

# TRACKING E RASTREABILIDADE DE PRODUÇÃO EM PROCESSOS CONTÍNUOS<sup>1</sup>

Leonardo Lúcio Carvalho Vieira<sup>2</sup>

## Resumo

A rastreabilidade tem o objetivo de corrigir problemas que afetaram a qualidade do produto ou até reproduzir condições operacionais que levaram a um bom resultado. Em processos contínuos a transição gradual entre tipos de produto inviabiliza o relacionamento direto entre o produto final e sua matéria-prima. A implantação de sistemas de *tracking* para este tipo de processo tem aspectos e cuidados especiais dos quais este trabalho pretende tratar. A ferramenta criada registra o fluxo de material pela planta com um algoritmo que faz o balanço de massa através da medição de balanças e níveis de tanques. Assim são definidos os lotes de produção. Para cada lote é criado um conjunto de referências que registram o seu processamento ao longo do processo produtivo. Estas referências se baseiam no percentual de mistura dos produtos em transição para determinar em que momento o lote foi processado em cada etapa do processo. Através da genealogia estabelecida é possível levantar todas as características produtivas de cada lote dentro das etapas de produção. Tanto processos de pelotização quanto de beneficiamento de minério podem ser rastreados através desta ferramenta. A definição de lotes de produção e o devido registro das características de seu processamento facilitam as operações com o produto final. Isto dá ao usuário a segurança tanto de embarcar o produto como segregar o material se houver problemas na sua matéria-prima.

**Palavras-chave:** Genealogia; *Tracking*; Processos contínuos.

## TRACKING FOR CONTINUOUS PRODUCTION PROCESSES

### Abstract

One of tracking's major aims is to identify problems which affect product quality or even to reproduce operational conditions which had caused good results. In continuous processes, gradual transition among product types changes makes impracticable a direct relationship between final product and its raw material. Implantation of tracking systems for that type of processes must consider special needs described on this paper. The developed tool registers material flow in a plant by an algorithm that calculates the mass balance, considering weight and tank levels data, defining production orders. For each order a reference set is created to register the processing along the whole productive process. That set is based on product blend percentage at transition time and determines at which moment the order was processed, for each process stage. The established genealogy makes possible to raise all productive parameters of each order within the production stages. Pellet processing as well as ore processing may be tracked by that tool. Production order definition and correct process data registration ease operations on final product. That makes users more secure on product embarking and on material segregation due to raw material quality problems.

**Key words:** Genealogy; *Tracking*; Continuous processes.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao XI Seminário de Automação de Processos, 3 a 5 de outubro, Porto Alegre-RS

<sup>2</sup> Engenheiro Mecânico ênfase em Mecatrônica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais e MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas. Gerente de Projetos da VAI-Ingdesi Automation

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho mostra quais são bases para construir um sistema de *tracking* para processos contínuos. O foco principal é organizar a informação de forma que os dados coletados no chão de fábrica possam ser associados corretamente ao produto que está na linha de produção

O texto mostra aspectos especiais, problemas e soluções que transformam o ponto de vista sobre os processos contínuos de produção.

É apresentado um caso real de aplicação que ilustra a aplicabilidade do modelo e os recursos de utilização disponibilizados para o usuário.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Identificação

Nos processos convencionais de registro de dados para rastreabilidade a informação chave é a identificação do indivíduo que se deseja investigar. Nos processos contínuos de produção esta identificação não é direta nem objetiva. Isso se deve principalmente ao fato de que a relação entre a matéria-prima e o produto final depende da forma como são feitas as mudanças de tipo de produto na planta.

No processo de mudança de tipo de produto, não há um esgotamento completo da matéria-prima do produto antigo na linha para a consecutiva entrada da matéria-prima do produto novo. Este procedimento provoca mistura matérias-primas distintas e faz com que a parte final do produto antigo tenha uma parcela da nova matéria-prima e a parte inicial do produto novo tenha uma parcela da antiga matéria prima.

