexo, é denominado *Fluxograma de Controle Cronológico de Desenvolvimento (FCCD)*. Ele mostra um diagrama de bloco de malha fechada fundida a um fluxograma cronológico.

A **Figura 1** corresponde à entrada do sistema, indica o surgimento do *Projeto Programa Específico: Sistema de Parceria Estratégica* e o acionamento do modelo em tela. Uma vez iniciado, esse processo transcorre em um tempo estimado de 2 (dois) meses.

Na **Figura 2** apresenta-se:

O **Bloco 1**, que é o lugar geométrico no qual se dá o alinhamento entre profissionais altamente qualificados e os recursos econômicos e infra-estruturais invertidos neste bloco pelas agências de fomento e pelas instituições científicas e tecnológicas (ICT), em consonância com o que dispõe o artigo 19 da Lei nº 10.973/2004. Uma vez acionada esta articulação público-privada, ativa-se, então, neste bloco, a parceria simbiótica que se disseminará por todo o sistema.

O **Bloco 2** é o lugar geométrico onde se dá o surgimento da organização da sociedade civil de interesse público (OSCIP) que processa o desenvolvimento de um pacote de projetos, sejam eles: constituição e confecção de planta estrutural de núcleos de inovação tecnológica, elaboração de planilhas orçamentárias, desenvolvimento de processos, projetos e patentes, desenvolvimento de contratos e convênios institucionais que promoverão o alinhamento estratégico entre os elementos que integram a totalidade do sistema, desenvolvimento de ementas para a implementação de cursos nas instituições científicas e tecnológicas .

O tempo estimado para a consecução dos propósitos indicados na **Figura 2** é de 11 (onze) meses.

A **Figura 3** indica o processamento e a análise dos programas de alinhamento estratégico. O tempo estimado para este procedimento é de 2 (dois) meses. Nela apresenta-se:

O **Bloco 3**, que indica o alinhamento vertical das instituições científicas e tecnológicas (ICT).

O **Bloco 4**, que indica a conexão das organizações da sociedade civil de interesse público (OSCIP) com as instituições científicas e tecnológicas (ICT), **Bloco 3**, e as agências de fomento, **Bloco 5**. O **Bloco 4** é o lugar geométrico onde é acionado o caminho jurídico para a promoção de iniciativas científicas, tecnológicas, sociais, econômicas e culturais, que, por conseguinte, ativarão os meios jurídico-legais para a construção de ambientes produtivos no território nacional (núcleos de inovação tecnológica, empresas de base tecnológica e parques tecnológico-industriais).

A **Figura 4** indica a segunda fase do sistema-modelo, que transcorre em um tempo estimado de 11 (onze) meses. Nela apresenta-se:

O **Bloco 6**, que é o lugar geométrico onde se processa a oficialização do contrato administrativo de parceria estratégica (público-privada). Neste bloco ocorre a construção dos núcleos de inovação tecnológica.

O **Bloco 7**, que indica os núcleos de inovação tecnológica constituídos e geridos pelo Conselho de Parceria Estratégica. Neste bloco será produzido um conjunto de projetos que darão suporte para o acionamento de parques tecnológico-industriais.

5 A **Figura 5** indica a implementação das ações iniciadas no **Bloco 2** e a ativação de novas ações, sejam elas: projeto e implementação de parques tecnológico-industriais e de empresas de base tecnológica.

10 A **Figura 6** indica a disseminação desse modelo sistêmico em todo o território nacional. Nela apresenta-se:

O **Bloco 8**, que é o lugar geométrico onde se processa a dinâmica de desenvolvimento de parques tecnológicos, que acionam um efeito sistêmico e em cadeia de criação de empresas, geração de emprego em escala, ampliação do fluxo de matérias-primas, produtos processados, informação e tecnologia no interior do sistema.

Nesta **Figura 6** verifica-se ainda o nó de realimentação do diagrama de bloco de malha fechada que leva informação para o sensor, **Bloco 9**.

20 O **Bloco 9**, que é uma interseção das figuras 4,5,6. Este bloco é o infrasensor, denominado *Conselho de Parceria Estratégica*. Integra este conselho representantes das agências de fomento, das instituições científicas e tecnológicas (ICT), das organizações da sociedade civil de interesse público (OSCI) e o secretário municipal de desenvolvimento.

25 O **Bloco 10** encontra-se na zona de interseção das figuras 3 e 4 e indica o suprasensor, que tem por fundamento o acionamento normativo-legal dos três poderes do Estado Democrático de Direito. O suprasensor atuará no monitoramento e controle do sistema por meio dos agentes administrativos do Legislativo, Executivo e Judiciário.

30 A **Figura 7** indica a amplificação das finalidades almejadas pelo modelo-sistema. Nela apresenta-se:

O **Bloco 11**, que corresponde à saída do sistema e indica o mapa do território brasileiro e a consecução dos objetivos tecnológico-

normativos propostos pelo modelo: circuito virtuoso de desenvolvimento sinérgico e sustentável.

O DESENHO 2, anexo, é constituído pela Figura 1 e pela Figura 2.

5 A Figura 1 mostra o diagrama de bloco de malha fechada, que é uma ferramenta da engenharia de controle. É por meio desta ferramenta que se promove a organização, a integração e a articulação de todos os elementos do sistema. Em 1, mostra-se a entrada do sistema que é
10 suprido com dados de entrada. No modelo de utilidade sobre o qual se discorre, os dados de entrada são a formação da organização da sociedade civil de interesse público e a inversão de recursos de fomento. Em 2 indica-se a
planta do sistema, integrada por instituições científicas e tecnológicas, organizações da sociedade civil de interesse público, agências de fomento, núcleos de inovação tecnológica, micro, pequenas e médias empresas de base
15 tecnológica e parques tecnológico-industriais. Em 3 indica-se a realimentação do sistema. No modelo em tela a realimentação desempenha o papel de mensurar e controlar as ações processadas no interior do circuito. Em 4
encontra-se o sensor do sistema, que neste modelo é integrado pelo infrasensor (*Conselho de Parceria Estratégica*) e pelo suprasensor (agentes
20 administrativos dos três poderes da República). O número 5 mostra o somador, que identifica incorreções do sistema por meio da introdução de uma função erro. A identificação das incorreções na aplicação do modelo, ou seja, o
desempenho do papel do somador, será realizado não somente pelos sensores (infra e supra) mas também pelo conjunto de contratos e convênios que
25 regularão os programas de parceria simbiótica, pelo conjunto de leis que esse modelo toma como suporte, pela mobilização e pelo alinhamento orgânico dos agentes em torno de um escopo ético, pela definição normativo-regimental das
formas distributivas e participativas que constituem o eixo lógico desse modelo e pela criação de canais amplos de interlocução e participação dos agentes
30 integrados ao circuito.

