



**INSTITUTO
FEDERAL**
Espírito Santo

I SIMAC

I SEMINÁRIO INTEGRADO DE MEIO AMBIENTE,
SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS DO CAPARAÓ



CONTROLE AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DE CELULOSE

Professor IFES: Nelson R.N. Del' Antonio

Doutorando: Ciências Florestais - UFV

MSc. Tecnologia de Celulose e Papel - UFV

Engenheiro Ambiental - UFV

IBATIBA - ES
MARÇO - 2021

CONTROLE PREVENTIVO DA POLUIÇÃO

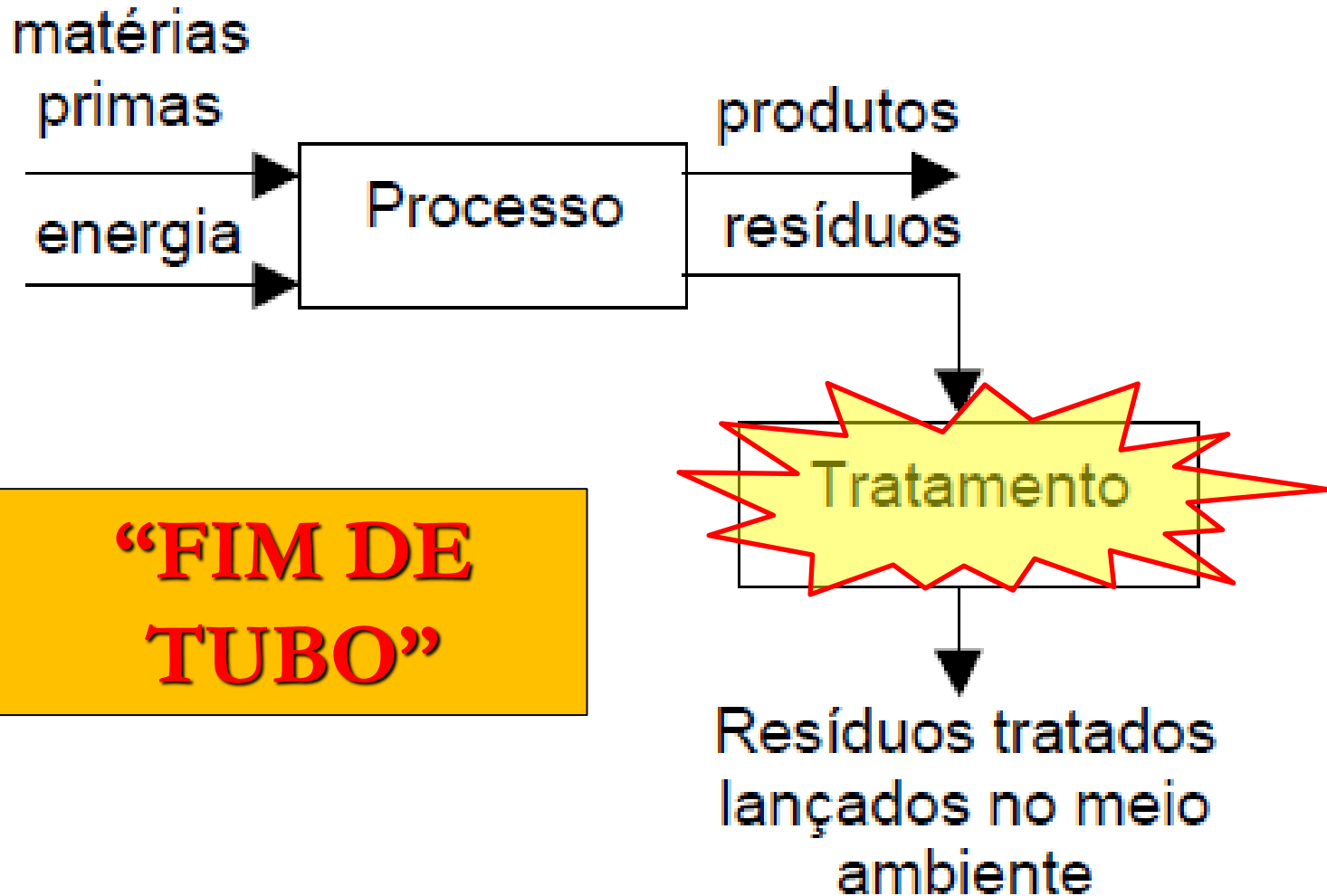
Qualquer ação que reduza ou elimine os poluentes na sua fonte de geração, mediante a modificação dos processos produtivos e/ou suas matérias primas.

CONTROLE PREVENTIVO DA POLUIÇÃO

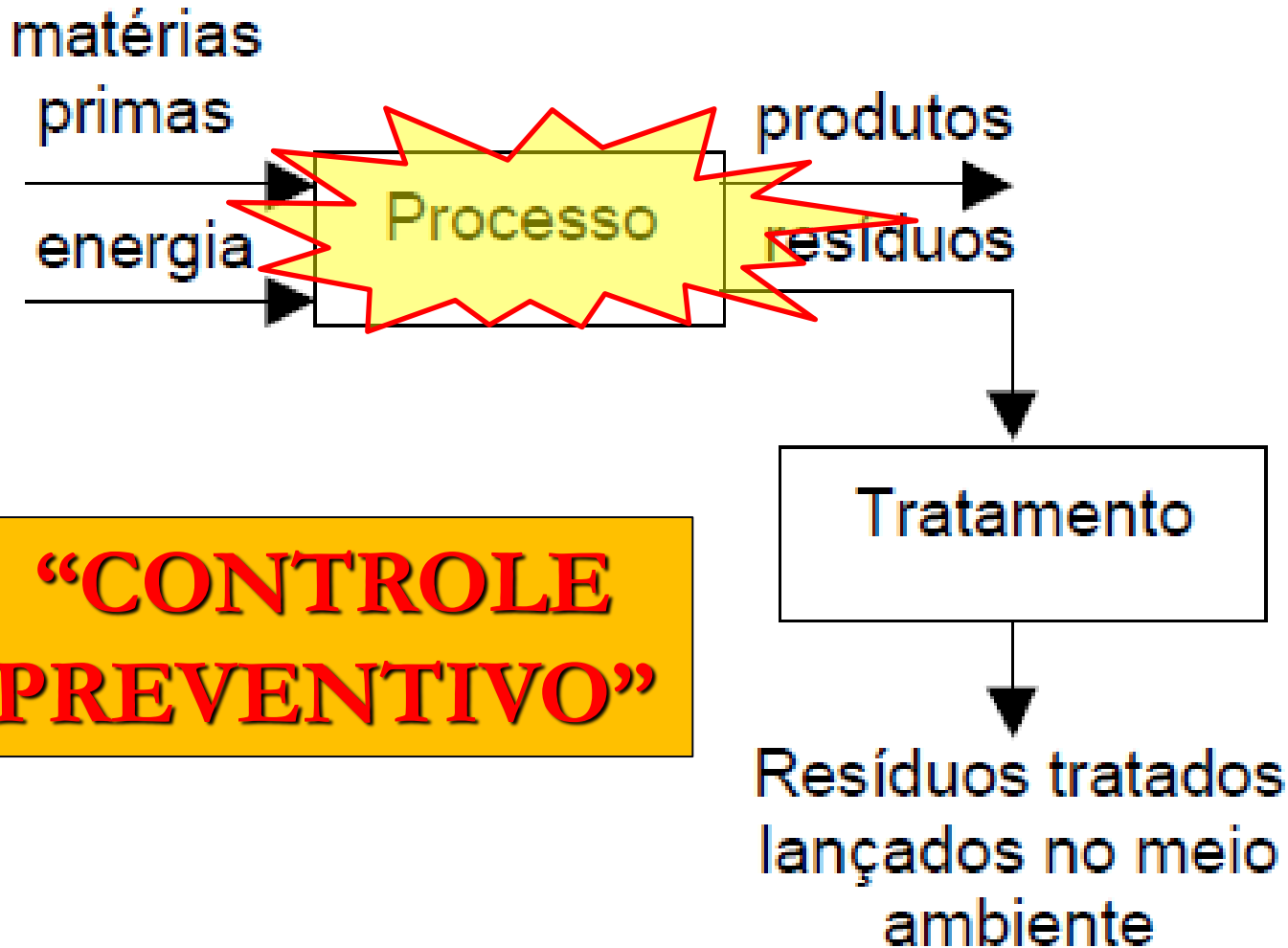
HIERARQUIA DO CONTROLE PREVENTIVO DA POLUIÇÃO



CONTROLE PREVENTIVO DA POLUIÇÃO



CONTROLE PREVENTIVO DA POLUIÇÃO



CONTROLE PREVENTIVO DA POLUIÇÃO

Redução na Fonte

```
graph TD; A[Redução na Fonte] --> B[Mudanças no Produto]; A --> C[Mudanças no Processo]; C --> D[Mudanças na matéria prima<br/>Purificação da matéria prima<br/>Utilização de matéria prima menos poluente]; C --> E[Mudanças Tecnológicas<br/>Nova tecnologia<br/>Aumento da automatização<br/>Melhoria das condições operacionais]; C --> F[Melhorias de Operação e Manutenção<br/>Procedimentos de operação e manutenção<br/>Treinamento<br/>Práticas gerenciais];
```

Mudanças no Produto

Mudanças no Processo

Mudanças na matéria prima
Purificação da matéria prima
Utilização de matéria prima menos poluente

Mudanças Tecnológicas
Nova tecnologia
Aumento da automatização
Melhoria das condições operacionais

Melhorias de Operação e Manutenção
Procedimentos de operação e manutenção
Treinamento
Práticas gerenciais

CONTROLE PREVENTIVO DA POLUIÇÃO

TÉCNICAS PARA REDUÇÃO DA POLUIÇÃO
ORDEM DE APLICAÇÃO

PRIMEIRO → NO FIM

**CONHECER A FUNDO O
PROCESSO PRODUTIVO**

MUDANÇAS NO PRODUTO · CONTROLE NA FONTE · REGENERAÇÃO E REÚSO · RECUPERAÇÃO · SEPARAÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE RESÍDUO

**LÁ É QUE SERÃO ENCONTRADAS
AS OPORTUNIDADES DE
REDUZIR A POLUIÇÃO**

Hierarquização de ações de produção limpa.
Fonte: adaptado de LaGrega *et al.*(1994)

Prevenção da Poluição

INCINERAÇÃO

DISPOSIÇÃO FINAL

Fim de Tubo

CONTROLE PREVENTIVO DA POLUIÇÃO

Vantagens:

- Redução dos custos com tratamento externo
- Riscos ambientais menores
- Tendência da legislação mundial baseada em padrões de lançamento setorial
- SGA's são baseados essencialmente na prevenção da poluição

CONTROLE PREVENTIVO DA POLUIÇÃO

Desafios:

- Investimentos (recursos financeiros e humanos);
- Convencimento da Alta Direção;
- Convencimento da Produção;
- Padrão de Qualidade do Produto;
- Legislação/Órgão Licenciador;
- Pré-conceitos;

TIPOS DE FIBRAS PARA CELULOSE



- Cultivado no Brasil desde o início do séc. 20
- Fibras curtas > alta qualidade de impressão e maciez;
- Colheita de 6 a 7 anos
- Alta Produtividade