Na Figura 1, é ilustrada uma mudança gradual de produto. Define-se como uma etapa de transição o tanque é uma porção do processo onde se pode medir a entrada e a saída. Inicialmente se interrompe a alimentação da matéria-prima antiga. No momento seguinte inicia-se a alimentação da etapa com a nova matéria-prima. Neste instante o conteúdo da etapa deixa de ter uma composição de 100% de matéria-prima antiga e passa a ter uma mistura com um percentual de matéria-prima nova. Daí em diante este percentual sobe até que o conteúdo seja totalmente de matéria-prima nova.

O percentual de mistura na saída da etapa depende da classificação da etapa. Se esta é uma etapa misturadora, como tanques de homogeneização ou circuitos com retorno e realimentação, o percentual de mistura na saída é igual ao percentual de mistura no interior da etapa. Se a etapa é não-misturadora assume-se que não há mistura e o sistema funciona de forma seqüencial, por exemplo, conjunto de correias transportadoras.

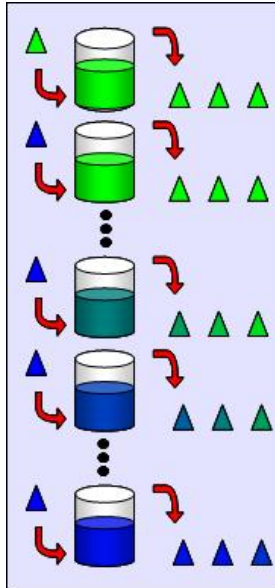


Figura 1 – Mudança de produto no tempo

## 2.2 Balanço de Massa

Conhecer a planta de produção é fundamental para que a genealogia seja registrada de forma adequada. É necessário que toda a linha de produção seja mapeada para que sejam definidas suas etapas de transição. Como referido anteriormente entende-se por etapa de transição toda porção do processo onde se possam medir a entrada e a saída de material. Assim considera-se que:

$$\text{Conteúdo retido} = \text{Conteúdo retido anterior} + \text{volume alimentado} - \text{volume retirado}$$

Fazendo a discretização do processo no tempo tem-se que a cada ciclo o conteúdo retido dentro da etapa é função volume alimentado e do volume retirado naquele ciclo temporal.

Inicialmente o percentual de mistura é 0 (zero), ou seja 100% de matéria-prima antiga. Se no ciclo seguinte é iniciada a alimentação com uma nova matéria-prima é possível calcular o percentual de mistura considerando o conteúdo retido na etapa e a quantidade alimentada. Assim:

$$\text{Percentual de Mistura} = (\text{Conteúdo retido anterior} \times \text{Percentual de Mistura anterior} + \text{volume alimentado}) / \text{Conteúdo retido}$$

Assim a cada ciclo é determinado um novo percentual de mistura. Uma vez que o processo tenha sido mapeado por completo é possível estabelecer o relacionamento entre as etapas de transição.

Considerando um exemplo de processo de produção com três etapas de transição denominadas consecutivamente e1, e2 e e3, tem-se para a Etapa 1:

$$CR_{e1} = CR_{Ae1} + VA - VRe1$$

Onde:  $CR_{e1}$  = Conteúdo Retido na Etapa 1 (e1)  
 $CRA_{e1}$  = Conteúdo Retido Anterior na Etapa 1 (e1)  
 $VA$  = Volume Alimentado na Planta  
 $VRe1$  = Volume de Produto Intermediário Retirado na Etapa 1

$$PMe1 = (CRA_{e1} \times PMA_{e1} + VA) / CR_{e1}$$

Onde:  $PMe1$  = Percentual de Mistura na Etapa 1 (e1)  
 $PMA_{e1}$  = Percentual de Mistura Anterior na Etapa 1 (e1)  
 $CRA_{e1}$  = Conteúdo Retido Anterior na Etapa 1 (e1)  
 $VA$  = Volume Alimentado na Planta  
 $CR_{e1}$  = Conteúdo Retido na Etapa 1 (e1)