Em 6 verifica-se a saída do sistema diagrama de bloco de malha fechada. É nesse ponto que se depreende, em perspectiva

ampliada, os efeitos conclusivos desse ferramental: o diagrama de bloco de malha fechada aplicado ao modelo proporciona o acionamento de um circuito virtuoso, na medida em que aciona concomitantemente um conjunto dinâmico de mecanismos, ferramentas e agentes, os quais operam sistêmica e articuladamente a mensuração dos objetivos previamente estabelecidos e a efetividade de sua consecução, o controle do conjunto de elementos que integram a totalidade do modelo de modo a orientar e indicar rotas mais eficazes de funcionamento, e a correção de irregularidades estruturais e sistêmicas. A saída do circuito, em 6, somente é alcançada, ou percorrida, se a faixa de estabilidade, indicada na **Figura 2**, for atingida. Caso contrário, o circuito intercepta o processo em 6, e, imediatamente, é iniciada a retroalimentação (retorno para o circuito-diagrama), de modo a convergir articulada e circuiticamente o processo para a estabilidade, indicada em 9, **Figura 2**. Desse modo, a ferramenta diagrama de bloco, aplicada a esta tecnologia social, ativa mecanismos ininterruptos de correção circuitica, de modo que a saída (o output), ocorre, só e somente se, os processos que percorrem esse diagrama estiverem dentro do intervalo de estabilidade e equilíbrio apresentado nas funções de transferência, **Figura 2**.

A **Figura 2** representa o *Diagrama de Bode*. Em 7 observa-se uma função de transferência que não converge para as faixas de estabilidade sistêmica.

Em 8 indica-se uma função de transferência na qual foi aplicada a ferramenta de controle e realimentação (diagrama de bloco de malha fechada). A aplicação dessa ferramenta proporciona a convergência desta função de transferência para a faixa de estabilidade sistêmica, indicada em 9.

O processo de desenvolvimento do Sistema de Parceria Estratégica proposto por este modelo é planejado em um *Fluxograma de Controle Cronológico de Desenvolvimento* (FCCD), o qual toma como referência a já mencionada ferramenta da engenharia de controle. Na primeira fase do cronograma forma-se uma parceria simbiótica entre agentes públicos e privados, que são fomentados por recursos das agências de fomento e das

instituições científicas e tecnológicas. A primeira fase é marcada pela criação da primeira OSCIP, que será acionada e fundamentada pelo *Projeto de Programa Específico: Sistema de Parceria Estratégica*. A OSCIP articular-se-á às Instituições Científicas e Tecnológicas e às agências de fomento. Ocorre
5 então o alinhamento, por meio do estabelecimento de parcerias estratégicas (firmadas por contratos e/ou convênios), entre as instituições científicas e tecnológicas, a OSCIP, devidamente constituída e formalizada segundo os marcos legais, e as agências de fomento. Em treze meses a OSCIP é fomentada por agentes públicos e privados e, uma vez estruturada com
10 recursos humanos e econômicos necessários à execução das finalidades aqui definidas, a referida organização da sociedade civil de interesse público criará um Núcleo de Inovação Tecnológica e um Parque Tecnológico e Industrial. Nessa fase também se dará o desenvolvimento de um pacote de projetos (desenvolvimento de processos inovadores, criação de ambientes para a
15 produção de novos inventos, acionamento de projetos de pesquisa, criação de cursos superiores e cursos de capacitação e qualificação profissional) que catalisará o desenvolvimento institucional das instituições científicas e tecnológicas, da organização civil de interesse público referida (bem como de outras organizações dessa natureza jurídica que poderão integrar o sistema) e
20 das agências de fomento mobilizadas no processo (o desenvolvimento desse processo de institucionalização tem como suporte o artigo 205 da CF, que trata da educação para o trabalho). Na transição da primeira para a segunda fase surge a parceria público-privada articulada segundo a lógica da parceria estratégica.

25 Na segunda fase cria-se um alinhamento estratégico articulando instituições científicas e tecnológicas, agentes públicos e privados organizados sob a forma jurídica de OSCIP e agências de fomento públicas e privadas. Nesse momento ocorre o alinhamento vertical das instituições científicas e tecnológicas e das agências de fomento. Este processo de
30 alinhamento estratégico promoverá, então, a criação de um caminho jurídico para o acionamento de empreendimentos de natureza científica e tecnológica que tenham o propósito de promover o desenvolvimento econômico e social

dos parceiros alinhados. Nesse segundo momento também é deflagrada uma estrutura jurídica que viabiliza a constituição e o desenvolvimento de parques tecnológicos e industriais em todo o território nacional.

Na terceira fase verifica-se o surgimento de Núcleos de Inovação Tecnológica dentro das universidades alinhadas ao programa. Esses núcleos desempenharão o papel de consolidar o pacote de projetos originados na primeira fase.

Na quarta fase os Núcleos de Inovação Tecnológica entram em efetiva operação, ativando a criação de ambientes produtivos e parques tecnológicos e industriais. Os *Conselhos de Parceria Estratégica* – denominados neste modelo de infrasensores, são estruturas deliberativas criadas no interior dos Núcleos de Inovação Tecnológica, aos quais caberá o papel de promover, gerir e mensurar o controle dos ambientes produtivos (por meio da aplicação do ferramental de controle bloco de malha fechada nas estruturas organizacionais do sistema), coibindo, desse modo, eventuais irregularidades e desvios de finalidade.

Na quinta fase, deflagra-se então um circuito virtuoso de desenvolvimento científico, tecnológico e social: a construção de empresas de base tecnológica em todo o território nacional e a formação de um escopo ético para ação de um conjunto de novos empreendedores. Sublinha-se que a mensuração, o monitoramento e o controle global do sistema serão realizados pelo acionamento dos analistas administrativos do Executivo, Legislativo e Judiciário, denominados neste modelo de suprasensores.

REIVINDICAÇÃO

1) "O MODELO JURÍDICO TECNOLÓGICO INSTITUCIONAL DE UTILIDADE PÚBLICA: SISTEMA DE PARCERIA ESTRATÉGICA" encontra, no atual estado da técnica, ampla estrutura jurídico-

5 normativa que dá suporte à construção de alinhamentos estratégicos no âmbito das parcerias público-privadas. A guisa de exemplificação, a Lei nº 10.973/2004, por meio de seus artigos 3º e 19, oferece suporte legal para a construção de parcerias estratégicas. O Decreto nº 3.100/1999, que
10 regulamenta a Lei nº 9.790/1999, garante o formato jurídico-legal pelo qual se estabelecem as parcerias público-privadas envolvendo organizações da sociedade civil de interesse público e agentes públicos. A Lei nº 8.666/1993, em seu artigo 24, inciso XIII, viabiliza a dispensa de licitação na finalidade de promoção de desenvolvimento institucional na contratação de organizações
15 instituídas.

