



BRACELPA

BRAZILIAN PULP AND PAPER ASSOCIATION

Tecnologias e Processos de Produção Industrial de Celulose

Agosto/2011



Produção de Celulose

- A indústria de celulose e papel é demandante de capital intensivo e de financiamentos, resultante da integração vertical dos seus projetos e do longo prazo de maturação dos investimentos.
- A implantação de uma nova unidade produtora de celulose de mercado com capacidade de 1,5 milhão t/ano, demanda recursos da ordem de US\$ 2 bilhões.
- Os processos industriais de fabricação da celulose e do papel são altamente complexos e estão diretamente ligados a outros setores da economia como a produção rural (silvicultura), indústria química, bens de capital, engenharia e serviços.



Produção de Celulose

- A indústria de celulose e papel brasileira gera milhares de empregos, diretos e indiretos, que exigem conhecimentos técnicos altamente especializados. Possui também um forte poder multiplicador de renda e de desenvolvimento humano, além da participação expressiva na balança comercial do País.
- A indústria de celulose é um dos setores da economia brasileira mais comprometidos com práticas de sustentabilidade empresarial e responsabilidade social corporativa.
- As empresas líderes do setor são certificadas por normas de gestão ambiental, segurança e saúde ocupacional e utilizam madeira de florestas certificadas.



Fábrica de Celulose Kraft Branqueada de Eucalipto – Uma Visão Geral do Processo Industrial





Celulose – Conceitos Básicos

- **Celulose, polpa ou pasta:** massa fibrosa resultante da individualização, purificação e branqueamento (opcional) das células da madeira (“fibras”)
- **Celulose** (sentido químico): principal componente químico da madeira, sendo um polímero natural produzido pela fotossíntese e constituído por centenas de unidades de anidro-glucose: $(C_6H_{10}O_5)_n$
- **Celulose de mercado:** celulose em geral branqueada, convertida em folhas muito parecidas às folhas de papel, embaladas em fardos, para venda comercial a fabricantes de papel ou derivados de celulose (viscose, nitrato, acetato, etc.).
- **Fábrica de papel integrada:** fábrica que produz celulose e a utiliza para fabricar papel na própria unidade industrial (ao invés de folhas de celulose de mercado para venda a terceiros)



Celulose – Conceitos Tecnológicos

- A produção de celulose demanda **altíssimos graus de especialização tecnológica**, podendo uma fábrica de celulose ser considerada uma universidade na sua versão aplicada para engenheiros químicos, florestais, mecânicos, elétricos, eletrônicos, civis, de produção; bem como para químicos, biólogos, ecólogos, estatísticos, informáticos, etc. Todo esse grande universo de especializações acadêmicas é requerido para operar e manter esse tipo de produção industrial.
- **Principais operações unitárias envolvidas nesse processo industrial:** fracionamento, separação de fases, digestão, oxidação/redução, evaporação, combustão, secagem, calcinação, condensação, pirólise, destilação, cristalização, eletrólise, coagulação, floculação, decantação, flotação, absorção, adsorção, geração de energias térmica e elétrica, etc., etc.



Celulose – Processo Kraft

- Alta qualidade de produto celulósico – material ideal para se fabricar praticamente todos os tipos de papéis
- Fechamento de circuito químico com mais de 95% de recuperação dos insumos químicos utilizados no cozimento da madeira
- Praticamente autossuficiente (acima de 95%) em geração e utilização de energia a partir do licor residual do cozimento e de sobras de madeira do processo (biomassa)
- Fácil adaptabilidade à qualidade da madeira sendo processada



Celulose – Conceitos Tecnológicos

A produção industrial de celulose baseia-se em diversos fundamentos tecnológicos vitais que são fatores chaves de competitividade do setor:

- Escala de produção
- Eficiência ou continuidade operacional
- Homogeneidade de qualidade em todo o processo industrial e florestal
- Capacidade de distribuição e logística
- Ecoeficiência ou máxima utilização dos recursos com mínimos desperdícios de matérias-primas / insumos
- Mínimo impacto ambiental



