

Benefícios da implementação do controle avançado de processo para a lavagem da polpa marrom

Benefits of the advanced process control implementation for brownstock washing

Autores/Authors*: Rafael Lopes¹
Mike Brown²

Palavras-chave: celulose, controle preditivo multivariável, lavagem de polpa marrom

Keywords: cellulose, multivariable predictive control, brownstock washing

RESUMO

A produção de polpa celulósica é um processo altamente intensivo, que envolve as interações de numerosos processos. A capacidade de tornar este processo economicamente viável depende de um bom projeto do processo, aliado ao entendimento da dinâmica do processo. A otimização do negócio pode proporcionar uma melhoria significativa nos lucros às empresas dispostas a aderir às novas tecnologias disponíveis. Para otimizar as plantas, a melhor tecnologia atualmente disponível é o controle avançado preditivo multivariável.

Os benefícios do controle aprimorado de sistemas de lavagem incluem uma polpa mais uniformemente lavada para as operações a jusante do processo de lavagem da polpa marrom. No caso de fábrica com planta de branqueamento, isto significa custo de branqueamento menor. Outras áreas beneficiadas por melhoramentos resultantes de um controle aprimorado seriam o custo da evaporação, o custo do tratamento dos resíduos gerados pelo arraste (*carryover*) de licor e, possivelmente, aumento de produção. Este trabalho investiga os benefícios da implementação da tecnologia de controle avançado preditivo multivariável robusto num processo de lavagem de polpa marrom. Exemplos são apresentados para ilustrar os benefícios a serem obtidos.

ABSTRACT

The production of cellulose pulp is a highly intensive process involving the interactions of numerous processes. The ability to make this process economically viable relies on good process design together with an understanding of the process dynamics. Optimization of the business can provide a significant profit improvement to those companies willing to embrace the new technologies available. In order to optimize the plants, the best-in-class current technology is advanced multivariable predictive control.

The benefits from improved control of washing systems include a more uniformly washed pulp to the operations downstream of the brownstock washing process. If it is a bleach mill, this means lower bleaching cost. Other areas that will receive improvements resulted by improved control would be the cost of evaporation, the cost of waste treatment for carryover liquors, and possibly increased production. This paper investigates the benefits of advanced robust multivariable predictive control technology implementation on a brownstock washing process. Examples are provided to highlight the benefits to be derived.

*Referências dos Autores / Authors' references:

1. Gerente do Centro de Excelência junto à Honeywell – Barueri – SP - Brasil
Center of Excellence Manager with Honeywell – Barueri – SP – Brazil
2. Global Pulp & Energy Advanced Controls Consultant Lead – Phoenix – AZ – EUA
Global Pulp & Energy Advanced Controls Consultant Lead – Phoenix – AZ – EUA

Autor correspondente/Corresponding author:
rafael.lopes@honeywell.com

INTRODUÇÃO

Visão geral

A produção de polpa celulósica é processo altamente intensivo, que envolve interações de numerosos processos. A capacidade de tornar esse processo economicamente viável depende de um bom projeto do processo, associado à compreensão da dinâmica do processo. O clima econômico atual requer que produtores de celulose possam fabricar polpa de boa qualidade a preço certo e em tempo apropriado. Os melhores produtores de celulose e papel têm consciência disso e adotaram toda oportunidade para adquirir vantagem. Em última análise, o controle multivariável e a otimização da planta como um todo são excelente escolha para possibilitá-lo.

Controle preditivo multivariável - CPM

Uma das principais e efetivas tecnologias de otimização e de controle avançado é o Controle Preditivo Multivariável (CPM). A filosofia do CPM é de prever o comportamento da planta, com base em modelos heurísticos, a fim de tomar medidas preventivas e corretivas mais oportunas, para assegurar melhor controle e estabilidade da planta. Esses modelos levam em conta as interações entre as variáveis-chave da planta. Além disso, a capacidade preditiva do CPM baseado em modelos reduz ulteriormente a variabilidade do sistema e permite operação mais próxima dos limites reais da planta, possibilitando maior produtividade e reduções de custos do que qualquer outra tecnologia de controle avançado. [1]

Na filosofia do CPM, as variáveis que têm de ser mantidas dentro de certa faixa ou corresponder a um valor objetivo são chamadas de Variáveis Controladas (VCs). A fim de atingir os objetivos operacionais para as VCs, a aplicação ajusta as variáveis chamadas de Variáveis Manipuladas (VMs). Essas são, às vezes, definidas como “alavancas” (*handles*). Num controle SISO - entrada única-saída única, há somente uma VC (o valor de processo ou entrada do controlador) e uma VM (saída do processo – abertura de válvula). Com a tecnologia CPM há múltiplas VMs e VCs, bem como Variáveis de Perturbação (VPs), perturbações medidas que influenciam o processo. Este tipo de controlador é chamado de controlador de entrada múltipla-saída múltipla ou controlador MIMO. [1]

Tecnologia robusta de controle preditivo multivariável - TRCPM

A tecnologia TRCPM representa um avanço em relação às tecnologias tradicionais de CPM. À semelhança das outras, esta tecnologia modela o processo, faz as previsões necessárias e usa movimentos de controle multivariável para: otimizar o processo, manter as variáveis dentro de

INTRODUCTION

Overview

The production of cellulose pulp is a highly intensive process involving the interactions of numerous processes. The ability to make this process economically viable relies on good process design together with an understanding of the process dynamics. The present economic climate requires that pulp producers are able to make good quality pulp at the right price and in a timely manner. Best in class pulp and paper producers are aware of this and embrace every opportunity to gain an advantage. Multivariable control and site-wide optimization ultimately are an excellent choice to enable this.