Contudo, ao extenso aparato normativo-legal brasileiro que versa sobre este tema, falta um ferramental tecno-jurídico-institucional que dê efetividade e pragmaticidade à implantação e ao desenvolvimento das parcerias público-privadas de modo a articular dinâmica e
20 sinergicamente as instituições científicas e tecnológicas, as organizações da sociedade civil de interesse público e as agências de fomento, criando efetivas condições para o desenvolvimento de ambientes produtivos e inovadores que venham a atender aos interesses econômicos e sociais do Estado nacional e da sociedade brasileira.

2) Caracterizado segundo a lógica sistêmica de controle do diagrama de bloco de malha fechada, o *Fluxograma de Controle Cronológico de Desenvolvimento* promoverá o equacionando de funções de
25 transferência, que serão apresentadas na sua forma gráfica. O sistema de controle aplicado por meio de funções de transferência delimita faixas de operação que permitem a estabilização do sistema a partir de variáveis de controle pré-estabelecidas. A utilização desse ferramental garante a operação
30 eficiente e dentro de margens definidas de estabilidade. No *Fluxograma de Controle Cronológico de Desenvolvimento*, utiliza-se, então, uma ferramenta de

controle que promove a estabilidade na correlação de forças que se dá no âmbito infra-estrutural e superestrutural de modo a equilibrar as respectivas curvas de ação das esferas pública e privada da vida societal organizada dinamicamente e dialogicamente. Tais curvas de ação são movidas por orientações de natureza lógica, moral, normativa, ética e política e, concomitantemente, pelas injunções econômico-sociais que pautam a vida societal. Os atores públicos e privados alinhados às formas de parceria estratégica e simbiótica propostas por este modelo deverão necessariamente adotar o ferramental de controle aqui proposto.

3) A aplicação do ferramental da engenharia de controle proposto por este modelo possibilita o planejamento racional e sistêmico dos processos normativo-jurídicos, proporcionando vasto espectro de coordenação às ações do fazer social. Tais ações podem então ser planejadas, equacionadas e orientadas por um arsenal tecnológico e, desse modo, podem obter maior eficiência e eficácia na consecução de seus fins, sejam estes de natureza social, econômica e cultural. Desse modo, este ferramental jurídico-tecnológico, caracteriza-se por ser um elemento estratégico e propulsor na afirmação da interatividade público-privada, e, por conseguinte, na efetivação dos valores da democracia plena e do Estado democrático de direito, nos termos em que estes valores são expressos na Constituição Federal. O referido modelo-ferramental desempenha ainda papel estruturante na promoção sustentável e sinérgica do desenvolvimento socioeconômico nacional.

4) O modelo de alinhamento estratégico em tela, aplicado no âmbito das normativas que definem o funcionamento do estado e o status da nacionalidade, amplifica as defesas contra as desigualdades tendenciais, verificadas na correlação de forças políticas e econômicas, na medida em que aciona um quadro de sensores (que também podem ser denominados de controladores, ou ainda de ouvidores) que operam nas estruturas administrativas do Estado (Judiciário, Legislativo e Executivo) e na estrutura de funcionamento interno do próprio sistema (*Conselho de Parceria Estratégica*). Coordenada por uma estrutura jurídico-tecnológica, processual e

sistêmica de controle realimentado, esta tecnologia social conta então com duas naturezas de sensores para a consecução de seus fins: o infrasensor, criado no interior do próprio sistema e denominado *Conselho de Parceria Estratégica*, e o suprasensor, fundamentado no acionamento normativo-legal dos três poderes do Estado Democrático de Direito, que atuará no monitoramento e controle do sistema por meio dos agentes administrativos que integram os referidos poderes. Desse modo, os atores estrategicamente alinhados, segundo a lógica do fluxograma-modelo sistêmico apresentado, deverão estar submetidos a duas formas de controle que se intercambiam, que se inter-relacionam e que têm a finalidade precípua de blindar e proteger o sistema contra a atuação de forças políticas e econômicas contrárias à ordem democrática, a equidade econômica e a justiça social. A efetiva objetividade funcional, a idoneidade pericial e a eficaz operacionalidade das ações, que caracterizam a natureza jurídico-normativo-institucional dos respectivos sensores supracitados, são condições imprescindíveis para a consecução dos fins almejados por este modelo sistêmico.

5) A utilização do fluxograma em ambientes produtivos ou sistêmicos de diversas naturezas deverá preservar a unicidade dessa ferramenta no que tange aos seus aspectos normativo-tecnológicos.

6) Os atores alinhados segundo a lógica sistêmica deste fluxograma deverão participar de congressos periódicos nos quais ocorrerá a convergência das comunidades tecno-científicas, a promoção da transferência multilateral de tecnologia, informação e conhecimento, o estudo de problemas específicos e o encaminhamento de soluções que proporcionem o desenvolvimento sinérgico desses atores. Os congressos deverão ainda cumprir o papel de promover a integração das esferas pública e privada, criando circuitos permanentes de interlocução entre as instâncias do Estado e da sociedade civil.

7) A estrutura desse modelo deverá operar proativamente na capacitação e na qualificação permanente dos atores alinhados a esse sistema específico de parceria estratégica, promovendo atividades, cursos, oficinas e palestras de capacitação e qualificação. Deverá

ainda criar canais permanentes para a promoção da inclusão digital e para a difusão do acesso às tecnologias da informação e dos saberes que caracterizam a atual revolução tecno-científico-informacional. Desde que mantidas as linhas gerais e estruturais de seus propósitos – definidos regimentalmente e periciados pelo quadro de sensores, o espectro de iniciativas e atividades deflagrado no circuito deste sistema-modelo poderá transcender os limites internos de alinhamento estratégico de modo a estender suas ações a agentes da sociedade civil não alinhados formalmente ao sistema.

8) O modelo deverá se valer de seu sistema de mensuração de objetivos gerais e de seu controle de funcionamento de modo a desempenhar papel proativo na criação de condições para o desenvolvimento de tecnologias sociais e de novos inventos de caráter tecno-científico. Ainda que os agentes desses processos não se encontrem alinhados a esse sistema, mecanismos de fomento acionados pelo modelo devem dar condições materiais para a consecução destas ações e para a promoção da inserção dos referidos atores no sistema.