- Plantado no Brasil desde anos 50
- Fibra longa > Resistência
- Colheita 16 a 25 anos
- Construção civil e setor moveleiro

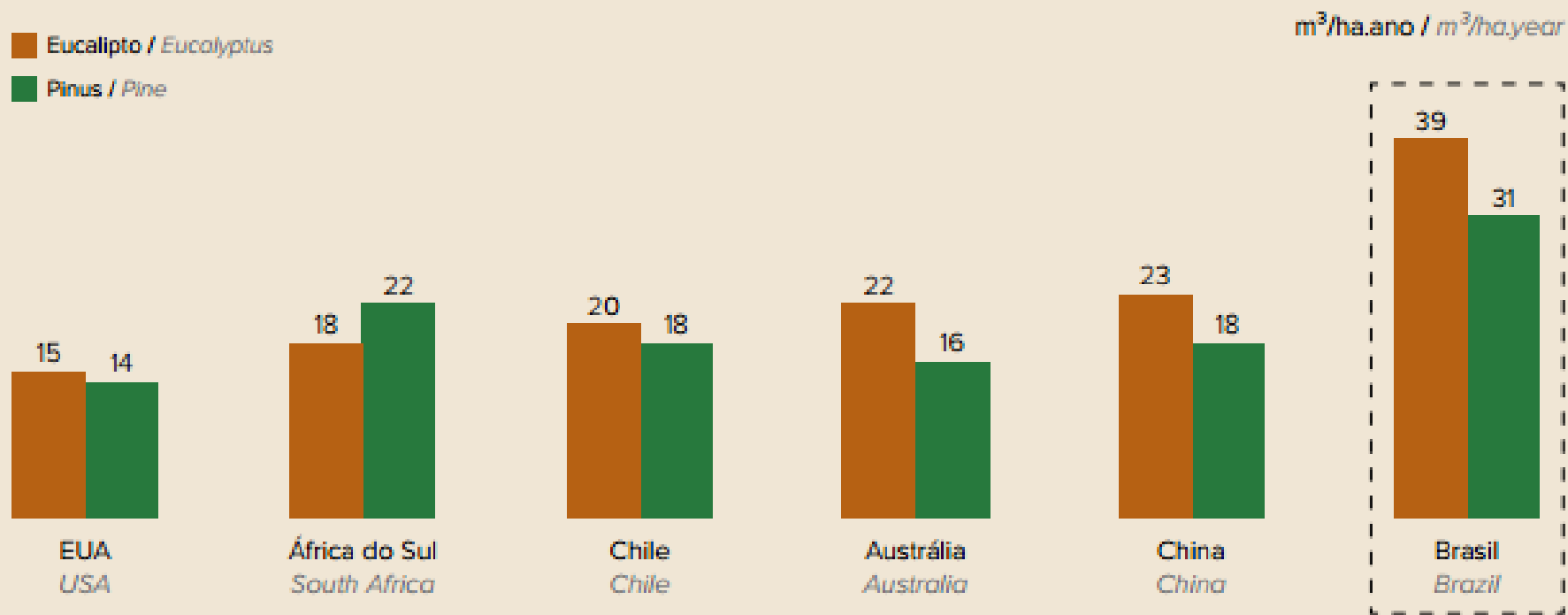
MADEIRAS PLANTADAS

Áreas de árvores plantadas no Brasil por estado e gênero, 2015 / *Area of planted trees in Brazil by state and by species, 2015*



PRODUTIVIDADE FLORESTAL

PRODUTIVIDADE FLORESTAL NO BRASIL VERSUS OUTROS IMPORTANTES PLAYERS MUNDIAIS
FOREST PRODUCTIVITY IN BRAZIL VERSUS OTHER SIGNIFICANT PLAYERS WORLDWIDE

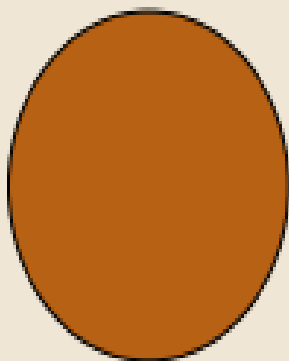


FONTE: IBÁ E PÖYRY (2014) / SOURCE: IBÁ AND PÖYRY (2014)

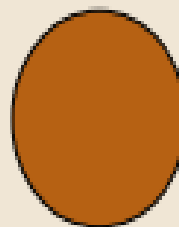
COMPETITIVIDADE DO BRASIL

ÁREA PARA ABASTECER UMA PLANTA DE CELULOSE DE 1,5 MILHÃO DE T/ANO
AREA DEMANDED TO SUPPLY A PULP MILL WITH 1.5 MILLION T/YEAR CAPACITY

Escandinávia
Scandinavia
720 mil (ha)
720 thousand (ha)



China
China
300 mil (ha)
300 thousand (ha)



Brasil
Brazil
140 mil (ha)
140 thousand (ha)



FONTE: PÓYRY (2014) / SOURCE: PÓYRY (2014)

PRODUTIVIDADE FLORESTAL

IMA
m³/ha/ano

44

Produtividade Florestal Brasileira é
a melhor do mundo

Fibras Curtas

25

20

12

6

Brasil

Chile

Africa

Iberia

Scandinavia

Rotação
anos

7

10

12

15

40

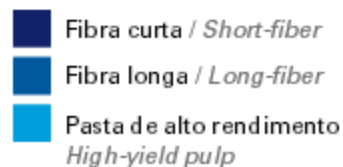
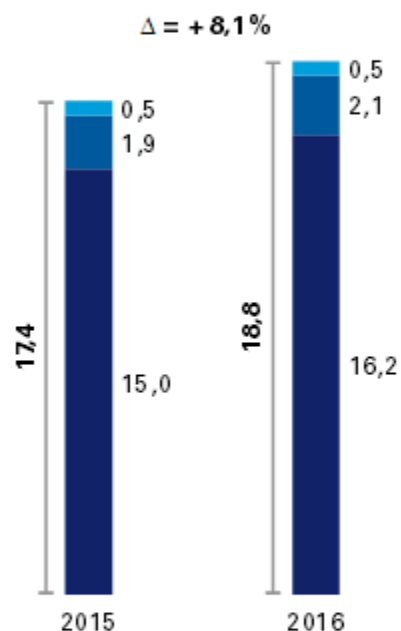


PROTAGONISMO DO BRASIL

PRINCIPAIS INDICADORES DO SEGMENTO DE CELULOSE / MAIN INDICATORS IN THE PULP SECTOR

Produção brasileira de celulose Brazilian pulp production

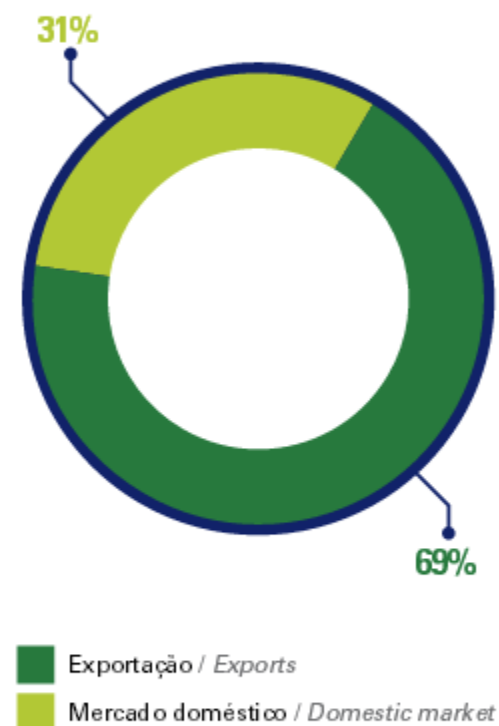
Milhões (t) / Million (t)



Principais produtores mundiais Main producers worldwide

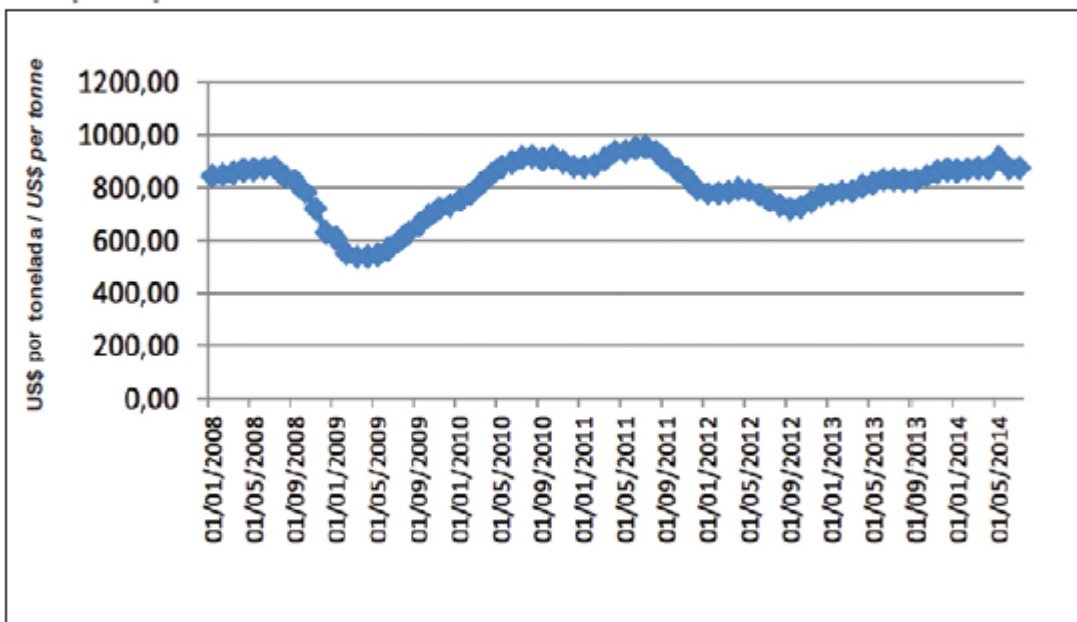
	País Country	Produção Milhões (t) Production Million (t)
1º	EUA / USA	48,5
2º	Brasil / Brazil	18,8
3º	Canadá / Canada	17,0
4º	China / China	16,8
5º	Suécia / Sweden	11,1
6º	Finlândia / Finland	10,3
7º	Japão / Japan	8,7
8º	Rússia / Russia	8,0
9º	Indonésia / Indonesia	6,8
10º	Chile / Chile	5,1

Destino da celulose brasileira Destinations for brazilian pulp



PREÇOS MÉDIOS

Preço CIF em dólar da tonelada de celulose de fibra longa nos portos do Norte - Europa / Price CIF in dollars per tonne of long fibre pulp on North European ports



Fonte: Banco Mundial / Source: World Bank

Suzano anuncia novo aumento no preço da celulose de fibra curta

Segundo a Ágora Investimentos, a Suzano anunciou um novo aumento, desta vez, de US\$ 50 por tonelada no preço da celulose de fibra curta na China. Com o aumento, válido para vendas a partir de 1º de fevereiro, os preços serão fixados em US\$ 580/tonelada. As informações são da Fastmarkets Risi.