Multivariable predictive control - MPC

One of the effective and leading optimization and advanced control technologies is Multivariable Predictive Control (MPC). The philosophy of MPC is to predict the plant behavior, based on heuristic models, in order to take more timely preventive and corrective actions to ensure better regulation and plant stability. These models consider the interactions between the key plant variables. In addition, the predictive capability of model-based MPC further reduces plant variability and allows operating closer to the real plant limits, enabling more productivity and cost reductions than any other advanced control technology. [1]

In the MPC philosophy, the variables that have to be maintained inside a range or in a target value are called Controlled Variables (CVs). In order to achieve the operational objectives for the CVs, the application adjusts the variables called Manipulated Variables (MVs). These are sometimes referred to as the “handles”. In a single output-single input – SISO - control, there is only one CV (the process value or controller input) and one MV (process output – valve opening). With MPC technology, there are multiple MVs and CVs, as well as Disturbance Variables (DVs), which are measured disturbances that influence in the process. This type of controller is called a multiple input-multiple output or MIMO controller. [1]

Robust multivariable predictive control technology - RMPCT

RMPCT technology represents an advance of the traditional MPC technologies. Like the others, this technology models the process, make the necessary predictions and uses multivariable control movements in order to: optimize the process, maintain the vari-

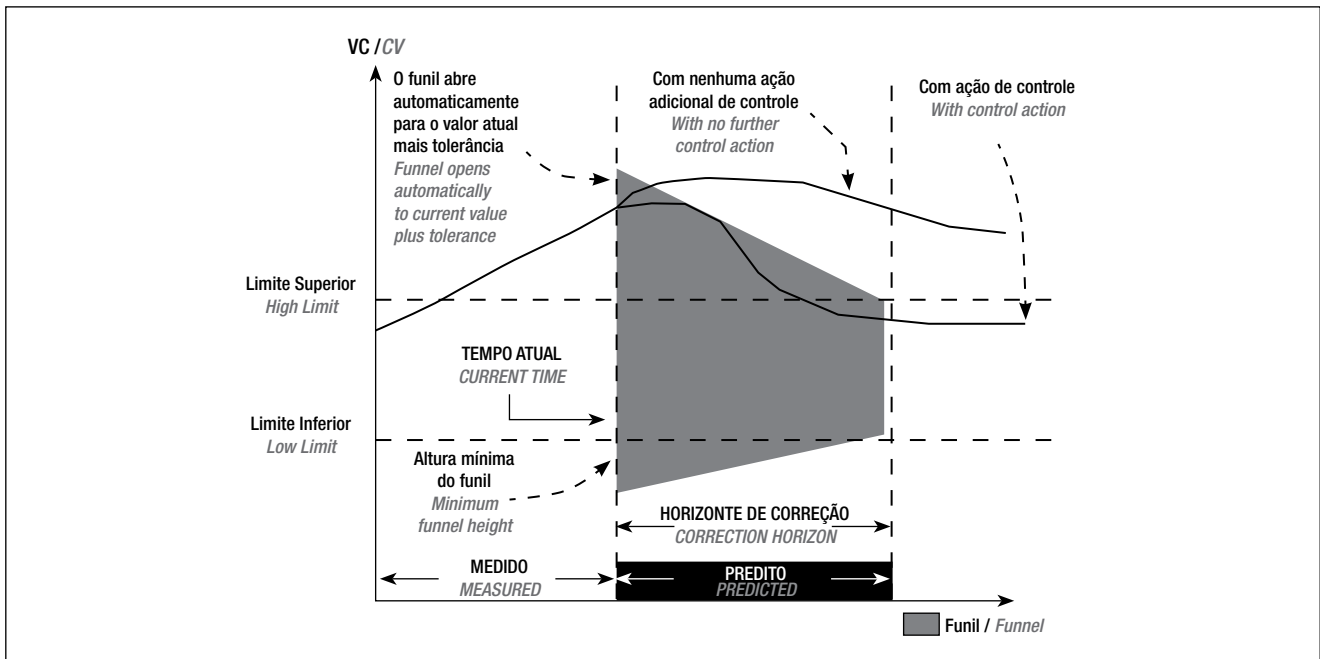


Figura 1. Técnica ACF controlando uma VC dentro dos limites / *Figure 1. RCA technique controlling a CV inside limits*

limites operacionais e respeitar as limitações do processo e da planta. O ganho em desempenho e a robustez se devem a uma característica patenteada chamada de Algoritmo de Controle da Faixa (ACF), que faz com que as perturbações e erros de predição inerentes ao processo sejam considerados no futuro plano de movimentos. A **Figura 1** esboça a forma de funcionamento da tecnologia ACF. [1,2]

O ACF minimiza os efeitos das incertezas do modelo, ao mesmo tempo em que determina os menores movimentos do processo necessários para atingir, simultaneamente, os objetivos de controle e de otimização. O conceito de horizonte de correção é que erros de VC são reduzidos a zero no horizonte de correção no futuro. Antes do horizonte de correção o controlador está livre para determinar qualquer trajetória para a VC desde que esteja conduzida dentro de limites ou para o ponto de ajuste (*setpoint*) no horizonte de correção. Devido ao fato de nenhuma trajetória ser imposta ao controlador, o controlador tem liberdade para determinar uma trajetória que requeira movimento mínimo da VM e que seja a menos sensível ao erro do modelo. [1,2]

No entanto, o horizonte de correção por si só nada diz sobre o que acontece com a VC antes do horizonte. É importante que o controlador não mova transitoriamente uma VC mais para fora de um limite enquanto estiver corrigindo outros erros de VC, ainda que todas as VCs sejam levadas a erro zero pelos seus horizontes de correção. Funis-limite são usados para evitar que o controlador introduza erros transitórios antes dos horizontes de correção, mediante a definição de restrições às VCs que são impostas a intervalos, a partir do intervalo atual até o horizonte. [1,2]