Celulose – Qualificação de Pessoal

- **Na engenharia de projeto e manutenção:** praticamente todos os níveis de profissionais das engenharias
- **Na operação industrial:** técnicos químicos, de celulose e papel (carreira específica desenvolvida para o setor), elétricos, mecânicos, instrumentistas, etc. mais engenheiros de diversas qualificações já mencionadas
- **Na gestão e otimização industrial:** engenheiros, administradores, economistas, em geral com especialização em celulose e papel (mestrado “latu sensu”) e MBA
- **Na inovação industrial (P&D tecnológico):** engenheiros químicos e florestais com diversos tipos de especialização “latu sensu”, mestrado “stricto sensu” e doutorado



Celulose - Etapas do Processo Kraft de Produção

- **Preparação da madeira:** obtenção de cavacos de madeira selecionada e melhorada geneticamente
- **Linha de fibras:** digestão da madeira para separação das fibras, seguindo-se lavagem, purificação e branqueamento da massa de celulose
- **Formação das folhas de celulose, secagem e embalagem dos fardos**
- **Recuperação do licor de cozimento:** evaporação e combustão do licor residual de cozimento para aproveitamento de sua energia primária (material orgânico da madeira que foi dissolvida) e dos insumos químicos utilizados para o cozimento (soda cáustica e sulfeto de sódio)