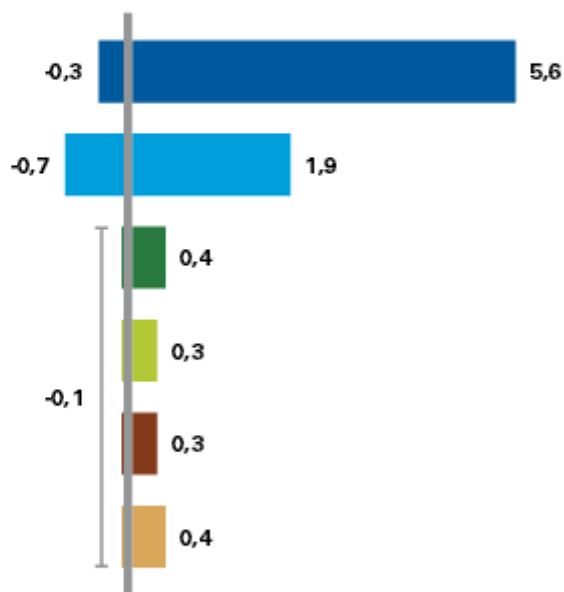
PROTAGONISMO DO BRASIL

BALANÇA COMERCIAL DOS SEGMENTOS DO
SETOR DE ÁRVORES PLANTADAS, 2016
*TRADE BALANCE FOR THE PLANTED TREE
INDUSTRY BY SEGMENT, 2016*

US\$ Bilhões / *US\$ Billion*

Importação
Imports

Exportação
Exports



Celulose / *Pulp*

Papel / *Paper*

Compensado / *Plywood*

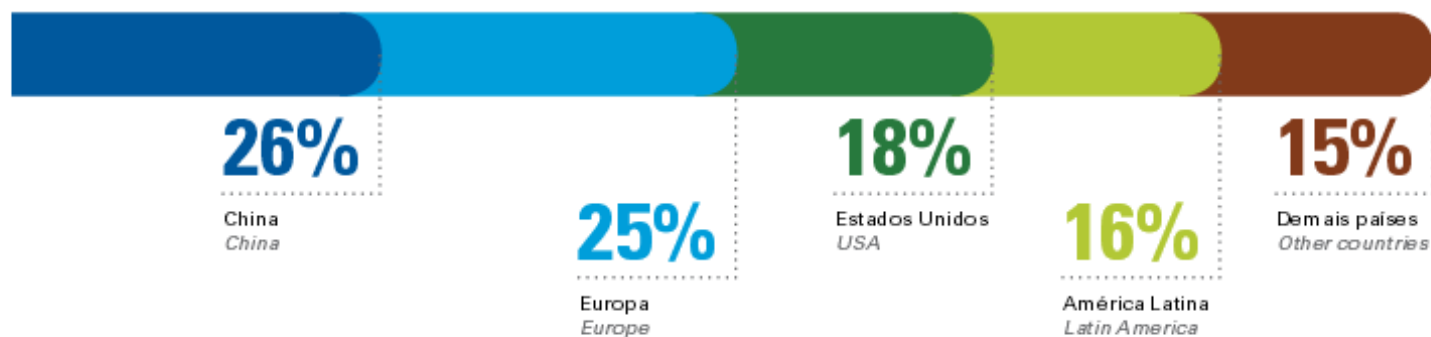
Serrados / *Panels*

Painéis / *Lumber*

Outros / *Others*

PROTAGONISMO DO BRASIL

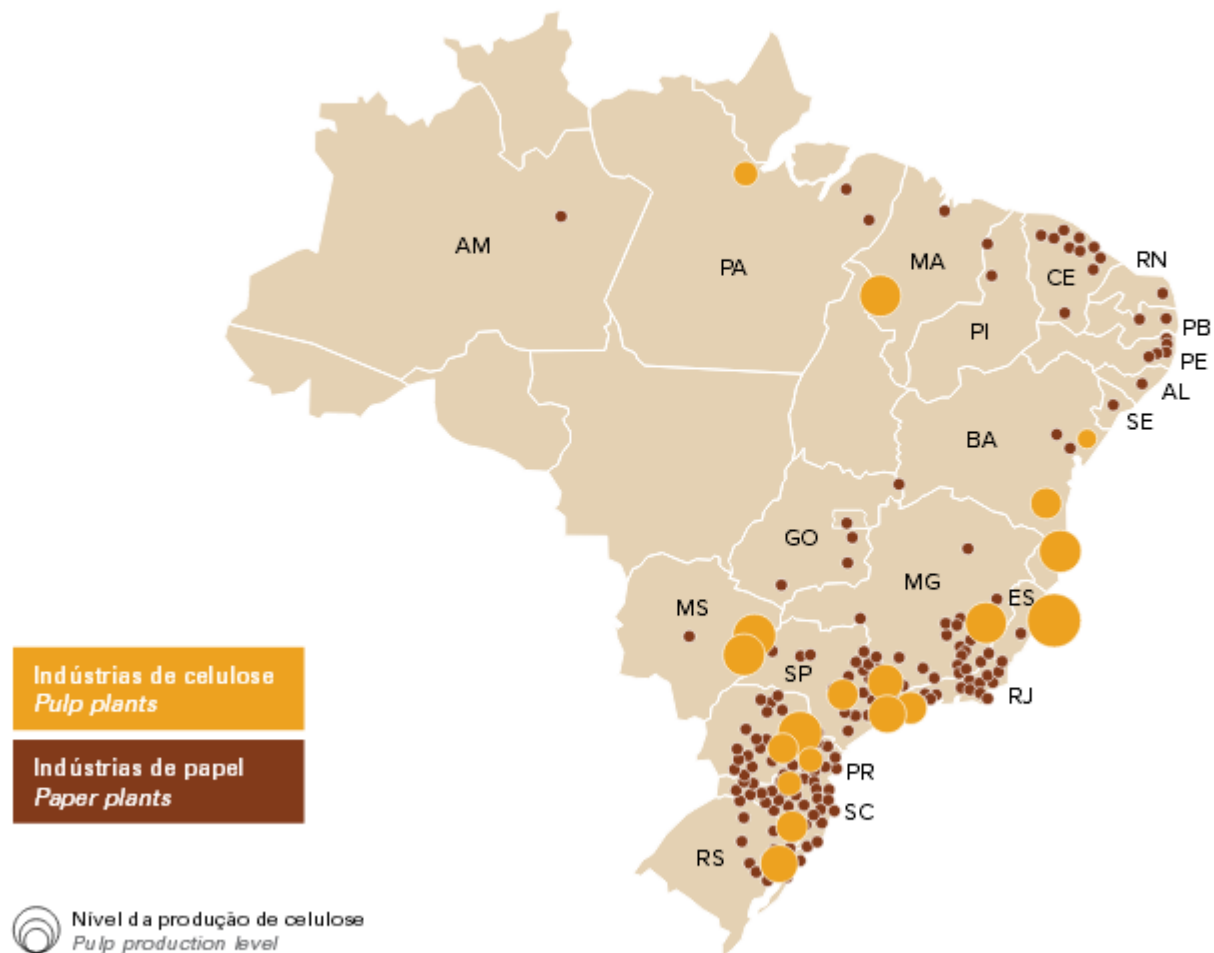
PRINCIPAIS DESTINOS DOS PRODUTOS DO SETOR BRASILEIRO DE ÁRVORES PLANTADAS, COM BASE NO VALOR DE EXPORTAÇÃO / MAIN DESTINATIONS FOR PRODUCTS FROM THE BRAZILIAN PLANTED TREE INDUSTRY, BASED ON EXPORT VALUE



FONTE: PÖYRYE SECEX (2016). / SOURCE: PÖYRYAND SECEX (2016).

PROTAGONISMO DO BRASIL

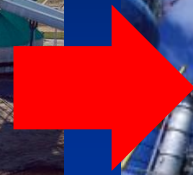
DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS EMPRESAS PRODUTORAS DE CELULOSE E PAPEL
GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF THE COMPANIES PRODUCING PULP AND PAPER



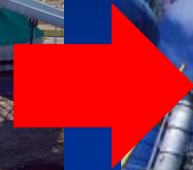
QUÍMICA DA MADEIRA

Componentes	Composição (%)	
	Madeiras de Coníferas	Madeiras de Folhosas
Celulose	42 ± 2	45 ± 2
Hemiceluloses	27 ± 2	30 ± 5
Lignina	28 ± 3	20 ± 4
Extrativos	3 ± 2	3 ± 2

PRODUÇÃO DE CELULOSE KRAFT



PRODUÇÃO DE CELULOSE ANTES DO PROCESSO KRAFT



Black liquor is separated from pulp in washing



Dirty pulp

Washing



Black liquor



Washed pulp



CASO CATAGUASES - 2003

O DESASTRE DE CATAGUASES: UMA CARICATURA DO RISCO

Veronica Korber Gonçalves ¹

(1. Curso de Direito da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC)

INTRODUÇÃO:

Em 29 de março de 2003, no município de Cataguases, MG, a barragem de um dos reservatórios da Indústria Cataguases de Papel Ltda rompeu-se, liberando no córrego do Cágado e no rio Pomba cerca de um bilhão e quatrocentos milhões de litros de lixívia (ou licor negro), que é a sobra industrial da produção de celulose. O acidente afetou três estados, deixando 600 mil pessoas sem água. Observou-se também a mortandade de espécies vegetais e animais.