9) O modelo de circuito integrado, que fundamenta o fluxograma em tela, conferirá, através de seus mecanismos jurídico-legais e tecnológicos, o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico-social dos inventores independentes e industriais, dos parques tecnológicos e industriais, bem como dos demais ambientes produtivos mobilizados em torno desse sistema de parceria público-privada. Os ambientes produtivos, criados no âmbito deste modelo, poderão se organizar na forma de núcleos de inovação tecnológica, incubadoras de empresas (micro, pequenas e médias) de base tecnológica e parques industriais e tecnológicos, em consonância com PNI, *Programa Nacional de Apoio as Incubadoras de Empresas e Parques Tecnológicos*, do Ministério da Ciência e Tecnologia.

10) Os agentes privados alinhados a esta forma específica de parceria público-privada simbiótica (organizações da sociedade civil de interesse público, inventores independentes e industriais, empresas de base tecnológica, parques tecnológicos e industriais, núcleos de inovação

tecnológica) deverão destinar um percentual de seu faturamento líquido (a ser definido regimentalmente por meio de contratos e/ou convênios de parceria estratégica) para a promoção de pesquisa e desenvolvimento.

- 11) O sistema e as formas de remuneração do trabalho científico, intelectual e laborativo-manual dos agentes privados alinhados a esta forma específica de parceria estratégica público-privada deverão ser realizados segundo a lógica participativa e distributiva, que assegure a dignidade material, pessoal, subjetiva e espiritual dos trabalhadores mobilizados pelo sistema. A lógica da economia solidária e as práticas do preço justo deverão pautar proativamente a implementação e o funcionamento das cadeias e arranjos produtivos que integrem o sistema proposto por este modelo.

- 12) O diagrama de bloco de malha fechada desempenhará o papel de: assegurar organizativa e tecnicamente a eficaz articulação entre a iniciativa inventiva da sociedade civil e os interesses estratégicos das agências públicas (e, por conseguinte, do Estado brasileiro). Deverá também promover a distribuição harmônica e equitativa do produto do trabalho global realizado, do valor agregado pelos inventos, projetos e processos produzidos e desenvolvidos segundo esse modelo lógico-sistêmico, e da riqueza material, intelectual e cultural criada no interior do circuito. O referido diagrama deverá ainda garantir, através de seus aplicativos metodológicos e organizacionais, a construção do ferramental necessário ao desenvolvimento econômico e social dos atores envolvidos no processo de criação de linhas de sinergia que potencializem a estruturação de parcerias estratégicas.

- 13) No modelo aqui proposto, as organizações da sociedade civil de interesse público (OSCIPs) operam, sistemicamente e segundo a lógica de circuito integrado, o processo de catálise e impulsão do processo de alinhamento estratégico público-privado. Na medida em que se constitui como ferramental organizativo-jurídico imprescindível à ativação e ao funcionamento eficaz do modelo sistêmico aqui proposto, recorre-se aos marcos conceituais e normativo-jurídicos desta forma de organização: As

Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP) são dispostas no artigo 1º da Lei nº 9.790, de 23 de março de 1999, qualificando seus elementos como: “pessoas jurídicas de direito privado, sem fins lucrativos, desde que os respectivos objetivos sociais e normas estatutárias atendam aos requisitos instituídos por esta Lei”. As referidas linhas de ação (bem como o sistema operacional a que se presta este modelo), têm como força propulsora as organizações da sociedade civil de interesse público, cuja forma jurídica encontra-se em perfeita consonância com o que estabelece o artigo 3º da Lei nº 10.973/2004: “A União, os Estados, o Distrito Federal, os Municípios e as respectivas agências de fomento poderão estimular e apoiar a constituição de alianças estratégicas e o desenvolvimento de projetos de cooperação envolvendo empresas nacionais, ICT e organizações de direito privado sem fins lucrativos voltadas para atividades de pesquisa e desenvolvimento, que objetivem a geração de produtos e processos inovadores” (grifo nosso). No sistema de parceria estratégica, proposto por este modelo, lança-se mão, então, de uma convergência normativo-legal proporcionada pelo que estabelece a Lei nº 9.790/1999 e a Lei nº 10.973/2004 e, desse modo, infere-se jurídico-legalmente que a essa natureza de organização poderá ser atribuída a finalidade de desenvolvimento da pesquisa, do ensino, do desenvolvimento institucional e da promoção de benefícios científicos, tecnológicos e socioeconômicos. As OSCIPs engendradas no âmbito dessa tecnologia social serão integradas por pesquisadores, cientistas, engenheiros, juristas, tecnólogos, profissionais liberais, por profissionais dos diversos ramos da produção industrial, agropecuária, do setor de serviços e de empresas de base tecnológica, bem como por inventores independentes (tal como dispõe Lei nº 10.973/2004, em seu artigo 2º, inciso IX) e inventores industriais (tal como dispõe a CF em seu artigo 5º, inciso XXIX). Esses atores serão alinhados por meio de um contrato estatutário de parceria simbiótica e balizados por um código de ética definido regimentalmente.

14) Na medida em que esse ferramental é integrado por duas unidades interconectadas, uma de caráter eminentemente tecnológico-científico (diagrama de bloco de malha fechada) e outra de

natureza precipuamente jurídico-legal, ressalta-se a seguir fundamentos normativos que endossam esta segunda unidade constitutiva:

O concurso público é uma modalidade de licitação prevista no artigo 22 da Lei nº 8.666 de 21 de junho de 1993. A mesma lei, em seu artigo 24, estabelece que "É dispensável a licitação": "- na contratação de instituição brasileira incumbida regimental ou estatutariamente da pesquisa, do ensino ou do desenvolvimento institucional" (inciso XIII); "- na contratação realizada por Instituição Científica e Tecnológica - ICT ou por agência de fomento para a transferência de tecnologia e para o licenciamento de direito de uso ou de exploração de criação protegida" (inciso XXV, Incluído pela Lei nº 10.973, de 2004); "- na celebração de contrato de programa com ente da Federação ou com entidade de sua administração indireta, para a prestação de serviços públicos de forma associada nos termos do autorizado em contrato de consórcio público ou em convênio de cooperação" (inciso XXVI, incluído pela Lei nº 11.107, de 2005).

As organizações da sociedade civil de interesse público são instituídas por um conjunto de leis, pela Constituição Federal e viabilizadas por meio do Regime Democrático Pleno em seus direitos difusos e coletivos, já fixados pelo Supremo Tribunal Federal no ato de decisão de uma ação civil pública: "Os interesses individuais, embora pertinentes a pessoas naturais, se visualizados em seu conjunto, em forma coletiva e impessoal, transcendem a esfera de interesse puramente individual e passam a constituir interesses da coletividade como um todo" (STF, Resp nº 49.272-6, RS, Rel. Min. Demócrito Reinaldo, j. 21-9-94), excerto retirado do livro *Fundamentos Jurídicos – Interesses Difusos e Coletivos*, de Gianpaolo Poggio Smanio, 2007, página 9.