Para a Etapa 2, onde a sua entrada é a saída da anterior:

$$CR_{e2} = CRA_{e2} + VRe1 - VRe2$$

Onde:  $CR_{e2}$  = Conteúdo Retido na Etapa 2 (e2)  
 $CRA_{e2}$  = Conteúdo Retido Anterior na Etapa 2 (e2)  
 $VRe1$  = Volume de Produto Intermediário Retirado na Etapa 1 e alimentado na Etapa 2  
 $VRe2$  = Volume de Produto Intermediário Retirado na Etapa 2

$$PMe2 = (CRA_{e2} \times PMA_{e2} + VRe1) / CR_{e2}$$

Onde:  $PMe2$  = Percentual de Mistura na Etapa 2 (e2)  
 $PMA_{e2}$  = Percentual de Mistura Anterior na Etapa 2 (e2)  
 $CRA_{e2}$  = Conteúdo Retido Anterior na Etapa 2 (e2)  
 $VRe1$  = Volume de Produto Intermediário Retirado na Etapa 1 e alimentado na Etapa 2  
 $CR_{e2}$  = Conteúdo Retido na Etapa 2 (e2)

Para a Etapa 3, onde a sua entrada é a saída da anterior:

$$CR_{e3} = CRA_{e3} + VRe2 - VPF$$

Onde:  $CR_{e3}$  = Conteúdo Retido na Etapa 3 (e3)  
 $CRA_{e3}$  = Conteúdo Retido Anterior na Etapa 3 (e3)  
 $VRe2$  = Volume de Produto Intermediário Retirado na Etapa 2 e alimentado na Etapa 3  
 $VPF$  = Volume de Produto Final

$$PMe3 = (CRA_{e3} \times PMA_{e3} + VRe2) / CR_{e3}$$

Onde:  $PMe3$  = Percentual de Mistura na Etapa 3 (e3)  
 $PMA_{e3}$  = Percentual de Mistura Anterior na Etapa 3 (e3)  
 $CRA_{e3}$  = Conteúdo Retido Anterior na Etapa 3 (e3)

VRe2 = Volume de Produto Intermediário Retirado na Etapa 2 e alimentado na Etapa 3  
CRe3 = Conteúdo Retido na Etapa 3 (e3)

O que deve ser ressaltado é que o material que alimenta a Etapa 1 é o material entrante no processo, os materiais que alimentam as Etapa2 e 3 são provenientes das etapas imediatamente anteriores e o volume de produto final é medido à saída da Etapa 3.

Através de iterações pode-se determinar o percentual de mistura em cada etapa para cada ciclo de cálculo explicitando assim o perfil do fluxo de material dentro da planta.

### 2.3 Transição

Apesar do processo de mudança de tipo de produto ser gradativo é necessário definir em que momento a planta deixa de produzir um produto e passa a produto outro. Ou seja, por motivos operacionais e de estocagem é necessário separar os produtos e esta separação é feita em um ponto do tempo. Este momento é determinado como o ponto de transição.

A transição tem como característica marcar o momento da mudança de produto mesmo que o percentual de mistura ainda não seja 100%. Ou seja, define-se um percentual de mistura onde se identificam mais características do produto novo do que do produto antigo.

Assim define-se como início de transição da etapa o momento em se iniciou a alimentação com uma matéria-prima nova e o conteúdo retido é de 100% de produto antigo. Paralelamente denomina-se fim de transição o momento em que o conteúdo retido da etapa alcança 100% de produto novo. E finalmente de ponto de transição o momento onde o percentual de mistura caracteriza predominância de produto no interior da etapa.

Vale como informação que o início de transição da planta é o início de transição da primeira etapa e que o ponto de transição e fim de transição da planta é o ponto de transição e fim de transição da última etapa consecutivamente.

