

Apostilas Curso Mestrado
UFSM – 1999 a 2000

Programa Disciplinas & Provas

QUÍMICA DA MADEIRA , CELULOSE E PAPEL

Identificação

Código : CFL

Créditos: (3-1) 3

Centro de Ciências Rurais

Departamento de Ciências Florestais

Programa atendido : **Engenharia Florestal**

Objetivos da disciplina

Estudar os aspectos físico-químicos da madeira e da produção de celulose e papel , desenvolvendo o conhecimento da química dos componentes da madeira e as reações envolvidas nos processos de fabricação de celulose

Ementa

Caracterização dos constituintes químicos das madeiras de coníferas e folhosas e suas transformações nos processos de conversão a celulose e papel. Aspectos físico-químicos e anatômicos na individualização das fibras pelos diferentes processos de produção de celulose. Química do branqueamento da celulose. Química tecnológica da parte úmida de formação da folha de papel e de sua secagem. Processos de revestimento e colagem superficial do papel

Título e discriminação da unidades

UNIDADE 1 : Constituintes químicos das madeiras

- 1.1 Composição da madeira
- 1.2 Celulose
- 1.3 Hemiceluloses
- 1.4 Lignina
- 1.5 Extrativos
- 1.6 Minerais
- 1.7 Topoquímica dos constituintes da madeira

UNIDADE 2 : Processos de individualização das fibras de celulose

- 2.1 Processos mecânicos , termo-mecânicos e quimo-termo-mecânicos
- 2.2 Processos semi-químicos
- 2.3 Processos químicos alcalinos
- 2.4 Processos químicos ácidos
- 2.5 Processos com base em solventes orgânicos
- 2.6 Outros processos

- UNIDADE 3:** Química dos processos alcalinos
- 3.1 Descrição e caracterização dos processos alcalinos
 - 3.2 Variáveis do processo kraft
 - 3.3 Reações de deslignificação
 - 3.4 Fator H
 - 3.5 O processo de cozimento alcalino
 - 3.6 Variações do processo kraft e dos demais processos alcalinos
 - 3.7 O ciclo de recuperação de reagentes químicos e da matéria orgânica
 - 3.8 Processo kraft com pré-hidrólise

- UNIDADE 4:** Química dos processos ácidos
- 4.1 Descrição e caracterização dos processos ácidos
 - 4.2 Variáveis dos processos sulfito e magnefite
 - 4.3 Reações de deslignificação
 - 4.4 O processo de cozimento ácido
 - 4.5 O ciclo de recuperação de reagentes químicos e da matéria orgânica
 - 4.6 Produção de celuloses para dissolução através de processos ácidos

- UNIDADE 5:** Química dos processos com solventes orgânicos
- 5.1 Princípios dos processos com solubilização da lignina
 - 5.2 Tipos de processos organosolv
 - 5.3 Aspectos qualitativos das celuloses produzidas por processos organosolv
 - 5.4 O ciclo de recuperação dos reagentes químicos e da matéria orgânica

- UNIDADE 6:** Deslignificação com oxigênio
- 6.1 O processo de deslignificação oxidativa
 - 6.2 Variáveis do processo
 - 6.3 Vantagens e inter-relações com as etapas de branqueamento , recuperação e tratamento de efluentes

- UNIDADE 7:** Química do branqueamento da celulose
- 7.1 Cloração ácida
 - 7.2 Extração alcalina
 - 7.3 Dioxidação
 - 7.4 Hipocloração
 - 7.5 Peroxidação
 - 7.6 Branqueamento com ozônio
 - 7.7 Branqueamento com oxigênio
 - 7.8 Branqueamento com enzimas
 - 7.9 Branqueamentos ECF e TCF
 - 7.10 Seqüências de branqueamento

UNIDADE 8 : Química da parte úmida da formação da folha de papel

- 8.1 Preparação da massa e refinação
- 8.2 A formação da folha
- 8.3 Cargas minerais
- 8.4 Colagem interna
- 8.5 Agentes de retenção
- 8.6 Coloração do papel
- 8.7 Resistência a úmido
- 8.8 Alvejantes óticos

UNIDADE 9: Físico-química da secagem da folha de papel

- 9.1 O processo de secagem da folha de papel
- 9.2 Inter-relações celulose e água
- 9.3 Histerese
- 9.4 Estabilidade dimensional do papel
- 9.5 Defeitos do papel causado pela umidade
- 9.6 Conceituação e problemas sobre consistência como medida indireta de umidade

UNIDADE 10: Colagem superficial do papel

- 10.1 Objetivos da colagem superficial
- 10.2 Medições da colagem superficial
- 10.3 Tipos de colagem
- 10.4 Composição das receitas de colas para superfície do papel

UNIDADE 11: Revestimento do papel

- 11.1 Componentes na tinta de revestimento
- 11.2 O processo de revestimento
- 11.3 Usos e propriedades do papel revestido

Bibliografia sucinta indicada

- ABREU, H.S. **Biossíntese da lignina**. Itaguaí: Univ. Federal Rural do Rio de Janeiro, 1994. 63 p.
- BAKER, C.F. **The fundamentals of papermaking materials**. Transactions of the 11th Fundamental Research Symposium. Cambridge/Surrey: PIRA International, 1997. 3v. 1393 p.
- BIERMANN, C.J. **Handbook of pulping and papermaking**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 1996. 754 p.
- BRITT, K.W. **Handbook of pulp and paper technology**. 2 ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1970. 723 p.
- BROWNING, B.L. **The chemistry of wood**. New York: Krieger Publishing, 1975. 689 p.
- CASEY, J.P., ed. **Pulp and paper chemistry and chemical technology**. 3 ed. New York: Wiley Interscience, 1980. 3v.
- CLARK, J.A. **Pulp technology and treatment for paper**. San Francisco: Miller Freeman, 1978. 752 p.
- FOELKEL, C.E.B. & BARRICHELO, L.E.G. **Tecnologia de celulose e papel**. Piracicaba: E.S.A. Luiz de Queiroz, 1975. 207p. (Apostila)
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. 2 ed. São Paulo: IPT/SENAI, 1988, v.1. 560 p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Celulose e papel: tecnologia de fabricação do papel**. 2 ed. São Paulo: IPT/SENAI, 1988, v.2. 561-964 p.
- LIBBY, C.E. **Ciência y tecnologia sobre pulpa e papel**. México: Continental, 1967. 2v.
- LIBBY, C.E. **Pulp and paper chemistry and chemical technology**. New York: McGraw-Hill, 1962. 2 v.
- MACDONALD, R.G. **Pulp and paper manufacture**. New York: McGraw-Hill, 1970. v. 1
- MACDONALD, R.G. & FRANKLIN, J.N. **Papermaking and paperboard making**. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1970. v.3
- NEVELL, J.P. & ZERONIAN, S.H. **Cellulose chemistry and its applications**. West Sussex: Ellis Horwood, 1985. 552 p.
- NIKITIN, N.I. **The chemistry of cellulose and wood**. Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, 1966. 691 p.
- PANSHIN, A.J. & DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4 ed. New York: McGraw-Hill, 1980
- ROBERTS, J.C. **Paper chemistry**. New York: Chapman & Hall, 1991. 234 p.
- STAMM, A.J. **Wood and cellulose science**. New York: Ronald Press, 1964. 549 p.
- RYDHOLM, S.A. **Pulping processes**. New York: Interscience, 1965. 1269 p.
- TSOUMIS, G. **Wood as raw material**. Oxford: Pergamon, 1969. 276 p.
- WENZL, H.F.J. **The chemical technology of wood**. New York: Academic Press, 1970. 692 p.

TECNOLOGIA DA FABRICAÇÃO DE CELULOSE E PAPEL

Identificação

Código : CFL

Créditos: (4-1) 4

Centro de Ciências Rurais

Departamento de Ciências Florestais

Programa atendido: **Engenharia Florestal**

Objetivos da disciplina

Estudar as tecnologias envolvidas na produção de celulose e papel , com descrição , avaliação , interpretação e comparação dos processos e equipamentos utilizados para tal finalidade.

Ementa

Métodos industriais , tecnologias , processos , equipamentos e produtos nas operações de conversão da madeira a celulose e papel. Processos intermediários para recuperação de produtos químicos , geração de energia e tratamento de água.

Título e discriminação das unidades

UNIDADE 1 : Histórico e estatísticas de produção e consumos de papel e celulose

- 1.1 Evolução histórica da fabricação de celulose e papel
- 1.2 Estatísticas de produção e consumo
- 1.3 Recursos fibrosos
- 1.4 Processos de produção e tipos de celuloses e papéis

UNIDADE 2 : Preparação da madeira

- 2.1 Pátio de madeira
- 2.2 Picadores
- 2.3 Classificação dos cavacos
- 2.4 Qualidade dos cavacos
- 2.5 Formas de estocagem da madeira

UNIDADE 3 : Os processos químicos alcalinos de cozimento

- 3.1 Digestores
- 3.2 Sistemas auxiliares

UNIDADE 4 : Os processos químicos ácidos de cozimento

- 4.1 Digestores
- 4.2 Sistemas auxiliares

UNIDADE 5 : Processos de alto rendimento

- 5.1 Desfibradores , rebolos , refinadores de discos , molaças
- 5.2 Processos mecânicos
- 5.3 Processos termo-mecânicos
- 5.4 Processos quimo-termo-mecânicos
- 5.5 Alvejamento de pastas de alto rendimento
- 5.6 Características e usos das pastas de alto rendimento

UNIDADE 6 : Processos de fabricação de celuloses para dissolução ou polpas solúveis

- 6.1 Tecnologias pelo processo kraft com pré-hidrólise
- 6.2 Tecnologias pelo processo sulfito com purificação e extração alcalina

UNIDADE 7 : Depuração e lavagem

- 7.1 Depuradores de peneiras
- 7.2 Depuradores hidro-ciclônicos
- 7.3 Engrossadores de massa
- 7.4 Filtros lavadores
- 7.5 Difusores lavadores
- 7.6 Prensas lavadoras e desaguadoras
- 7.7 Balanços de materiais
- 7.8 Eficiências na depuração e lavagem

UNIDADE 8 : Deslignificação com oxigênio

- 8.1 Reatores e misturadores
- 8.2 Qualidade na deslignificação com oxigênio
- 8.3 Eficiências na deslignificação com oxigênio

UNIDADE 9 : Branqueamento da celulose

- 9.1 Torres , reatores , lavadores , misturadores , engrossadores
- 9.2 Tipos de branqueamento
- 9.3 Seqüências de branqueamento e combinação de tecnologias: análises de opções industriais

UNIDADE 10 : Preparação da massa

- 10.1 Desagregadores , agitadores , depuradores , tanques
- 10.2 Refinação e moagem
- 10.3 Sistemas de aproximação de fluxos

UNIDADE 11 : Parte úmida da máquina Fourdrinier

- 11.1 Caixa de entrada
- 11.2 Mesa plana

- 11.3 Prensagem a úmido
- 11.4 Telas e feltros

UNIDADE 12 : Secagem da folha de celulose e de papel

- 12.1 Pré-secagem
- 12.2 Cilindros secadores
- 12.3 Secadores "flash"
- 12.4 Secadores a colchão de ar

UNIDADE 13 : Colagem superficial e revestimento do papel

- 13.1 Aplicadores de colagem superficial
- 13.2 Revestimento do papel
- 13.3 "Coaters"
- 13.4 Objetivos do revestimento
- 13.5 Impressão e qualidade da impressão

UNIDADE 14 : Operações de acabamento e conversão

- 14.1 Cilindro monolúcido
- 14.2 Calandras e super-calandras
- 14.3 Rebobinadeiras
- 14.4 Corte , seleção e empacotamento das folhas
- 14.5 Operações de conversão
- 14.6 Embalagem e expedição

UNIDADE 15 : Reciclagem do papel

- 15.1 Desagregação das aparas
- 15.2 Depuração e limpeza
- 15.3 Características , usos , propriedades do papel reciclado
- 15.4 Destintamento
- 15.5 Aspectos ambientais e mercadológicos da reciclagem