*ables inside operational limits and respect the process and plant constraints. The performance gain and robustness is due to a patented feature called Range Control Algorithm (RCA), which makes the disturbances and prediction errors inherent to the process considered in the future movement plan. The **Figure 1** sketches how the RCA technology works. [1,2]*

RCA minimizes the effects of the model uncertainties while determining the smallest process moves required to simultaneously meet control and optimization objectives. The correction horizon concept is that CV errors are reduced to zero at the correction horizon in the future. Prior to the correction horizon, the controller is free to determine any trajectory for the CV as long as the CV is brought within limits or to setpoint at the correction horizon. Because no trajectory is imposed on the controller, the controller has the freedom to determine a trajectory that requires minimum MV movement and is least sensitive to model error. [1,2]

However, the correction horizon by itself does not say anything about what happens to the CV prior to the horizon. It is important that the controller does not transiently move a CV farther outside a limit while correcting other CV errors, even though all CVs are brought to zero error by their correction horizons. Limit funnels are used to prevent the controller from introducing transient errors prior to the correction horizons, by defining constraints on the CVs that are imposed at intervals from the current interval out to the horizon. [1,2]

CPM PARA LAVAGEM DE POLPA MARROM

Processo de lavagem de polpa marrom

Visto haver várias maneiras para lavar a polpa, o processo selecionado foi o mais moderno - o Chemi-Washer™, criado pela Thermo Black Clawson Inc. [3]

O conteúdo do digestor é levado a temperatura e pressão relativamente altas. Os cavacos de madeira são “cozidos” no digestor sob essas condições para serem transformados em polpa. Tipicamente, sob essas condições, os cavacos de madeira são cozidos durante cerca de 1 a 5 horas. O cozimento pode ser realizado em digestores de batelada (descontínuos) ou digestores contínuos. [3,4]

Aos cavacos de madeira cozidos ou à polpa no meio aquoso após a digestão é dada a definição de polpa marrom, que, geralmente, consiste de duas fases: a polpa e o licor, este a fase líquida do conteúdo do digestor. Contudo, após a digestão tipicamente persistem cavacos superdimensionados, insuficientemente cozidos, ou nós. Esses componentes são geralmente removidos da polpa marrom por depuradores de nós, que, tipicamente, consistem de peneiras bastante abertas. [3,4]

No processo de fabricação de celulose, a função da lavagem da polpa marrom consiste na separação do material fibroso da madeira, usado para a fabricação de papel, do chamado licor negro, produzido quando cavacos de madeira são processados sob condições de alta temperatura e pressão, com a utilização de produtos químicos. O processo de digestão (polpação) separa a lignina - que funciona como agente de ligação na madeira - da fibra útil. [4,5]

No lavador, a mistura de polpa e de licor negro proveniente do digestor é espalhada sobre uma correia que é movida sob uma série de 4 estágios de lavagem. Cada estágio de lavagem compreende um tubo, ou chuveiro, que verte água uniformemente sobre a manta do material, deslocando a lignina e os produtos químicos orgânicos consumidos através da tela com a assistência de vácuo sob a área filtrante. Água reciclada limpa é adicionada ao último estágio de lavagem, sendo recirculada para os estágios de lavagem anteriores. No caso apresentado, há 2 lavadores – o primeiro com 4 estágios de lavagem, e o segundo com 3 estágios de lavagem – separados por reatores de O₂. Isso está representado na **Figura 2**. [5]

No final do processo de lavagem a polpa limpa é coletada e retirada para aplicação na fabricação de papel. O licor negro é recolhido de sob a tela e enviado para outra área, onde é concentrado e queimado para produzir energia. [5]

Há alguns objetivos primordiais para o processo de lavagem: [4,5]

- Recuperar o licor da polpa marrom – quanto mais licor for recuperado, tanto mais energia poderá ser obtida na caldeira de recuperação.
- Usar a menor quantidade possível de água fresca durante o processo de lavagem, porém mantendo a limpeza da

MPC FOR BROWNSTOCK WASHING

Brownstock washing process

Since there are some ways to wash the pulp, the process chosen was the most modern, which is the Chemi-Washer™, created by Thermo Black Clawson Inc. [3]

The contents of the digester are brought to a relatively high temperature and pressure. The wood chips are “cooked” in the digester under these conditions to reduce the wood chips to pulp. Typically, under these conditions, the wood chips are cooked from about 1 to 5 hours. The cooking can be carried out in batch or continuous digesters. [3,4]

The cooked wood chips or pulp in the aqueous medium after digestion is referred to as brownstock. The brownstock consists generally of two phases, the pulp, and the liquor or liquid phase of the digester contents. However, typically after digesting, oversized chips, insufficiently cooked chips, or knots remain. These components are generally removed from the brownstock by knotters who typically consist of coarse screens. [3,4]

In the pulp making process, the brownstock washing function is the separation of the wood fiber, material that is used to make paper, from the so-called black liquor produced when wood chips are digested under high temperature and pressure using chemicals. The digestion (pulping) process separates the lignin—which functions as a binding agent in wood—from the useful fiber. [4,5]

*Within the washer, the pulp and black liquor mixture from the digester is spread on a belt, which is moved underneath a series of 4 washing stages. Each washing stage encompasses a pipe, or shower bar, that pours water evenly across the sheet of material, pushing the lignin and spent organic chemicals down through the screen, with a vacuum assist from beneath the deck. Clean, recycled water is added to the last washing stage, and is recirculated through the earlier wash stages. In the case presented, there are 2 washers – the first has 4 washing stages and the second has 3 washing stages – separated by O₂ reactors. This is shown in the **Figure 2**. [5]*