CASO CATAGUASES - 2003



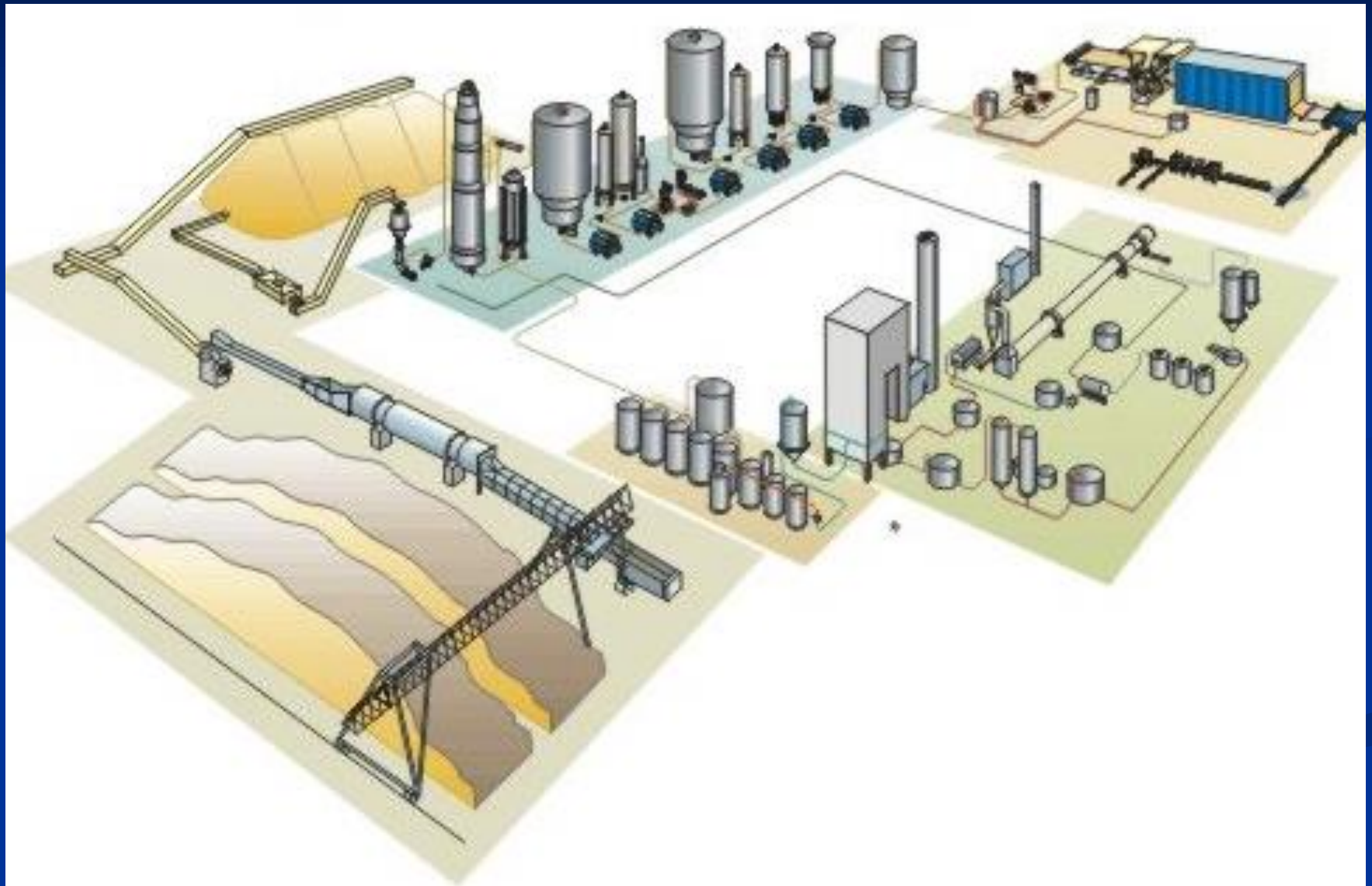
CASO CATAGUASES - 2003



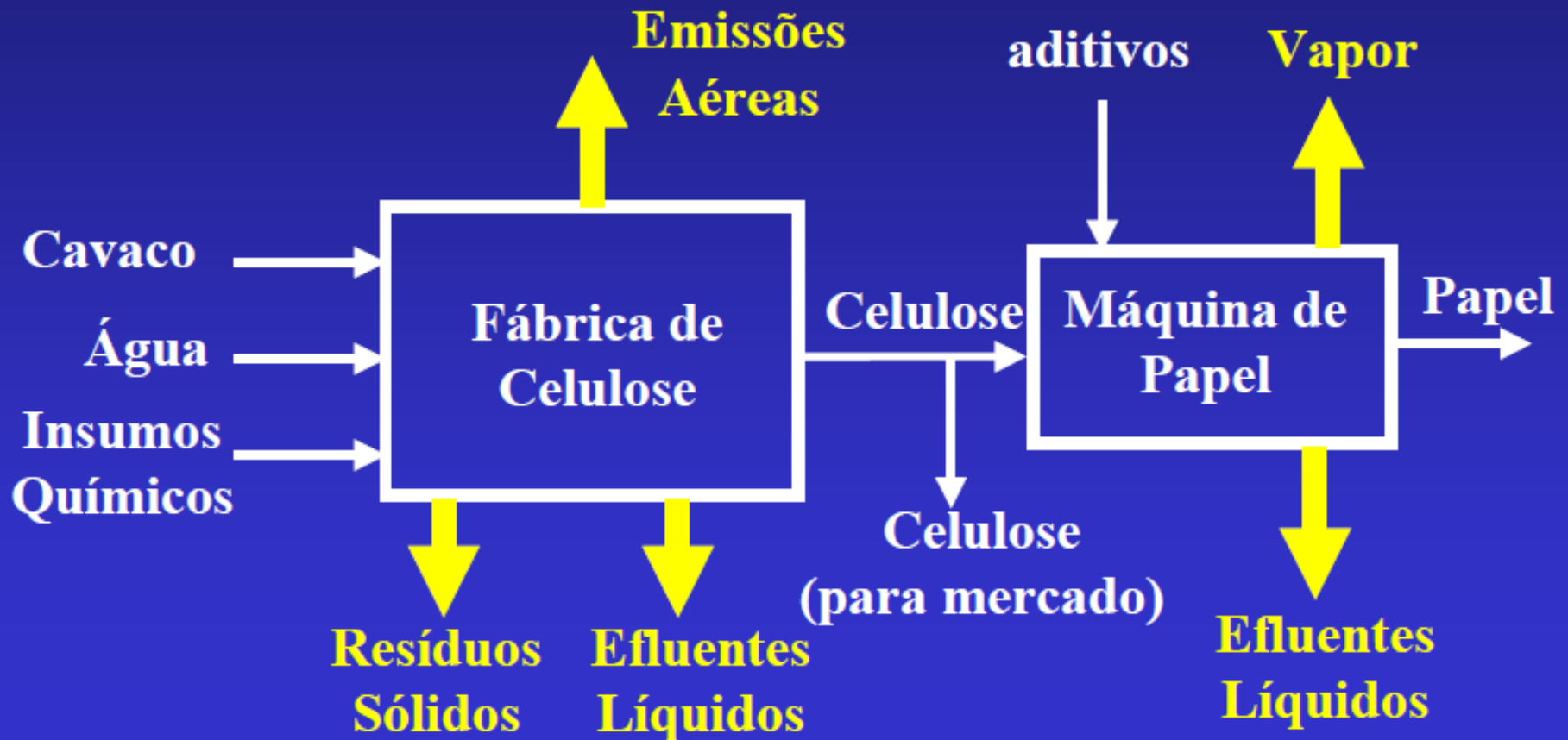
CASO CATAGUASES - 2003



FÁBRICA DE CELULOSE KRAFT (POLPA QUÍMICA)