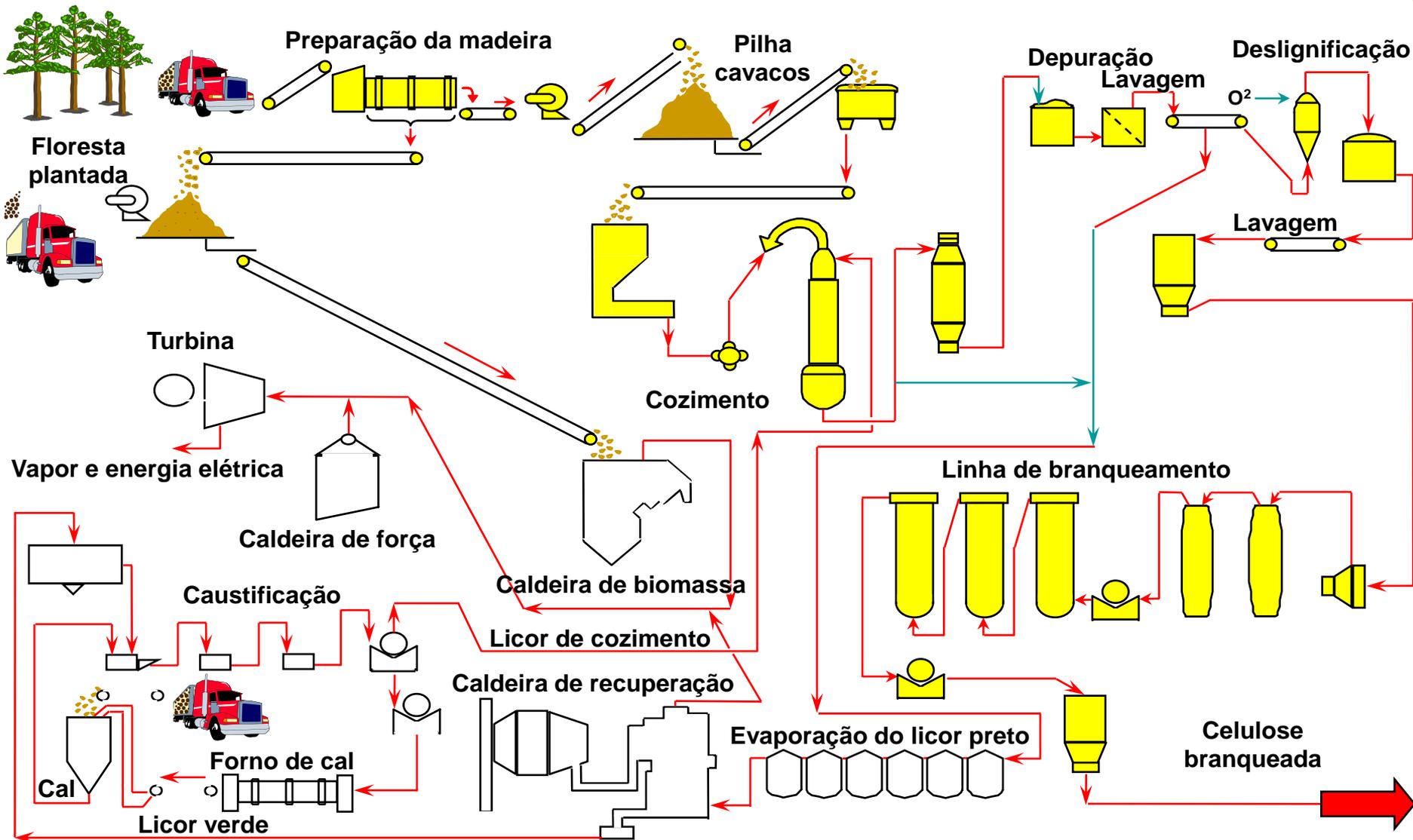


Celulose - Etapas do Processo Kraft de Produção

- **Ilhas químicas:** produção de soda cáustica, dióxido de cloro, oxigênio, ácido clorídrico, sulfato de sódio, etc.
- **Geração de energia:** caldeiras, turbogeradores e estações de distribuição de energia elétrica e vapor ao processo
- **Tratamento de águas industriais e dos efluentes hídricos**
- **Controle da poluição aérea e reciclagem de resíduos sólidos**
- **Armazenamento e distribuição do produto enfardado**



Fluxograma de Processo Industrial Fabricação de Celulose Kraft Branqueada





Etapas do Processo de Produção Industrial da Celulose

Descrição do Processo da Linha de Fibra

Produção de Cavacos
Cozimento
Deslignificação
Branqueamento
Destinação da Celulose
Secagem
Embalagem

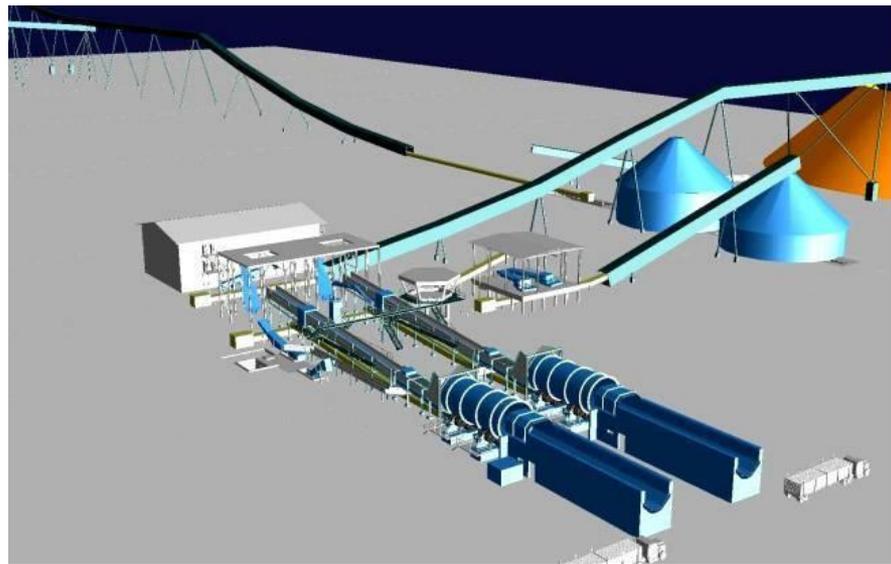
Descrição do Processo da Recuperação e Utilidades

Evaporação
Caldeira de Recuperação
Turbogenerador
Caustificação
Forno de Cal
Captação de Água
Tratamento de Água
Tratamento de Efluentes



Produção dos Cavacos de Madeira

- O desempenho do processo de produção de celulose, bem como a qualidade final da polpa branqueada, dependem de muita qualidade:
 - na Floresta:
 - Qualidade da madeira
 - Colheita, corte e descascamento
 - na Fábrica:
 - Descascamento e picagem – após picagem os pedaços de madeira passam a ser chamados de cavacos;
 - Seleção e estocagem em pilhas de cavacos





Linha de Fibras – Cozimento Kraft

O **cozimento dos cavacos** em digestores tem a função de individualizar as fibras, dissolvendo os constituintes que as seguram juntas na estrutura da madeira.