15) O acionamento e a implementação deste *Modelo Jurídico Tecnológico Institucional de Utilidade Pública: Sistema de Parceria Estratégica*, tal como proposto, será garantido por uma Ação Popular, fundamentada na estrutura normativo-legal brasileira, a ser representada junto ao Ministério Público da União. O Estado Democrático de Direito, e sua respectiva estrutura normativo-legal, assegura a essa ação popular criadora a

autenticidade, a utilidade, a legitimidade, a oportunidade, a legalidade e a economicidade. O imperativo desta premissa é endossado por Hely Lopes Meireles, em seu livro *Direito Administrativo Brasileiro* (São Paulo-1979, 7ª edição, página 6): “O conceito de Direito Administrativo Brasileiro, para nós, sintetiza-se no conjunto harmônico de princípios jurídicos que regem os órgãos, os agentes e as atividades públicas tendentes a realizar concreta, direta e indiretamente os fins desejados pelo Estado.”

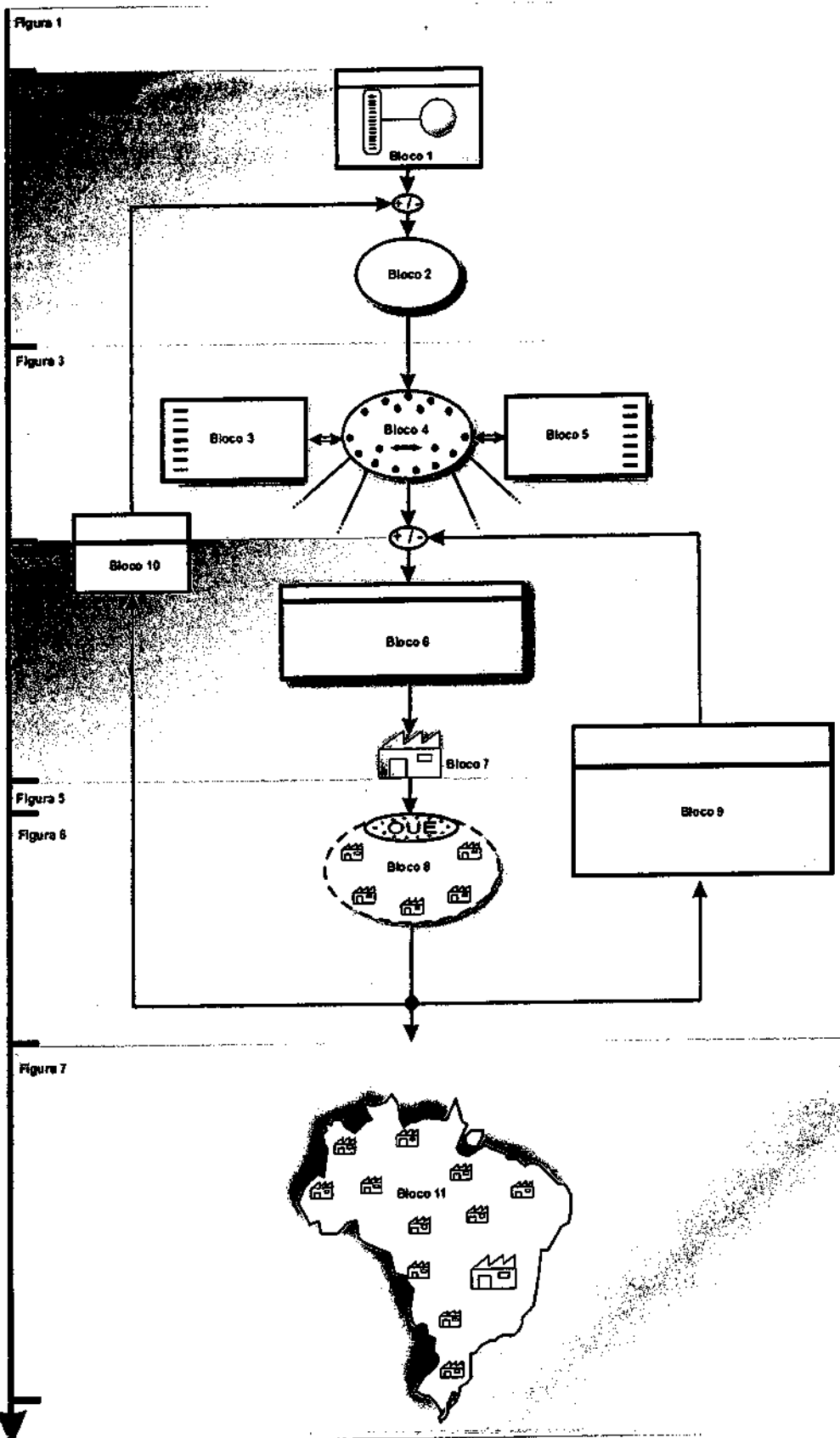
16) No artigo 127 da Constituição Federal (Carta que, entre outras prerrogativas, normatiza o funcionamento e as finalidades do estado nacional brasileiro), lê-se: o “Ministério Público é instituição permanente, essencial à função jurisdicional do Estado, incumbindo-lhe a defesa da ordem jurídica, do regime democrático e dos interesses sociais e individuais indisponíveis”. Do artigo primeiro da PORTARIA MDIC/GM Nº 130, DE 11 DE JUNHO DE 2008, depreende-se: “O Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI, autarquia federal criada pela Lei nº 5.648, de 11 de dezembro de 1970, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, com sede e foro no Distrito Federal, tem por finalidade principal executar, no âmbito nacional, as normas que regulam a propriedade industrial tendo em vista a sua função social, econômica, jurídica e técnica, bem como pronunciar-se quanto à conveniência de assinatura, ratificação e denúncia de convenções, tratados, convênios e acordos sobre propriedade industrial, conforme a legislação em vigor (...)”.

Este documento, amparado na estrutura normativo-legal supra-relacionada, leva os conteúdos aqui dispostos ao conhecimento do Instituto Nacional de Propriedade Industrial e ao conhecimento do Ministério Público da União e, desse modo, e por este meio, cria um vínculo de compromissos legais, normativos, morais e éticos.

17) Por meio deste documento de reivindicação de patente e da lógica de circuito integrado que fundamenta este modelo, concebido em consonância e conexão sistêmica com o conjunto normativo legal supra-relacionado, autentica-se esta tecnologia social e aciona-se a implementação da primeira Organização da Sociedade Civil de Interesse

Público (OSCIP), denominada *Organização Inovações UEMG (OIUEMG)*, que desempenhará o papel inicializador, motriz e impulsionador dos alinhamentos estratégicos a serem deflagrados em todo o território nacional, tal como propugnado nos conteúdos deste texto.