Na Figura 2, o exemplo de processo ilustrado anteriormente pode ser visto no tempo.

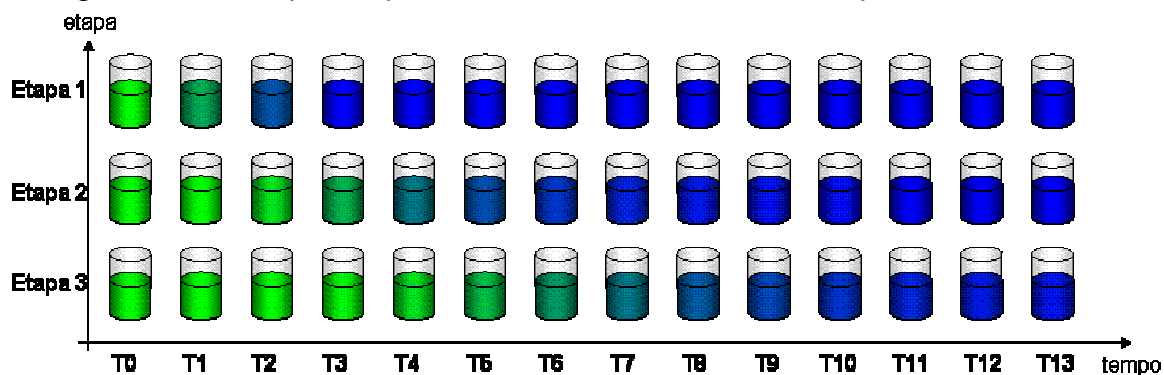


Figura 2 – Mudança de produto no tempo para 3 etapas

Considerando que ao tempo T0 a planta passa a ser alimentada com uma nova matéria-prima, que o percentual de mistura para transição é 50% e que a taxa de alimentação é alta pode-se dizer que:

- Na Etapa 1 a transição ocorreu no tempo T2
- Na Etapa 2 a transição ocorreu no tempo T4
- Na Etapa 3 a transição ocorreu no tempo T7

A Figura 3 mostra o perfil de transição para o caso apresentado acima.

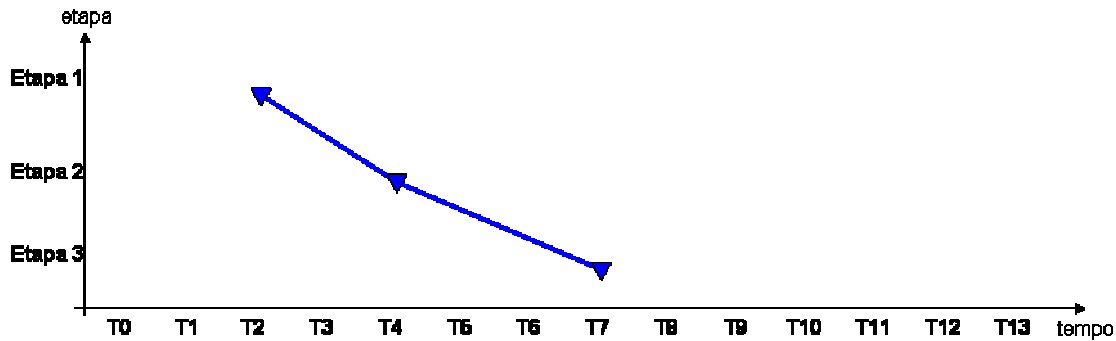


Figura 3 – Ponto de transição por etapa

A produção em processos contínuos geralmente é controlada através de bateladas formando lotes de produção em cada batelada. A transição é fundamental para a busca de informação para cada lote de produção.

## 2.4 Lotes de Produção

A separação e estocagem de produto final organizada por lotes de produção facilitam o processo de identificação do mesmo e viabiliza a construção de sistema para registro de informações para o *tracking*.

Considerando que cada lote pode ter no máximo 24 horas de produção e que poderá existir mais de um lote por dia se houver mudança de tipo de produto na planta.