UNIDADE 16 : Recuperação de produtos químicos

- 16.1 Evaporação do licor preto
- 16.2 Caldeiras de recuperação
- 16.3 Fornos de cal
- 16.4 O ciclo de recuperação kraft

UNIDADE 17 : Fabricação dos produtos químicos ao branqueamento

- 17.1 Ozônio
- 17.2 Cloro molecular
- 17.3 Soda cáustica
- 17.4 Hipocloritos
- 17.5 Dióxido de cloro
- 17.6 Peróxido de hidrogênio
- 17.7 Hidrossulfitos

UNIDADE 18 : Geração de energia e vapor

- 18.1 Combustíveis (óleo , carvão , biomassa , etc)
- 18.2 Caldeiras de força
- 18.3 Turbinas e geradores de energia elétrica
- 18.4 Geração de vapor

UNIDADE 19 : Tratamento de água

- 19.1 Tipos de tratamento
- 19.2 Floculação e coagulação
- 19.3 Decantação
- 19.4 Filtração
- 19.5 Qualidade da água para fabricação de papéis e celulosas

Bibliografia sucinta indicada

- ABREU, H.S. **Biossíntese da lignina**. Itaguaí: Univ. Federal Rural do Rio de Janeiro, 1994. 63 p.
- BAKER, C.F. **The fundamentals of papermaking materials**. Transactions of the 11th Fundamental Research Symposium. Cambridge/Surrey: PIRA International, 1997. 3v. 1393 p.
- BIERMANN, C.J. **Handbook of pulping and papermaking**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 1996. 754 p.
- BRITT, K.W. **Handbook of pulp and paper technology**. 2 ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1970. 723 p.
- BROWNING, B.L. **The chemistry of wood**. New York: Krieger Publishing, 1975. 689 p.
- CASEY, J.P., ed. **Pulp and paper chemistry and chemical technology**. 3 ed. New York: Wiley Interscience, 1980. 3v.
- CLARK, J.A. **Pulp technology and treatment for paper**. San Francisco: Miller Freeman, 1978. 752 p.
- DENCE, C.W. & REEVE, D.W., ed. **Pulp bleaching : principles and practice**. Atlanta: Tappi Press, 1996. 868 p.
- FOELKEL, C.E.B. & BARRICHELO, L.E.G. **Tecnologia de celulose e papel**. Piracicaba: E.S.A. Luiz de Queiroz, 1975. 207p. (Apostila)
- HOPE, J.M., BRUM, E.T. & DARIO, M.A., ed. **Tecnologia da madeira : Simpósio**. Santa Maria: UFSM/CEPEF, 1992. 226 p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. 2 ed. São Paulo: IPT/SENAI, 1988, v.1. 560 p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Celulose e papel: tecnologia de fabricação do papel**. 2 ed. São Paulo: IPT/SENAI, 1988, v.2. 561-964 p.
- KLINE, J. E. **Paper and paperboard : manufacturing and converting fundamentals**. San Francisco : Miller Freeman, 1982. 232 p.
- LIBBY, C.E. **Ciência y tecnologia sobre pulpa e papel**. México: Continental, 1967. 2v.
- LIBBY, C.E. **Pulp and paper chemistry and chemical technology**. New York : McGraw-Hill, 1962. 2 v.
- MACDONALD, R.G. **Pulp and paper manufacture**. New York: McGraw-Hill, 1970. v. 1
- MACDONALD, R.G. & FRANKLIN, J.N. **Papermaking and paperboard making**. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1970. v.3
- NEVELL, J.P. & ZERONIAN, S.H. **Cellulose chemistry and its applications**. West Sussex: Ellis Horwood, 1985. 552 p.
- NIKITIN, N.I. **The chemistry of cellulose and wood**. Jerusalem : Israel Program for Scientific Translations, 1966. 691 p.
- PANSHIN, A.J. & DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4 ed. New York : McGraw-Hill, 1980
- ROBERTS, J.C. **Paper chemistry**. New York: Chapman & Hall, 1991. 234 p.
- ROOT, D.F., ed. **Global resources and markets : issues and trends**. Seattle: 2nd International symposium on pulp and paper / Institute of Forest Resources, 1991. 219 p.
- SALTMAN, D. **Paper basics**. New York : Van Nostrand Reinhold, 1978. 225 p.

SANTOS FILHO , D.F. **Tecnologia de tratamento de água** . Rio de Janeiro : Almeida Neve , 1976 . 251 p.

SCHREUDER , G.F. , ed. **Global issues and outlook in pulp and paper** . Seattle : University of Washington Press , 1988 . 302 p.

STAMM , A.J. **Wood and cellulose science** . New York: Ronald Press , 1964 . 549 p.

RYDHOLM , S.A. **Pulping processes** . New York : Interscience , 1965. 1269 p.

TSOUMIS , G. **Wood as raw material** . Oxford : Pergamon , 1969. 276 p.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE BARCELONA . **Preparacion y refino de pastas** . Terrassa : Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales , 1977 . 353 p.

WENZL , H.F.J. **The chemical technology of wood** . New York: Academic Press , 1970. 692 p.

PROPRIEDADES DA CELULOSE E DO PAPEL

Identificação

Código : CFL

Créditos : (3-2) 4

Centro de Ciências Rurais

Departamento de Ciências Florestais

Programa atendido : **Engenharia Florestal**

Objetivos da disciplina

Apresentar os diversos parâmetros químicos , físicos , anatômicos , mecânicos , óticos e biológicos utilizados na avaliação da madeira , celulose , papel , águas , efluentes e matérias-primas não fibrosas. Diferenciar as principais matérias-primas fibrosas. Estabelecer relações entre propriedades e usos das celuloses e papéis .

Ementa

Características e propriedades das fibras , madeiras , matérias-primas não fibrosas , celuloses e papéis. Definição de critérios de amostragem e ensaios. Normas e metodologias padronizadas. Estrutura e consolidação da folha de papel. Inter-relações entre propriedades das matérias - primas fibrosas , não fibrosas e produtos finais . Condições operacionais e qualidade dos produtos em fabricação . Reciclagem do papel . Papel artesanal.

Título e discriminação das unidades

UNIDADE 1 : Análises das madeiras , fibras , celuloses , papéis e materiais não fibrosos

- 1.1 Amostragem
- 1.2 Metodologias TAPPI , ISO , ABTCP , SCAN , APPITA , CPPA
- 1.3 Normas ISO série 9000 e sua aplicação na indústria de celulose e papel

UNIDADE 2: Propriedades tecnológicas da madeira para celulose e papel

- 2.1 Densidade básica
- 2.2 Composição química : celulose , lignina , extrativos , hemiceluloses, sais minerais
- 2.3 Fibras : composição , tipos , dimensões , relações entre dimensões , parede celular , vasos , frequências , etc

UNIDADE 3: Características e propriedades das celuloses não branqueadas

- 3.1 Feixes de fibras e sujeiras
- 3.2 Alvura
- 3.3 Número kappa
- 3.4 Viscosidade
- 3.5 Hemiceluloses e solubilidade em soda cáustica
- 3.6 Licor preto residual
- 3.7 Sais minerais

UNIDADE 4: Características e propriedades das celuloses branqueadas

- 4.1 Alvura e reversão de alvura
- 4.2 Cor
- 4.3 Sujeira e contaminantes
- 4.4 Hemiceluloses
- 4.5 Viscosidade
- 4.6 Extrativos e " pitch "
- 4.7 Sais minerais
- 4.8 Consistência , peso seco ao ar , peso absolutamente seco

UNIDADE 5: Moagem e formação de folhas para testes

- 5.1 Refinador / moinho PFI
- 5.2 Refinador / moinho Jokro
- 5.3 Formador de folha tipo TAPPI
- 5.4 Formador de folha tipo Koethen Rapid
- 5.5 Climatização das folhas para ensaios

UNIDADE 6: Propriedades físico-mecânicas e óticas da celulose e do papel

- 6.1 Propriedades físicas
- 6.2 Propriedades mecânicas ou de resistência
- 6.3 Propriedades óticas

UNIDADE 7: Ensaios dos papéis e relação com seu uso

- 7.1 Papéis de impressão e escrita
- 7.2 Papéis higiênicos e sanitários
- 7.3 Papéis jornal
- 7.4 Papéis de embalagem
- 7.5 Cartões
- 7.6 Papelões
- 7.7 Papéis revestidos

UNIDADE 8: Estrutura e consolidação da folha de papel

- 8.1 Propriedades superficiais
- 8.2 Ligação entre fibras
- 8.3 Estrutura e física da folha de papel

UNIDADE 9: Propriedades de papéis reciclados

- 9.1 Alterações nas fibras e na estrutura da parede celular
- 9.2 Histerese
- 9.3 Propriedades dos papéis em função do número de vezes que o papel é reciclado
- 9.4 Principais usos das fibras recicladas

UNIDADE 10: Matérias-primas fibrosas

- 10.1 Eucaliptos
- 10.2 Pináceas
- 10.3 Araucária
- 10.4 Bambu
- 10.5 Acácia negra
- 10.6 Fibras agrícolas : palhas , bagaço de cana , linter de algodão , etc
- 10.7 Fibras internacionais : faia , bétula , carvalho , abeto , etc

UNIDADE 11: Inter-relações entre características da madeira e propriedades da celulose e do papel

- 11.1 Influência das características anatômicas
- 11.2 Influência das características químicas
- 11.3 Influência da densidade básica da madeira
- 11.4 Influência da umidade da madeira
- 11.5 Influência da estocagem da madeira

UNIDADE 12: Inter-relação entre condições operacionais de processo e propriedades da celulose

- 12.1 Dimensão dos cavacos
- 12.2 Condições de cozimento
- 12.3 Condições do branqueamento
- 12.4 Condições da secagem
- 12.5 Qualidade da água de processo

UNIDADE 13: Inter-relação entre condições operacionais do processo e propriedades do papel

- 13.1 Teor de cargas
- 13.2 Aditivos
- 13.3 Refinação das fibras
- 13.4 Teor de finos
- 13.5 Taxa de refugos de papel reciclados
- 13.6 Qualidade da água e qualidade do refino e do papel
- 13.7 Formação da folha na mesa plana
- 13.8 Secagem da folha e teor de umidade
- 13.9 Influência das telas e feltros
- 13.10 Calandragem e super-calandragem
- 13.11 Crepagem
- 13.12 Enrolamento , der enrolamento , rebobinamento , corte , manuseio , estocagem

UNIDADE 14: Papel artesanal

14.1 Produção laboratorial de papel artesanal

14.2 Determinação de custos e qualidade do papel artesanal

UNIDADE 15: Análises e qualidade das águas

15.1 Águas potáveis

15.2 Águas industriais

15.3 Águas efluentes

15.4 Classificação dos cursos d'água

15.5 Biologia das águas

Bibliografia sucinta indicada

- ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL , **Normas técnicas** . São Paulo: Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel / ABTCP, 1998
- BAKER , C.F. **The fundamentals of papermaking materials** . Transactions of the 11th Fundamentals Research Symposium . Cambridge/Surrey : PIRA International , 1997 . 3v. , 1393 p.
- BARRICHELO , L.E.G. & BRITO , J.O. **A madeira de espécies de eucalipto como matéria-prima para a indústria de celulose e papel** . Brasília: PRODEPEF / PNUD / FAO/IBDF/BRA , 1976. 145 p. (Série Divulgação , 13)
- BIERMANN, C.J. **Handbook of pulping and papermaking** . 2 ed. San Diego: Academic Press , 1996. 754 p.
- BRISTOW , J.A. & KOLSETH , P. , ed. , **Paper: structure and properties** . New York: Marcel Dekker , 1986 . 390 p.
- BROWNING , B.L. **Analysis of paper** . New York: Marcel Dekker , 1969
- BROWNING , B.L. **Methods of wood chemistry** . New York: John Wiley , 1967 . 2v.
- GRANT , J. **Manual sobre la fabricación de pulpa y papel** . México : Continental , 1968. 678 p.
- HAHN , L.D. **Testing guidebook** . Atlanta : Tappi Press , 1990 . 34 p.
- HALWARD , A. & Sanchez , C. **Métodos de ensaios nas indústrias de celulose e papel** . São Paulo : Editora Brusco , 1975 . 458 p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, **Celulose e papel : tecnologia de fabricação do papel** . 2 ed . São Paulo : IPT / SENAI , 1988. , v. 2 . 561-964 p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO , **Celulose e papel : tecnologia de fabricação da pasta celulósica** . 2 ed . São Paulo : IPT / SENAI , 1988 .v.1 . 560 p.
- JIMENEZ , J.R. **Los controles en la fabricación del papel** . Madrid : Editorial Blume , 1970 . 359 p.
- MAINIERI , C. & CHIMELO , J.P. **Fichas características das madeiras brasileiras** . São Paulo: IPT , 1978 . 418 p. (Publicação 1791)
- PARHAM , R.A. & GRAY , R.L. **The practical identification of wood pulp fibers** . Atlanta : Tappi Press , 1982 . 212 p.
- PARKER , J.D. **The sheet forming process** . 2 ed . Atlanta : Tappi Press , 1994 . 104 p.
- RYDHOLM, S.A. **Pulping processes** . New York : Interscience , 1965 . 1269 p.
- TAPPI , **Introduction to paper properties** . Atlanta : Tappi Press , 1989 . 88 p.
- TAPPI , **Recycling : a Tappi Press anthology of published papers** . Atlanta : Tappi Press , 1997 . 674 p.
- TAPPI , **Tappi test methods** . Atlanta : Tappi Press , 1988 . 2v.
- TAPPI , **Tappi test methods** . Atlanta : Tappi Press , 1989 . 2v.