At the end of the washing process, the cleaned pulp is collected from the deck for use in paper making. The black liquor is collected from underneath the deck, and is shipped to another area where it is concentrated and burned to produce energy. [5]

There are some primary goals for the washing process: [4,5]

- Recover the liquor from the brownstock – the more liquor is recovered, more energy can be gotten out of the recovery boiler.
- Use the least amount of fresh water possible during the washing process, while still cleaning

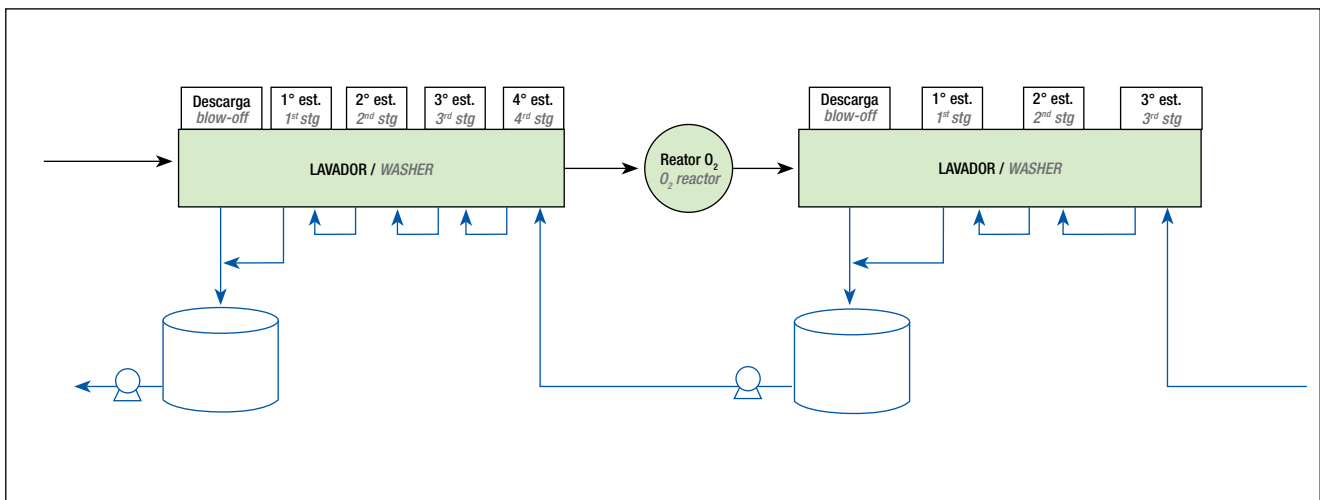


Figura 2. Processo de lavagem de polpa marrom/ Figure 2. Brownstock washing process

polpa - quanto mais água fresca for usada, tanto mais água fresca terá de ser evaporada do licor negro antes que possa ser queimado na caldeira.

- Produzir polpa limpa para branqueamento ou fabricação de papel, mediante a separação do licor negro da polpa descarregada do digestor.
- Realizar um balanço econômico aceitável de:
 - mínimo arraste de licor apagado de cozimento e de lignina dissolvida na polpa (mínima perda de soda²);
 - máxima quantidade de sólidos no licor fraco (H₂O tem de ser evaporada - \$\$);
 - descarga mínima para o esgoto (emissão de licença ambiental);
 - uso mínimo de água quente de lavagem de processo (energia - \$\$).

Estratégias do controlador

A finalidade principal da aplicação do controle avançado à lavagem de polpa marrom e ao reator de deslignificação por O₂ é para que, quando a taxa de produção muda e mudam os objetivos da consistência e do nível do tanque, o controle adapte automaticamente a planta às novas condições. Mais do que isso, os objetivos principais são: estabilizar a vazão de lavagem, reduzir perdas de soda e reduzir a carga para os evaporadores. Ainda, considerando-se que o número kappa é parâmetro principal da qualidade da polpa, um dos objetivos básicos de qualquer pacote de controle avançado é de minimizar variações neste parâmetro e manter o seu valor médio dentro da meta.

Cada fase do lavador contará com um controlador individual ou controladores múltiplos, que procurarão obter otimização localizada. A otimização global de todo o processo é possível mediante adoção de solução por otimizador global. Isso consiste de uma camada situada acima dos controladores individuais, e que proporciona coordenação e otimização. Embora as interações inerentes entre os vários processos se-

the pulp - the more fresh water is used, the more fresh water that has to be evaporated out of the liquor before it can be burned in the boiler.

- *Produce clean pulp for bleaching or papermaking by separating black liquor from blown digester pulp.*
- *Accomplish with an acceptable economic balance of:*
 - *minimal carryover of spent cooking liquor and dissolved lignin in pulp (minimal soda loss);*
 - *maximum solids in weak liquor (H₂O must be evaporated - \$\$);*
 - *minimal discharge to sewer (environmental permit issue);*
 - *minimal use of hot process wash water (energy - \$\$).*

Controller strategies

The main purpose of applying advanced control to the brownstock washing and O₂ delignification reactor is when the production rate changes, consistency and tank level targets changes, the control will adapt the plant automatically to the new conditions. Rather than this, the main objectives are: stabilize the washing flow, reduce soda losses, and reduce the load to the evaporators. Also, since the kappa number is the primary pulp quality parameter; one of the major goals of any advanced control package is to minimize variations in this parameter and maintain its average value at target.