INSUMOS E EMISSÕES

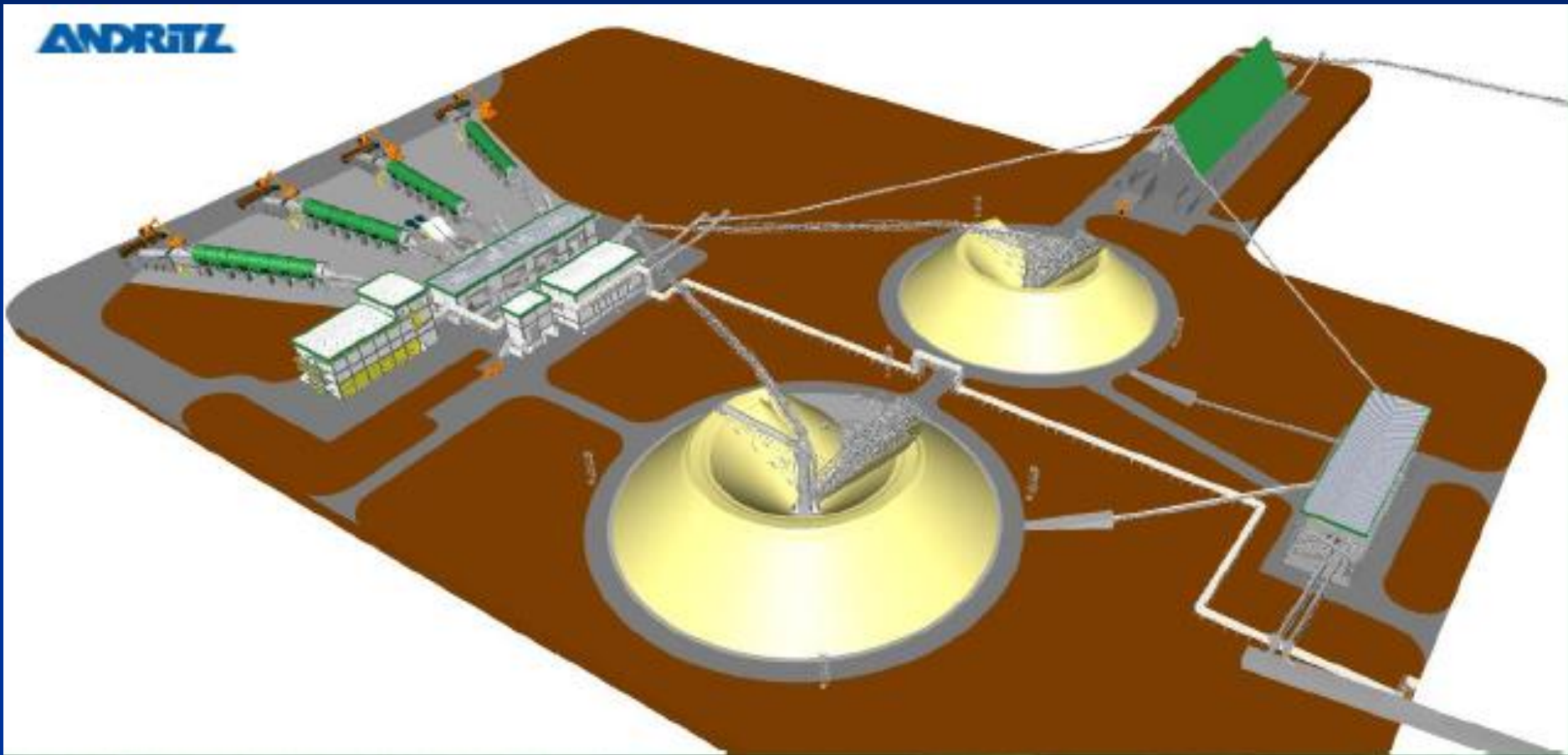


PÁTIO DE MADEIRA



PÁTIO DE CAVACOS

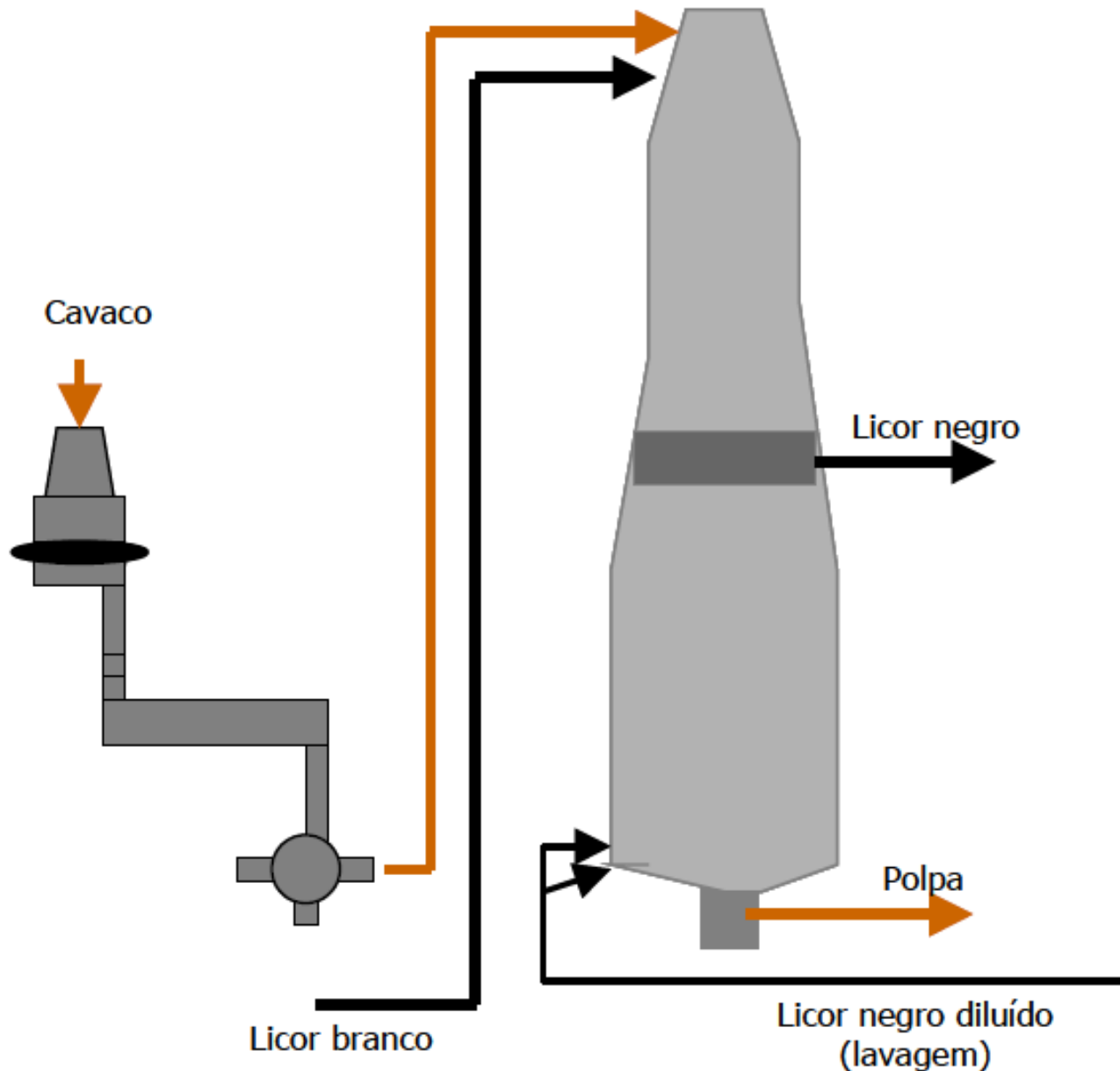
ANDRITZ



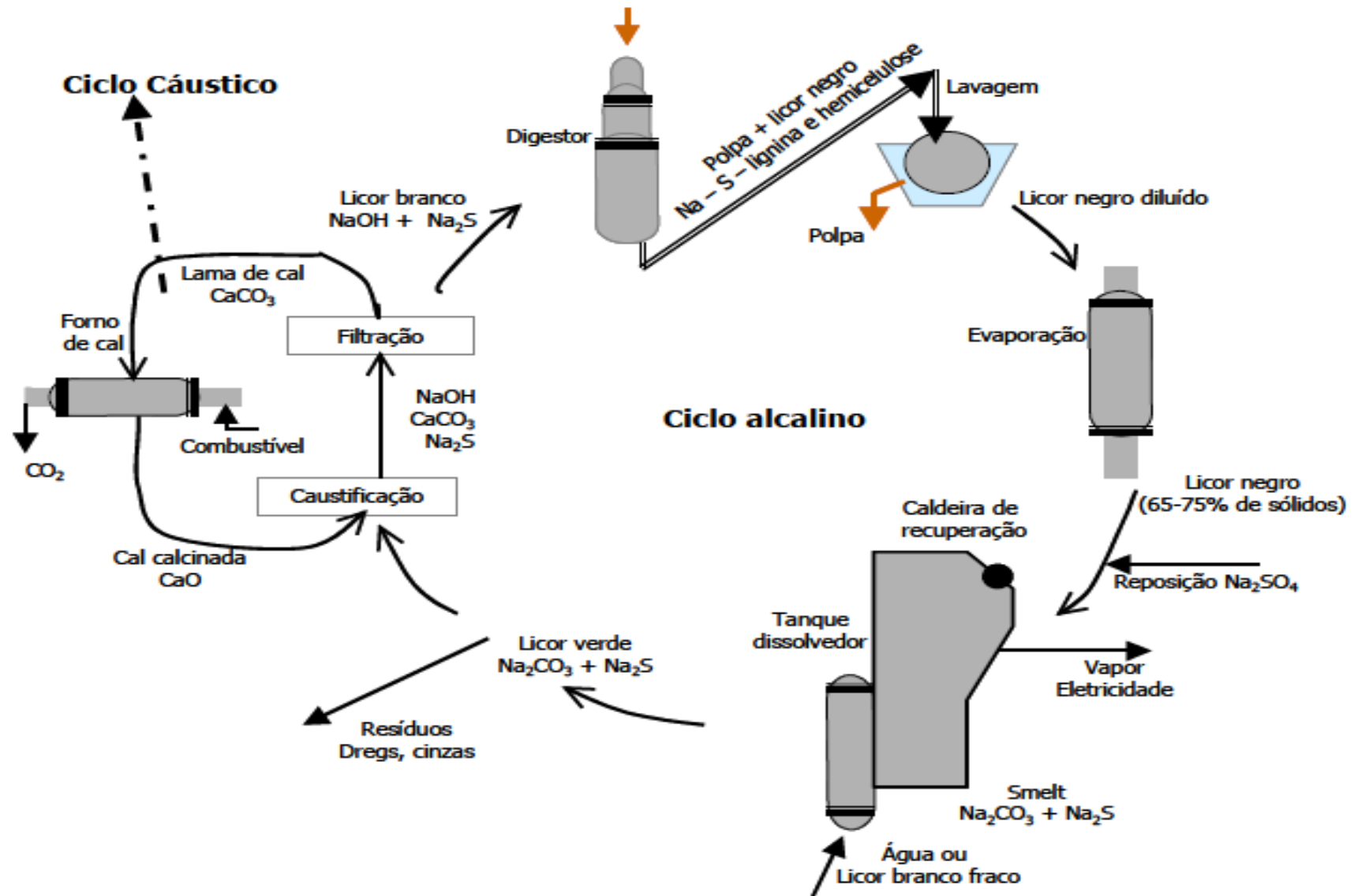
ALIMENTAÇÃO DOS CAVACOS NO DIGESTOR



DIGESTOR - POLPAÇÃO

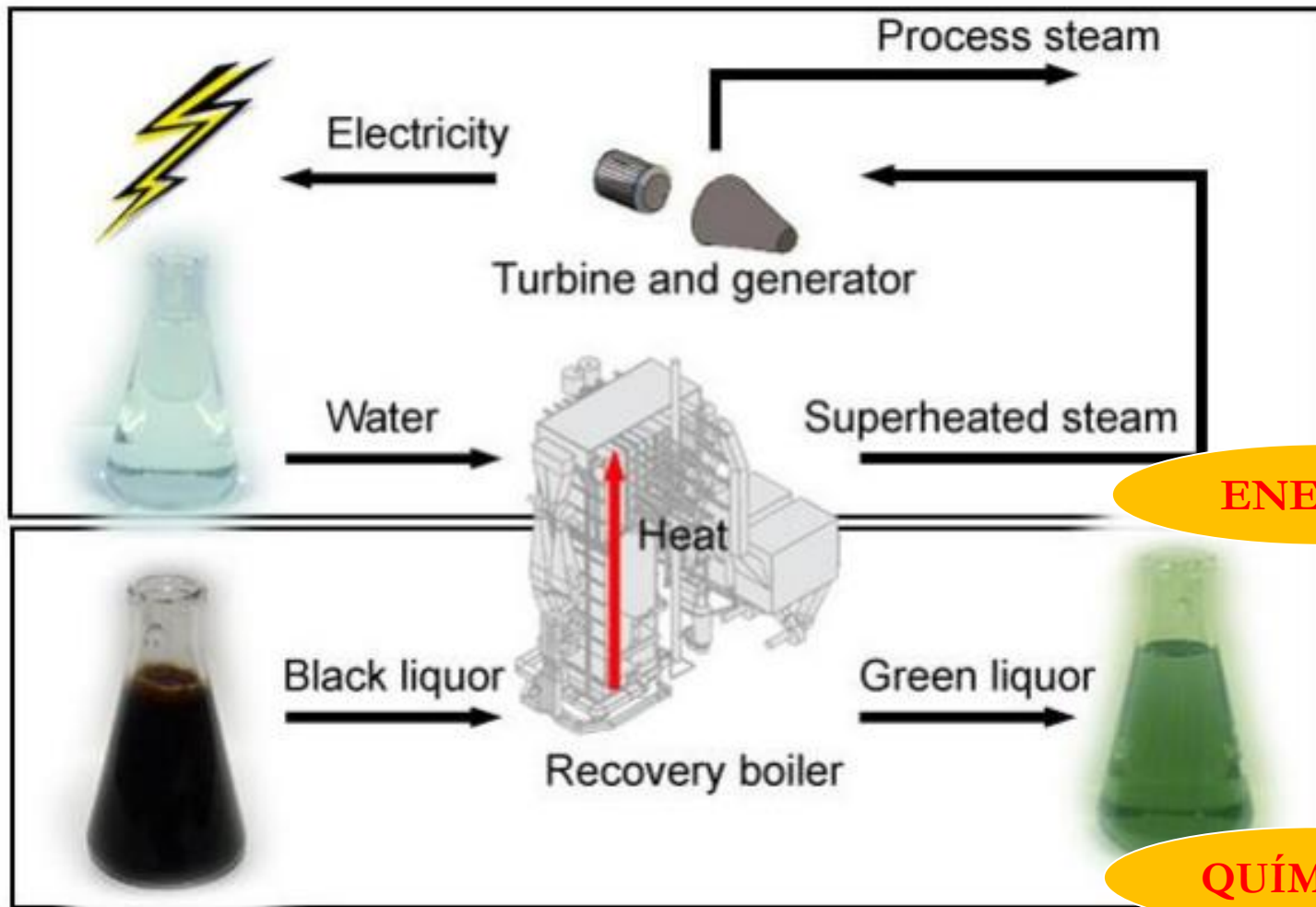


CICLO DE RECUPERAÇÃO QUÍMICA



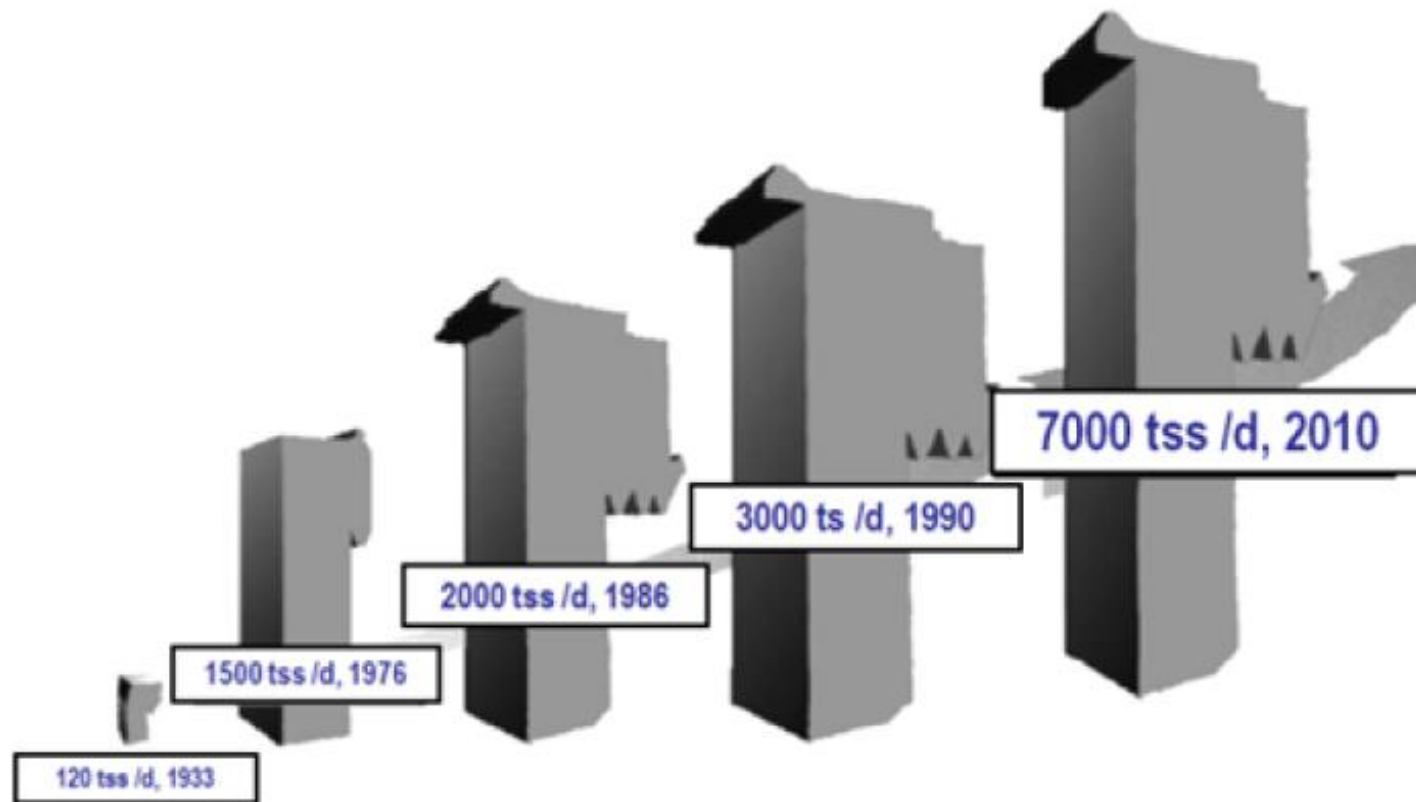
CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO

Generation of steam in recovery boiler



IMPORTÂNCIA DESSE TIPO DE GERAÇÃO

Evolução da capacidade das caldeiras de recuperação em toneladas de sólidos secos de licor negro (tss/dia) responsáveis pela geração de energia.



TIPOS DE ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL

RENOVÁVEIS ▶ 42,9%

biomassa da
cana

17,0%



hidráulica¹

12,0%



lenha e
carvão vegetal

8,0%



lixívia e outras
renováveis

5,9%



¹ Inclui importação de eletricidade oriunda de fonte hidráulica

NÃO RENOVÁVEIS ▶ 57,1%

petróleo e
derivados

36,4%



gás
natural

13,0%



carvão
mineral

5,7%



urânio

1,4%



outras não
renováveis

0,6%



Fonte: EPE. Balanço Energético Nacional 2018 – Relatório Síntese (ano base 2017)

PRODUÇÃO DE ENERGIA NO ES

ENERGÉTICO	Espírito Santo (%)								
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Não Renovável	83,8%	77,0%	88,7%	91,9%	91,7%	91,9%	93,2%	93,6%	94,4%
Petróleo	57,2%	63,6%	71,7%	72,8%	73,8%	72,1%	74,6%	77,8%	79,3%
Gás Natural	26,6%	13,4%	17,0%	19,1%	17,9%	19,7%	18,6%	15,9%	15,0%