Utilizando a transição como suporte é possível saber para o lote produzido em determinado dia quando e em que período a matéria prima foi processada em cada etapa do processo.

A Figura 4, ilustra uma situação onde é possível visualizar os marcos de tempo para os lotes de produção do Dia 2. No exemplo foi colocada uma mudança de produto que aconteceu às 9h do Dia2. Assim para o dia dois são registrados dois lotes de produção. O primeiro lote (Lote1) produzido de 0h às 9h é do Produto 1 caracterizado pela cor verde. O segundo (Lote 2) produzido de 9h às 0h é do Produto 2 caracterizado pela cor azul.

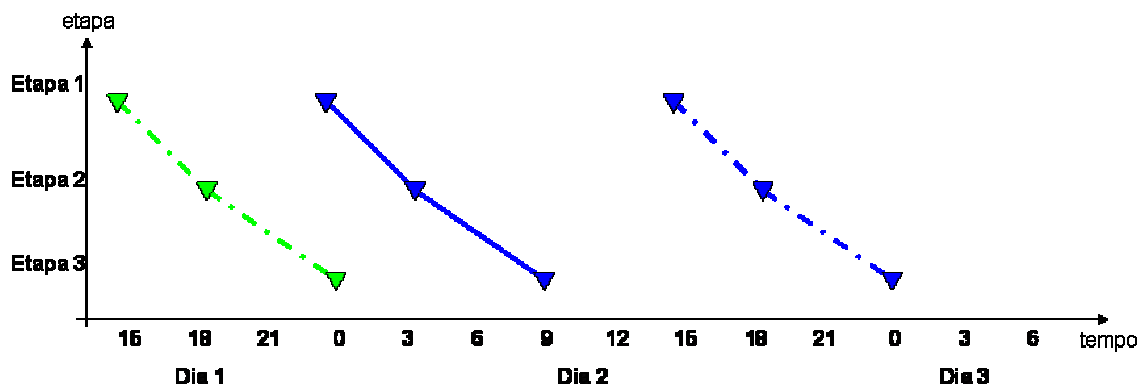


Figura 4 – Representação do lote de produção

Para que se tenha um registro eficiente das informações para a rastreabilidade é necessário identificar quando o lote foi processado em cada etapa de transição. Usando como exemplo o Lote 1 todas as variáveis relevantes na Etapa 3 devem ser medidas entre 0h e 9h, as variáveis da Etapa 2 devem ser medidas de 18h do Dia1 às 3h do Dia 2 e para que se saibam quais foram as condições que o Lote 1 foi processado na Etapa 1 é necessário fazer a medição das variáveis de 15h do Dia 1 às 0h do Dia 2. Assim com base na transição é possível registrar informações dos lotes de produção.

### 3 RESULTADOS

O conceito apresentado acima foi aplicado no sistema MES Pelotização da CVRD. Como a maioria dos processos de manufatura a pelotização tem várias etapas que vão transformando a matéria prima em produto final. Para estabelecer o registro para a rastreabilidade criou-se um processo que registra o fluxo de material pela planta, cujo algoritmo acompanha o balanço de massa através de variáveis do PIMS. Assim são definidos lotes produção onde se conhece o período que os mesmos foram processados em cada etapa. Através deste período é possível levantar todas características produtivas dentro das etapas.

As informações de processo, qualidade e matérias primas são persistidas por sistemas como PIMS, LIMS e legados. O MES gerencia as interfaces com estes sistemas e faz a associação dinâmica das informações de acordo com as requisições do usuário. Com esta integração é possível conhecer a história de um lote de produção com apenas alguns *clicks*.

A Figura 5 mostra uma interface que permite o rastreamento direto de um navio mostrando os lotes de produção que compuseram sua carga e as pilhas de minério das quais originaram estes lotes.