Each phase of the washer will have an individual controller or multiple controllers which will attempt to achieve localized optimization. Global optimization of the entire process is possible through the use of a global optimizer solution. This is a layer that sits on top of the individual controllers and provides coordination and optimization. Although the inherent interactions between

jam efetuadas mediante a utilização de ambas as variáveis de perturbação, medidas e não-medidas, isto é, o impacto que o número kappa tem sobre o branqueamento, utilizando-se um otimizador global certas condições de operação podem ser previstas e manipuladas sem causar distúrbios desnecessários. Um exemplo disto seria o seguinte: a válvula de água fresca nos lavadores está 100% aberta e o arraste de soda vai aumentando. O otimizador global dar-se-ia conta de que uma restrição tinha sido atingida e poderia ajustar a taxa de produção ou a alimentação do branqueamento que se segue ao controlador do branqueamento. [6]

TRCPM PARA GANHOS NA LAVAGEM DA POLPA MARROM

Reduzindo a variabilidade de sólidos do licor negro para a evaporação

O licor negro é separado da polpa durante a sua lavagem. Esse licor negro fraco (teor de sólidos secos de 10% - 18%) contém demasiada água para utilização direta como combustível na caldeira de recuperação. A finalidade principal da planta de evaporação é de aumentar o teor de sólidos secos do licor negro mediante a evaporação de água até atingir uma concentração que permita a queima na caldeira de recuperação. Normalmente, essa concentração é de 65% - 75% de sólidos secos. A **Figura 3** apresenta um gráfico típico.

Geralmente, a variabilidade da concentração de sólidos é de cerca de 10%. Com base na experiência com o CPA e referências, este é um ponto de melhoramento. Se a variabilidade da concentração de sólidos for reduzida em 20%, a concentração de sólidos poderá ser aumentada em 0,2%. Em uma planta que produz cerca de 1500 tsa/d, isto representa aproximadamente 1200 toneladas anuais de água a menos para ser evaporada.

Uso de água fresca e fator de diluição

Conforme descrito no item *Processo de lavagem de polpa marrom*, água fresca é usada no final do 3º estágio do segundo lavador, e a água flui em contracorrente para todos os estágios. O filtrado do 3º estágio é usado para lavar o 2º, o filtrado do 2º é usado para lavar o 1º e o filtrado do 1º estágio do 2º lavador flui para um tanque e alimenta o 4º estágio do 1º lavador.

Geralmente, há significativa variação da água adicionada para fins de lavagem, permanecendo o índice em uma faixa de 10% a 15%. Uma redução da variabilidade da água de lavagem irá se converter em economia nos custos de energia. Reduzindo-se a quantidade de água que terá de ser posteriormente evaporada e, portanto, reduzindo-se a produção de vapor necessário para causar a evaporação, uma enorme quantidade de energia poderá ser poupada. Isto também pode ser traduzido em ganho de produtividade, visto que mais energia estará disponível. Uma cifra típica para uma planta de 1500 tsa/d é de 1000 toneladas anuais de água a menos a ser evaporada.

the various processes are handled through the use of both measured and unmeasured disturbance variables, i.e. the impact that kappa has on bleaching, by using a global optimizer certain operating conditions can be anticipated and handled without causing unnecessary upsets. An example of this would be as follows: the fresh water valve on the washers is 100% open and the soda carryover is climbing. The global optimizer would see that a constraint had been reached and could adjust either the production rate or the feed forward bleaching demand to the bleach controller. [6]

RMPCT FOR BROWNSTOCK WASHING BENEFITS

Decreasing black liquor solids to the evaporation variability

*The black liquor is separated from the pulp during the pulp washing. This weak black liquor (dry solids content of 10% - 18%) contains too much water for direct use as fuel in the recovery boiler. The main purpose of the evaporation plant is to increase the dry solids content of the black liquor by evaporating water until reaching a concentration that allows burning in the recovery boiler. This concentration is normally 65% - 75% dry solids. A typical graphic is shown on the **Figure 3**.*

Generally, the solids concentration variability is around 10%. Based on APC experience and references, this is a point of improvement. If 20% of the solids concentration variability is reduced, the solids concentration can be increased by 0.2%. In a plant that produces around 1500 adt/d, it represents around 1200 tons per year less water to be evaporated.

Fresh water usage and dilution factor

As described on the item Brownstock washing process, fresh water is used at the end of the 3rd stage of the second washer and the water goes in counter current to all the stages. The filtrate on the 3rd stage is used to wash the 2nd, the filtrate of 2nd is used to wash the 1st, and the filtrate of the 1st stage of the 2nd washer goes to a tank and feeds the 4th stage of the 1st washer.

Generally, there is a significant variability on the water added for washing. The number stays on a range of 10% to 15%. Reducing the variability of the washing water will be translated into energy cost savings. By reducing the amount of water that must later be evaporated, and therefore reducing the amount of steam production needed to make the evaporation happen, a huge amount of energy can be saved. It can also be translated into throughput, since more energy will be available. A typical number for a 1500 adt/d plant is 1000 tons per year less water to be evaporated