DESENHO 1



DESENHO 2

FIGURA 1

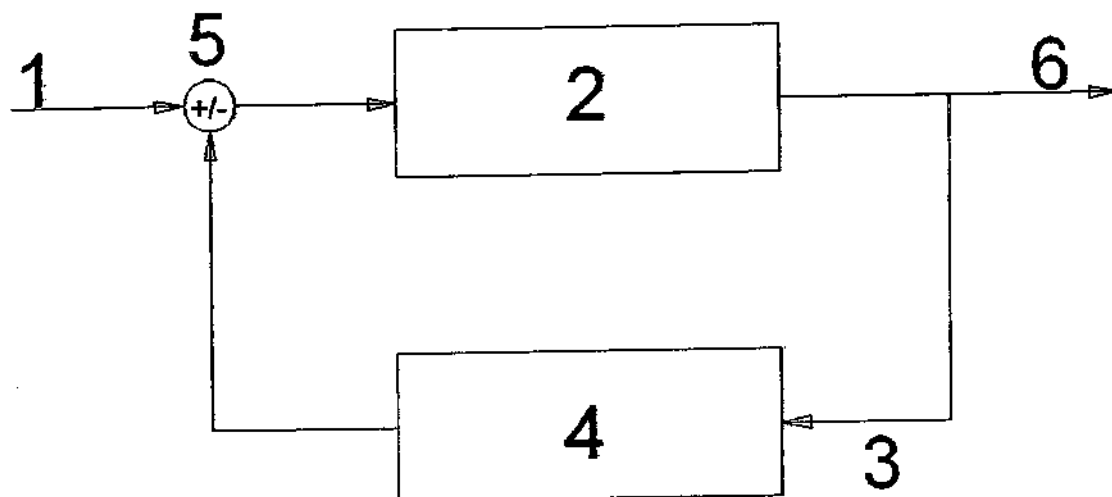
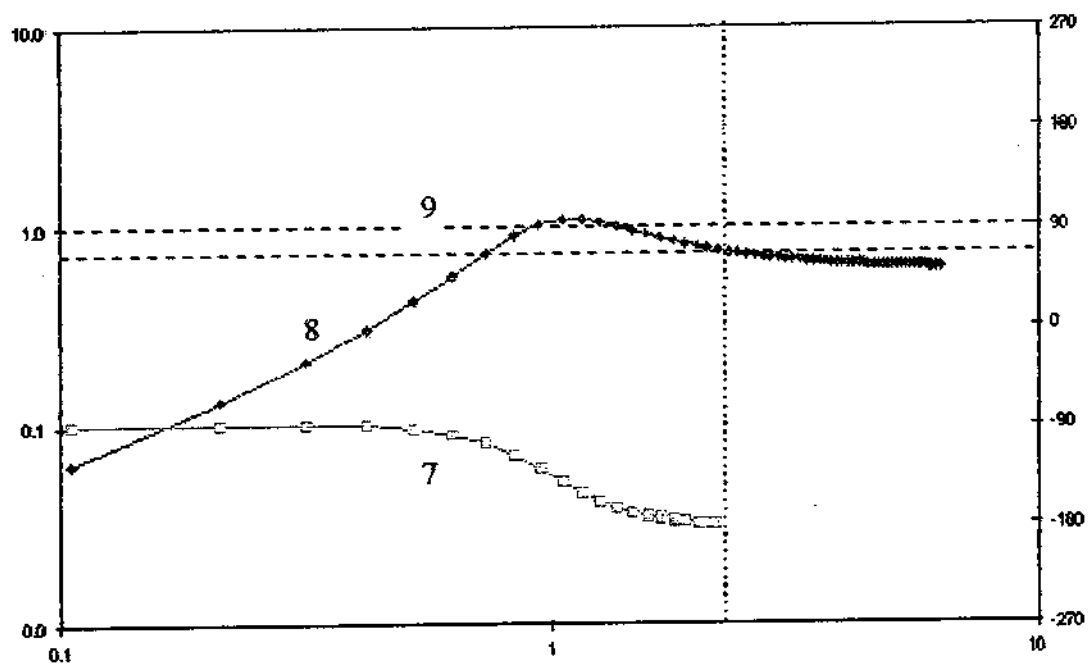


FIGURA 2



RESUMO

"MODELO JURÍDICO TECNOLÓGICO INSTITUCIONAL DE UTILIDADE PÚBLICA: SISTEMA DE PARCERIA ESTRATÉGICA" proposto é uma tecnologia social que se materializa sob a forma de um *Fluxograma de Controle Cronológico de Desenvolvimento*, por meio do qual são acionadas formas específicas de parcerias estratégicas. O modelo é mensurado, monitorado e controlado por um ferramental da engenharia de controle, conhecido como digrama de bloco de malha fechada. Por meio deste diagrama de bloco obtém-se o equacionamento sistêmico, que é dado pelas funções de transferência, garantindo a construção de mecanismos de eficiência e estabilidade de operação. Esse ferramental é aplicado no desenvolvimento de parcerias estratégicas e institucionais envolvendo, sistêmica e sinergicamente, instituições científicas e tecnológicas, organizações da sociedade civil de interesse público, agências de fomento, núcleos de inovação tecnológica, parques tecnológico-industriais, micro, pequenas e médias empresas de base tecnológica, inventores independentes e inventores industriais.

O modelo, portanto, é um ferramental social dinâmico, que mobiliza as dimensões societais públicas e privadas proporcionando o alinhamento e o desenvolvimento integrado de agentes da sociedade civil e das estruturas do estado em consonância com a lógica do circuito integrado de controle.



STARTUP OSC OIKA TECNOLOGIA & INOVAÇÃO – L. 13.019/14 / ART. 3 & 19. L. 10.973/04
ORGANIZAÇÃO PROSPECTORA DE ALIANÇAS ESTRATÉGICAS CIENTISTAS E CADADORES – L. 12.305/10
REQUER ADOÇÃO DE INVENTO ALIANÇAS INTER SETORIAIS AO GERENCIAMENTO RSU – L.13.243/16 & L. 13.576/17
EFETIVA EXTENSÃO COOPERADO AO CONSTRUCTO MÁQUINAS SUSTENTABILIDADE DETERMINANTES SUS L. 8080/1990

VISITA DE EXTENSÃO À PRODUÇÃO TÉCNICO –INVENTIVA

Data da Visita: 31 /03/2023 - Horário de Saída: 7:30 Horário de Retorno: 13:30

Local da Visita: **Inca Ambiental** – Incineração de Resíduos Hospitalares e outros.