Outros Não Renováveis	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Renovável	16,2%	23,0%	11,3%	8,1%	8,3%	8,1%	6,8%	6,4%	5,6%
Energia Hidráulica	1,2%	2,3%	1,1%	0,9%	0,9%	0,8%	0,6%	0,3%	0,3%
Lenha	1,2%	2,6%	1,3%	0,7%	0,8%	0,7%	0,6%	0,7%	0,6%
Produtos da Cana-de-açúcar	4,4%	5,2%	2,3%	1,8%	1,6%	1,7%	1,3%	1,1%	0,5%
Lixívia	9,4%	12,7%	6,5%	4,7%	5,0%	4,8%	4,3%	4,1%	4,0%
Outros Renováveis	0,1%	0,2%	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: ARSP - Balanço Energético do ES 2017 (ano base 2016)

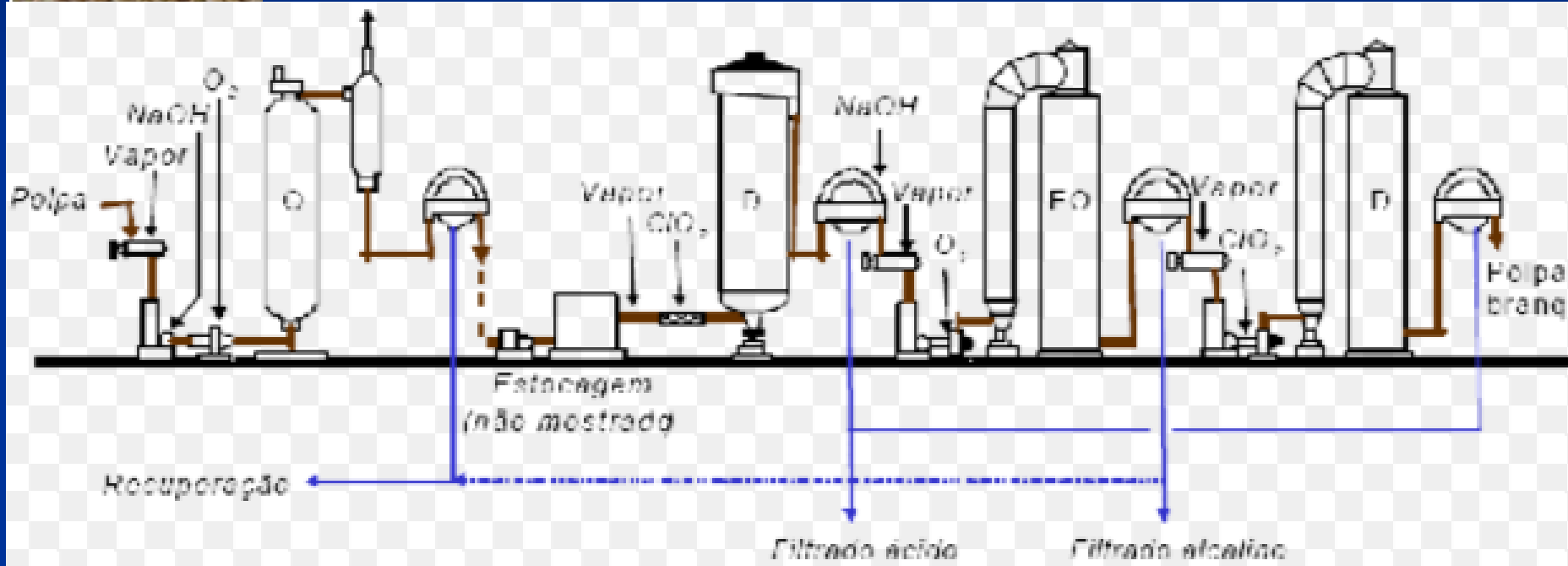
IMPORTÂNCIA DESSE TIPO DE GERAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL

GARANTE A SUSTENTABILIDADE DO NEGÓCIO TANTO DO PONTO DE VISTA ECONÔMICO COMO AMBIENTAL

	Aracruz
Energia elétrica total gerada nas instalações (MWh/tsa) ²	0,652
Energia elétrica consumida (MWh/tsa) ²	0,604
Energia elétrica comprada (MWh/tsa) ²	0,008
Energia elétrica exportada (MWh/tsa) ²	0,056
Energia elétrica exportada (R\$) ¹	36.442.506
Percentual de autossuficiência em energia elétrica	108%

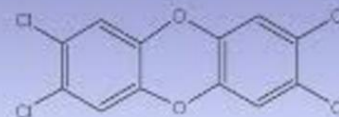
Fonte: Relatório de Sustentabilidade Fibria 2015

BRANQUEAMENTO

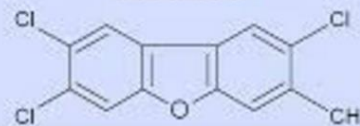


STANDART
ECF
TCF

Dioxinas



Furanos



CONSUMO DE ÁGUA

Ano	m ³ /t _{sa}
1959	240
1969	156
1975	111
1979	96
1985	79
1988	72
1999	60
Fábrica nova	25

Fonte: Reeve, 1999

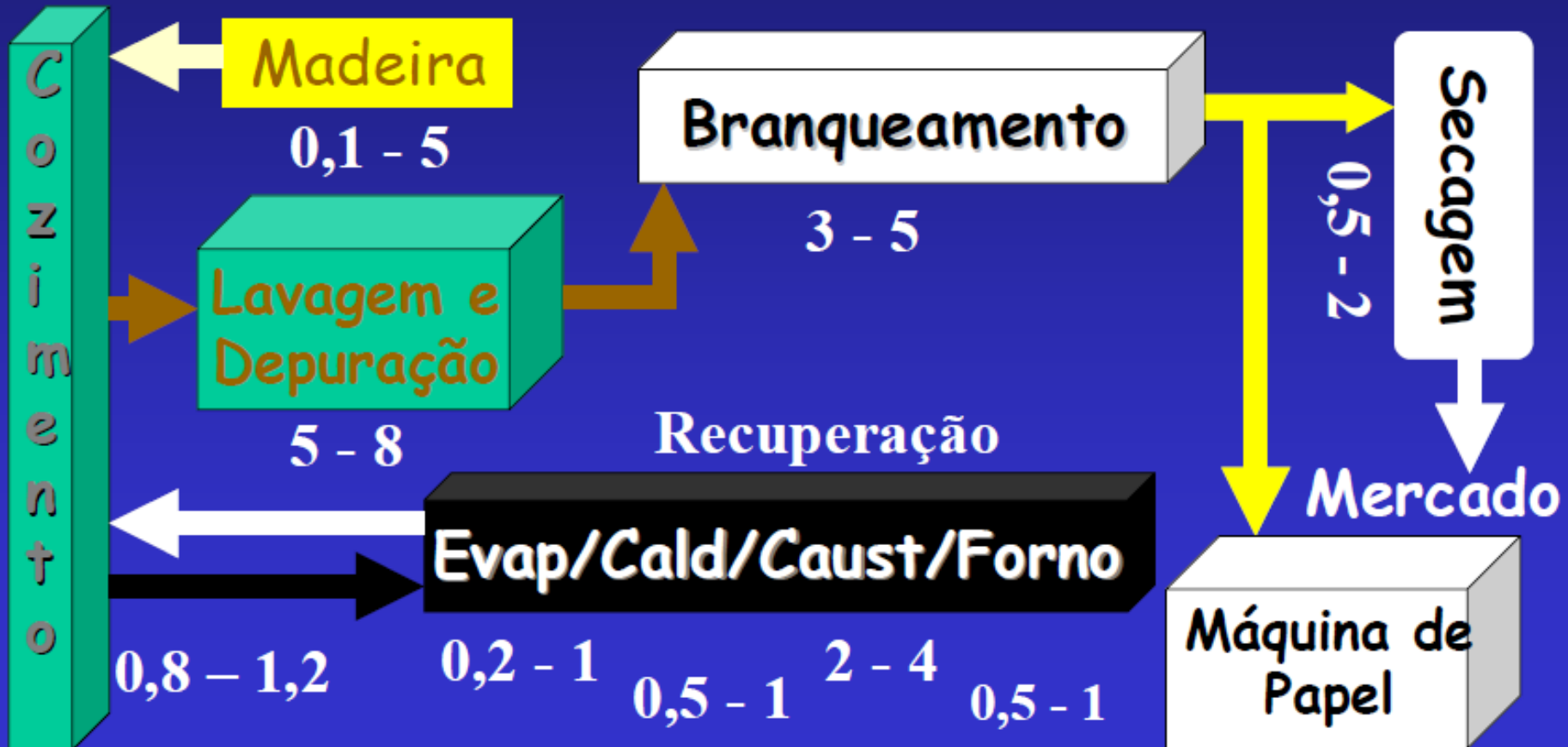
FONTES DE GERAÇÃO DE EFLUENTES

Efluentes Líquidos (m³/t_{sa})