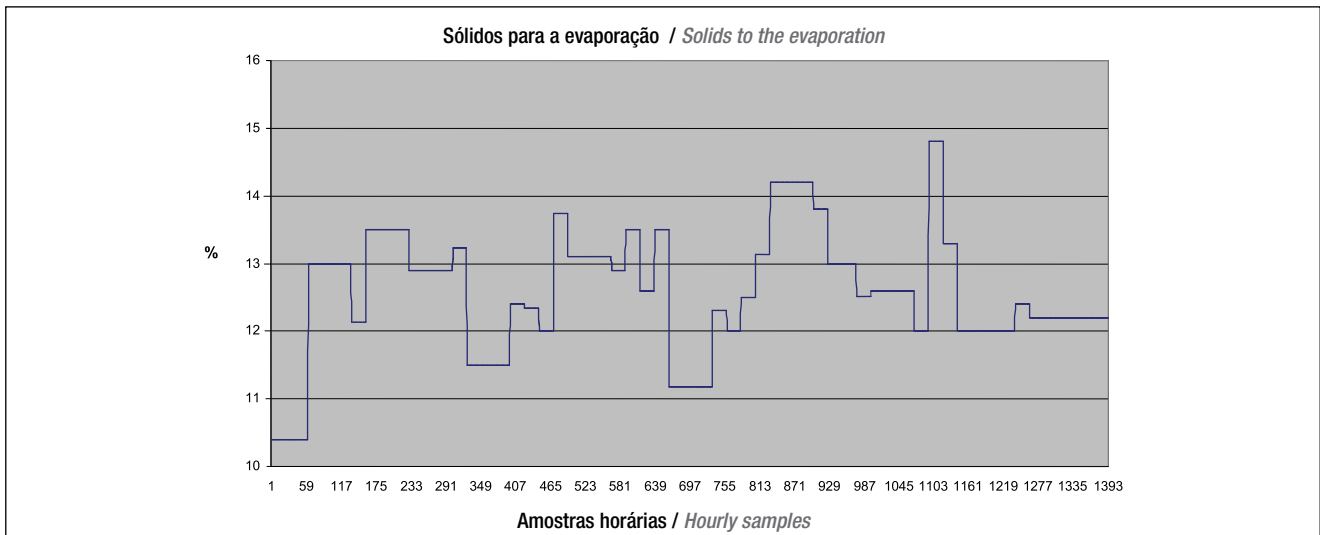


Figura 3. Sólidos para a evaporação / Figure 3. Solids to the evaporation

Redução do número kappa na saída da lavagem

A questão principal quanto à variabilidade da produção é a variabilidade do número kappa. Com relação a este ponto específico conseguem-se economias ao se estabilizar o número kappa da polpa que é alimentada à planta de branqueamento. A estabilização do número kappa reduzirá a variabilidade de uso de químicos na planta de branqueamento. Essa redução da variabilidade permitirá que a operação reduza a média de utilização de químicos de branqueamento e, por conseguinte, poupe importante quantidade de dinheiro.

Utilizando números de *benchmarking*, o número kappa de entrada e a alvura de saída geralmente variam de 5% a 10%. A Figura 4 apresenta uma variabilidade típica do número kappa e da alvura.

A redução da variabilidade pode ser convertida em economia de ClO_2 no estágio D0. Redução da média do número kappa reduzirá o uso de ClO_2 na planta de branqueamento. Em

Washing outlet kappa number reduction

The main issue on the production variability is the kappa number variability. Regarding this specific point, the savings are achieved stabilizing the kappa number of the pulp that is fed to the bleaching plant. Stabilizing this kappa will reduce the chemicals usage variability on the bleaching plant. This variability reduction will allow the operation to shift down the bleaching chemicals usage average and consequently save important amount of money.

Using benchmarking numbers, the inlet kappa number and outlet brightness generally varies from 5% to 10%. Typical kappa number and brightness variability is shown on the Figure 4.

The variability reduction can be translated into ClO_2 savings on the D0 stage. Shifting down the kappa average will reduce the ClO_2 usage on the bleaching plant.

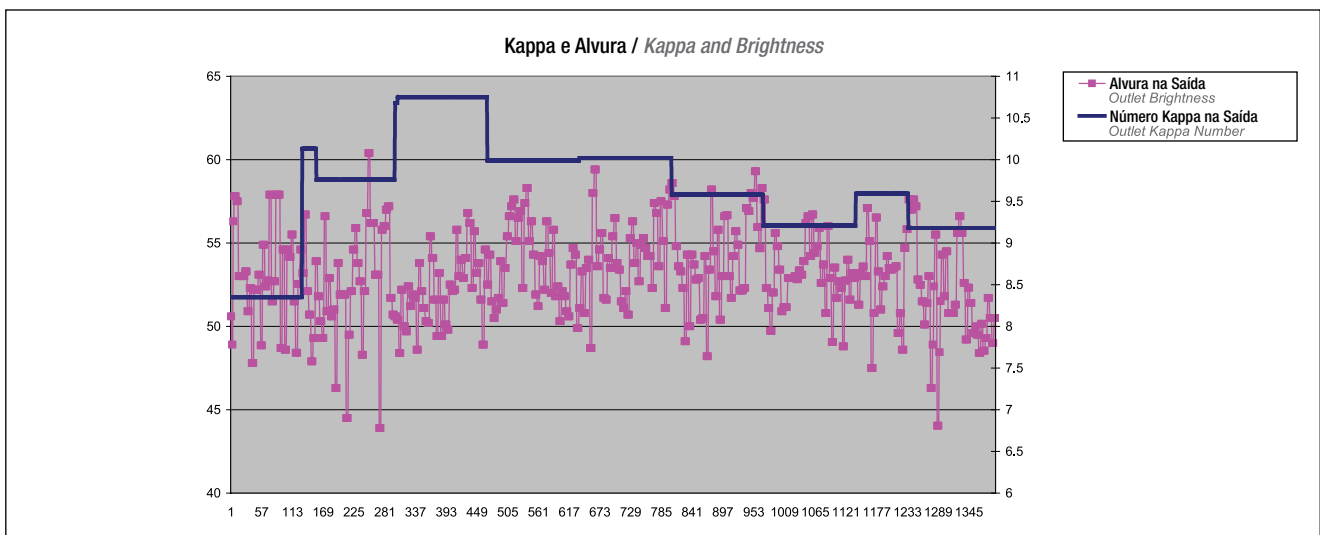


Figura 4. Número kappa e alvura de saída/ Figure 4. Outlet kappa number and brightness

uma planta típica de 1500 tsa/d uma redução de 25% - 30% na variabilidade do número kappa pode permitir redução de 1% no uso de ClO_2 . Numa planta que utiliza cerca de 15 kg de ClO_2 por tsa isso representa aproximadamente 100 toneladas por ano.