AMBIÊNCIA NA INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL

Identificação

Código : CFL

Créditos : (3-1) 3

Centro de Ciências Rurais

Departamento de Ciências Florestais

Programa atendido : **Engenharia Florestal**

Objetivos da disciplina

Estudar os impactos ambientais da fabricação industrial de celulose e papel e as maneiras para sua gestão , prevenção , mitigação , remediação , controle e obtenção de resultados econômicos , ambientais e sociais , dentro do conceito de desenvolvimento sustentado.

Ementa

Gestão ambiental . Legislação e licenciamento ambiental. Mercado e meio ambiente. Poluição hídrica , sonora e aérea. Resíduos sólidos. Economia de energia em operações industriais . Educação e comunicação em assuntos ambientais . Controle físico-químico e ecotoxicológico. Tratamento de resíduos .

Título e discriminação das unidades

UNIDADE 1 : Introdução à ambiência

- 1.1 Desenvolvimento sustentado
- 1.2 Agenda 21
- 1.3 Tratado das ONG's
- 1.4 Poluição hídrica , sonora , aérea e do solo
- 1.5 Tendências e cenários em proteção ambiental
- 1.6 O conceito de produção mais limpa

UNIDADE 2 : Gestão ambiental

- 2.1 Componentes políticos , legislativos , econômicos , mercadológicos e sociais
- 2.2 Sistema ISO e as normas da série 14000
- 2.3 Gestão ambiental nas empresas de celulose e papel
- 2.4 Gestão ambiental na área de produção de madeira

- 2.5 Gestão ambiental e resultados econômicos
- 2.6 Análise do ciclo de vida do papel

UNIDADE 3: Legislação e licenciamento ambiental

- 3.1 Legislação regional , nacional e internacional
- 3.2 Processos para licenciamento ambiental

UNIDADE 4 : Aspectos mercadológicos

- 4.1 Mercado e meio ambiente
- 4.2 Selos verdes e rótulos ecológicos para papéis
- 4.3 Certificação ambiental e florestal

UNIDADE 5: Aspectos econômicos

- 5.1 Prevenção da poluição
- 5.2 Perdas , desperdícios e poluição
- 5.3 Gestão de resíduos
- 5.4 Tecnologias limpas
- 5.5 Produção mais limpa
- 5.6 Economia do meio ambiente

UNIDADE 6 : Poluição hídrica

- 6.1 Conceituação
- 6.2 Fontes geradoras de poluição das águas na indústria de celulose e papel
- 6.3 Prevenção da poluição hídrica
- 6.4 Fechamento de circuitos de águas
- 6.5 Tratamento de efluentes

UNIDADE 7 : Poluição sonora

- 7.1 Conceituação
- 7.2 Fontes geradoras de ruídos na indústria de celulose e papel
- 7.3 Controle da poluição sonora

UNIDADE 8 : Poluição aérea

- 8.1 Conceituação , tipos
- 8.2 Fontes geradoras de poluição do ar pela indústria de celulose e papel
- 8.3 Controle do odor , particulados e gases prejudiciais à saúde e ao ambiente
- 8.4 Compostos orgânicos voláteis
- 8.5 Efeito estufa e seqüestro de carbono

UNIDADE 9 : Resíduos sólidos

- 9.1 Conceituação e quantificação
- 9.2 Fontes e prevenção
- 9.3 Controle e tratamento
- 9.4 Reciclagem e re-utilização

9.5 Compostagem de resíduos orgânicos

9.6 Programas de reduções de perdas

UNIDADE 10 : Economia e conservação de energia

10.1 Conceituação

10.2 Fontes de perdas energéticas

10.3 Balanços energéticos

10.4 Prevenção ao desperdício de energia térmica , elétrica e vapor

10.5 Eficiência energética

UNIDADE 11: Aspectos sociais

11.1 Educação ambiental dentro da própria empresa

11.2 Relações com a comunidade

11.3 Comunicação ambiental

UNIDADE 12 : Controle físico-químico e ecotoxicologia

12.1 Interpretação dos parâmetros físico-químicos de análise de efluentes

12.2 Análises de gases e poluentes aéreos

12.3 Análises de resíduos sólidos

12.4 Bioensaios para avaliação de ecotoxicidade

12.5 Indicadores biológicos

Bibliografia sucinta indicada

- AEBA , **O lixo como instrumento de resgate social** . Porto Alegre : Instituto Goethe , 1989 . 175 p.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION , **Water quality and treatment** . 4 ed. EEUU , 1990
- ANDRADE NETO , C. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários** . Rio de Janeiro : ABES , 1997 . 301 p.
- BRASIL , MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE , **Os ecossistemas brasileiros e os principais macro-vetores de desenvolvimento : subsídios ao planejamento da gestão ambiental** . Brasília : Programa Nacional do Meio Ambiente , 1995 . 108 p.
- CHEREMISINOFF , P.N. & YOUNG , R.A. **Pollution engineering practice handbook** . Ann Arbor : Ann Harbor , 1975
- CSUROS , M. **Environmental sampling and analysis for technicians** . Boca Raton : Lewis , 1994 . 320 p.
- EATON , A.D. , CLESCERI , L.S. & GREENBERG , A.E. **Standard methods for the examination of water and wastewater** . 19 ed. Washington : American Public Health Association , 1995
- ELY , A. **Economia do meio ambiente : uma apreciação introdutória interdisciplinar da poluição , ecologia e qualidade ambiental** . Porto Alegre : Fundação de Economia e Estatística , 1986 . 146 p.
- EMBRAPA , **Atlas do meio ambiente do Brasil** . Brasília : Terra Viva , 1996 . 160 p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO , **Conservação de energia na indústria de celulose e papel : manual de recomendações** . São Paulo : IPT , 1985 (Publicação 1628)
- MANAHAN , S.E. **Hazardous waste chemistry , toxicology and treatment** . Chelsea : Lewis , 1990 . 378 p.
- MARTOS , H.L. & MAIA , N.B. **Indicadores ambientais** . Sorocaba : Div. Sistema Documentação USP , 1997 , 266 p.
- METCALF & EDDY , **Ingenieria sanitaria : tratamiento , evacuación y reutilización de aguas residuales** . 3 ed. Barcelona : Labor , 1994 . 969 p.
- RAMALHO , R.S. **Introduction to wastewater treatment processes** . 2 ed. San Diego : Academic Press , 1983
- ROCHA , J. S.M. da **Manual de projetos ambientais** . Santa Maria : Ed. UFSM , 1997 . 446 p.
- SAWYER , D.T. & MARTELL , A.E. ed. **Industrial environmental chemistry** . New York : Plenum , 1992 . 312 p.
- SELL , N.J. **Industrial pollution control : issues and techniques** . New York : Van Nostrand Reinhold , 1981 . 359 p.
- TESTA , S.M. **Geological aspects of hazardous waste management** . Boca Raton : Lewis , 1994 . 537 p.
- UNEP / UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAM , **Environmental management in the pulp and paper industry** . Moscow: UNEP , 1981 . 2 v.

Tecnologia de Celulose e Papel

Prova parcial 1 / 2000

- 1. Explicar as partes componentes e o funcionamento de um digestor contínuo Kamyr/Kvaerner**
- 2. Explicar como se pode aumentar a capacidade de produção de um digestor contínuo que processa madeira de Pinus pelo processo Kraft:**
 - ⇒ sem investimentos no equipamento**
 - ⇒ com investimentos em equipamentos**

Quais os possíveis gargalos que esse aumento de produção poderá ocasionar em outros setores da fábrica? Por que?
- 3. Explicar como poderia funcionar uma lavagem em contracorrente na área de celulose não branqueada, incluindo lavagem dentro do digestor, lavagem e depuração da celulose não branqueada e estágio de deslignificação com oxigênio?**
- 4. Quais as vantagens da prensa lavadora sobre a lavagem em filtros a vácuo?**
- 5. Explicar as diferenças em equipamentos e conceitos fundamentais básicos para depuração e lavagem de nós mal cozidos, depuração de palitos ou " big shives" e depuração hidrociclônica de pintas, areia, etc.**
- 6. Quais os fatores chaves que devem ser considerados para se planejar o abastecimento de cavacos de uma fábrica de celulose?**
- 7. Definir fator de diluição, fator de deslocamento e eficiência de lavagem.**

8. Problema 1:

Calcular a quantidade de sódio como íon sódio que é perdida diariamente por uma fábrica de celulose kraft, sabendo-se que a reposição é toda feita por adição de Na_2SO_4 na razão de 30 kg por tonelada air-dry. A produção da fábrica é de 1400 tas por dia. Por onde ocorrem essas perdas ? $\text{Na}=23$; $\text{S}=32$; $\text{H}=1$; $\text{O}=16$, $\text{C}=12$.

9. Problema 2

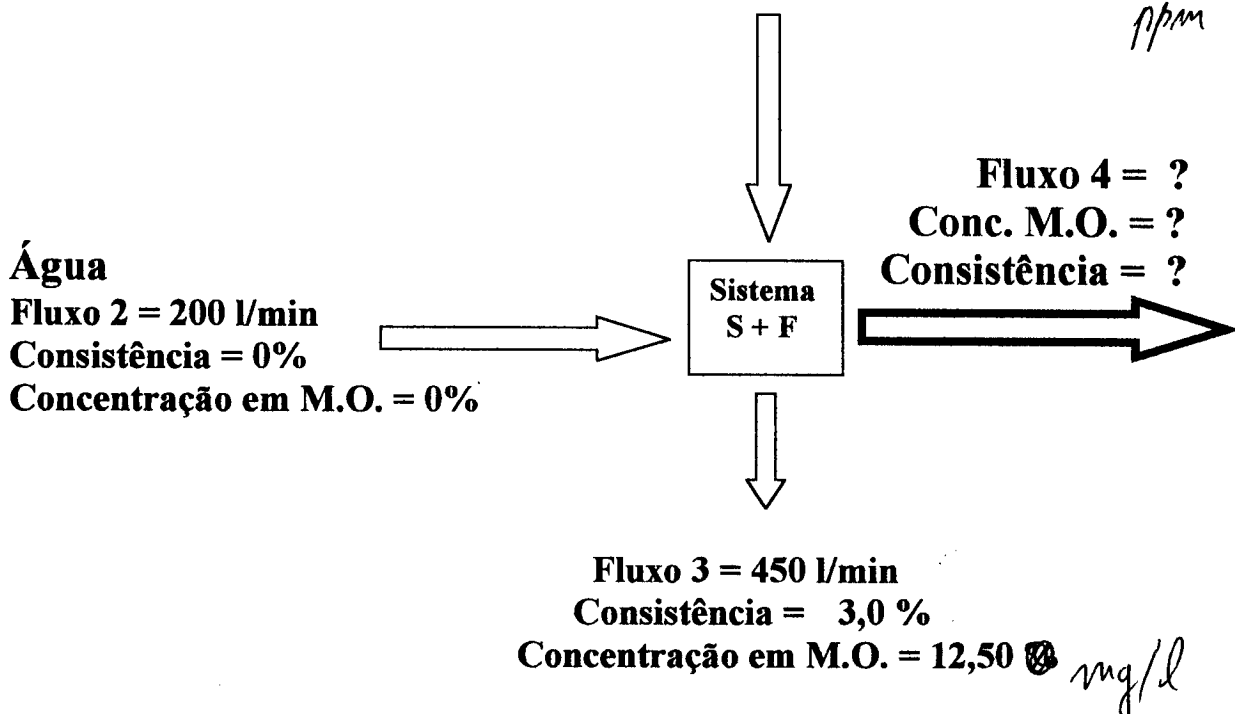
Sendo a densidade do licor branco $1,2 \text{ g/cm}^3$, sua concentração em álcali ativo 135 g/l (expresso como NaOH) e sulfidez = 20%, qual o volume e o peso consumido diariamente desse licor para manter operando uma fábrica de celulose kraft que converte 3000 toneladas úmidas de madeira de eucalipto com 35 % de umidade? A carga alcalina média aplicada base madeira seca é de 20% como NaOH .