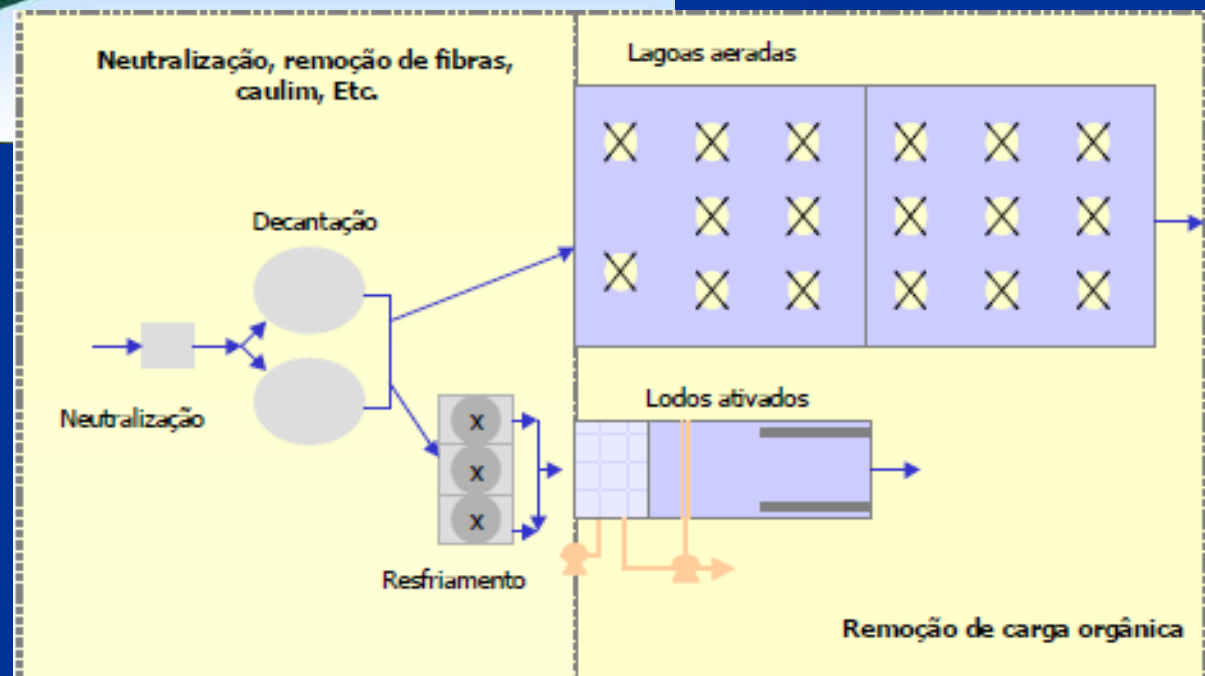
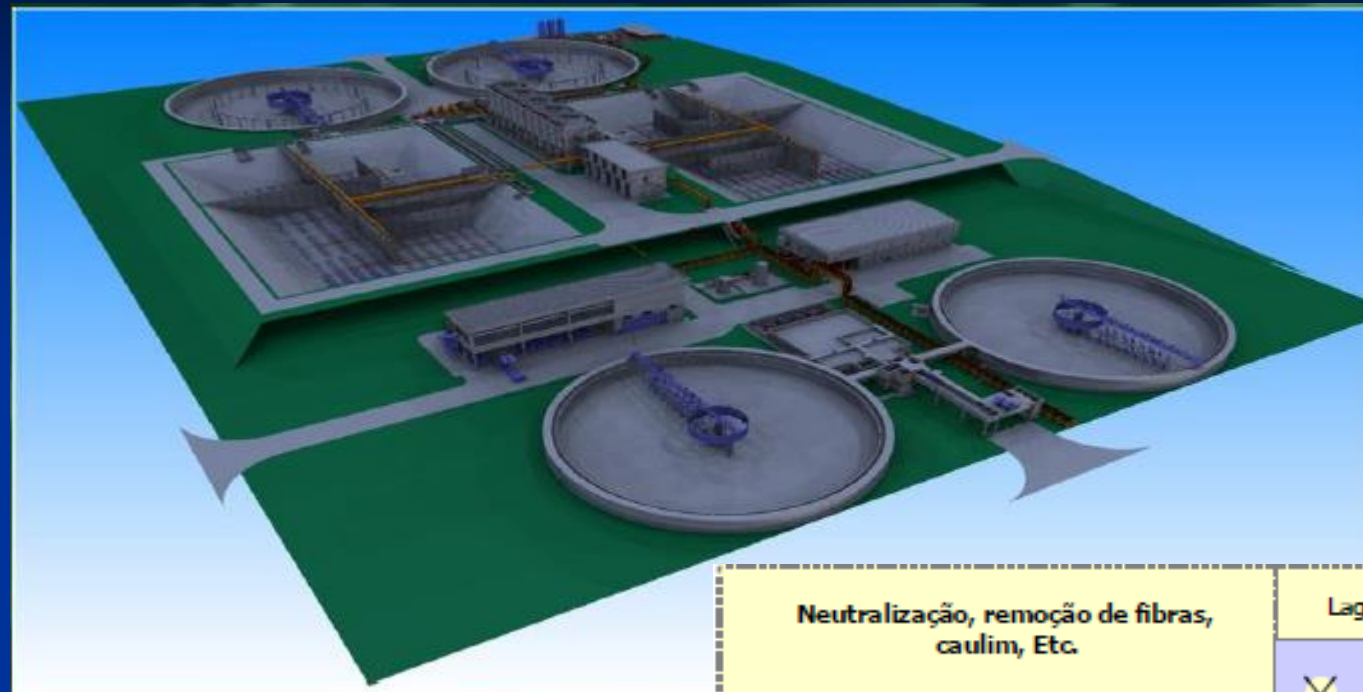


FONTES DE EMISSÃO DE DBO NA ÁGUA

Efluentes Líquidos (Kg BOD5/tsa)

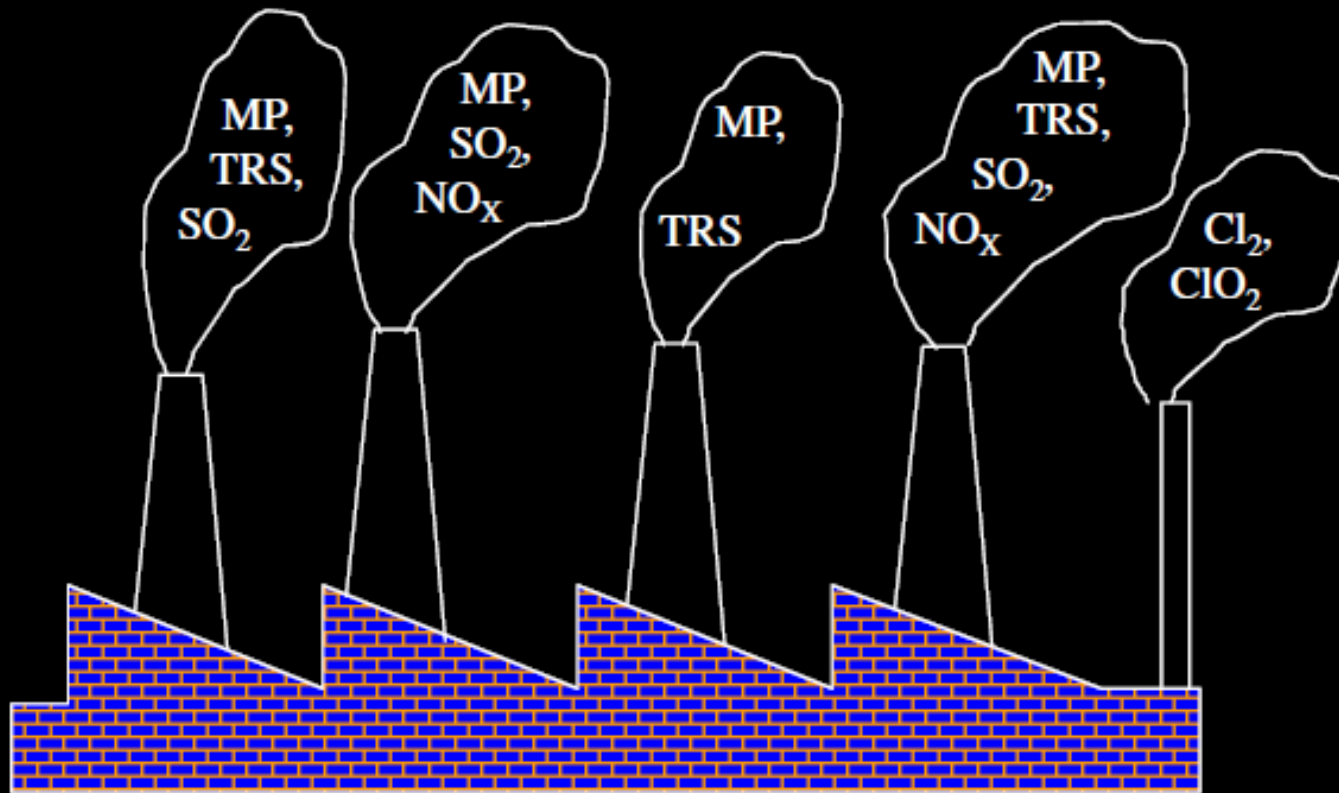


TRATAMENTO DE EFLUENTES



EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Fontes de Emissão dos Poluentes Aéreos