Redução de uso de químicos de branqueamento devido a redução de arraste de soda

A variabilidade das perdas de soda influencia diretamente a variabilidade do arraste de soda à planta de branqueamento. Redução na variabilidade das perdas de soda reduzirá a variabilidade do arraste de soda à planta de branqueamento e, conseqüentemente, a quantidade de químicos a serem aplicados no branqueamento.

Com relação a este ponto específico, a economia será obtida mediante a estabilização da variabilidade das perdas de soda. Estabilizando-se esta variabilidade será reduzida a variabilidade do uso de químicos na planta de branqueamento. Essa redução da variabilidade permitirá a redução da média de uso de químicos de branqueamento e, por conseguinte, economia de dinheiro. O gráfico na **Figura 5** representa a variabilidade estimada do uso de produtos químicos, com base num índice típico da indústria.

Assim sendo, no caso de haver uma redução de 30% no desvio padrão do arraste/perdas de soda (valor baseado em outros casos de implementação do CPA), a economia seria de 130 toneladas de ClO_2 .

Aumentando a produtividade

Numa planta de lavagem de polpa marrom, na maior parte do tempo a produção é inferior ao objetivo definido. Há muitas causas que podem explicar este fato, mas se pode atribuir tudo à baixa capacidade de controle do processo em virtude da quantidade de variáveis a serem verificadas ao longo do tempo.

On a typical 1500 adt/d plant, a 25% - 30% reduction of the kappa number variability can allow a reduction of 1% on the ClO_2 usage. In a plant that uses around 15 kg ClO_2 per adt, it represents around 100 tons per year.

Reducing bleaching chemicals usage due to soda carryover reduction

Soda losses variability influences directly on the soda carryover variability to the bleaching plant. Reducing the soda losses variability will reduce the soda carryover variability to the bleaching plant and, consequently, the amount of chemicals to be applied on the bleaching.

*Regarding this specific point, the savings will be achieved stabilizing the soda losses variability. Stabilizing this variability will reduce the chemicals usage variability on the bleaching plant. This variability reduction will allow the operation to shift down the bleaching chemicals usage average and consequently save money. Graph in **Figure 5** shows the estimated chemical usage variability, based on a typical industry index.*

Thus, if there is a 30% reduction on the standard deviation of soda carryover/losses (value based on other APC implementations), the savings would be 130 ton of ClO_2 .

Increasing throughput

On a brownstock washing plant, mostly of the time the production is below the target defined. There are many causes that can explain this, but it can be summarized by the poor capacity to control the process due to the amount of variables to be checked along the time.

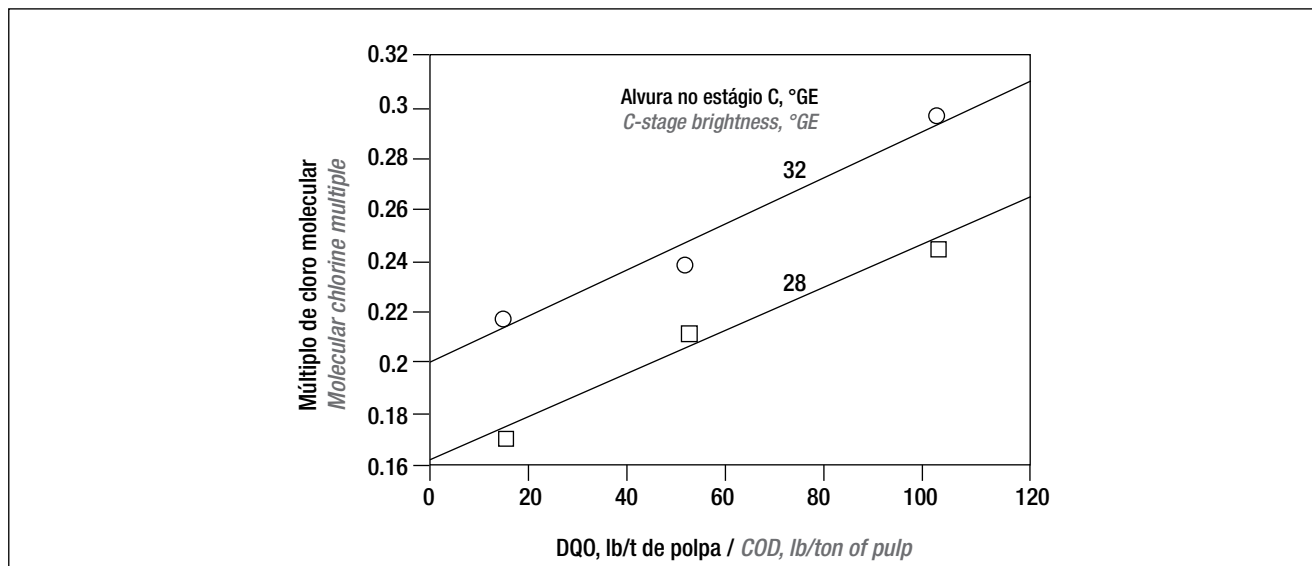


Figura 5. Efeito do arraste de licor sobre o múltiplo de cloro molecular necessário para obter uma alvura constante da polpa no estágio C
Figure 5. Effect of liquor carryover on molecular chlorine multiple required to obtain a constant C-stage pulp brightness

Os operadores necessitam atuar manualmente sobre uma série de variáveis. Ao observar um medidor que indica o grau de limpeza da polpa que sai da máquina, por exemplo, um operador poderia definir quando seria necessário adicionar mais água de lavagem. O problema desta situação é que o operador não pode observar continuamente esta condição devido ao número de tarefas a cumprir durante o turno.