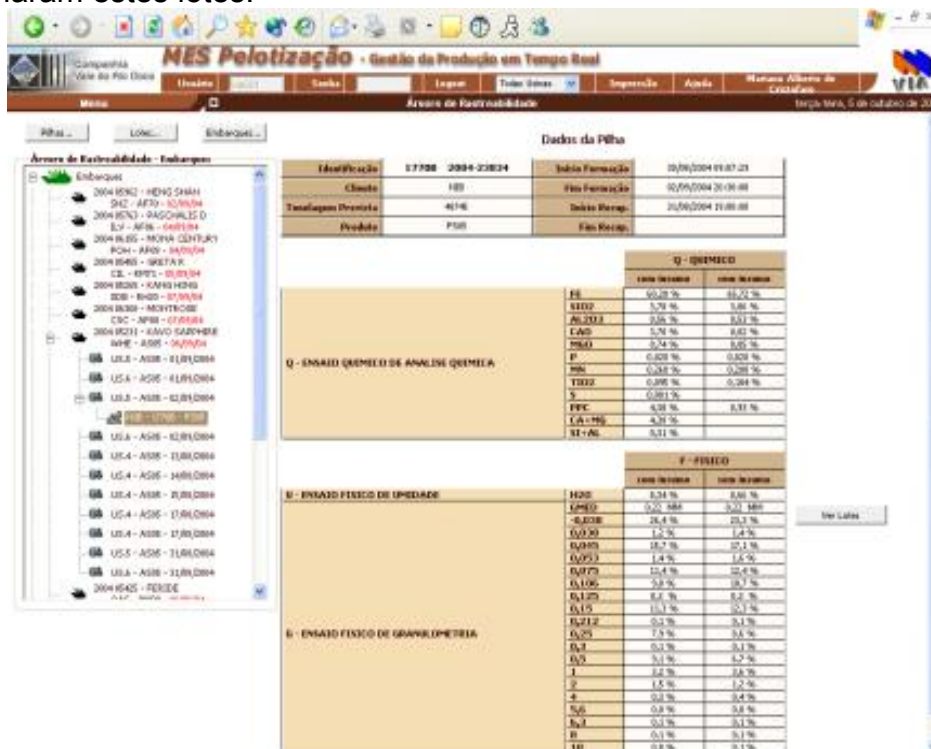


Figura 5 – Arvore de Rastreabilidade do Sistema MES Pelotização CVRD

## 4 DISCUSSÃO

No que diz respeito à forma como são armazenadas as informações para posterior rastreamento o sistema tem funcionalidades semelhantes a outros sistemas como o mesmo propósito.

O diferencial desta metodologia é respeitar os aspectos peculiares aos processos contínuos de produção onde a forma de operar a planta pode influenciar em quais, quanto e quando os dados devem ser pesquisados e armazenados.

## 5 CONCLUSÃO

Onde esta metodologia foi aplicada obteve-se um ganho significativo no que diz respeito à agilidade e confiabilidade na pesquisa de informações relativas a um determinado carregamento enviado ao cliente.

Atualmente é possível responder às reclamações de clientes com maior facilidade dado que a investigação das causas de prováveis problemas podem ser feitas de forma rápida e com usabilidade alta.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 DREYER T, LEAL D, SCHRODER A, et al. [ScadaOnWeb - Web based supervisory control and data acquisition](#) LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE 2870: 788-801 2003
- 2 GRAFOS - [Chris K. Caldwell](#) (C) 1995 - <http://www.utm.edu/departments/math/graph/> Acesso em 18 Jun. 2007.
- 3 MATHEWS, B. LEE D., et al. Vector Markup Language (VML) - World Wide Web Consortium, may. 1998. Disponível em: <http://www.w3.org/TR/NOTE-VML>
- 4 PEMBERTON S., HyperText Markup Language (HTML) Home Page, last modified feb. 2006. Disponível em: <http://www.w3.org/MarkUp/> Acesso em: 10 may. 2006