Linha de Fibras - Designificação com Oxigênio

Designificação oxidativa é a continuidade do processo de remoção da lignina (substância da madeira que une as fibras) iniciada no cozimento. É mais seletiva e possui maior eficiência ambiental.





Linha de Fibras – Branqueamento, Depuração e Lavagem

- Têm por finalidade purificar a celulose, removendo contaminantes e cor.
- Os produtos químicos mais utilizados no branqueamento são: dióxido de cloro, ácido sulfúrico, soda cáustica, peróxido de hidrogênio, oxigênio e bissulfito de sódio.

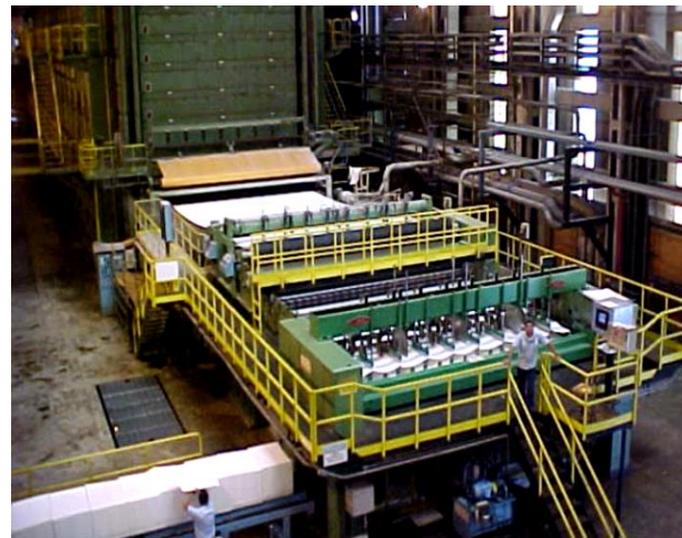




Formação das Folhas e Destinação da Celulose

Logo após a etapa do branqueamento a celulose pode ter duas destinações distintas:

- enviada às máquinas de papel para utilização integrada
- transformada em folhas e fardos para comercialização a terceiros (celulose de mercado)





Formação das Folhas e Secagem

- As máquinas de secar folhas de celulose e folhas de papel são muito similares em seus desenhos de engenharia e funções (caixa de entrada, formador de folha, prensagem úmida e seção de secagem).
- As folhas de celulose são mais espessas que as de papel e possuem fibras mais íntegras, sem adição de produtos químicos como cargas, adesivos, colas, corantes, etc.





Descrição do Processo da Recuperação e Utilidades

Evaporação do licor preto para concentrá-lo a ponto de ser convertido em um combustível com queima sustentada na caldeira de recuperação.

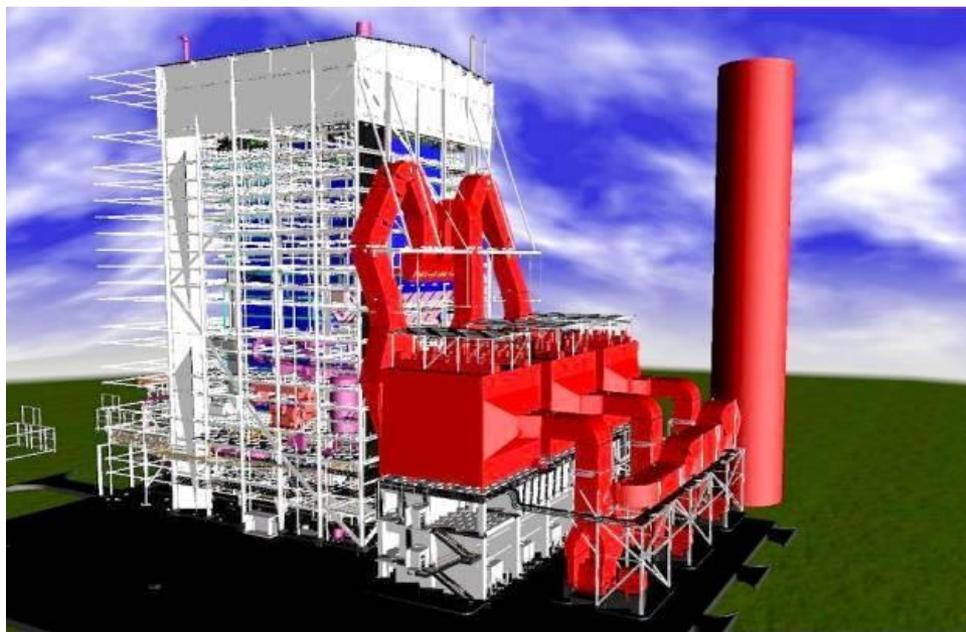




Descrição do Processo da Recuperação e Utilidades

Caldeira de Recuperação é projetada para atender a duas funções principais:

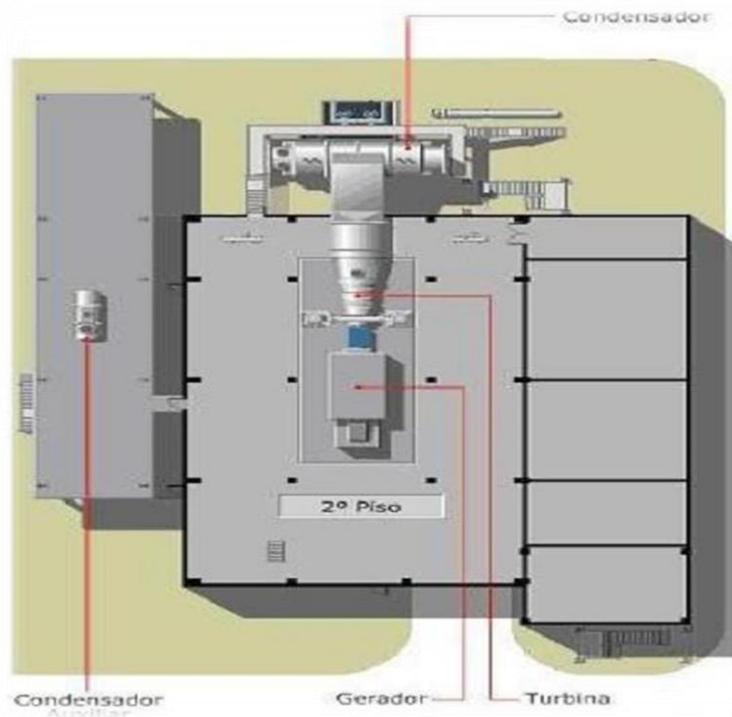
- converter os compostos inorgânicos para que possam ser reutilizados no processo de cozimento
- gerar vapor superaquecido que será utilizado na transferência de calor, como energia térmica e na geração de energia elétrica no turbogerador





Descrição do Processo da Recuperação e Utilidades

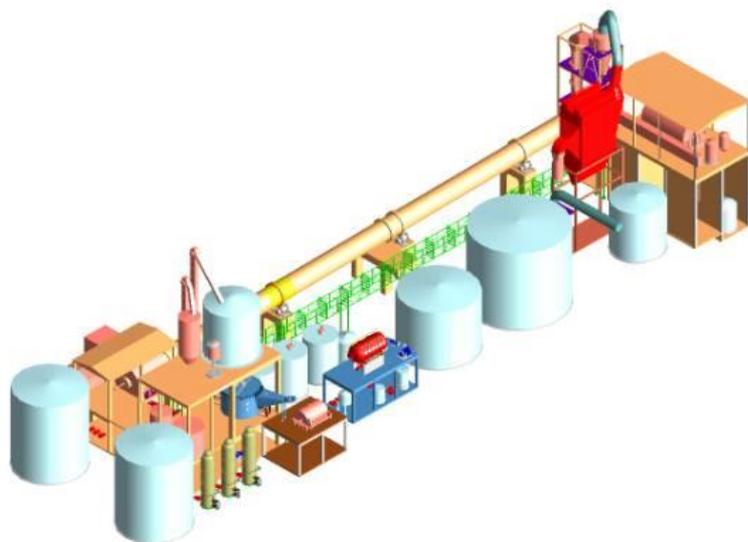
- A função do **Turbogerador** é produzir energia elétrica através da redução da pressão do vapor proveniente das Caldeiras de Recuperação e de Força (vapor de alta pressão) até as pressões de consumo no processo.
- É capaz de suprir a necessidade de energia elétrica da fábrica de celulose.