Portanto, havendo uma redução de 10% na variabilidade geral dos lavadores (acréscimo de água de lavagem, controle do nível de vácuo, controle de abertura de válvulas e outros), isto poderá representar um aumento de produção de 0,5% (valor baseado em referências de implementação do CPA). Esse aumento de produtividade representará cerca de 2400 toneladas de celulose por ano.

CONCLUSÕES

Na indústria de celulose, também o CPM é agora uma realidade e tem sido implementado com sucesso em unidades de lavagem de polpa marrom. Os benefícios são significativos e podem ser obtidos de muitas maneiras. Neste cenário, podem ser tiradas algumas conclusões:

- O objetivo é uma lavagem mais eficiente com fator de diluição economicamente ótimo.
- Poderá haver grande melhoria com relação aos sólidos para os evaporadores, bem como controle de DBO mediante a redução de perdas/arraste de licor para a planta de branqueamento.
- Poderá haver um grande melhoramento com relação ao número kappa na saída do lavador 2, se o reator de deslignificação por O_2 for devidamente controlado.
- Uma das variáveis-chave é, no caso, que a solução realmente reduza as exigências postas nos operadores que operam o processo. Não terão mais que testar e balancear as perdas de soda e os efeitos dos sólidos, o que pode requerer até oito horas para ser feito.

Mas o requisito principal para a implementação de um bom controle multivariável neste campo é possuir um controlador CPM e um modelo que seja robusto às mudanças das condições da planta. É necessário um CPM que possa lidar com perturbações grandes e de ocorrência repentina, variando retardamento no transporte, as anomalias de sensores (por exemplo, densidade de lamas e consistências da polpa), comportamentos não-lineares da temperatura e muitos dos problemas singulares associados a determinado processo. ▲

Operators are required to manually regulate a number of variables. By watching a meter indicating the cleanliness of the pulp stock coming off the machine, for example, an operator could tell when more wash water was needed. The problem on this situation is that the operator can't always watch it, due to the amount of tasks to be accomplished during the shift.

Thus, if there is 10% reduction in general washer variability (washing water addition, vacuum pressure control, valves opening control and others), it can represent a 0.5% increase in production (value based on APC implementation references). This throughput increase will represent around 2400 pulp tons per year.

CONCLUSIONS

In the pulp industry, MPC also is now a reality and it has been implemented successfully on brown-stock washing units. The benefits are significant and can be achieved in many ways. In this scenario, some conclusions can be taken:

- *More efficient washing at the economically optimum dilution factor is the goal.*
- *There can be a great improvement on the solids to the evaporators, and control of BOD through limiting liquor losses/carryover to the bleaching plant.*
- *There can be a great improvement on the washer 2 outlet kappa number, if the O_2 delignification reactor is controlled properly.*
- *One of the key variables here is that the solution really reduces the demand on the operators that are operating the process. No longer do they have to try and balance the soda loss and the solids effects which may take up to eight hours to realize.*

But, the main requirement for a good multivariable control implementation in this field is to have a MPC controller and model that is robust to changing plant conditions. An MPC is needed that can handle with large and sudden disturbances, varying transport delays, the anomalies of sensors (e.g. ore slurry densities and pulp consistencies), non-linear temperature behaviours, and many of the unique issues associated with a given process. ▲

REFERÊNCIAS / REFERENCES

1. HONEYWELL PRODUCT GUIDE, 2006, Honeywell Inc. USA
2. PRACTICAL PROCESS CONTROL. *Proven Methods and Best Practices for Automatic Process Control. United States*, 2006. Disponível em: <<http://www.controlguru.com/pages/table.html>>. Acesso em: 25 fevereiro 2008.
3. HONEYWELL PULP AND PAPER PRESENTATIONS. Many Authors. (1998 – 2007)
4. “Counter-Current Washing Trials on Bagasse Biomass”. Thermo Black Clawson Inc., USA (2006)
5. *Profit Suite APC & Optimization: Brownstock Washing (Solution Note)*. Honeywell Process Solutions, USA (2004)
6. *Advanced Process Control for All Industries: Better and Easy*. Available in: www.solucoesavancadas.com.br. Accessed in September 18th, 2009.*

AMPLIANDO HORIZONTES E FORTALECENDO NEGÓCIOS



INTERMODAL SOUTH AMERICA

- Maior e mais importante evento das Américas para os setores de Logística, Transporte e Comércio Internacional.
- Mais de 450 expositores nacionais e internacionais - oportunidade de negócios e networking.
- Mais de 45 mil visitantes altamente qualificados e com poder de decisão.

16^a
edição

06-08
ABRIL
2010

Transamérica
Expo Center
São Paulo - Brasil
13h às 21 horas

O MUNDO INTERMODAL EM EXPOSIÇÃO



Serviços e sistemas de transporte e logística de cargas



Serviços para Comércio Exterior



Equipamentos e Tecnologia para portos e terminais

PATROCÍNIO

MÍDIAS OFICIAIS

ORGANIZAÇÃO



Para informações sobre como expor ou como visitar:

Tel.: (55 11) 4689-1935

• info@intermodal.com.br

www.intermodal.com.br