Caldeira de
Recuperação

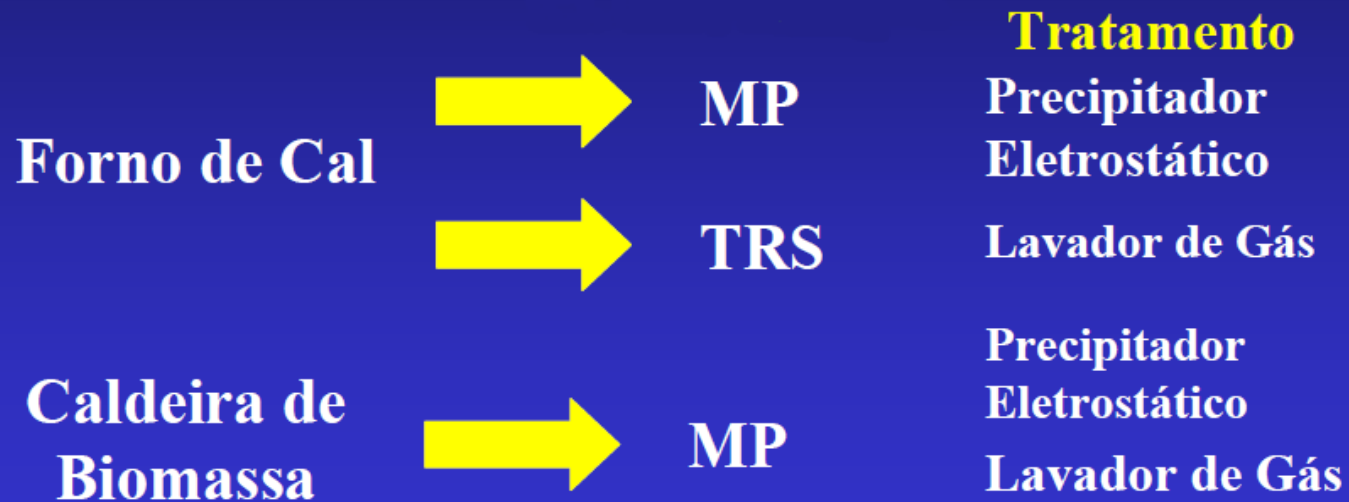
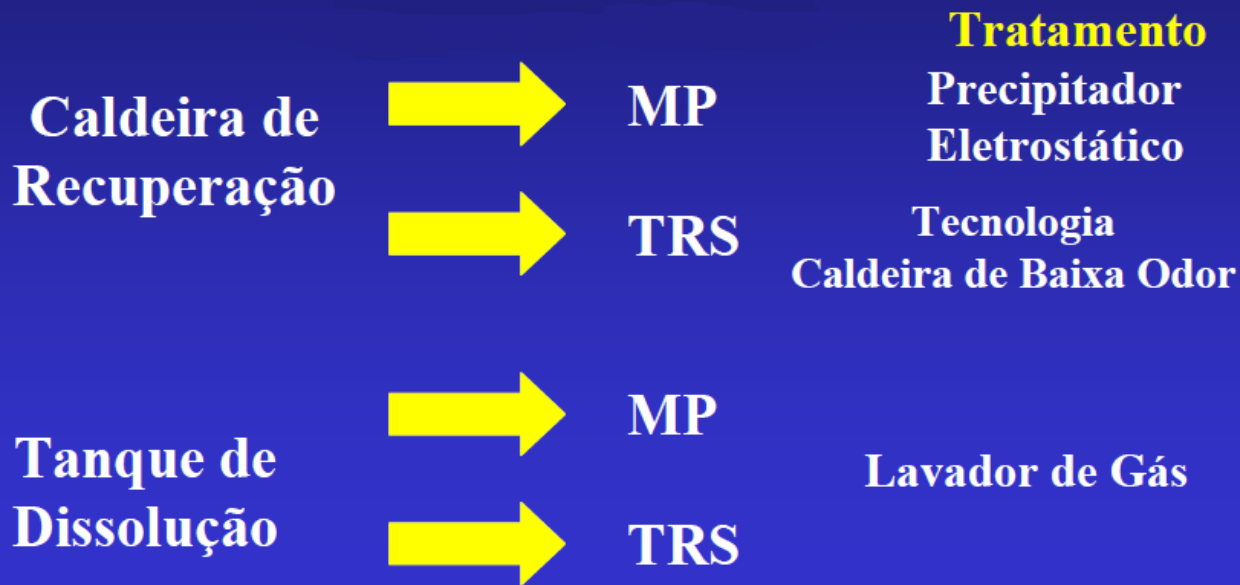
Caldeira de
Biomassa

Tanque de
Dissolução

Forno de
Cal

Branqueamento

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS



PROBLEMA DO ODOUR

Compostos reduzidos de enxofre	Nível de detecção
Sulfeto de Hidrogênio (H_2S)	8 ~ 20 ppb
Metilmercaptana ($MeSH$ ou CH_3SH)	2,4 ppb
Dimetilsulfeto (Me_2S ou CH_3SCH_3)	1,2 ppb
Dimetildissulfeto (Me_2S_2 ou CH_3SSCH_3)	15,5 ppb

RESÍDUOS SÓLIDOS

Resíduos gerados, por tipo e métodos de disposição, 2015

Waste generated by type and disposal method, 2015

Atividade Activity	Item / Item	Milhões (t) Millions (t)	%	Destinação final / Final destination
Florestal Forest (70,5%)	Cascas, galhos e folhas Bark, branches, and leaves	32,9	99,7	Mantidos no campo, como proteção e adubação do solo. Kept in the fields to protect and fertilize the soil.
	Óleos, graxas e embalagens de agroquímicos / Oils, grease, and agrochemical packaging	0,1	0,3	Encaminhados atendendo critérios legais até a sua destinação final. / Dispatched to final destination in compliance with legal requirements.
	Subtotal / Subtotal	33,0	100	-
Industrial Industry (29,5%)	Cavacos, serragem e licor preto / Chips, sawdust, and black liquor	9,1	66,0	Destinados para geração de energia, por meio da queima em caldeiras. / Used for power generation, burned to fire boilers.
	Cavacos, serragem e aparas de papel / Chips, sawdust, and paper scraps	3,4	24,6	Reutilizados como matéria-prima por empresas do setor de árvores plantadas. / Reused as raw materials by companies in the planted tree industry.
	Lama de cal e cinza de caldeiras / Lime sludge and boiler ash	0,8	5,8	Reutilizados como matéria-prima por outros setores industriais. / Reused as raw materials by other industrial sectors.
	Compostos químicos e outros Chemical compounds and others	0,5	3,6	Encaminhados para aterros industriais atendendo aos critérios legais. / Sent to industrial landfills according to legal criteria.
	Subtotal / Subtotal	13,8	100	-
Total / Total		46,8	100	-

CASO FIBRIA - ES

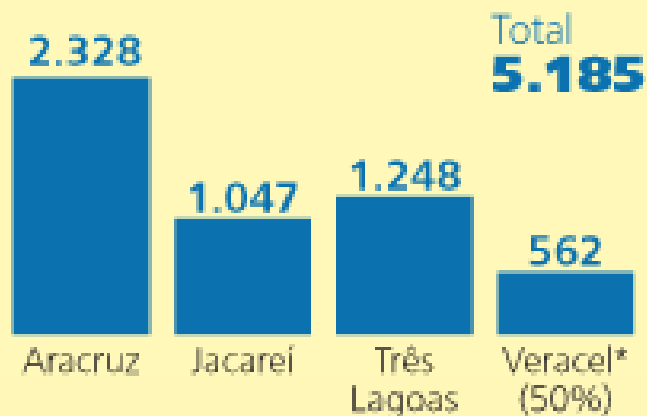


20 eucaliptos

geram **uma tonelada**
de celulose

Produção de celulose

(em mil toneladas)



MATERIAIS USADOS NAS OPERAÇÕES INDUSTRIAIS, POR PESO E VOLUME

MADEIRA
VOLUME TOTAL (m³)

16.502.610
Total



8.520.801
Aracruz



3.600.115
Jacareí



4.381.694
Três Lagoas



QUÍMICOS INDUSTRIAIS¹
PESO TOTAL (t)

422.357
Total



260.058
Aracruz



86.986
Jacareí



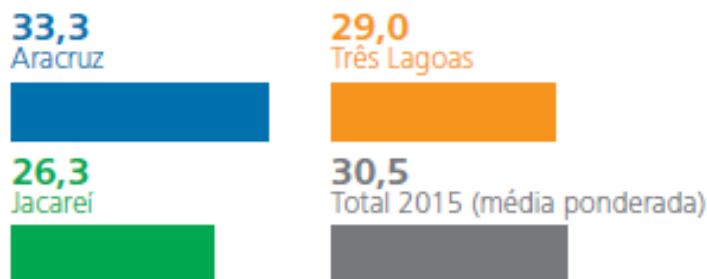
75.313
Três Lagoas



¹ Soda, ácido sulfúrico, dióxido de cloro, oxigênio, peróxido e outros.

CAPTAÇÃO DE ÁGUA

CAPTAÇÃO ESPECÍFICA DE ÁGUA NAS OPERAÇÕES INDUSTRIAIS (m³/tsa¹)



1 tsa – tonelada de celulose seca ao ar.

TOTAL DE RETIRADA DE ÁGUA NAS OPERAÇÕES INDUSTRIAIS, POR FONTE²

	Aracruz	Jacareí	Três Lagoas	Total
Total (m ³)	73.332.572	30.844.572	36.254.494	140.431.638
Volume captado (m ³ /dia)	212.454	84.410	100.707	397.571
Volume captado (m ³)	77.545.838	30.844.572	36.254.494	144.644.903

2 Toda a captação de água pelas unidades industriais da Fibria é proveniente de fontes superficiais.

PERCENTUAL E VOLUME TOTAL DE ÁGUA RECICLADA E REUTILIZADA NAS OPERAÇÕES INDUSTRIAIS

	Aracruz	Jacareí	Três Lagoas	Total
Percentual de água reciclada e reutilizada	71%	81%	80%	76%
Volume de água reciclada (m ³)	268.047.989	158.710.724	179.254.004	606.012.718
Total de água retirada (m ³)	77.545.838	30.844.572	36.254.494	144.644.903

INDICADORES NOS EFLUENTES

EFLUENTES

	UNIDADE	BAT ³	Aracruz	Jacarei	Três Lagoas	Total
Nitrogênio total	kg/tsa ⁴	0,1 – 0,25	0,23	0,050	0,14	0,17
Fósforo total	kg/tsa ⁴	0,01 – 0,03	0,07	0,05	0,08	0,07
DQO ⁵	kg/tsa ⁴	8 – 23	13,99	6,97	8,20	10,84
DBO ⁶	kg/tsa ⁴	0,3 – 1,5	2,17	0,34	0,82	1,39
Sólidos suspensos	kg/tsa ⁴	0,6 – 1,5	1,55	2,08	3,52	2,20
Volume de efluentes	m ³ /tsa ⁴	ND	27,93	27,29	22,65	26,36

³ Valores de acordo com a publicação Best Available Techniques (BAT), da Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) (2001), para celulose branqueada do processo kraft. ⁴ tsa – tonelada de celulose seca ao ar. ⁵ DQO – demanda química de oxigênio.

⁶ DBO – demanda bioquímica de oxigênio.

ENERGIA CONSUMIDA

	Aracruz	Jacareí	Três Lagoas	FIBRIA
Energia elétrica total gerada nas instalações (MWh/tsa) ²	0,652	0,730	0,851	0,724
Energia elétrica consumida (MWh/tsa) ²	0,604	0,706	0,574	0,619
Energia elétrica comprada (MWh/tsa) ²	0,008	0,039	0,007	0,015
Energia elétrica exportada (MWh/tsa) ²	0,056	0	0,284	0,105
Energia elétrica exportada (R\$) ¹	36.442.506	0	56.023.885	92.466.391
Percentual de autossuficiência em energia elétrica	108%	103%	148%	117%

1. Sendo que 8,6% e 33,4% da energia gerada nas Unidades Aracruz e Três Lagoas, respectivamente, foram exportadas

2. tsa - tonelada seca ao ar



OBRIGADO!

“O que mais preocupa não é o grito dos violentos, nem dos corruptos, nem dos desonestos, nem dos sem ética. O que mais preocupa é o silêncio dos bons.”

Martin Luther King