10. Problema 3: Balanços de materiais em um sistema de polpas e filtrados (M.O. = matéria orgânica dissolvida na fase líquida)

Consistência = 5%

Fluxo 1 = 500 l/min

Concentração em Matéria Orgânica dissolvida no filtrado = 15 g/litro



Prova 2: Tecnologia de Celulose e Papel

- 1. Quais as características de uma matéria prima fibrosa que definem sua viabilidade para fabricação de celulose?**
- 2. Principais estruturas químicas da lignina de coníferas e de folhosas ? Quais dessas matérias primas teria mais aptidão para gerar compostos de mau odor no processamento kraft ? Por quê?**
- 3. Definir e explicar a importância: consistência, umidade, densidade básica, número kappa, viscosidade, alvura, reversão de alvura, gramatura, estabilidade dimensional, volume específico aparente, picking, aspereza / rugosidade.**
- 4. Explique o processo kraft a partir das toras chegando à fábrica até a celulose saindo pela máquina de secagem, descrevendo também as etapas de recuperação do licor. Utilizar no máximo duas páginas de papel A4 .**
- 5. Quais os objetivos que se tem ao introduzir uma deslignificação com oxigênio em etapa de pré-branqueamento da celulose ?**
- 6. Caracterizar os tipos de branqueamento em função dos reagentes químicos utilizados? Quais os principais reagentes para cada desses tipos ?**
- 7. Quais os principais constituintes inorgânicos presentes no licor preto?**
- 8. Principais resíduos sólidos da fabricação da celulose kraft**
- 9. Efeito do refino sobre as fibras**
- 10. Descrever os principais sistemas de tratamento de efluentes de fábricas de celulose .**

Problemas Prova Final

- 1. Ao se colocar um fardo de 2000 kg brutos (com 88 % de consistência) em um tanque para transformá-lo em uma suspensão de polpa , qual a quantidade de água a adicionar para se preparar uma massa a 5% de consistência ?**
- 2. Sejam dois fluxos de polpa , um com 400 litros por minuto , a 10% de consistência ; o outro a 200 l/min e 5% de consistência. Ao se reuni-los em um mesmo fluxo , qual deve ser a quantidade de água a adicionar em litros/minuto para que a massa resultante esteja , após mistura , a 6 % de consistência ? Haveria chance de se retirar uma massa a 12% de consistência sem prensagem ou outro método de remoção de água ?**
- 3. Numa máquina de secar celulose branqueada , a prensagem úmida eleva a consistência de 22 para 50 %. Qual a quantidade de água removida por essa operação em toneladas de água por tonelada "air dry" de celulose? Caso se estivesse usando massa não branqueada para fazer o papel , qual seria a resposta para a mesma questão ?**
- 4. Uma madeira possui densidade básica de 0,50 g/cc e 30% de umidade. Quais as porcentagens de seu volume que são ocupadas por água e por matéria seca ? Uma madeira de densidade 0,65 g/cc comportaria uma umidade de 50% ?**
- 5. Uma determinada polpa possui "coarseness" de 9 mg/100 m. Caso o comprimento médio da fibra seja de 0,6 mm , qual o peso médio de cada fibra? Qual a população de fibras por grama absolutamente seca de polpa?**

6. Ao se impregnar completamente um cavaco com água , seu peso úmido total foi de 5,7 gramas. Após secagem em estufa , determinou-se um peso absolutamente seco de 2 gramas. Pela técnica da balança hidrostática , encontrou-se um volume saturado de 5 cm³. Qual a sua densidade básica? Qual a umidade no máximo teor de umidade? Qual o volume ocupado pela substância madeira ? Qual o volume percentual do total que é ocupado por água ?
7. Um tanque de licor branco tem 1000 m³ de licor a 150 gramas de Na₂O ativo por litro e 20% de sulfidez. O operador decide fazer todo o "make-up" de soda cáustica ao processo adicionando 50 toneladas de soda NaOH a 50% de concentração (peso/peso) nesse tanque. Qual passará a ser a sulfidez do licor branco após ter sido completada essa operação?
8. Qual a quantidade de cal virgem a 85% de atividade para caustificar um licor verde com 130 g Na₂CO₃ por litro , expresso como NaOH , e contendo ainda 35 g/l de sulfeto de sódio , expresso como NaOH ? Qual a quantidade de lama de cal a 70 % de sólidos será gerada nessa reação ?
9. Qual a quantidade de lama de cal a 60% de sólidos é alimentada a um forno que produz 300 t/dia de uma cal virgem com 20% de inertes ?
10. Qual a quantidade total de álcali ativo (em toneladas) necessária para operar uma fábrica de 2000 toneladas de celulose air dry por dia , sendo o rendimento global do processo 48% base madeira a.s. e o álcali ativo aplicado base madeira a.s de 20% base NaOH ?

- 11. Uma fábrica recebe anualmente 3 milhões de esteres de madeira , com densidade básica média de 0,5 g/cc , relação metro cúbico sólido/ estere de 0,65. Qual o peso de madeira a.s. recebe por ano? Se a umidade média for de 45% , qual a quantidade de água que entra com a madeira?**
- 12. Um st de uma determinada madeira tem 0,6 m³ sólido e Db de 0,45 g/cc. Caso esse volume de madeira seja transformado em 2,15 m³ de cavacos , qual será a densidade a granel desses cavacos? Esse tipo de madeira serve para alimentar uma fábrica que opera com digestor contínuo tipo Kvaerner (ex-Kamyr). O digestor opera a 25 rpm e tem o volume total de alimentação do medidor de cavacos de 0,5 m³/rotação . Para um rendimento de 50% base madeira a.s. , qual a produção diária desse digestor em celulose marrom não depurada ?**

Prova final 2

Problemas (Responder todos) :

1. Qual o consumo específico de madeira em st/tad (air dry) de celulose branqueada na saída da máquina de secagem , considerando os seguintes dados médios:
 - densidade básica média da madeira: 0,5 g/cc
 - relação m^3 sólido / st : 0,7
 - teor de serragem removida dos cavacos: 1%
 - rendimento bruto em celulose marrom: 50%
 - teor de rejeitos removidos da celulose marrom , base madeira : 1%
 - rendimento da deslignificação com oxigênio : 98% (base celulose marrom depurada)
 - rendimento do branqueamento , base celulose deslignificada : 97%
 - perda de fibras na depuração da massa branqueada , base celulose branqueada: 0,5%
- 2 Qual a quantidade de água que é removida por tad (tonelada air dry) na área de máquina de secagem de celulose , entre a prensa úmida e a saída dos fardos , sabendo que a consistência após prensas é de 50% e nos fardos de 92% ?
Quanto de água permanece nos fardos em termos de kg de água por tonelada absolutamente seca de celulose ?
- 3 Um digestor descontínuo possui 500 metros cúbicos de volume útil para receber cavacos de madeira com 170 kg/m^3 . Caso o rendimento bruto do cozimento for de 48% , com 2% de rejeitos removidos na depuração (base madeira) , qual a quantidade de celulose depurada será produzida a cada ciclo desse digestor ?
- 4 Em um cozimento laboratorial , deseja-se fazer uma mistura base peso seco , de 80% de madeira de bracatinga com 20% de madeira de eucalipto , para pesquisar cozimentos conjuntos dessas duas espécies . Dispõe-se de cavacos dessas espécies com consistências respectivas de 65 % e 75% . Para um cozimento de 2000 gramas a.s. , qual o peso úmido a pesar de cada material ? Para se cozinhar a mistura de cavacos com 20% de álcali ativo , base NaOH , qual o volume de licor branco (solução estoque) , com concentração 120 gramas de álcali ativo (NaOH) por litro deve ser utilizada ?

- 5 Em uma experiência laboratorial , dispomos de 2 litros de licor verde com 135 gramas de Na_2CO_3 por litro , expressos como NaOH e 20 gramas de Na_2S por litro , também expressos como NaOH. Após caustificação , o licor branco resultante contem ainda 15 gramas de carbonato de sódio por litro , como NaOH. Qual a quantidade de CaO (p.a) foi consumida para todo o volume disponível de licor verde , sem excesso de cal virgem ? Qual o álcali ativo e o álcali total titulável do licor branco formado , admitindo não ter sido significativa a variação em volume ao longo da experiência ?**

Questões dissertativas

Escolher 6

Escreva tudo que for importante (máximo de cerca de 400 palavras por questão) sobre:

- 1: Álcali ativo , álcali total , sulfidez ,**
- 2: Número kappa , teor de lignina , consumo de químicos no branqueamento**
- 3: Licor verde , licor branco , caustificação**
- 4: Caldeira de recuperação (desenhos inclusive)**
- 5: Branqueamento com enzimas**
- 6: Decomposição do H_2O_2 e formas de se controlá-la**
- 7: Coníferas e folhosas para fabricação de celulose**
- 8: Cal virgem e lama de cal**
- 9: Branqueamentos ECF e TCF**
- 10: Estágio de hipocloração**
- 11: Evaporação em múltiplos efeitos**
- 12: Alterações na fibra e na qualidade da celulose causadas pela refinação da massa a baixa e alta consistência**

Mini prova # 1

1. Explicar a composição e a estruturação física e química da parede celular de uma fibra celulósica
2. Explicar as características dos seguintes tipos de lenho: lenhos inicial, tardio e juvenil de coníferas; lenhos de reação (tensão e compressão)
3. O fluxo de gases de uma chaminé de caldeira de recuperação é de 600.000 m³/hora. A área da boca do tubo da chaminé é de 5 m² . Qual a velocidade de saída dos gases pela chaminé?
Os gases de exaustão estão à temperatura de 145°C e pressão de 770 mm de mercúrio de pressão. Qual o fluxo quando expresso a CNTP ?
4. Um tanque contém oxigênio a 105°C e 10 atmosferas de pressão. De quantas vezes o volume do gás seria modificado (aumentado ou diminuído?) quando o tanque for aberto para um reator que conterá integralmente o gás em uma pressão de 3 atm e 120 °C ?