Visitante: **Hermano da Silveira** - Curso: Pós-Graduação em Biocombustível IQUFU/UFVJM

Visitante Servidores EBSEH - Suporte Extensão: **Halinsson Silva, Pricila Moreira,**

Acompanhante no INCA: **Leonardo Cavalcante** (Gerente), **Laiana Cruz** (Assistente)

Duração da atividade no local agendado: 2 horas

Avaliação Propositiva: O atual processo de incineração mostra-se deficiente se comparadas parâmetros de ODS/ONU. Propõem solução, pelas alianças estratégicas de cooperação Inter setorial e efetiva extensão. Pede-se adoção de “modelo jurídico tecnológico institucional de utilidade pública”, empregado à atividade auto –gestoras ao melhoramento da eficiência de processo industrial, e, desenvolvimento de planta de pirolise cooperada com associações de catadores de reciclagem em atendimento ao PNRS – art. 4º Lei nº 12.305/2010.

1- Descrição da atividade externa:

Chegamos por volta das 9:30.

Fomos muito bem recepcionados pelo Gerente Industrial e pela Assistente de Vendas, quem nos ofereceram um café com uma conversa de 15 minutos, onde assistimos o filme de atividades da empresa Inca – Ambiental. Nos explicaram sobre o processo de incinerados, sobre os resíduos hospitalares e rejeitos de defensivos agrícolas, entre outros resíduos indesejados que passam na incineração. Relatou-nos que os resíduos que chegam de fora, são etiquetados antes de passarem incineração nos fornos.

Fonte1: (https://www.youtube.com/watch?v=hH3RLqO1IYY&t=306s&ab_channel=BenvidoSirtoliGardimanJunior)

Adiantou-nos que os gases são lavados, antes de serem lançados na atmosfera. Em relação a perda de massa: 15% do resíduo incinerado torna-se cinzas. Indicou-nos o desejo fabril de inovação: Construir de equipamento de pirolise para melhorar o aproveitamento térmico dos resíduos e gases de síntese. Nestas trocas de informação, aproveitamos para indicar que 300 kg/h de resíduos sólidos queimados, possui potencial de geração de energia de 220 kWh, suficiente para abastecer 800 casas populares. Fonte-2 (<https://comunica.ufu.br/noticia/2022/12/projeto-da-ufu-e-outras-instituicoes-busca-estruturar-usina-termoquimica-no-campus#:~:text=Um%20projeto%20de%20pesquisa%20desenvolvido,termoqu%C3%ADmica%20experimental%20no%20Campus%20GI%20C3%B3ria>).

Andamos pelas dependências da fábrica, vimos o espaço de recepção de resíduos e a etiquetagem de identificação, antes da incineração. Vimos a linha de produção da fábrica, onde tem a entrada de resíduos: pelo 1) Alimentador de batelada do forno, 2) o Fornos de incineração que funcionam a bateladas, 3) a tubulação exaustores que aspiram a fumaça e gases de síntese dos fornos para as 4) Torre de lavagem de gases por aspersão d'água, 5) Tova de recolhimento de cinzas, 6) filtrados tanque borbilhado de água e por fim saída de gases lavado para atmosfera. Abaixo fotos de documentar o presente processo de investigação científica:



STARTUP OSC OIKA TECNOLOGIA & INOVAÇÃO – L. 13.019/14 / ART. 3 & 19. L. 10.973/04
 ORGANIZAÇÃO PROSPECTORA DE ALIANÇAS ESTRATÉGICAS CIENTISTAS E CADADORES – L. 12.305/10
 REQUER ADOÇÃO DE INVENTO ALIANÇAS INTER SETORIAIS AO GERENCIAMENTO RSU – L.13.243/16 & L. 13.576/17
 EFETIVA EXTENSÃO COOPERADO AO CONSTRUCTO MÁQUINAS SUSTENTABILIDADE DETERMINANTES SUS L. 8080/1990



F1- Recepção Armazenamento



F2- Resíduos p/ Incineração



F3 - Forno de Incineração



F4- Forno e Exaustor Cinzas



F5- Soprador do Queimador



F6- Exaustor de cinzas



F7- Torre de Lavagem /



F8- Tanque Recolhe Cinzas



F9- Exaustor Sistema



F10 - Tanque entre torres



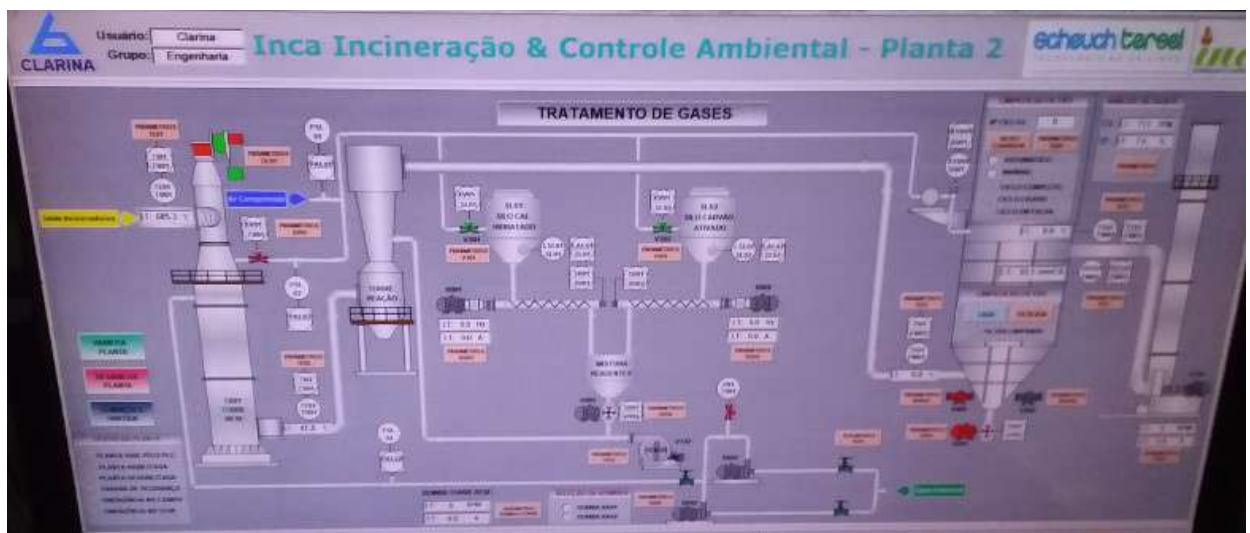
F11- Torres Redução Térmica



F12- Tubulação p/



F13- Tubulação p/ Fumaça



F14- Quadro de Controle ao Tratamento de Gases

Cliente	Data de Entrada	Transportador	MTR de Gerador	Nota Fiscal / Ticket	Etiqueta	Armazenamento	Descrição do Produto	Data de Destinação	Peso das Cargas	Paleta Recebida	Paletas Tratadas
Stenicycle - Uberlândia	22/08/2023	POU-2009	53032	10815/13543	62971	A Granel	Industrial	28/08/2023	6.868,00	1	1
Stenicycle - Uberlândia	23/08/2023	POU-2009	53032	10816/13544	62972	A Granel	Industrial	28/08/2023	527,00	1	1
Stenicycle - Uberlândia	28/08/2023	POU-2009	53037/33094	10817	62737	Big Bag	Industrial	28/08/2023	520,00	1	1
Stenicycle - Uberlândia	29/08/2023	POU-2009	53037/33094	10818	62738	Don'tons	BSS-R2/A3	28/08/2023	280,00	1	1
Total Geral:									6.935,00	4	4