Descrição do Processo da Recuperação e Utilidades

A **Caustificação** e o **Forno de Cal** têm por objetivo produzir licor branco para o cozimento dos cavacos de madeira no digester.

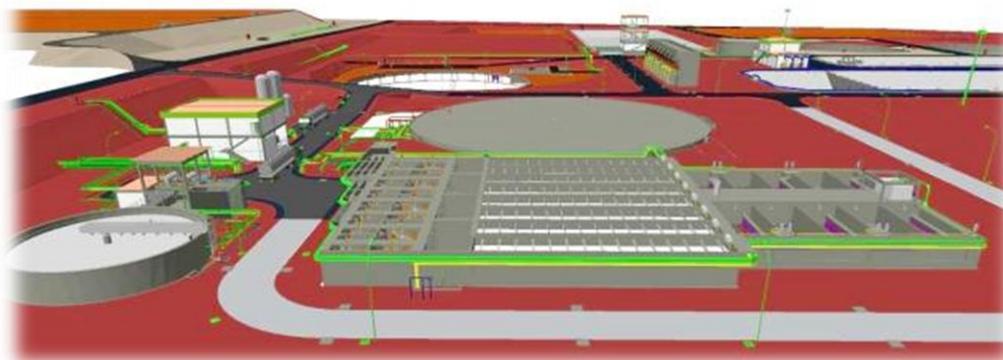




Descrição do Processo da Recuperação e Utilidades

Tratamento de Água

- As fábricas de celulose consomem água industrial, água de alimentação de caldeiras e água de refrigeração.
- As inovações de processo têm reduzido substancialmente as demandas de água nas fábricas de celulose:
 - Anos 70's: cerca de 80 m³/t
 - Atual: cerca de 25 a 30 m³/t

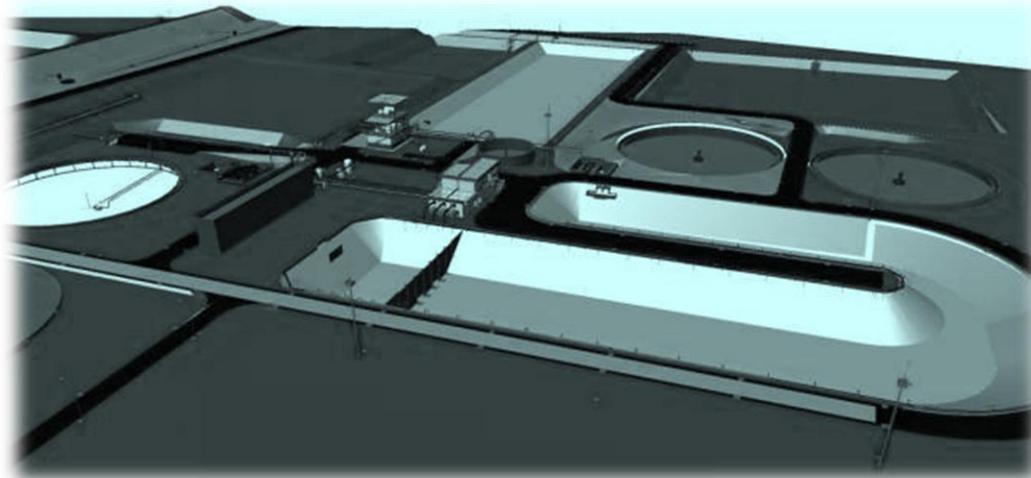




Descrição do Processo da Recuperação e Utilidades

Tratamento de efluentes modernos seguem regulamentações federais e estaduais.

- Licenças de operação são concedidas mediante o cumprimento das normas vigentes e a adoção de melhores práticas de gestão.





Descrição do Processo da Recuperação e Utilidades

Tratamento, reciclagem ou disposição em aterros industriais dos resíduos sólidos gerados no processo industrial.

A compostagem e reciclagem nas florestas plantadas têm sido as tecnologias dominantes.





Celulose – uma produção industrial que exige alta agregação tecnológica em todas as suas etapas



desde a floresta plantada até a folha de celulose enviada ao cliente...



Celulose – uma vantagem competitiva brasileira



Agradecemos a sua atenção