Mini Prova # 2

1. Uma empresa queima carvão mineral em sua caldeira de força para gerar 4500 GJ/dia de energia térmica útil. Admitindo que a eficiência da caldeira seja de 85% e que o carvão mineral tenha um poder calorífico de 4750 kcal/kg, qual a necessidade diária de carvão para queima? Se o teor de cinzas do carvão for de 35%, e as perdas totais de cinzas volantes e de cinzas pesadas forem de 10 t/dia, qual a quantidade de cinzas volantes ficam retidas pelos precipitadores eletrostáticos para serem comercializadas para a indústria de cimento?
2. Um refinador é alimentado por um motor cuja potência é de 600 kW. Se o motor estiver trabalhando todo o dia em plena carga, qual o seu consumo diário de energia em kWh. Transformar essa energia em MJ. Se você tem em sua casa um consumo mensal de 300 kWh, a quantos dias de consumo de sua casa equivale um dia de operação do refinador?
3. A área de florestas plantadas produtivas que pertence à indústria de celulose e papel brasileira corresponde a 1.500.000 hectares. Expressar essa área em quilômetros quadrados. Qual a porcentagem do território nacional que está plantada por florestas para abastecer essa indústria? Se a produção anual de celulose estiver na faixa de 7 milhões de toneladas, qual seria a produtividade média anual dessas plantações (caso estivessem sendo utilizadas em sua totalidade para essa finalidade e não houvessem outros suprimentos externos) em toneladas de celulose por hectare.ano?
4. Quais as espécies mais utilizadas no Brasil para produção de celulose? Quais as produtividades médias esperadas para plantações comerciais dessas espécies?
5. Quais fatores levar em consideração para estabelecer o "lay out" de um pátio de madeira?
6. Converter:
 - 15 lbf/in² de pressão de um "Mullen tester" para kgf/cm²
 - 200 CV de um motor elétrico para kW de potência
 - 600 metros por minuto de velocidade de uma máquina de papel para quilômetros por dia de folha produzida sem paradas da máquina
 - 0,45 g/cm³ de densidade básica da madeira para kg/m³
 - 170 kg/m³ de densidade a granel de cavacos para t/m³
7. Vantagens e desvantagens da estocagem de cavacos ao ar livre.

Mini Prova # 3:

1. Um tanque contem 1000m^3 de oxigênio com 90% de pureza base volume a uma pressão de 10 atmosferas. Qual a massa de oxigênio está presente no tanque?
- 2. Qual é o ponto de ebulição e o de congelamento da água na escala Kelvin de temperatura a 760 mm Hg de pressão? Transforme esses valores para °F. 22.4°C
3. Qual é o volume ocupado por 5 moles/grama de oxigênio mais 35 moles/ grama de nitrogênio a CNTP? Qual é esse volume a 25°C e 750 mm Hg de pressão?
4. Um gás de exaustão a 150°C possui uma umidade na forma de vapor d'água de 10% base molar. O restante dos gases está presente na relação base molar de 75% nitrogênio, 9% CO_2 e 6% O_2 . Qual é a proporção desses gases de exaustão base volume em condições de gases secos, isentos de umidade? O fluxo de gases totais nessa chaminé era de 600.000 m^3 por hora para essa condição de temperatura. Transformar esse fluxo total para CNTP. Qual o fluxo de gases secos de exaustão a CNTP? Quais os fluxos de cada gás (inclusive do vapor d'água) em kg/hora a CNTP?
5. Converter uma produtividade florestal de 70 st/ha.ano (árvores comerciais com casca) para $\text{m}^3/\text{ha.ano}$ sem casca. Teor de casca base volume de 12%. Fator de empilhamento igual a 0,68.
6. Quais os usos destinados às cascas das árvores?
7. Descreva resumidamente a história do papel
8. Citar os principais fabricantes mundiais de celulose , de papel e os maiores consumidores por habitante/ano
9. Qual a densidade do ar a 0°C e 1 atmosfera de pressão em g/Nm^3 , considerando que sua composição seja de 79% Nitrogênio e 21% Oxigênio em volume? Qual a densidade a 25°C e 3 atmosferas de pressão?
10. Converter:
 - ☺ 12,5 kgf em N ✓
 - ☺ 145 cm^2 em m^2 ✓
 - ☺ $10,5\text{ kgf/cm}^2$ em N/m^2
 - ☹ $1,67\text{ N/m}^2$ em Pascal
 - ☺ 1 ata em Pa ✓
 - ☹ 1 bar em ata
 - ☹ 1 bar em mm Hg

Mini-prova # 4:

1. O preço do oxigênio a 95% de pureza e em forma gasosa é de R\$ 0,14/Nm³. Qual o custo diário de oxigênio consumido em uma instalação de deslignificação com oxigênio onde se aplicam 15 kg de oxigênio por tonelada de celulose e se branqueiam 1250 toneladas de celulose ao dia? *Custo do oxigênio / ton de celulose? $\frac{15 \times 0,14}{1000} \times 1250 = 2,625$*
2. O preço do nitrogênio é de R\$ 0,25 por Nm³. Qual o preço de um mol desse gás nessas condições?
3. Uma caldeira de recuperação gera 3000 Gcal/dia de energia térmica, sendo que sua eficiência térmica é de 55%. Qual o poder calorífico do licor preto base úmida, sabendo-se que a caldeira queima 1600 toneladas de sólidos secos por dia e a consistência do licor é de 70%?
4. Uma residências de 4 pessoas consome em média 600 litros de água por dia. Uma fábrica de celulose de 2000 Mg/d de produção tem um consumo específico de água tratada de 45 m³ / tonelada de produto. Em termos de consumo de água, essa fábrica é equivalente a uma cidade com qual população?
5. Qual a normalidade de uma solução de soda a 18%? E sua molaridade?
6. Qual a concentração em gramas por litro , em gramas por quilograma e a normalidade de uma solução de ácido sulfúrico a 72%. Densidade do ácido sulfúrico nessa concentração é de 1,6338 g/cm³. H = 1, S = 32, O = 16.
7. Uma empresa que produz diariamente 750 toneladas de celulose descarrega 50.000 metros cúbicos por dia de um efluente com as seguintes concentrações de poluentes:
 - Demanda Química de Oxigênio = 250 ppm
 - AOX (halogenados totais adsorvíveis em carvão ativo) = 1,5 kg/m³
 - Sólidos Suspensos = 30 gramas/1000 litros

Quais as cargas de poluentes despejadas no curso d'água quando expressas em kg do poluente por tonelada de polpa ?

8. Converter:

- 10 milhas por segundo em quilômetros por hora
- 1,52 lb/pé cúbico em toneladas por metro cúbico
- 7620 mm Hg em atmosferas
- 9,8 m/s² em km/hora²
- 3500 J em Kcal
- 1200 Gcal em MJ
- 1005 kWh em HP

9. Uma celulose úmida possui uma consistência de 14%. Ao se titular o filtrado expremido da mesma encontrou-se uma concentração de soda cáustica de 0,042 N. Qual a perda alcalina dessa polpa expressa em kg de NaOH por tonelada absolutamente seca de polpa?
Na = 23; O = 16, H = 1

Mini-prova # 5:

1. Uma caldeira de força gera 85000 Gcal úteis por mês de energia térmica, com um consumo diário de óleo combustível de 300 toneladas. Considerando que a eficiência térmica da caldeira é de 90%, qual o poder calorífico do óleo? Qual o consumo de óleo por Gcal útil produzida? O preço do óleo é de 260 reais a tonelada. Qual o custo do combustível por Gcal gerada ?
2. A emissão de CO (monóxido de carbono) para caldeiras a carvão é de 250 mg/Nm^3 , nos países da união européia. Expressar essa concentração em ppm base volume, nas mesmas condições de temperatura e pressão.
3. Tem-se 10 litros de uma suspensão de fibras a 2 % de consistência. Caso se adicionem sobre essa massa mais 10 litros de água e se misture bem, qual passará a ser a consistência? Se a seguir se espremer a massa através de uma tela de 400 mesh, até se ter uma pasta úmida com 800 gramas, qual será a consistência dessa massa?
4. Quantos metros cúbicos de água se devem adicionar em 20 toneladas de uma solução de soda cáustica a 50% para se converter a solução a 10%?
5. Vantagens do processo kraft sobre os demais processos alcalinos
6. Principais reações dos carboidratos em condições alcalinas
7. Explicar como e quando ocorre a deslignificação (remoção de lignina) ao longo do cozimento kraft
8. Comentar a influência das dimensões dos cavacos sobre o cozimento kraft
9. Comentar sobre a influência da sulfidez no processo kraft
10. Converter para Na₂O:

25 gramas de Na₂CO₃ por litro

18 gramas de Na₂SO₄ por litro

34 gramas de Na₂S por litro

119 gramas de NaOH por litro

Na = 23, C = 12, S = 32, O = 16, H = 1

Mini-prova # 6:

1. Uma caldeira queima biomassa e o consumo específico é de 600 kg de biomassa úmida por Gcal útil produzida. Considerando que a eficiência da caldeira seja de 85%, qual o poder calorífico da biomassa em kcal/kg úmido? O preço da biomassa é de 38 reais por tonelada úmida. Quanto é o custo do combustível por Gcal produzida?
2. A emissão de particulados para caldeiras de força na União Européia é de 18 a 35 g/GJ de combustível queimado, conforme o porte e a idade da caldeira. Qual seria a quantidade diária de particulados permitida a ser lançada ao ar pela caldeira do exercício anterior, admitindo ser uma caldeira nova e de grande porte?
3. Comentar sobre a relação entre tempo e temperatura e sobre o fator H no processo kraft
4. Como se dá a impregnação dos cavacos de madeira nos processos alcalinos? Quais os fatores limitantes? Como se pode melhorá-la?
5. Qual a inter-relação entre carga de álcali ativo e relação licor/madeira no cozimento kraft?
6. Influência da estocagem da madeira no cozimento kraft
7. Vantagens e desvantagens da estocagem de madeira na forma de cavacos
8. Definir: álcali ativo, álcali efetivo, sulfidez, atividade e álcali total
9. Está-se titulando uma solução de NaOH para cozimento alcalino laboratorial com uma solução de HCl 0,1025N. Inicialmente foi tomada uma alíquota de 50 ml dessa solução de soda e levada para balão volumétrico e diluída a 1000ml. Dessa amostra diluída, foi tomada uma alíquota de 10 ml e na titulação se consumiu 25,3 ml do ácido clorídrico. Qual a concentração da solução problema em gramas de Na_2O por litro?
10. Qual volume de ácido sulfúrico 10% deve ser adicionado a 1 litro de ácido sulfúrico 98% para se transformar a mistura em ácido sulfúrico 40% ? Densidades: H_2SO_4 10% = 1,066 g/cc ; H_2SO_4 40% = 1,303 g/cc ; H_2SO_4 98 % = 1,836 g/cc
11. Um líquido tem uma densidade de 2,085 g/cm³. Calcular sua densidade em libras/pés cúbicos.
12. Calcular o peso de 2,37 moléculas grama de SO_2
13. Quantas moléculas grama representam 100 gramas de CO_2 ?
14. Um aquecedor elétrico usa 1000 watts de potência . Qual o calor em calorias que ele produz em 2 horas ? E em kWh na conta de luz ?
15. Um pequeno motor elétrico funciona com 110 volts e tem uma potência útil de 0,25 HP. Qual a intensidade de corrente que ele demanda se tem 85% de eficiência ?
Dado: Potência (watts) = Voltagem (V) x Intensidade de Corrente (Ampere)

16. A densidade de um licor negro é dada pela equação abaixo:

$$D = (A + B t) \cdot e^{c p}$$

Sendo que D está em g/cm³, t em graus Kelvin e p em atmosferas.

Para que a equação seja consistente, quais devem ser as unidades dos coeficientes A , B e c ?

Mini-prova # 7:

1. Substância química celulose: composição química (porcentagem de carbono, oxigênio e hidrogênio), propriedades e características de importância para a indústria de polpa e papel.
2. Lignina: explicar o método Klason de se determiná-la. Quais as vantagens e desvantagens desse método?
3. Principais problemas causados pelos extrativos da madeira. Como resolvê-los?
4. Uma floresta de *Eucalyptus saligna* tem uma produtividade florestal em madeira comercial de 70 st/ha.ano. Quanto essa floresta exportará em cálcio e potássio, se ela for colhida aos 7 anos e só se remover a madeira comercial?
Admitir:
 - relação st/m³ = 1,4
 - densidade básica média de 0,48 g/cc
 - teor de cálcio na madeira = 600 ppm
 - teor de potássio na madeira = 750 ppm
5. Sabe-se que em geral a fração de finos de uma polpa comercial de eucalipto possui 10 vezes mais extrativos que a fração fibrosa (incluindo os vasos). Se o teor de extrativos da polpa integral é de 0,30 % e o teor de finos da polpa é de 10% base peso seco, qual será o teor de extrativos da polpa isenta de finos?
Desconsiderar nos cálculos a fração mineral.
6. Sabe-se que os teores médios de cálcio e de cinzas de uma celulose de mercado são de respectivamente 100 ppm e 0,2%, ambos base celulose absolutamente seca. Considerando uma fábrica que produz 2000 toneladas “air dry” por dia dessa celulose, quais as quantidades de cálcio e de cinzas que saem da fabrica com a polpa em um ano operacional (345 dias)?