F15 - Quadro de Etiquetagem - EBSERH

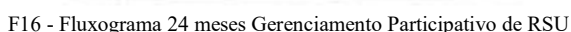
2- Conclusões, Sugestões e Proposições:

Percebemos a organização na etiquetagem dos produtos, antes de serem incinerados. Identificou-se que na linha de produção fabril, os gases de síntese são lavados em torres e passam por aborbulhamentos em tanques de água, que capturam os elementos químicos mais pesados; no entanto, permitem os mais leves a serem lançados na atmosfera.



Propõe-se solução que passa pela integração de esforços Inter setorial: públicos, organizacional, privados; em aspirações comuns de melhoramento de processos de rastreamento, aproveitamento energético dos produtos incinerados. Interesses comuns desta empresa Inca Ambiental, responsável pela incineração; do EBSERH – Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (Lei nº 12.550/2011), geradores de resíduos hospitalares, e, junto a UFU – Universidade Federal de Uberlândia, são responsáveis pela prática de efetiva extensão (Lei nº 13.243/2016); e, pesquisador demandante diretor de OSC Oika, prospectora de pessoas: catadores, cientistas, profissionais liberais (Lei nº 13.019/14, Lei nº 13); objetiva promoção geradoras de atividades de trabalho e renda com produtos de bioenergia, biocombustíveis, bi fertilizantes, grafenos; em termos de bioeconomia popular solidária.

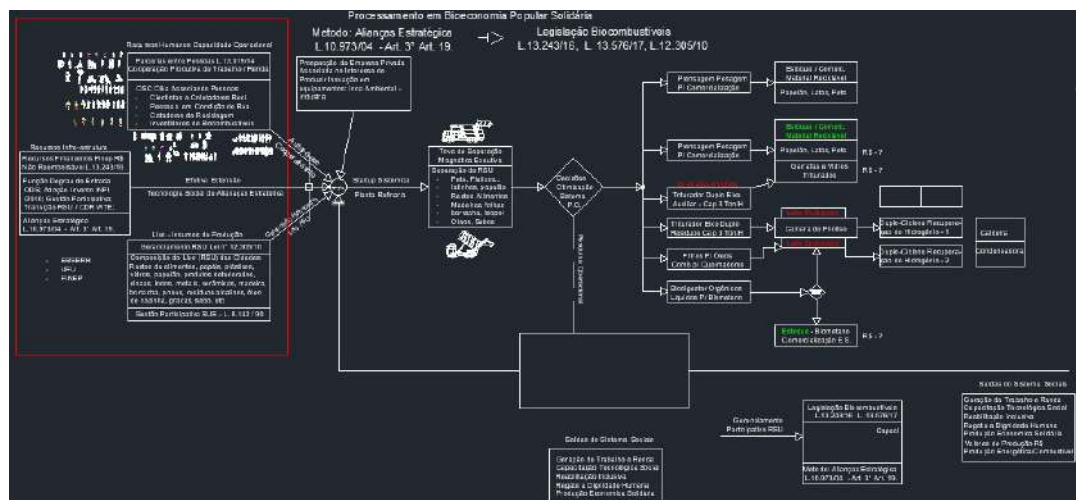
Solução de inovação organizacional, em modelo cooperativo em vias de efetiva extensão, às alianças estratégicas associativas de pessoas, sociedade civil não organizada no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. Atendendo a PNRS da Lei nº 12.305/2010, pelo art. 3º e 19. Lei nº 10.973/4, pelo art. 22. Lei nº 13.243/16. Onde pede-se adoção inventiva de modelo de utilidade pública à evolução de alianças estratégicas Inter setoriais, publicação INPI/2010.





STARTUP OSC OIKA TECNOLOGIA & INOVAÇÃO – L. 13.019/14 / ART. 3 & 19. L. 10.973/04
ORGANIZAÇÃO PROSPECTORA DE ALIANÇAS ESTRATÉGICAS CIENTISTAS E CADADORES – L. 12.305/10
REQUER ADOÇÃO DE INVENTO ALIANÇAS INTER SETORIAIS AO GERENCIAMENTO RSU – L.13.243/16 & L. 13.576/17
EFETIVA EXTENSÃO COOPERADO AO CONSTRUCTO MÁQUINAS SUSTENTABILIDADE DETERMINANTES SUS L. 8080/1990

O invento propõe parcerias Inter setoriais: primeiro -terceiro- segundo, setores em desenvolvimento de máquinas, equipamentos, e, processos industriais inventivos para a transição de resíduos para: energia, biocombustível, grafenos. Alianças estratégicas de efetiva extensão organizativa de OSC (Lei 13.019/14), às atividades produtiva e pedagógicas aos termos de Bioeconomia Popular Solidária, invocativa dos ODS em Determinante da Saúde SUS. Então, somamos aos esforços de cooperação construtiva da ODS/ONU, no desenvolvimento de solução tecnológica de baixo ou zero teor de emissão de carbono.



F17 - Fluxograma de Operação – Proposição Alianças Inter Setoriais de Economia Solidária

3 – Agradecimentos e Demanda:

Agradeço a cada pessoa envolvida que colaboraram com atividade. Anexo manifesto interesse vaga temporária em cargo científico. Peço adoção inventiva de modelo de utilidade pública para realização de alianças estratégicas descritas na legislação. Trata de atividades cooperadas Autopoiese, onde indica fonte de recurso Finep. Somam-se aos esforços mundiais de cooperação aos objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU.

Fonte-3 – (<https://github.com/orgs/Oika-Tecnologia-Inovacao/discussions/3>)

Solicita-se o encaminhamento de acesso a efetiva extensão realizadora de atividade cooperadas Inter setorial inventiva, em constructo de máquinas e equipamentos de transição de resíduos para energia, combustíveis, grafenos, em vias organizativas parcerias OSC Oika.

Pede-se em Deferimento o Apoio.

Uberlândia, 10 /04 / 2023

Pesquisador: Hermano da Silveira – OSC Oika
Demanda Adoção Inventiva - Art. 22 Lei 13.243/2016