Mini-prova # 8:

1. Explicar quais as prováveis razões para perda de rendimento no branqueamento da celulose. Dessas perdas, quanto representaria aproximadamente a remoção de lignina para uma celulose com número kappa igual a 20.
2. Explicar quais os principais fatores que devem ser levados em conta ao se estabelecer uma seqüência de branqueamento
3. Quais as principais variáveis a controlar na cloração da celulose
4. Deseja-se branquear uma celulose em laboratório. O número kappa da mesma foi medido como 10. A carga de cloro molecular a se aplicar deverá ser igual ao valor obtido pela fórmula:

$$\% \text{ Cloro molecular} = 0,15 \times (\text{N}^\circ \text{Kappa})$$

Caso se disponha de uma solução de cloro com concentração de 3,5 g Cl₂ / litro, qual deve ser o volume a ser provetado dessa solução para se branquear 200 gramas de polpa?

5. Um teste muito usual na avaliação de polpas é a contagem do número de fibras por grama de polpa absolutamente seca. O ensaio é normalmente feito em um equipamento denominado Kajaani. O método consiste em se produzir uma suspensão de fibras a uma baixíssima consistência e depois por meio ótico, contar essas fibras quando elas passam bombeadas através de um microcapilar. Um laboratorista pesou o equivalente a 0,1 gramas secas absolutas de uma polpa de eucalipto para ser ensaiada. Diluiu essa quantidade em 10 litros de água. Qual foi a consistência obtida? Dessa suspensão, ele tomou uma alíquota de 50 mililitros, injetou no aparelho Kajaani e recebeu a mensagem que tinham sido contadas 11200 fibras . Qual o número de fibras que deve ser relatado em uma grama seca de polpa?
6. A madeira na forma de cavacos, em geral apresenta contaminação de terra/areia. Uma das formas de se retirar uma quantidade importante da areia que contamina os cavacos é através do peneiramento e remoção da serragem fina (menor que 2,5 mm de diâmetro). Admitindo-se que o teor de cinzas da madeira seja considerado igual a 0,35% para as diversas de suas frações dos cavacos, inclusive na serragem, calcular a eficiência de remoção de cinzas contaminantes (terra/areia) dos cavacos ao se separar e remover a serragem fina dos mesmos, sabendo-se que:
 - Teor de cinzas nos cavacos: 0,40%
 - Teor de cinzas na serragem fina: 3,5%
 - Proporção serragem fina removida em relação a peso seco de cavacos: 0,6%

Mini-prova #9 (responder 3 questões e dois problemas):

1. Descrever as diversas fases do cozimento kraft de uma madeira de eucalipto, quanto às alterações nos teores de lignina, hemiceluloses e número kappa. Relacionar essas alterações com as alterações na temperatura do cozimento
2. Quais as alterações que sofre o licor de cozimento kraft ao longo de um ciclo de cozimento?
3. Quais consumos de água por tonelada de produto podem ser considerados padrões para fábricas modernas de celulose kraft? Quais os principais contaminantes encontrados em seus efluentes?
4. Quais as principais áreas consumidoras de água em uma fábrica de celulose? Quais medidas podem ser aplicadas, sem grandes investimentos de capital, para redução desses consumos? Quais áreas em uma fábrica de celulose kraft e de papel tissue podem ter seu circuito de águas completamente fechados sem problemas adicionais para o processo?
5. Em um teste laboratorial de refinação, o analista recebe uma amostra de celulose com 23,5 % de consistência. Para o ensaio no moinho Jokro, ele deve pesar o equivalente a 16 gramas a.s. e acertar a consistência para 6%. Após o ensaio, ele deve transferir quantitativamente toda a polpa refinada para um agitador e completar o volume para 8 litros.

Pergunta-se:

- ⇒ qual a quantidade de polpa recebida deve ser pesada para fornecer as 16 gramas a.s.?
 - ⇒ qual o volume de água deve ser adicionado para acertar a consistência para 6%?
 - ⇒ qual o volume de suspensão de fibras após diluição a 8 litros deve ser provetado para se tirar uma alíquota contendo 2 gramas a.s.?
 - ⇒ caso se queira formar uma folha de gramatura 100 gramas por metro quadrado em uma tela formadora retangular de 20 cm x 25 cm de área, qual o volume dessa suspensão deve ser tomado ?
6. Uma fábrica trata seu efluente com floculante sulfato de alumínio que é comprado em solução a 50% base Al_2SO_4 anidro. Admitindo que a estação de tratamento de efluente trate 120.000 metros cúbicos por dia de efluente e que a carga aplicada de sulfato de alumínio base seca sobre o efluente seja de 300 ppm, qual o consumo diário da solução de sulfato de alumínio a 50%?
 7. Quais fatores técnicos devem ser levados em consideração ao se iniciar um programa de fechamento de circuitos de água em um branqueamento ECF ?

Mini-prova #10:

1. Um hydropulper de 25 m^3 é alimentado com 0,5 t de celulose de fibra curta com 89,5 % consistência; 0,5 t de refugos de papel branco com 6 % de umidade e 0,5 t de celulose de fibra longa com 88 % de consistência. O volume final é acertado para 25 m^3 com água e o pulper é mantido funcionando por 20 minutos até desagregar toda a massa. A seguir a polpa é encaminhada para um tanque de massa de 500 m^3 . Nesse tanque, a massa recebe água reciclada isenta de fibras para atingir um volume total de 400 m^3 e é encaminhada à depuração. Com qual consistência a massa chega aos depuradores hidrociclônicos ?
2. Uma fábrica de celulose kraft produz 1500 tad/dia de celulose não branqueada em seu digestor. Após lavagem industrial, a celulose mostra um número kappa (polpa exaustivamente lavada em laboratório) de 15 e a análise do filtrado que acompanha a polpa ao branqueamento ("carry-over") indicou um arraste de 10 kg de DQO por tonelada air dry. A polpa é encaminhada para uma sequência ECF sem deslignificação com oxigênio. No primeiro estágio de dioxidação, a carga de cloro ativo aplicado base celulose marrom absolutamente seca é obtida de seguinte fórmula:
$$\% \text{Cl}_2 \text{ Ativo} = 0,2 \cdot [\text{N}^\circ \text{Kappa lavado}] + 0,1 \cdot [\text{carry-over em kg DQO/tad}]$$

No segundo estágio de dioxidação a carga de cloro ativo é mantida fixa e igual a 2% base celulose absolutamente seca ingressando no branqueamento. Qual a quantidade total média, em toneladas, de cloro ativo consumida diariamente pela fábrica? Considerando que os equivalentes-grama do cloro e do dióxido de cloro são respectivamente 35,5 g e 13,5 g, calcular a quantidade estequiométrica necessária de ClO_2 a ser produzida pela planta química.
3. Quais as vantagens e desvantagens do uso do hipoclorito no branqueamento?
4. Quais as principais vantagens que o dióxido de cloro oportuniza para se branquear celulosas?
5. Explique as diferenças que podem ser encontradas na qualidade de celulosas obtidas por sequências CEdH e ODED
6. Uma pilha de cavacos de eucalipto possui uma altura de 10 metros. Os cavacos possuem uma umidade média de 40% e uma densidade a granel de $0,180 \text{ g a.s./cm}^3$. A qual pressão aproximada em kgf/cm^2 os cavacos da base da pilha estão submetidos ?

Mini-prova #11:

1. Uma torre de branqueamento tem um diâmetro de 5 metros e uma altura útil de 15,3 metros. A fábrica produz diariamente cerca de 470 toneladas air dry de celulose branqueada. A consistência da polpa dentro da torre é de 10% e a densidade dessa suspensão de fibras é de 1,05 g/cc.

Pergunta-se:

- a) qual o tempo de retenção do estágio realizado nessa torre, em minutos?
- b) qual a pressão mínima que se deve injetar um químico na base da torre para que ele vença a pressão hidrostática causada pelo peso de massa ?

2. Deseja-se preparar uma suspensão estável de antraquinona em pó com 5% de concentração, misturando-se o pó com soda cáustica 50% (densidade da solução de soda a 50% = 1,52 g/cc) e licor preto fraco (densidade do licor preto = 1,12 g/cc). A densidade da antraquinona em pó é de 1,43 g/cc. Qual a relação em volume que se deve colocar das soluções de NaOH 50% e licor preto, a fim de que a suspensão do pó seja feita de forma efetiva e que não ocorra sedimentação da AQ ?

3. Uma fábrica de celulose kraft trabalha com digestores descontínuos de 65 m³ cada. O volume útil de cada carga de cavacos no digestor é de 60 m³. A densidade dos cavacos é de 175 kg as/m³. O digestor é alimentado com vapor direto na razão de 10 toneladas de vapor de 9 ata por carga de cavacos. A madeira tem uma umidade média de 40%. O licor de cozimento é uma mistura de licor branco e licor preto fraco (densidade do licor branco = 1,19 g/cc; densidade do licor preto = 1,08 g/cc). O volume total de licor admitido é de 35 m³, sendo que a carga alcalina adicionada via licor branco é de 18% como NaOH ativo, base madeira absolutamente seca. O licor branco tem uma concentração de 145 g de NaOH ativo por litro.

Pergunta-se:

- a) qual o volume de licor preto que é adicionado por carga?
 - b) qual o peso de licor branco que é admitido para dentro do digestor por cada carga?
 - c) Qual a relação licor/madeira em volume de líquido total por peso seco de madeira?
4. Explicar os aspectos mais relevantes sobre contaminação hídrica causada pela fabricação de celulose kraft branqueada.
 5. Explicar quais fatores e critérios devem ser considerados na seleção de seqüência de branqueamento ECF para uma fábrica de celulose de eucalipto.

Mini Prova # 12

1. Dois líquidos não miscíveis são colocados em um recipiente. Um líquido tem uma densidade de 0,909 g/cc e o outro 1,159 g/cc. Um bloco cúbico metálico que pesa 10,4 kg e que mede 22 cm x 22 cm x 22 cm é introduzido com folgas no recipiente. Em que posição o bloco ficará após estabilização: imerso no líquido de baixo, no de cima, entre os dois, flutuará ou afundará completamente? Se ele parar entre os dois líquidos, que fração volumétrica ficara mergulhada em cada um dos líquidos?

2. Deduza a fórmula empregada no método da balança hidrostática para se determinar a densidade básica da madeira a partir da definição da mesma:

$$\text{Densidade básica} = \text{Peso seco absoluto} / \text{Peso saturado} - \text{Peso imerso}$$

3. Uma fábrica de celulose produz 2000 tas não branqueada /dia celulose a partir de madeira de eucalipto com 50 % de rendimento depurado. A empresa resolve adicionar antraquinona junto ao processo kraft e percebe que o rendimento aumentou para 53% e que foi possível aumentar a alimentação de madeira em 5% base peso, em função da melhor taxa de deslignificação do novo processo. Qual passou a ser produção diária da empresa com o uso da AQ? Qual será o consumo diário de AQ base tad de celulose não branqueada?

4. Quais os tipos de ligas metálicas a usar no branqueamento com dióxido de cloro? Por que?

5. Como se mede o número de cor posterior e o que ele significa?

6. Quais os principais agentes branqueadores redutores e para quais tipos de pastas são mais comumente utilizados?

7. Explicar os principais cuidados a tomar no branqueamento com peróxidos para que se consigam ganhos de alvura esperados

8. Como estabilizar a alvura da celulose após branqueamento? Porque ela reverte?

9. Como se pode gerar hipoclorito de sódio em uma fábrica que compra cloro e soda cáustica? Como estabilizá-lo?

10. Dê algumas sugestões de seqüências de branqueamento para se alcançar 88%ISO com o mínimo de impacto ambiental.

11. Qual a razão para a cor marrom da celulose não branqueada?

Mini prova # 13

Resolver um problema e 9 questões

1. Problema 1

Dados:

- ⇒ fluxo na caixa de entrada: 3500 L/min
- ⇒ consistência: 0,4%
- ⇒ 20% de carga mineral na massa
- ⇒ consistência na saída da mesa plana: 20%
- ⇒ perda de fibras para água branca: 10% base massa seca
- ⇒ perda de minerais para água branca: 9 % base massa seca

Qual a retenção total na mesa plana ?

Qual o fluxo de massa seca saindo da mesa plana ? Expressar o resultado em massa seca total, mineral e orgânica.

2. Problema 2:

Calcular perdas de produção e qual a gramatura final do papel :

- ⇒ máquina Fourdrinier de 3m de largura útil final
- ⇒ fluxo de alimentação de massa à caixa de entrada: 4000L/min
- ⇒ consistência de 0,5 % na caixa de entrada
- ⇒ velocidade da máquina de 450 m/min
- ⇒ retenção de 85% na mesa plana
- ⇒ perda de 2% de peso na prensagem úmida
- ⇒ umidade do papel 6 %

- 3. Dar principais características dos seguintes tipos de papéis:
jornal, revestidos LWC, papel capa e papel miolo de corrugado.**
- 4. Definir: eficiência de produção, disponibilidade de máquina e eficiência global de produção**
- 5. Como calcular a produção teórica de uma máquina de papel em função de gramatura, velocidade da máquina, largura útil e tempo de produção. Colocar as unidades para a fórmula para torná-la consistente e expressar qual a unidade do resultado**
- 6. Comentar sobre os principais efeitos da refinação da celulose**
- 7. Exemplos de desagregadores**
- 8. Explicar o funcionamento dos seguintes tipos de depuradores:
- peneiras vibratórias, hidrociclones e peneiras pressurizadas**

- 9. O que é a colagem do papel? Como é feita a colagem ácida do papel?**
- 10. Definir retenção na mesa plana e explicar como se pode medi-la. Tentar estabelecer uma fórmula para isso.**
- 11. Quais os aditivos mais utilizados na fabricação do papel?**
- 12. Quais as vantagens e desvantagens das cargas minerais adicionadas na fabricação do papel?**
- 13. Quais as funções das caixas de entrada?**

Prova final # 14

Resolver o problema nº 1 e mais quatro problemas e 5 questões

Problema 1

Uma fábrica de celulose produz 10 fardos de celulose em uma hora, cada um deles com 2005 kg de peso bruto. O peso bruto é o peso de balança de celulose, inclusive da capa feita também em celulose, mais os arames. O peso da aramagem total por fardo é de 5 kg, que devem ser descontados, pois não entram no preço de venda da celulose. O cliente recebe os arames, mas não paga por eles como polpa. A umidade de cada fardo é medida através de um equipamento que mede fardinho a fardinho e faz a média para o fardo. Cada fardinho tem 250 kg de polpa e a unidade de carga ou fardo possui então 2000 kg de celulose peso bruto de balança. Isso corresponde a 8 fardinhos de 250 kg.

Calcular os pesos de celulose totais absolutamente seco e air dry produzidos nessa hora de produção.

$$18.084,4 \text{ Kg/h} \quad 20.033,78 \text{ Kg air dry / h}$$

Dados:

Fardo	Peso balança kg	Umidade %	Peso Bruto de celulose kg	Peso seco de celulose kg	Umidade % p/ air dry	Peso air dry de celulose kg
1	2005	8,92	2000	1821,6	10	20241
2	2005	7,54	2000	1849,2	10	2054,667
3	2005	8,65	2000	1827	10	2030
4	2005	9,05	2000	1819	10	202111
5	2005	9,02	2000	1819,6	10	2021,778
6	2005	10,00	2000	1800	10	2000
7	2005	10,06	2000	1738,8	10	1998,667
8	2005	11,67	2000	1766,6	10	1962,889
9	2005	10,78	2000	1784,4	10	1982,667
10	2005	10,09	2000	17382	10	1998
Total	20.050	$\bar{x} = 9,578$	20.000	18.084,4	$\bar{x} = 10$	20.033,78

$$100\% - 31,08\% = 68,92\%$$

$$2000 \text{ kg} \times 68,92\% = 1378,4 \text{ kg}$$

Problema 2

Calcular a gramatura final do papel :

- ⇒ máquina formadora de 4,10 m de largura no lábio
- ⇒ fluxo de alimentação à caixa de entrada de 15000 L/min
- ⇒ consistência de 0,5 % na caixa de entrada
- ⇒ 5 cm de refilo úmido de cada lado
- ⇒ velocidade na tela de 500 m/min
- ⇒ retenção de 85% na mesa plana
- ⇒ perda de 2% do peso ingressante na prensagem úmida
- ⇒ contração transversal de 4% na bateria de secadores
- ⇒ velocidade linear na estanca de 510 m/min
- ⇒ umidade do papel 7%

Problema 3

Dados:

- ⇒ fluxo na caixa de entrada: 18500 L/min
- ⇒ consistência: 0,45%
- ⇒ 25% de carga mineral na massa seca
- ⇒ consistência na saída da mesa plana: 22%
- ⇒ perda das fibras para água branca: 10% base conteúdo orgânico ingressante
- ⇒ perda dos minerais para água branca: 15 % base conteúdo mineral ingressante

Qual a retenção total na mesa plana ?

Qual o fluxo de massa seca saindo da mesa plana ?

Qual o fluxo úmido total saindo da mesa plana?

Problema 4

Um tanque de 20 m³ contém oxigênio a 105°C e 10 atmosferas de pressão. Qual passará a ser a pressão quando esse tanque for aberto e interconectado a um outro tanque de 10 m³ que estava sob vácuo e a temperatura resultante no gás passar a 100 °C ?

Problema 5

Uma empresa queima carvão mineral em sua caldeira de força para gerar 5000 GJ/dia de energia térmica útil ou líquida ou efetiva. Admitindo que a eficiência da caldeira seja de 88% e que o carvão mineral tenha um poder calorífico de 4500 kcal/kg base umidade como tal , qual a necessidade diária de carvão para queima? Se o teor de cinzas base seca do carvão for de 35% e a sua umidade 7% , e as perdas totais de cinzas volantes e de cinzas pesadas forem de 10 t secas /dia, qual a quantidade de cinzas volantes ficam retidas pelos precipitadores eletrostáticos para serem comercializadas para a indústria de cimento? *eficiência do precipitador 95%*

Problema 6

O preço do oxigênio a 95% de pureza e em forma gasosa é de R\$ 0,14/Nm³. Qual o custo diário de oxigênio consumido em uma instalação de deslignificação com oxigênio onde se aplicam 15 kg de oxigênio por tonelada de celulose air dry e se branqueiam 1250 toneladas absolutamente secas de celulose ao dia?

Problema 7

Uma floresta clonal de *Eucalyptus saligna* tem uma produtividade florestal em termos de árvore comercial com casca de 75 st/ha.ano. ~~O teor de casca base peso é de 5 %.~~ Quanto essa floresta exportará em cálcio e potássio, se ela for colhida aos 7 anos e se remover tanto a madeira para produção de celulose como a casca para geração de energia?

Admitir:

- relação st/m³ = 1,4
- densidade básica média da madeira de 0,50 g/cc
- densidade básica média da casca de 0,29 g/cc
- teor de cálcio na madeira = 600 ppm
- teor de potássio na madeira = 750 ppm
- teor de cálcio na casca = 3500 ppm
- teor de potássio na casca = 4000 ppm

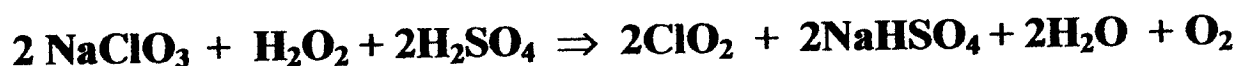
Problema 8

Uma fábrica de celulose kraft produz 2000 tad/dia de celulose não branqueada em seu digestor. Após lavagem industrial, a celulose mostra um número kappa (polpa exaustivamente lavada em laboratório) de 20 e a análise do filtrado que acompanha a polpa ao branqueamento ("carry-over") indicou um arraste de 15 kg de DQO por tonelada air dry. A polpa é encaminhada para uma seqüência de branqueamento ECF sem deslignificação com oxigênio. No primeiro estágio de dioxidação, a carga de cloro ativo aplicado base celulose marrom absolutamente seca é obtida de seguinte fórmula:

$$\% \text{Cl}_2 \text{ Ativo} = 0,25 \cdot [\text{N}^\circ \text{Kappa lavado}] + 0,05 \cdot [\text{carry-over em kg DQO/tad}]$$

No segundo e último estágio de dioxidação a carga de cloro ativo é mantida fixa e igual a 1,5 % base celulose absolutamente seca ingressando no branqueamento. Qual a quantidade total média, em toneladas, de cloro ativo consumida diariamente pela fábrica? Considerando que os equivalentes-grama do cloro e do dióxido de cloro são respectivamente 35,5 g e 13,5 g, calcular a quantidade estequiométrica necessária de ClO₂ a ser produzida pela planta química.

O processo de geração de dióxido de cloro é feito em uma planta química própria e a reação de geração é a seguinte:



Qual a quantidade estequiométrica gerada por dia de sulfato ácido de sódio como sub-produto? Qual o possível destino a esse produto se a fábrica adotar o processo kraft e não tiver limitações para a porcentagem de sulfidez?

Questão 1:

Funções e efeitos da prensagem a úmido do papel

Questão 2:

Explicar as fases do desaguamento em um nip de prensagem a úmido

Questão 3:

Quais as vantagens oferecidas pelas formadoras de dupla tela?

Questão 4:

Como é formada a folha em um sistema de formas redondas? Para que tipo de papel elas são mais utilizadas?

Questão 5:

Condicionamento dos feltros: o que é, para que serve e como é feito?

Questão 6:

Explicar o mecanismo básico de secagem do papel em uma máquina de cilindros aquecidos a vapor.

Questão 7:

Explicar o funcionamento de um cilindro como elemento de secagem e troca térmica para secar papel

Questão 8:

O que é calandragem? Quais suas finalidades? Quais os tipos mais comuns de calandras?

Questão 9:

O que é rebobinamento (ou bobinamento)? Para que serve? Quais suas funções no que diz respeito à qualidade e comercialização do papel?

Prova Final 2000
Tecnologia de Celulose e Papel

**Responder apenas três problemas, definindo
exatamente quais deverão ser os válidos**

Problema 1:

Na preparação de uma celulose não branqueada para ser submetida a branqueamento laboratorial foram determinadas as seguintes propriedades da mesma:

- Consistência: 25%
- Número kappa: 17

Essa celulose será branqueada em quatro estágios, sendo o primeiro estágio uma cloração sequencial, com aplicação de cloro elementar e dióxido de cloro, na proporção de 50%/50% base cloro ativo.

Nesse estágio, a carga de cloro ativo será calculada com base na seguinte equação:

$$\% \text{Cloro ativo estágio} = 0,2 \times (\text{Número Kappa polpa não branqueada})$$

A quantidade que se deseja branquear é de 1000 gramas absolutamente secas. A consistência do estágio será de 10%.

As soluções de cloro elementar e dióxido de cloro tiveram suas concentrações de cloro ativo determinadas por titulação, as quais foram as seguintes:

- solução de cloro elementar: 4,5 g/L
- solução de dióxido de cloro: 14,5 g/L

Pergunta-se:

1. qual a quantidade de celulose não branqueada a pesar ?
2. qual o volume da solução de cloro elementar ("água de cloro") a adicionar ?
3. qual o volume da solução de dióxido de cloro a adicionar?
4. qual o volume de água a ser adicionada para acerto da consistência para 10%?

Problema 2:

Uma fábrica de celulose kraft produz 4 000 m³ de licor branco por dia com uma concentração de álcali ativo de 130 g/L, expresso como NaOH. A sulfidez média é de 20%. Qual deve ser a quantidade de cal virgem a 85% de pureza necessária para a caustificação desse licor, admitindo 95% de rendimento total nas reações? Qual a quantidade de lama de cal a 65% de secos é gerada por dia?

Problema 3:

Uma fábrica de celulose kraft gera 10 000 t/dia de licor preto fraco, com 15% de sólidos secos. Esses sólidos tem uma relação de matéria orgânica/matéria inorgânica de 55%/45%, base seca. Após uma bateria de evaporadores de múltiplo efeito/concentradores, o licor atinge uma concentração de 68%.

1. Quanto de água é removida pela evaporação, base diária?
2. Qual a relação entre a matéria orgânica e matéria inorgânica presente no licor negro concentrado, admitindo que as perdas de material foram desprezíveis ao longo do sistema? Expressar também o teor de material orgânico base peso úmido de licor (% de matéria orgânica base peso úmido de licor preto concentrado).
3. Na queima desse licor na caldeira de recuperação, admitindo que 0,5% da matéria orgânica não sofre combustão e que 1,5% dos minerais se perdem como cinzas volantes, qual a quantidade diária de smelt base seca que é encaminhada ao tanque de dissolução?

Problema 4:

Uma máquina de papel tem largura de 4 metros no lábio da caixa de entrada. Essa máquina opera com produção de papel off-set de gramatura como tal de 75 g/m², sendo o teor de umidade desse papel de 5%. Admitindo que não hajam perdas de matéria seca na área de secagem e que, após a seção de prensagem, a folha úmida tinha 45% de consistência, pergunta-se:

1. qual a quantidade de água que foi removida pela seção de secagem por metro quadrado de papel, admitindo que não ocorreu mudança dimensional na folha?
2. qual deve ser a velocidade média da máquina para garantir uma produção diária de 200 toneladas desse papel, considerando que a largura da bobina, em função da retirada de refilos, passou a 3,8 metros? Admitir 5% de perda de tempo na operação da máquina, causado por quebras, reduções de velocidade, etc.
3. qual deve ser o fluxo de alimentação de massa a 0,4% de consistência (em m³/hora) à caixa de entrada, considerando uma retenção de 92% na mesa plana e 4 metros de largura de máquina no lábio?

Avaliação de capacitação

Projeto

Uma fábrica de celulose deverá se instalar no Rio Grande do Sul , mais precisamente na região sul do estado , utilizando áreas de pastagens para os plantios de eucalipto, que será a única matéria-prima fibrosa para alimentação da mesma.

A **capacidade de produção projetada** é de 2000 toneladas absolutamente secas de celulose branqueada na forma de fardos por dia , sendo que consideram-se 350 dias de efetiva produção , com 95% de utilização da capacidade produtiva em média ao longo dos dias de produção no ano.

O rendimento no cozimento é estimado ser de 52% e o rendimento global ao longo da depuração , lavagem e branqueamento é estimado ser de 95%.

Um grupo de engenheiros florestais está sendo contratado para estabelecer um plano de plantios e de abastecimento de madeira para a fábrica. Você foi contratado para liderar esse projeto de abastecimento , estando sob sua responsabilidade calcular:

1. Área total necessária de efetivo plantio
2. Espécies sugeridas para plantio
3. Área anual de corte
4. Plano de plantio , corte e transporte das toras
5. Número de mudas a serem produzidas anualmente
6. Área de preservação permanente/ reserva legal que será mantida ou re-habilitada
7. Estimativa da produção de casca e orientação sobre destino da mesma

8. Produção anual da fábrica em toneladas de celulose absolutamente seca saindo para clientela
9. Consumo diário e anual de madeira
10. Número de caminhões a ingressar na fábrica e no pátio de toras por dia
11. Plano de transporte e chegada dos caminhões de forma a minimizar a compra de caminhões
12. Quantidade diária estimada de toras descarregadas
13. Quantidade estimada de toras manuseadas
14. Quantidade estimada de árvores a abater por dia
15. Tipo de descascamento a comprar. Comprimento linear total de árvores a serem descascadas por dia
16. Área do pátio de toras. Desenhar o pátio ,colocando as pilhas dispostas de forma a otimizar as retiradas. Projetar a rotação de madeira no pátio de toras.
17. Quantidade diária de cavacos produzidos e consumidos
18. Especificação do tipo e quantidade de picadores
19. Especificação da qualidade dos cavacos em termos de dimensões e classificação
20. Volume do estoque de cavacos. Peso da madeira estocada como cavacos em termos de madeira seca e madeira úmida
21. Razões para as dimensões especificadas da pilha de cavacos
22. Plano de rotação do estoque de cavacos para evitar volumes “mortos” e madeira se deteriorando
23. Número de árvores estimado por tonelada de produto
24. Número de esteres de madeira estimado por tonelada seca de produto
25. Estimativa do custo de venda da madeira à fábrica, considerando o custo real do capital como sendo 10% ao ano.

Todos os parâmetros utilizados no memorial de cálculos devem compor uma tabela denominada de “**itens de especificação**” que será anexada a esse memorial . Por exemplo: incremento médio anual , densidade básica da madeira , taxa de sobrevivência das árvores , DAP , altura média , fator de forma , porcentagem de casca, etc

Autor desse projeto:_____

O projeto será pago caso seja aceito dentro dos rigores da empresa contratante.

Avaliador pela empresa contratante: Celso Foelkel

Questões dissertativas

Escolher 6

Escreva tudo que for importante (máximo de cerca de 400 palavras por questão) sobre:

- 1: Álcali ativo , álcali total , sulfidez ,**
- 2: Número kappa , teor de lignina , consumo de químicos no branqueamento**
- 3: Licor verde , licor branco , caustificação**
- 4: Caldeira de recuperação (desenhos inclusive)**
- 5: Branqueamento com enzimas**
- 6: Decomposição do H_2O_2 e formas de se controlá-la**
- 7: Coníferas e folhosas para fabricação de celulose**
- 8: Cal virgem e lama de cal**
- 9: Branqueamentos ECF e TCF**
- 10: Estágio de hipocloração**
- 11: Evaporação em múltiplos efeitos**
- 12: Alterações na fibra e na qualidade da celulose causadas pela refinação da massa a baixa e alta consistência**

Prova Final:

Propriedades da Celulose e do Papel:

Ano 2000

- 1. Vantagens e desvantagens da madeira de acácia negra para produção de celulose kraft. Principais características das fibras e da celulose.**
- 2. Quais as características da madeira juvenil em Pinus ? Como ela se forma ? Quais suas desvantagens para a produção de celulose kraft ? Quais as principais espécies de pináceas plantadas no Brasil para produção de celulose ? Qual a proporção aproximada de fibra longa produzida em nosso país em relação ao total da produção de celulose ?**
- 3. Explique os fenômenos físicos, químicos e topoquímicos que ocorrem na formação da folha de papel em uma máquina formadora tipo Fourdrinier.**
- 4. Explique o conceito de medição da drenabilidade/grau de refinação utilizando-se um aparelho Schopper Riegler. Qual o significado dos valores ? Qual a escala de valores de °SR ? Quais os valores mais usuais de °SR para uma pasta sem refino e outra bastante refinada ?**
- 5. Descreva as principais etapas na fabricação de papel reciclado a partir do uso de 100% de aparas como fonte fibrosa**
- 6. Desenhar o formato das curvas de refino (em função do grau SR) para as seguintes propriedades: tração, estouro, rasgo fibra longa, porosidade/resistência ao ar, energia para ruptura (TEA), absorção de água, densidade, volume específico aparente, alongamento/esticamento.**
- 7. Explicar de maneira simplificada o significado e o procedimento de análise dos seguintes ensaios: S5, viscosidade, teor de feixes em celulose não branqueada, teor de sujeira em celulose branqueada, RCT/esmagamento do anel, opacidade de impressão.**

- 8. Principais espécies de eucalipto utilizadas na fabricação de celulose no Brasil e no mundo. Quais as principais vantagens dessa matéria-prima para fabricação de papel ? Para quais tipos de papéis as fibras de eucalipto são mais recomendadas? Porquê?**
- 9. Explicar o fenômeno da histerese e como ele afeta uma fábrica de papel reciclado ?**
- 10. Uma celulose refinada a 28°SR é utilizada para fazer um papel de impressão de gramatura equivalente a 80 g a.s./m². Nessa situação, a celulose apresenta um coeficiente de espalhamento de luz de 465 cm²/g. A especificação para esse produto contempla 15% de minerais presentes na folha. Para isso se usa um mineral que tem 2000 cm²/g de coeficiente de espalhamento de luz. O principal cliente comprador desse papel gostaria de passar a comprá-lo com uma nova gramatura equivalente a 75 g a.s./m², porém com o mesmo teor de 15% de minerais. Exige também que a opacidade não se altere, ou seja, que seja mantida a relação sW. Para compensar a perda de opacidade pela redução de gramatura, a empresa fabricante decide utilizar um segundo pigmento, em mistura com o anteriormente utilizado. Esse novo pigmento é bastante opaco e tem um coeficiente de espalhamento da luz de 5000 cm²/g. Qual deverá ser a composição do novo papel em termos de polpa, pigmento original e novo pigmento para se garantir um mesmo valor de sW ?**

Expressar os valores em g a.s. /m² dos componentes.

Propriedades da celulose e papel

Avaliação parcial

- 1. Organização e estrutura da parede celular da fibra**
- 2. Características gerais das fibras de coníferas: tipos de elementos fibrosos, tipos de lenhos, dimensões, etc**
- 3. Características gerais das fibras de eucaliptos**
- 4. Celuloses de palhas e de bagaço de cana**
- 5. Características morfológicas das fibras que influem nas propriedades do papel**
- 6. Propriedades das fibras de celulose que são importantes para a fabricação do papel**
- 7. Línier de algodão como matéria prima para fabricação de celulose e papel**
- 8. Distribuição da lignina na parede celular**
- 9. Componentes químicos da madeira e sua importância para a fabricação de celulose: lignina e sais minerais**
- 10. Identificação de fibras em papéis: tipos, processos e proporções. É possível se fazer? Como ?**

Questões dissertativas: Responder apenas sete questões

1. Quais os principais defeitos de bobinas e resmas de papel de impressão gerados nas operações com a rebobinadeira e cortadeira?
2. Quais os principais meios de remoção de água utilizados nas máquinas Fourdrinier, ao longo de toda a máquina? Explicar como funcionam e qual a efetividade e princípio de cada um deles para essa operação.
3. Por quais razões a deslignificação com oxigênio tem sido considerada como uma operação industrial que melhora substancialmente a qualidade ambiental de uma fábrica de celulose branqueada, em termos de recuperação de energia, qualidade do produto final, geração e qualidade dos resíduos sólidos e efluentes hídricos?
4. No branqueamento da celulose, quais as vantagens do dióxido de cloro sobre o cloro elementar e sobre o hipoclorito de sódio em termos de:
 - desenvolvimento e estabilidade da alvura?
 - resistência da celulose?
 - meio ambiente meio hídrico?
 - meio ambiente meio gasoso?
 - meio ambiente, em termos de saúde ocupacional e uso do papel para finalidades de contato com alimentos?
5. Explicar tipos e funcionamento de misturadores de produtos químicos para o branqueamento industrial da celulose
6. Quais as principais funções de uma caldeira de recuperação kraft? Explique o porque de cada uma.
7. Explicar o funcionamento , com ajuda de desenhos, de uma unidade de evaporação de um sistema de evaporadores de múltiplo efeito. Quais os princípios básicos que garantiram o sucesso da evaporação de múltiplos efeitos?
8. Explicar como se pode produzir celulose solúvel pelo processo pré-hidrólise kraft a partir de madeira de eucalipto. Quais as condições a utilizar e quais variáveis controlar na qualidade da celulose?
9. Descrever um forno de cal em suas partes e funcionamento.
10. Explicar em desenho de equipamentos todas as partes que compõem um estágio clássico de branqueamento da celulose